

HET LICHT EN DE DIERLIJKE STOFWISSELING

DOOR

R. E. DE HAAN.

Dat de planten onder den invloed van het licht het ingeademde koolzuur ontleden, om van de samenstellende elementen, koolstof en zuurstof, het eerste in zich vast te leggen en het tweede weder uit te ademen, is een sinds lang bekend feit.

Terwijl dit proces der koolzuur-ontleding in de duisternis geheel ophoudt, gaat meerdere intensiteit des lichts gepaard met vermeerderde opneming en ontleding van het koolzuurgas. Het direkte en witte zonnelicht bevordert het proces het meest; van de afzonderlijke stralen betoonen de gele zich het werkzaamst, terwijl de meest breekbare, blauw en violet, dus de z. g. actinische of scheikundige stralen nagenoeg werkeloos zijn. ¹

Verhoogde temperatuur bewerkt binnen bepaalde grenzen eene vermeerdering van de hoeveelheid van 't ontlede koolzuur, terwijl beneden zekeren, voor verschillende planten verschillende warmtegraad, het proces wederom stil staat.

Voorheen dacht men eene scherpe grens te kunnen trekken tusschen planten en dieren. De planten, zoo heette het, nemen enkel anorganisch voedsel op, dat zij ten behoeve van haar eigen lichaam en dat der dieren omzetten in organisch voedsel. DE SAUSSURE, MULDER, MOLESCHOTT en MALAGUTI hebben het bewijs geleverd, dat, humuszuren onmiddellijk en als zoodanig in het lichaam der plant overgaan. Het feit der *eigentliche* ademhaling, opneming van zuurstof en uitademing van koolzuur, deed

¹ OUDEMANS en HUGO DE VRIES, *Leerb. der Planten-Physiologie.*

almede een der slagboomen tusschen dier en plant wegvallen. Ook in het leven der plant grijpen oxydatie-processen plaats, die het verval der weefselbestanddeelen uitlokken.

In het jaar 1855 deed JACOB MOLESCHOTT, toen nog privaat-docent aan de Heidelberger Universiteit, de ontdekking, dat kikvorschen meer koolzuur uitademen, wanneer zij aan 't licht zijn blootgesteld, dan wanneer zij zich in het donker bevinden. Deze waarneming werd door vele andere onderzoekers telkens bevestigd gevonden en zelfs uitgebreid tot warmbloedige dieren.

Het feit, in 1866 door PETTENKOFER en VOIGT ontdekt, n.l. dat de mensch gedurende den slaap minder koolzuur uitscheidt dan des daags, schijnt te meer voor genoemden invloed des lichts te pleiten, daar gedurende de waarneming het individu zooveel mogelijk in volstrekte rust werd gehouden, ten einde den faktor van beweging buiten werking te stellen.

Onze landgenoot, F. J. VAN PESCH¹, had ten jare 1879 de waarneming gedaan, dat eene zekere keversoort, *Bruchus pisi*, aan 't licht blootgesteld, meer zuurstof verbruikte dan in 't donker, zoodat ook deze waarneming ten goede schijnt te komen van de stelling, dat het licht de uitademing van koolzuur bevordert, welke stelling dan hiermede is uitgebreid tot de ongewervelden. Bevat zij waarheid, m. a. w. wordt de stofwisseling door den prikkel des lichts tot meerdere werkzaamheid aangezet, dan dient ook deze stelling alweder tot aanvulling der gaping tusschen plant en dier. Tevens verstrekt zij tot steun voor de bewering van hen, die in het proces der stofwisseling, ook van die des diers, zuiver chemische en physische krachten werkzaam zien, die elke gedachte aan eene bijzondere levenskracht buitensluiten.

Hadden PETTENKOFER en VOIGT, gelijk zoo even werd vermeld, geexperimenteerd aan den mensch, en dezen in slapenden en wakenden toestand, POTT nam proefnemingen met muizen. Laatstgenoemde geleerde bevond, dat deze dieren over dag meer koolzuur vormden dan des nachts. Deze proefnemingen waren, wel is waar, niet in staat tot zuivere uitkomsten te leiden, daar de ademhaling bij dag en nacht nog door andere invloeden wordt beheerscht dan door die des lichts alleen, maar zij zijn evenmin van alle betoogkracht ontbloot.

SELMI en PIACENTINI — op wier methode evenwel geprononceerde aan-

¹ F. J. VAN PESCH, *Eenige verschijnselen bij de ademhaling van kleine kevers*, Amsterd. *Maandbl. voor natuurw.* 1879

merkingen zijn te maken — namen proeven met den hond, de tortelduif en het hoen; ook deze geleerden bevonden, dat de hoeveelheid koolzuur, in 't licht uitgeademd, aanmerkelijk grooter was dan die, welke in het donker werd verkregen.

JOSEPH CHASANOWITZ kwam tot gelijke uitkomsten ten aanzien van kikvorsch en Guineesche biggetjes. Daar de opmerking was gemaakt, dat de resultaten door MOLESCHOTT verkregen, ook konden worden afgeleid uit eene *middellijke* inwerking des lichts, nl. in zooverre als meerder licht de dieren tot beweging prikkelt, verdeelde CHASANOWITZ zijne proeven in twee reeksen. Hij experimenteerde nl. aan gezonde kikvorsch, en aan individuen, wien het ruggemerg aan deszelfs oorsprong was doorgesneden; deze operatie had ten doel de dieren bewegingloos te maken. Maar ook de verminkte kikvorsch gevoelden den invloed des lichts.

VON PLATEN kwam ten aanzien van konijnen tot het besluit, dat de vermeerderde uitscheiding van koolzuur niet enkel geldt ten aanzien van de hoeveelheid, die huid en longen te zamen afgeven, maar ook voor die, welke alleen door de longen wordt uitgeademd. Tevens bevond VON PLATEN dat niet alleen de hoeveelheid koolzuur grooter wordt, maar dat ook het bedrag aan ingeademde zuurstof in het licht toeneemt.

FUBINI beroofde de kikvorsch van hunne longen, ten einde na te gaan hoeveel koolzuur door de huid alleen wordt uitgeademd, en hij bevond, dat die hoeveelheid in 't donker gelijk 100 gesteld, in het licht stijgt tot 134. Tevens bepaalde hij het aandeel, dat aan huid en longen, ieder afzonderlijk, in de afgescheiden hoeveelheid koolzuur moet worden toegekend; volgens FUBINI scheiden de kikvorsch na genoeg tienmaal zooveel koolzuur uit door de huid als door de longen, een feit, waardoor genoegzaam wordt verklaard, dat deze dieren zoo lang in 't leven kunnen blijven nadat men hun de longen heeft uitgesneden.

In vereeniging met RONCHI ontdekte dezelfde natuurkundige, dat ook de menschelijke huid in het donker minder koolzuur uitscheidt dan wanneer de ademhaling in het licht geschiedt; die hoeveelheden verhouden zich n.l. als de getallen: 100 en 113.

BIDDER en SCHMIDT namen waar, dat eene hongerende kat des daags meer aan gewicht verliest dan des nachts. Eerst gedurende de drie laatste dagen vóór den dood des diers, toen het blind was geworden, werd het verschil geringer.

Deze laatste bijzonderheid voert ons tot de vraag: of het licht, terwijl het de inademing van zuurstof en de uitademing van koolzuur bevordert, uitsluitend op de oogen werkt, dan wel of de invloed des lichts zich over het geheele organisme laat gevoelen? Ten einde deze vraag op te lossen nam MOLESCHOTT proeven met *blind* gemaakte kikvorsch, en vergeleek de uitkomsten, aan deze dieren verkregen, met die, welke zij hadden opgeleverd, tijdens zij nog in 't bezit der oogen waren gelaten. Temperatuur en intensiteit des lichts bleven in beide reeksen van proefnemingen zooveel mogelijk onveranderd. MOLESCHOTT verkreeg voor de uitgeademde hoeveelheden koolzuur de volgende verhoudingsgetallen:

gezonde kikvorsch	100	in 't donker,	125	in 't licht
blinde	»	100	»	115

De hoeveelheden door blinde en ziende dieren in 't licht afgegeven, verhielden zich als:

$$100 : 114$$

Om deze getallen wel te begrijpen moet men er bij in acht nemen, dat zij betrekking hebben op gelijke tijdseenheden en dezelfde gewichtsdeelen kikvorsch, d. w. z. in zooverre als de tot proefnemingen dienende voorwerpen verschillende zwaarte bezaten, werd de gevonden hoeveelheid koolzuur telkens herleid tot dat bedrag, hetwelk verkregen zou zijn, indien elk individu 100 gram had gewogen en gedurende 24 uren geademd. Tevens zij hier opgemerkt, dat deze experimenten met een genoegzaam aantal individu's werden genomen, of aan hetzelfde voorwerp herhaalde malen uitgevoerd, terwijl dan uit al deze proeven een middelcijfer werd afgeleid. Zoo nam M. eenmaal 26 vergelijkende proeven; een ander maal werd uit 46 experimenten een middelcijfer getrokken.

Het bleek alzoo, dat, na wegneming der oogen — M. had door middel van zilvernitraat de cornea vernietigd — de invloed des lichts wel was verminderd, maar toch nog werkzaam bleef, waaruit de waarnemer het besluit afleidde, dat een gedeelte van den invloed des lichts onafhankelijk van de oogen tot stand komt, dus meer dan waarschijnlijk door middel der huid. Gezegde proefnemingen hadden plaats in 1855. Twintig jaren later werd de bemiddeling der oogen voor den invloed des lichts bevestigd gevonden door VON PLATEN; deze werkte met konijnen, welke dieren door hem beurtelings werden voorzien van doorschijnende en ondoorschijnende glazen. VON PLATEN vond dezelfde verhouding als M. t. w. 100 : 114.

PFLÜGER, steunende op het bekende feit, dat het netvlies, zelfs bij gesloten oogen nog lichtindrukken ontvangt, dat een diamant, wanneer men hem met den vinger bedekt, door dien vinger nog licht genoeg kan opnemen om in het duister te phosphoresceeren, dat geloid leder, groen hout, versche beenderen, enz. nog licht doorlaten, meende, dat bij de door M. blind gemaakte kikvorschen de retina nog gezond kon zijn gebleven, en dit orgaan, juist ten gevolge der verdonkerde cornea eene meer dan gewone gevoeligheid had erlangd. De ervaring n.l. leert, dat de prikkelbaarheid van het netvlies verhoogd wordt, wanneer men het een tijd lang voor het licht afsluit. M. merkte hiertegen op, dat de cornea door de inwerking van het zilvernitraat totaal vernield was, dat hij 197 dagen na de operatie zijn proeven begon, en dat het z. i. niet denkbaar is, dat het netvlies, gesteld dat dit orgaan nog ongeschonden was bewaard gebleven, — na zoo langen tijd zijne gevoeligheid zou hebben behouden, ja zelfs verhoogd. Veeleer denkbaar is het, volgens M., dat het netvlies in elk geval zijne gevoeligheid hier geheel had verloren.

Betrekken wij de proeven van CHASANOWITZ en FUBINI binnen den kring der zoeven genoemde van MOLESCHOTT, dan worden de cijfers nog sprekender, gelijk onderstaande tabellen ten duidelijkste doen zien.

	Grammen koolzuur in 24 uren		Verhoudingsgetallen.	
	uitgeadend door 100 gram		Donker	Licht.
..	lichaamsgewicht.		Donker	Licht.
Gezonde kikvorschen.....	0.522	: 0.654	= 100	: 125 MOLESCH.
» »	0.329	: 0.514	= 100	: 156 CHASANOW.
Kikvorschen zonder longen.	0.424	: 0.569	= 100	: 134 FUBINI.

Middelcijfers: voor ziende kikvorschen..... 100 : 138
 » blinde » hadden wij 100 : 115

Voegen wij hier nog aan toe de uitkomsten, door VON PLATEN e. a. ten aanzien van zoogdieren verkregen:

	Het geheele lichaam blootgesteld		
	aan donker	aan licht	
Hond.....	100	: 122	SELMI en PIACENT.
Guineesch biggetje..	100	: 130	CHASANOWITZ.

Het licht van de oogen geweerd.
 Konijnen..... 100 : 114 VON PLATEN.

De getallen, door VON PLATEN medegedeeld, hebben, wel is waar, enkel betrekking op het door de longen uitgescheiden koolzuur; doch als men bedenkt, dat — geheel in tegenstelling met kikvorschen — de zoogdieren genoegzaam alleen door de longen ademen, terwijl nog geen vijftigste deel van het door deze organen uitgeademde koolzuur door de huid wordt afgegeven, dan blijkt al wederom uit deze getallen 122, 130, vergeleken met 114, dat de inwerking des lichts, die door bemiddeling der oogen tot stand komt, slechts een deel bedraagt van het aandeel, dat huid en oogen te zamen vertegenwoordigt. De getallen 122 en 130 worden verminderd tot 114.

Maar ook de meerdere of mindere hoeveelheid licht, m. a. w. de intensiteit des lichts is van invloed. Ten einde deze intensiteit te meten, bediende MOLESCHOTT zich van reepen ongelijmd papier, die drie minuten in eene verzadigde oplossing van ammonium-chloride hadden gelegen, daarna tusschen vloeipapier waren gedroogd, en dan 1.5 minuut aan de inwerking van eene ammoniakale-oplossing van zilvernitraat werden blootgesteld. Op eene bijzondere wijze bewaard, werd het aldus toebereide papier op 't oogenblik der waarneming vijf minuten lang in dezelfde klok, in welken het te onderzoeken dier zou worden geplaatst, aan de inwerking der lichtstralen blootgesteld. De kleursverandering, die het papier had ondergaan, werd vergeleken met behulp eener opzettelijk voor deze proefnemingen vervaardigde lichtschaal. Deze laatste was samengesteld uit twintig verschillende lichttinten. N^o. 1 was de lichtste, n^o. 20 vormde de donkerste afdeeling. Bij 't gebruik dier schaal moet men twee zaken niet uit het oog verliezen: 1^o. dat de lichttoon II geenszins kan gezegd worden het dubbel effect te vertegenwoordigen van lichttoon I, en de voortbrenging van kleur XX evenmin kan gezegd worden een gevolg te zijn van eene twintig maal grootere lichtkracht dan kleur I; 2^o. dat in elk geval die tinten slechts de chemische kracht der lichtstralen aanwijzen, zonder dat het bewezen is, dat een dubbel chemisch lichteffect ¹ ook juist een dubbelen invloed op het organisme, wat de vorming van koolzuur betreft, bewerkt. M. a. w. de verkregen hoeveelheden koolzuur kunnen niet geacht worden evenredig te zijn met de cijfers, door welke volgens de opgegeven methode de chemische lichtkracht wordt uitgedrukt, — maar toch ging opklimming in 't een nog steeds gepaard met opklimming in 't andere, gelijk de volgende tabellen bewijzen:

¹ En dit chemisch effect heeft ook nog enkel betrekking op de ontleding van een zilverzout.

A. Gezonde kikvorschen.

Lichtgraad.	Grammen koolzuur voor 100 gram lichaamsgew. en 24 uren.
I.7 : III.5 : V.7	0.447 : 0.592 : 0.679
of 100 : 205 : 335	en 100 : 132 : 152

B.

III.27 : VII.38	0.545 : 0.645
of 100 : 226	en 100 : 118

Nemen wij 't gemiddelde van de in A en B voorkomende, weinig van elkaar verschillende lichtgraden 205 en 226, insgelijks van de daarbij behoorende koolzuurverhoudingen 132 en 118, dan verkrijgt men 215 en 125, zoodat hieruit volgt:

C.

Lichtgraad.	Koolzuurverhoudingen.
100 : 215 : 335	100 : 125 : 152

Blinde kikvorschen gaven:

D.

Lichtgraad.	Koolzuurverhouding.
100 : 145	100 : 123

De tegenstrijdigheid, dat blinde kikvorschen bij den lichtgraad 145 betrekkelijk meer koolzuur uitscheidten (123) dan de ziende kikvorschen, die volgens B bij den hooger en lichtgraad 226 slechts 118 gaven, zou volgens MOLESCHOTT behalve in het straks vermelde, aangaande de beteekenis der chemische lichtschaal, ook nog zijne verklaring kunnen vinden in het volgende: het is denkbaar — ofschoon niet waarschijnlijk — dat de meer breekbare stralen een geringeren invloed op het oog uitoefenen dan de minder breekbare, zoodat, wanneer men slechts de chemische kracht van het licht meet, *ziende* kikvorschen iets minder duidelijk dan *blinde* dieren het stijgen en dalen van den lichtgraad aanschouwelijk maken. Deze meening evenwel werd in 1878, gelijk wij nader zullen zien, herroepen.

De bedenkingen evenwel, door PFLÜGER in 't midden gebracht, noopten MOLESCHOTT tot nader onderzoek.

Hij wilde door de reeks van proefnemingen uit te breiden, en tevens

door deze meer opzettelijk voor de opheldering van het betwiste punt in te richten, tot zekerheid komen aangaande de vraag, of het licht in staat is, ook zonder bemiddeling der oogen, de uitscheiding van koolzuur te doen toenemen.

In vereeniging met FUBINI ondernam hij dien arbeid, en de vrucht dezer driejarige, gemeenschappelijke werkzaamheid vond eene plaats in het tijdschrift: » *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere* », Band XII, Heft III.

Dit opstel vormde de bron, waaruit schrijver dezes de mededeelingen heeft geput, die hij belangrijk genoeg achtte om in ruimer kring verbreid te worden. Belangrijk te meer, omdat de nasproingen der beide physiologen zich almede uitstrekten over den invloed, dien het licht uitoefent op de ademhaling der van 't lichaam gescheiden weefsels, en zij daarenboven de werking nagingen van de verschillende stralen des spectrums, dus van *gekleurd* licht.

De verhandeling van M. en F. draagt tevens de ondubbelzinnigste blijken van het groote talent, de scherpzinnigheid en volharding der beide onderzoekers; zij vervult ons met bewondering voor de innige toewijding, die de mannen der wetenschap bezielt, waar het geldt het opsporen van *waarheid*, en wij zien er in bevestigd, dat de mensch van brood alleen niet zal, maar ook niet *kan* leven, al moge de duiding van dit woord niet bij allen geheel dezelfde zijn.

Zonder afbeeldingen is 't niet wel mogelijk eene voor ieder verstaanbare beschrijving te geven van den toestel, met welken M. en F. werkten.

Het zij genoeg hier op te merken, dat alle voorzorgsmaatregelen waren genomen om tot eene zuivere meting te geraken van het bedrag aan koolzuur, dat tijdens het onderzoek door het onderzochte voorwerp werd uitgescheiden. Men trachtte zooveel mogelijk bij eene zelfde temperatuur te werken, en waar het verschil te groot was, werd zulks bij de berekening in acht genomen, vooral dan, wanneer men te doen had met reeksen, uit welke een middelcijfer moest worden afgeleid. Immers, de ervaring had geleerd, dat meerdere warmte bij de reptielen vermeerderde afscheiding van koolzuur bewerkt, terwijl bij de warmbloedige dieren juist het omgekeerde plaats grijpt. Rechtstreeksch zonnelicht werd gekeerd; het donker werd verkregen door eene twee à driedubbele laag grijs bordpapier, dat om den glazen cylinder werd geslagen, in welken het te onderzoeken dier was geplaatst. Dit laatste werd van genoegzaam en doelmatig voedsel voorzien, en in 't alge-

meen namen de onderzoekers tal van bijzonderheden in acht, ten einde hunne gevolgtrekkingen zoo juist mogelijk te doen zijn. Zij experimenteerden aan kikvorschen, vogels en zoogdieren, en de slot-som hunner zoo talrijke als nauwkeurige proefnemingen was deze:

1°. *Het licht, ook wanneer de oogen zijn weggenomen, doet nog steeds het bedrag aan koolzuur stijgen, al zij het dan ook in mindere mate dan bij ziende dieren.*

2°. *Ook wanneer de oogen zijn weggenomen gaat meerdere chemische lichtkracht nog gepaard met vermeerderde koolzuuruitscheiding; aan eene strenge evenredigheid mag hierbij echter niet gedacht worden, omdat gezegde werwingen ieder door tal van oorzaken worden bepaald, die niet alle in gelijke richting verlopen.*

Wij willen deze resultaten thans toetsen aan enkele middelcijfers, bij gemelde proefnemingen verkregen.

In de maanden Juni en Juli des jaars 1876 werden proeven genomen met eene wijfjes-kikvorsch (*Rana esculenta*), wegende 48 gram. Hierbij werden de volgende middelcijfers verkregen:

In het donker.		Lichtgraad.	In het licht.	
Warmte.	Koolzuur.		Warmte.	Koolzuur.
22.6°	0.856	III	22.8°	1.056 (1)

Den 5den Juli ontnam men dit dier de beide oogen, door ze eerst geheel uit te snijden en daarna de wond met bijtende kali te etsen. Twee dagen later was het gewicht toegenomen tot 54.1 gram, een gevolg van wateropname, welk verschijnsel volgens M. en F. steeds bij kikvorschen het kenteeken is van een abnormalen lichaamstoestand. Eene reeks van 48 proeven met het blinde dier genomen gaf de volgende middelcijfers:

In het donker.		Lichtgraad.	In het licht.	
Warmte.	Koolzuur.		Warmte.	Koolzuur.
25.2°	0.717	IV	24.8°	0.985 (2)

Uit de getallen 1 en 2 ontleenen wij de volgende verhoudingen:

	Donker.	Licht.	}	3
voor den gezonden kikvorsch	100	: 123		
» » blinden	»	: 137		

Deze cijfers bevestigen voldingend den invloed des lichts op het blind gemaakte individu. Mocht men uit de laatste reeks (3) willen afleiden, dat die invloed grooter is bij een van zijn oogen beroofden

kikvorsch dan bij een gezond voorwerp, dan zou men een al te voorbarig besluit trekken. M. en F. konden met dat blind gemaakte dier slechts ééne proef nemen, omdat het kort na de operatie was gestorven, terwijl reeks 1 of 3^a het middelcijfer vertegenwoordigt uit 5 proefnemingen. De vierde proef dier reeks gaf b. v. aanleiding tot de volgende verhouding:

Donker. Licht.
100 ; 138

Alleen dit was gebleken, dat het licht nog werkzaam blijft ook nadat de oogen des diers zijn weggenomen.

Met een anderen kikvorsch konden de waarnemers drie reeksen van proefnemingen bewerkstelligen; eene eerste reeks met het gezonde, d. i. niet verminkte dier, eene tweede, nadat de oogen waren weggenomen, en eene derde, toen men dien blinden kikvorsch ook nog van de groote hersenen en de tweehevelige lichamen had beroofd. Het uitsnijden der oogen geschiedde den 23^{sten} Juli 1876, en vijf dagen later bereikte de invloed des lichts zijn hoogsten graad.

	Donker.		Lichtgraad.	Licht.	
	Warmte.	Koolzuur.		Warmte.	Koolzuur.
a. gezond.....	24.4°	1.228	III	24.5°	1.440
b. blind.....	24.2	1.147	III	24.3	1.221
c. » en hersenloos	25	0.838	III	25.4	0.902

of in verhoudingen:

- a. 100 (donker) : 117 (licht)
 b. 100 (») : 106 (»)
 c. 100 (») : 108 (»)

Deze kikvorsch woog gezond 55, blind 53 en 2 dagen na 't weg-nemen der hersenen 77, nog een dag later 70 gram.

Bij een anderen blinden kikvorsch waren de getallen:

Donker.		Lichtgraad.	Licht.	
Warmte.	Koolzuur.		Warmte.	Koolzuur.
25.3°	1.464	III	25.7°	1.721

of in verhoudingen:

Donker. Licht.
100 : 117

Terwijl de voorlaatste blinde kikvorsch voor elke 100 gram lichaams-gewicht, bij eene temperatuur van 24.2° in 24 uren 1.147 gram koolzuur in 't donker uitscheidde, daarentegen in 't licht en bij 24.3° eene hoeveelheid van 1.221, bedroeg deze bij den laatsten, insgelijks blinden kikvorsch bij eene temperatuur van 25.3° in 't donker 1.464 en bij de temperatuur 25.7° in 't licht 1.721.

Dit meerdere mag evenwel niet alleen op rekening van den hooger en warmtegraad gesteld worden, maar moet ten deele worden toegeschreven aan den leeftijd. De laatste kikvorsch n. 1. was een jeugdig exemplaar en woog slechts 32.8 gram. PORT heeft waargenomen, dat jonge kikkers en padden, onder overigens gelijke omstandigheden, drie à viermaal meer koolzuur vormen dan oude. P. experimenteerde echter aan *zeer* jonge individuen.

Uit deze en tal van andere proefnemingen was alzoo genoegzaam gebleken, dat de vóór 20 jaren door MOLESCHOTT uitgesproken meening, dat *de invloed des lichts op de dierlijke ademhaling ook dan nog van kracht blijft, wanneer de oogen zijn weggenomen*, op goede gronden steunde. Bovendien hadden sommige proeven op overtuigende wijze aangetoond, dat in dezen niet gedacht kan worden aan een prikkel, dien het licht zou uitoefenen op pas doorsneden zenuwen. Bij zekeren kikvorsch b. v. werd MOLESCHOTT's bewering bevestigd gevonden 18 dagen na het uitsnijden der oogen. Tevens was nog gebleken, dat het licht voor dien invloed op de stofwisseling zelfs de hersenen kan ontberen, m. a. w. de werking van het licht blijft ook dan nog bestaan, wanneer het niet meer tot beweging aandrijft.

En in die gevallen, in welke M. en F. over een voldoende aantal proefnemingen konden beschikken, bleek het hun, dat de hier besproken invloed grooter was bij ziende dan bij blinde dieren. De oudere onderzoekingen van M. leidden tot de volgende uitkomsten:

	Donker.	Licht.	
gezonde kikvorsch	100	125	} a
blinde »	100	115	

In zekere reeksen van M. en F. vonden wij:

voor ziende.....	100	117	} b
» blinde.....	100	106	
» » en hersenlooze kikkers	100	108	

De verhoudingstallen 106 en 108 mogen oppervlakkig beschouwd eenige bevreemding wekken, maar men bedenke, dat de koolzuur-

waardigen aanzienlijke afwijkingen ondergaan, zoodat het allicht kan gebeuren, dat nu en dan een blinde kikvorsch meer koolzuur afscheidt dan een ziende, een hersenlooze en blinde iets meer dan een dier, dat enkel van de oogen is beroofd. Hieruit volgt dat het aantal proefnemingen zoo groot mogelijk moet zijn, ten einde middelcijfers te verkrijgen, waaruit betrouwbare gevolgtrekkingen afgeleid kunnen worden.

En in dit opzicht hebben de meeste cijfers, door M. en F. medegedeeld, groote beteekenis. Wij merken verder op, dat de verhouding a (125 : 115) nagenoeg gelijk is aan verhouding b (117 : 106).

Tevens moet men ten aanzien van den hersenloozen kikvorsch niet uit het oog verliezen, dat deze door opneming van water $\frac{1}{3}$ in gewicht toenam, zoodat, willen wij de rekening zuiver opmaken, dit water van 't lichaamsgewicht, althans voor een deel, moet worden afgetrokken. Geschiedt zulks, dan wordt de uitkomst anders en laat zich samentrekken in deze woorden: Verlies der oogen bewerkt zoolwel in het donker als in het licht vermindering in de vorming van koolzuur, en die vermindering neemt toe wanneer bovendien de hersenen zijn weggenomen; zelfs in den toestand van rust dragen oogen en hersenen bij tot de vorming van koolzuur. —

De volgende cijfers zullen strekken tot bewijs voor M's andere stelling, dat *het licht de uitscheiding van koolzuur te meer doet toenemen, naarmate de chemische stralen werkzamer zijn*, — die chemische lichtkracht gemeten door het bekende papier.

Proeven met een gezonden, d. i. niet verminkten kikvorsch.

Lichtgraad III.		Lichtgraad IV.		
Warmte.	Koolzuur.	Warmte.	Koolzuur.	
25.0°	1.372	24.0°	1.508	(a)

Proeven met denzelfden kikvorsch, blind.

Lichtgraad III.		Lichtgraad IV.		
Warmte.	Koolzuur.	Warmte.	Koolzuur.	
24.2°	1.152	24.4°	1.360	(b)

Proeven met denzelfden kikvorsch blind en hersenloos.

Lichtgraad I.		Lichtgraad V.		
Warmte.	Koolzuur.	Warmte.	Koolzuur.	
25.2°	0.713	25.6°	1.091	(c)

In reeks *a* zou het verschil nog grooter zijn geweest, indien niet de mindere warmte den invloed des licht had tegengewerkt. De reeksen *a*, *b* en *c* geven aanleiding tot de volgende verhoudingsgetallen:

gezond.....	verhouding	tusschen	zwak	en	sterk	licht	100	:	110
blind.....	»	»	»	»	»	»	100	:	118
» en hersenloos..	»	»	»	»	»	»	100	:	153

Bij een anderen gezonden kikvorsch verkreeg men de verhouding 100 : 109; bij nog een anderen, blinden 100 : 112 en bij een anderen blinden *en* hersenloozen 100 : 134.

MOLESCHOTT en FUBINI strekten hunne onderzoekingen ook uit tot vogels en zoogdieren, zoowel in zienden als blinden toestand. Ook deze dieren werden behoorlijk gevoed, terwijl tevens maatregelen werden getroffen om elke willekeurige beweging te voorkomen. Zoo werden b.v. proefnemingen verricht met eene musch (*Fringilla domestica*), welk diertje 25 gram woog. Op den 16den Februari 1878 van de beide oogen beroofd, nam het lichaamsgewicht iets af en daalde op den 12den dag na de operatie tot 21 gram. Vier dagen later stierf het. De onderzoekers namen met het niet-verminkte dier ééne reeks van proefnemingen, met het blinde vier reeksen; terwijl tijdens het laatste onderzoek de temperatuur zoo gelijkmatig bleef als men maar wenschen kon, n.l. 17.4° in 't donker en 17.2° in 't licht, steeg de warmtegraad gedurende de proefneming met het gezonde dier van 15.7° in 't donker tot 17.2° in 't licht. Maar als men zich herinnert, dat bij vogels en zoogdieren meerdere warmte gepaard gaat met mindere koolzuurvorming, dan verkrijgen de zoo aanstonds mede te deelen cijfers nog grootere waarde.

MOLESCHOTT en FUBINI vonden koolzuurwaarden, uit welke de volgende verhoudingsgetallen werden afgeleid:

<i>Fringilla domestica</i> B.	
gezond.....	in 't donker 100; in 't licht 131
blind.....	» » 100; » » 128

Wij zien dus ook voor de vogels den regel bevestigd, dat de dieren in oogenloozen toestand meer koolzuur in 't licht uitademen dan in het donker.

Proeven met een andere musch leidden tot gelijk resultaat; alleen liet deze de bijzonderheid zien, dat de *volstreckte* hoeveelheid koolzuur, door het blinde dier uitgeademd, meer bedroeg dan die, welke het in normalen

toestand uitscheidde. Waarschijnlijk moet deze onregelmatigheid worden toegeschreven aan het gevolg der operatie, wondkoorts. Opmerkelijker was evenwel het volgende feit:

Even als met de kikvorschen was geschied, hadden de waarnemers ook met de musschen telkens eene reeks van drie proeven genomen, ten einde daaruit tot een middelcijfer te geraken, aanwijzende de hoeveelheid koolzuur, door het onderzochte voorwerp, 't zij in het donker, 't zij in het licht, uitgeademd.

In plaats van één of meermalen in 't donker, of wel in 't licht te laten ademen, richtte men de proef dus in: Het dier ademde eerst in 't donker, daarna in 't licht, dan weder in 't donker, of eerst in 't licht, dan in 't donker en daarna weder in 't licht.

In 't eerste geval, d. l. d., nam men 't gemiddelde der 2 proeven in 't donker en vergeleek deze met de eene in 't licht, in 't laatste geval, l. d. l., nam men 't gemiddelde der beide lichtproeven en vergeleek deze met de uitkomst der ééne proef in het donker. De zoo verkregen waardijen werden nogmaals met elkander vergeleken om daaruit middelcijfers voor licht en donker af te leiden. Nu bevonden MOLESCHOTT en RUBINI dat beide musschen, indien de volorde l. d. l. tot grondslag diende, in blinden staat eene grootere hoeveel koolzuur in het donker uitscheidde dan in het licht. De hier volgende tabel, aanwijzende de uitkomsten verkregen met de straks genoemde musch, *Fringilla domestica*, B kan strekken om zulks duidelijk te maken. De daarin opgenomen absolute hoeveelheden koolzuur zijn grammen, berekend voor 100 gram lichaamsgewicht en 24 uren. (Zie de tabel op bladz. 215)

Naar eene verklaring van dit verschijnsel werd echter te vergeefs gezocht.

Dezelfde musch B bevestigde tevens de vroeger gevonden waarheid, dat meerdere licht-intensiteit gepaard gaat met vermeerderde stofwisseling, gelijk de volgende tabel, de slotsom uit een aantal waarnemingen, bewijst.

Gemidd. lichtgr.	Warmte.	Koolzuur.
V.2.	17.1°	17.417
VI	17.1°	20.001
	17.417 : 20.001	= 100 : 115

MOLESCHOTT en RUBINI erkennen evenwel dat het wenschelijk is, aangaande dit punt meerdere proeven te nemen dan door hen is geschied, alvorens daaruit tot een algemeen geldige wet te besluiten.

Fringilla domestica B.

Dag. 1878.	Aantal dagen na het wegnemen der oogen.	Licht.			Donker.		
		Licht- graad.	Warmte.	Koolzuur.	Warmte.	Koolzuur.	
15 Februari	<i>d</i>	—	IV	17,2°	34,454	15,7°	26,385
Het wegnemen der oogen had plaats op 16 Februari.							
25 »	<i>d</i>	9	VI	18,1°	21,011	18,0°	16,256
26 »	<i>d</i>	10	VI	17,5	20,688	17,7	18,969
28 »	<i>d</i>	12	VI	16,0	23,777	16,5	16,040
		Middeleijfers	VI	17,2°	21,825	17,4°	17,088
16 Februari	<i>l</i>	—	VI,5	17,7°	36,163	17,7°	32,822
Na deze proef werden de oogen verwijderd.							
20 »	<i>l</i>	4	VI	17,0°	14,527	17,5°	26,461
22 »	<i>l</i>	6	V,5	18,2	15,784	18,0	27,728
27 »	<i>l</i>	11	V	18,2	17,735	18,0	27,297
1 Maart	<i>l</i>	13	V	14,9	18,733	15,1	20,542
		Middeleijfers	V,4	17,1°	16,695	17,1°	25,507

d. heeft betrekking op de reeks donker, licht, donker,

l. » » » » » licht, donker, licht.

Behalve op vogels experimenteerden MOLESCHOTT en FUBINI op de bruine rat (*Mus decumanus*) en de hazelmuis (*Myoxus muscardinus*), en ook ten aanzien van deze zoogdieren werd de regel bevestigd gevonden. Beide voorwerpen werden met brood, kaas en water gevoed. Na 't eindigen van elke proef schoof men daarvan eene genoegzaame hoeveelheid onder de klok, en elken dag vonden de waarnemers, wanneer zij eene nieuwe proef aanvingen, nog iets van den voorraad aanwezig, een bewijs, dat er geen gebrek was geleden. Tijdens de proef werd het voedsel verwijderd; de dieren namen in lichaamsgewicht eer toe dan af, zoodat zij als goed gevoed konden beschouwd worden.

Het koolzuur werd bepaald vóór en nà het wegnemen der oogen; de operatie zelf werd zoo volledig uitgevoerd, dat men zelfs met behulp van het miskrooskoop geen spoor van retina meer kon ontdekken. De rat gaf aanleiding tot de volgende cijfers:

	Donker.	Licht.
gezond	100	: 126
ééne maand na 't ver- wijderen der oogen.	100	: 118 (d) 100 : 111 (z)

De middelcijfers, die betrekking hebben op de verschillende lichtsterkten zijn:

Lichtkracht.	Koolzuur.	Lichtkracht.	Koolzuur.	Verhouding.
VIII.6	4.338	XI.7	5.186	100 : 119

De veelvuldige proefnemingen met deze rat hadden tevens de wet van LETELLIER, LEHMANN, VIERORDT, COLASANTI e. a., n.l. dat bij zoogdieren en vogels toenemende warmte gepaard gaat met verminderde vorming van koolzuur, op glansrijke wijze bevestigd. De volgende tabel strekt daarvan ten bewijze:

		Verhoudingsgetal voor het koolzuur.
Lichtgraad.	Warmte.	
XI	25.0	100
XI	22.2	142
XI	17.0	174

En wenscht men nu nog een algemeen overzicht van de gemiddelde verhoudingen van de koolzuurbedragen door gezonde, en van hunne oogen beroofde reptielen, vogels en zoogdieren, in licht en donker, en in 't licht bij verschillende lichtgraden uitgescheiden, de geleerde onderzoekers hebben in de volgende tabellen aan die begeerte voldaan.

	Donker.	Licht.		Donker.	Licht.
Reptielen, gezond	100	: 120	zonder oogen	100	: 111
Vogels	»	100 : 134	»	»	100 : 127
Zoogdieren	»	100 : 140	»	»	100 : 112

		Lichtgraden.	Verhoudingen der koolz. bedragen.
Blinde kikvorschen	II.8	IV	100 : 115
» musch	V	VI	100 : 115
» rat.	VIII.6	VI.7	100 : 119
» hazelmuis..	VIII	XII.5	100 : 119

De slotsom van alle tot dusver beschreven onderzoekingen kan alzoo in de volgende woorden uitgedrukt worden:

1°. Ook nadat de oogen zijn weggenomen, bewerkt het licht nog steeds eene vermeerdering van het uitgedemde koolzuur, ofschoon in mindere mate

dan bij niet-verminkte dieren. Voor reptielen, vogels en zoogdieren valt aan deze waarheid niet te twijfelen.

2^o. Ook nadat de oogen zijn weggenomen, gaat meerdere chemische lichtkracht nog steeds gepaard met vermeerderde vorming van koolzuur; wij zijn evenwel niet in staat eene wet van evenredigheid op te stellen tusschen twee werkingen, die beide van een aantal oorzaken afhankelijk zijn, die niet alle in gelijken zin werken.

Hadden M. en F. tot nog toe geëxperimenteerd aan geheele lichamen, thans gingen zij van stap tot stap verder. Behalve de hersens werden ook de overige centrale deelen van het zenuwstelsel weggenomen. Een ander maal werd zelfs het dier van de huid, soms zelfs van alle inwendige organen beroofd. Nu eens was er nog een zwakke bloedstroom aanwezig, dan weder werden de proefnemingen gedaan, wanneer die stroom zelfs had opgehouden. Telkens werd de regel bewaarheid gevonden, gelijk de volgende tabellen aantoonen:

Rana esculenta, zonder oogen, hersenen en ruggemerg, maar met zwakken bloedstroom.

Donker. Licht.

100 : 150.

Rana esculenta, zonder oogen, hersenen, ruggemerg en huid, maar met bloedsomloop.

Donker. Licht.

100 : 125.

Rana esculenta, zonder oogen, hersenen, ruggemerg en huid, en tevens zonder bloedsomloop, Ook de bloot liggende zenuwen waren vernield.

Donker. Licht.

100 : 170.

Proeven met afzonderlijke spieren van konijnen en honden genomen, gaven soortgelijke uitkomsten (100 : 157.) Doet het licht alzoo de hoeveelheid koolzuur ook vermeerderen van op zichzelf staande spieren, dan is het zeker, dat het licht een onmiddellijken, scheikundigen invloed op de weefsels uitoefent, alhoewel deze werking die van het licht door prikkeling van retina en andere zenuwuiteinden niet buiten sluit. De oude stelling van MOLESCHOTT dat het licht ook zonder tusschenkomst der oogen de stofwisseling bevordert, wordt evenwel door de proeven op zelfstandige weefsels ondubbelzinnig bewezen.

FUBINI heeft later de onderzoekingen uitgestrekt tot de uit het dierlijk lichaam genomen centrale zenuwdeelen, hersenen en rugge-
merg, en verkreeg tot gemiddelde verhoudingscijfers:

Donker. Licht.

100 : 129.

Doode weefsels, d. w. z. de zoodanige, bij welke een elektrische stroom geen bewegingsverschijnselen meer kon oproepen, werden niet onderzocht.

(Wordt vervolgd.)
