

HET LICHT EN DE DIERLIJKE STOFWISSELING

DOOR

R. E. DE HAAN.

(Slot van blz. 180.)

Er blijft ons nu nog over met een enkel woord te gewagen van den invloed, dien de afzonderlijke stralen des spectrums op het proces der ademhaling uitoefenen.

Niet lang na MOLESCHOTT's ontdekking, betrekkelijk de werking van gemengd of wit licht op de ademhaling van kikvorschen, had JULES BÉCLARD reeds vogels, kleine zoogdieren en kikvorschen onder klokken van gekleurd glas laten ademhalen. Veel bijzonders werd echter door den waarnemer aangaande die proeven niet publiek gemaakt.

In 1870 vestigden SELMI en PIACENTINI hunne aandacht op dit onderwerp; zij experimenteerden met den hond, de tortelduif en het hoen, en werkten daarbij met gekleurd glas.

Terwijl BÉCLARD enkel met den groenen waterkikvorsch positieve uitkomsten verkreeg — hij bevond, dat dit dier onder groen glas $\frac{1}{4}$ tot $\frac{1}{2}$ meer koolzuur uitademde dan onder rood glas — mochten SELMI en PIACENTINI zich verheugen in meer volledige resultaten. Wij laten hier de door deze onderzoekers verkregen gemiddelde verhoudingsgetallen volgen:

Aard der verlichting.	Hond.	Tortel.	Duif.
donker.....	100	100	100
violet.....	107	117	112
rood.....	112	129	133
wit.....	122	147	144
blauw.....	126	147	149
groen.....	141	159	153
geel.....	155	194	187

Volgens deze tabel zou het violette licht het minst, het gele het meest werkzaam zijn; rood en violet staan beneden het witte licht, terwijl de overige stralen des spectrums dit laatste in kracht overtreffen.

MOLESCHOTT en FUBINI hebben evenwel bezwaren tegen de door SELMI en PIACENTINI gevolgde handelwijze, o. a. de volgende: terwijl bij den hond het koolzuur werd bepaald *gedurende* den tijd dat hij door gekleurd licht werd beschenen, hadden de proefnemingen met de andere dieren plaats *nadat* zij eenigen tijd aan enkelvoudige stralen waren blootgesteld geweest. Bovendien geschieden de proeven met te groote tusschenruimten van tijd, wat ook al niet tot zuivere uitkomsten kon leiden, daar het gewicht koolzuur, op verschillende dagen door een zelfde individu uitgescheiden, aan groote afwijkingen onderhevig is. Ook werd bij SELMI en PIACENTINI de warmtegraad niet als factor in berekening gebracht, terwijl eindelijk de toestel van dien aard was, dat men niet zeker kon zijn tot eene juiste bepaling van de hoeveelheid koolzuur te geraken.

POTT nam proeven met eene muis. Het dier woog 16.7 gram en leverde per uur:

in violet licht	0.120	gram	koolzuur
» rood	» 0.126	»	»
» wit	» 0.140	»	»
» blauw	» 0.160	»	»
» groen	» 0.180	»	»
» geel	» 0.243	»	»

Ook POTT werkte op verschillende dagen, zoodat ten aanzien van deze proefnemingen gelijke bezwaren gelden als hierboven werden ontwikkeld. Toch is de overeenstemming tusschen de uitkomsten van POTT en die van SELMI en PIACENTINI opmerkelijk genoeg.

Gekleurde glazen zijn evenwel geene goede analyseurs. Roode glazen wel is waar laten alleen rood licht door, maar anders gekleurde glazen laten behalve de eigen kleur ook nog de andere stralen des spectrums in mindere of meerdere hoeveelheid door. CHASANOWITZ was de eerste, die gekleurd glas verreed en vloeistoffen gebruikte, b. v. eene indigoplossing, die, bij behoorlijke dikte, alle stralen, uitgezonderd de roode opsloopte, en kalium-dichromaat, die hoofdzakelijk het roode, doch buitendien ook wat geel en groen licht doorliet. De door CHASANOWITZ gevonden hoeveelheden koolzuur bedroegen bij *Rana esculenta* voor 100 gram lichaamsgewicht en tot 24 uren herleid;

	In 't donker.	In 't rood.	In 't rood-geel-groen.	In 't witte licht.
	0.329	0.313	0.495	0.514
of	100	: 95	: 150	: 156

De cijfers schijnen van de straks medegedeelde nog al aanmerkelijk af te wijken, in zooverre als het witte licht zich hier het werkzaamst betoonde; doch men bedenke, dat het gele en groene licht gemengd was met veel rood. Het rood wijkt in wezenlijkheid af, maar zulks kan een gevolg zijn geweest van mindere helderheid.

MOLESCHOTT en FUBINI verbeterden zooveel zij konden de methode. Reeds vóór BÉCLARD zijn proefnemingen had bekend gemaakt (1858), was MOLESCHOTT begonnen met den invloed van éénkleurig licht na te gaan, doch ook MOLESCHOTT bezigde aanvankelijk gekleurd glas. De middelcijfers uit 10 proefreeksen, waren:

kleur.	lichtgraad.	warmte.	koolzuur.	verh. getal.
rood	I,9	23,7°	0.724	100
geel	I,8	22,9	0.749	103
blauw	VII,3	23,5	0.831	114

Terwijl SELMI—PIACENTINI en POTT het maximum der werking in 't geel vonden, bleek bij MOLESCHOTT het blauw 't meest werkzaam te zijn. Uit bovenstaande ziet men echter dat de lichtkracht in 't blauw die van 't geel aanmerkelijk overtrof, terwijl ook de temperatuur hooger was. De vraag blijft dus nog welke cijfers zouden verkregen zijn, indiën temperatuur en lichtkracht in 't blauw en geel niet hadden verschild. Het door MOLESCHOTT gebruikte gele glas liet echter behalve geel nog alle andere stralen van het spectrum door, en het blauwe was nog doordringbaar voor rood licht.

Nu besloot MOLESCHOTT in plaats van glas te gebruiken naar andere middelstoffen om te zien, die óf werkelijk éénkleurig licht doorlieten, óf althans zulke stralen, die weinig in breekbaarheid verschillen. Hij maakte nu eene ammoniakale oplossing van kopersulfaat, die bij 20° eene dichtheid bezat van 1,020, en welke ter dikte van 3 cM. niets dan blauwe en violette stralen doorliet. Hij wilde nu in de eerste plaats deze *chemische* stralen vergelijken met *wit* licht; de uit wit glas bestaande klok, in welke het te onderzoeken dier was geplaatst, werd in een wijder glas geplaatst, en dit laatste gevuld met eene 3 cM. dikke laag van bovengenoemde koperoplossing, wanneer de werking van blauw-violet licht zou worden nagegaan; daarentegen met water, als men het dier in wit licht wilde doen ademen. Dit laatste was noodig

om het witte licht te temperen en tevens de temperatuur zoo veel mogelijk op dezelfde hoogte te houden. Afwisselend werden de reeksen begonnen met blauw of wit licht, doch deze volgorde leverde geen verschil op.

De uitkomst was als volgt:

Lichtsoort.	Lichtgraad.	Warmte.	Koolzuur.	Verh. getal.
wit	II	25.6°	0.904	100
blauw-violet	I.1	25.4	0.931	103

Het verschil schijnt niet noemenswaard, doch men vergete hierbij niet, dat de lichtgraad in 't blauw geringer was dan in 't wit, zoodat in elk geval het voordeel aan de chemische stralen verblijft.

Ook de verhouding tusschen rood licht en donker werd nagegaan; ter verkrijging van rood licht maakte MOLESCHOTT gebruik van rood glas, daar dit slechts éénkleurig licht door liet.

Lichtsoort.	Lichtgraad.	Warmte.	Koolzuur.	Verh. getal.
donker	—	30.4°	1.039	100
rood	I.5	30.4	1.104	100.5

Volgens deze uitkomst staat rood licht met donker gelijk. Ook nu werd de proefneming afwisselend bewerkstelligd in de volgorde wit, rood, of in die van rood, wit.

Eene samenkoppeling der verschillende waardijen geeft de volgende verhoudingsgetallen:

Donker.	Rood.	Blauw-violet.	Wit.
100	100.5	115	112

MOLESCHOTT meende uit een en ander het besluit te mogen afleiden, dat de chemische stralen bij kikvorschen de stofwisseling bevorderen (1857).

Twintig jaren later (1876—1878) namen MOLESCHOTT en FUBINI de zaak nogmaals ter hand, daartoe opgewekt door de nasproingen van BÉCLARD, SELMI, PIACENTINI en POTT, en toen eerst maakte MOLESCHOTT ook zijne oudere onderzoekingen aangaande gekleurd licht bekend.

MOLESCHOTT en FUBINI behielden, ter verkrijging van het blauw-violette licht, de oplossing van kopersulfaat, ten einde de werking der actinische stralen na te gaan; daarentegen gebruikten zij voor 't verkrijgen van rood licht eene 5% oplossing van dinatrium-hydrophosphaat of z. g. phosphorzure soda, waaraan zoo veel karmijn was toegevoegd

als in het vocht wilde oplossen. Eene laag dezer vloeistof ter dikte van 2.7 cM. liet niets dan roode stralen door. Zij slaagden er niet in eene vloeistof van andere kleur te bereiden, die, met het prisma onderzocht, slechts éénkleurig licht door liet. Moest het te onderzoeken dier den invloed van wit licht ondervinden, dan werd het tweede vat met water gevuld; ook deze omgevende waterlaag had eene dikte van 2.7 cM.

Het donker werd verkregen door grijs bordpapier, dat om den buitensten, het water bevattenden cylinder was gewikkeld. De vloeistoffen werden in dezelfde zaal bewaard, waarin de proefnemingen plaats hadden, zoodat zij gelijke temperatuur konden aannemen.

Ook het chemisch papier, dat ter bepaling der lichtsterkte diende, werd telkens met eene 2.7 cM. dikke laag vloeistof omgeven.

Hoewel de onderzoekers er naar streefden, waar zulks moest, bij gelijke lichtkracht te werken, konden zij hierin niet voldoende slagen, want de roode vloeistof liet meer licht door dan de blauwe, hetgeen o. a. hieraan was te merken, dat het onderzochte dier zeer goed door den rooden mantel, minder duidelijk door den blauwen heen gezien kon worden.

Het kopersulfaat te verdunnen ging niet aan, want de ervaring had geleerd, dat, wanneer de oplossing niet verzadigd genoeg was, eene laag van 2.7 cM. ook aan groene stralen doorgang verleende. Maar ofschoon de roode vloeistof doorzichtiger was dan de blauwe, toch oefende zij eene geringere chemische werking uit op het chloorzilverpapier dan het blauw-violette vocht. MOLESCHOTT en RUBINI leggen op dit feit bijzonderen nadruk.

Wij willen thans eenige uitkomsten hunner proefnemingen, die met vogels en zoogdieren werden in 't werk gesteld, kortelijk vermelden.

<i>Fringilla canaria</i> (Kanarie) A.				
Verlichting.	Lichtgraad.	Warmte.	Koolzuur.	Verh. getal.
donker	—	12.4°	27.072	100
rood	I	12.6	28.088	104
blauw-violet . .	I.7	12.5	29.136	108
wit licht	II.5	12.9	32.558	120

Elk dezer getallen is het gemiddelde uit 6 waarnemingen; alleen in het roode licht waren slechts 5 proefnemingen verricht.

Fringilla domestica (Musch) B.

Verlichting.	Lichtgraad.	Warmte.	Koolzuur.	Verh. getal.
donker	—	11.6°	16.692	100
rood	I.2	12.4	25.394	152
blauw-violet..	II.7	12.7	28.556	171
wit licht.	II.5	11.8	27.561	165

Terwijl het roode licht op de kanarie geen merkbaaren invloed uitoefende, was de werking der roode stralen op de musch nog krachtiger dan bij de proeven van SELMI-PIACENTINI ten aanzien van de tortelduif.

De gemiddelde waarden uit A en B berekenende, verkrijgen wij de volgende cijfers:

Donker.	Rood.	Blauw-violet.	Wit.
100 :	128 :	139 :	142

of in woorden uitgedrukt:

I. Het blauw-violette licht, staat ten aanzien van zijn invloed op de stofwisseling zeer nabij, maar nog altijd iets beneden het witte licht.

II. Het roode licht is in gemeld opzicht bij de vogels werkzamer dan bij de kikvorschen, daar eerstgenoemde dieren onder invloed der roode stralen veel meer koolzuur uitademen dan in het donker, ofschoon minder dan in het blauw-violette of witte licht.

Mus decumanus (Bruine rat) C.

Verlichting.	Lichtgraad.	Warmte.	Koolzuur.	Verh. getal.
donker	—	19.7°	4.941	100
rood	II	21.5	5.479	111
blauw-violet..	II.5	21.0	6.906	140
wit licht.	V.1	19.8	6.756	137

De uitkomsten van tabel C verschillen weinig van die in B verkregen; bij de rat evenwel schijnt het witte licht minder werkzaam dan het blauwe, ofschoon de lichtkracht zelfs nog grooter was.

Vergelijken wij nu de uitkomst van MOLESCHOTT en FUBINI met die van de vroegere waarnemers:

Verlichting.	Reptielen.	Vogels.				Zoogdieren.		
	Rana esculenta. MOLESCHOTT. 1856-1857.	Tortel. SELMi en PIACEN- TINI. 1870.	Hoer. SELMi en PIACEN- TINI. 1870.	Kanarie. MOLESCH. en FUBINI. 1877-78.	Musch. MOLESCH. en FUBINI. 1878.	Hond. SELMi en PIACEN- TINI. 1870.	Muis. POTT. 1875.	Rat. MOLESCH. en FUBINI 1877.
Donker . . .	100	100	100	100	100	100	100	100
Rood	100,5	129	133	104	152	112	143	111
Blauw	115	147	149	108	171	126	187	140
Wit	112	147	144	120	165	122	153	137

Hond, muis en rat geven aanleiding tot de volgende gemiddelde cijfers :

tusschen donker en rood. 100 : 122

» » » blauw 100 : 151

» » » wit 100 : 134

» blauw » » 100 : 89

Het roode licht doet dus bij de zoogdieren de koolzuur-vorming toenemen, ofschoon niet zooveel als blauw, welke laatste kleur wederom sterker werkt dan wit licht. Het onderscheid tusschen blauw en wit was echter bij de rat het grootst, wat blijkt uit de volgende tabel :

Blauw. Wit.

Rat 100 : 98 MOLESCHOTT en FUBINI.

Hond 100 : 97 SELMI en PIACENTINI.

Muis 100 : 82 POTT.

MOLESCHOTT en FUBINI waarschuwen er echter tegen, voorloopig al te veel uit deze statistiek te willen afleiden, te meer daar, gelijk wij hebben opgemerkt, de methoden van onderzoek nog al verschil opleverden. SELMI en PIACENTINI werkten b. v. met blauwe glazen, die veel rood door lieten, MOLESCHOTT en FUBINI met eene kopersulfaat-oplossing, die behalve blauwe, ook nog violette stralen liet doorgaan. En wat de vogels aangaat, te dien opzichte geeft eene vergelijking nog minder juiste uitkomsten, daar SELMI en PIACENTINI experimenterden *nadat* genoemde dieren aan de gekleurde stralen waren blootgesteld geweest, terwijl MOLESCHOTT en FUBINI hunne musch en kanarie onderzochten *gedurende* den tijd, dat zij in het gekleurde licht waren geplaatst. Wij zullen onze onderzoekers dan ook niet volgen bij hunne nadere analyse der cijfers, maar willen enkel aanstippen, dat zij zich gerechtigd achten tot de volgende uitspraak: »het blauw-violette en

witte licht staan in werkzaamheid, wat de stofwisseling betreft, elkan-
der zeer nabij."

Ten overvloede volgen hier nog de middelwaarden uit alle waar-
nemingen:

	Blauw.	Wit.	
Kikvorsch.....	100	97	MOLESCHOTT.
Tortelduif.....	100	100	SELMI EN PIACENTINI.
Hoën.....	100	97	» » »
Kanarie.....	100	111	MOLESCHOTT EN FUBINI.
Musch.....	100	94	» » »
Hond.....	100	97	SELMI EN PIACENTINI.
Muis.....	100	82	POTT.
Rat.....	100	98	MOLESCHOTT EN FUBINI.
<hr/>			
Gemiddeld	100	97.	

In 't algemeen schijnt dus blauw licht gunstig op de vorming van
't koolzuur te werken.

Ook met *blinde* zoogdieren werd gewerkt om den invloed van ge-
kleurd licht na te gaan. Ons bestek veroorlooft ons echter niet hier-
omtrent in nadere bijzonderheden te treden; wij zullen ons vergenoegen
met als resultaat dier onderzoekingen te vermelden, dat het éénkleurig
licht ook bij blinde zoogdieren de uitscheiding van koolzuur doet toe-
nemen, en dat ook hier het blauwe licht nagenoeg even krachtig werkt
als wit licht; doch dat die invloed bij blinde dieren minder sterk zich
doet gevoelen dan bij ziende; dat het roode licht bij de blinde rat
iets werkzamer was dan bij de gezonde, maar daarentegen veel min-
der krachtig werkte op de blinde muis van MOLESCHOTT en FUBINI
dan op de gezonde van POTT.

	Donker.	Rood.	Bl. violet.	Wit.
Blinde rat.....	100	114	116	109
» muis.....	100	105	113	118
<hr/>				
Gemiddelde waarden	100	109	114	113
Gezonde rat.....	100	111	140	137
» muis van POTT	100	143	187—133	153

Tevens werd door beide onderzoekers nagegaan in hoeverre de
intensiteit van gekleurd licht invloed uitoefent op de hoeveelheid van
't uitgescheiden koolzuur. Wederom werd bevonden, dat onder overigen

gelijke omstandigheden intensiteit des lichts en verhoogde stofwisseling hand aan hand gaan, gelijk uit de volgende tabellen kan blijken:

Rana esculenta (onder gekleurd licht).

Verlichting.	Lichtgraad.	Temperatuur.	Verhoudingsgetal.
blauw.	IV.5	23.3°	100
	VIII	23.5	123
geel.	I	22.2	100
	II	23.1	103
rood.	I	27.6	100
	II.4	27.1	94

a.

Rana esculenta (achter eene oplossing van kopersulfaat).

	Lichtgraad.	Temperatuur.	Verhoudingsgetal.
wit en blauw-violet	I	24.8°	100
samen genomen.	II	26.2	104

Fringilla domestica.

Verlichting.	Lichtgraad.	Temperatuur.	Verhoudingsgetal.
blauw-violet.	I.4	11.9°	100
	IV.5	12.7	128

Blinde rat.

Verlichting.	Lichtgraad.	Temperatuur.	Verhoudingsgetal.
rood of blauw-violet.	I	16.1°	100
	II.2	17.4	105
wit.	IV.3	16.0	100
	X	17.7	106

Blinde muis.

Verlichting.	Lichtgraad.	Temperatuur.	Verhoudingsgetal.
wit en blauw-violet.	I.4	25.5°	100
	VI.5	27.1	108

Ten opzichte der verhouding 100 : 94 (a) herinneren wij aan het vroeger medegedeelde aangaande den geringen invloed van het roode licht op de ademhaling van kikvorschen; de hier omgekeerde verhouding kan zijn oorzaak hebben in toevallige omstandigheden.

Wij besluiten bovenstaande mededeelingen met de daarin voorkomende feiten in enkele regelen samen te trekken, en zulks in navolging van de onderzoekers zelve.

Het licht bevordert de stofwisseling, door niet alleen de hoeveelheid uitgescheiden koolzuur, maar tevens die van de opgenomen zuurstof te vermeerderen.

Een en ander is nagegaan bij reptielen (kikvorschen), vogels, zoogdieren en insekten.

De invloed des lichts komt niet alleen door de oogen, maar ook door bemiddeling der huid tot stand. Kikvorschen, vogels en zoogdieren, die van de oogen waren beroofd, gevoelden nog dien invloed des lichts.

Worden alleen de oogen, of wordt alleen de huid door het licht geprikkeld, dan is de vermeerdering van koolzuur geringer dan wanneer het geheele dier den lichtprikkel ondervindt.

Bij zoogdieren en kikvorschen is de invloed des lichts door de oogen alleen nagenoeg even groot als die, welke langs den weg der huid alleen tot stand komt. De som dier beide afzonderlijke invloeden is kleiner dan de totaalwerking van huid en oogen, wanneer deze gelijktijdig den invloed ondervinden.

De ademhaling der weefsels wordt niet minder door het licht bevorderd dan die van 't geheele dier. Zulks werd aangetoond voor de spieren van kikvorschen en zoogdieren, alsmede voor de hersenen en het ruggemerg van vele zoogdieren.

Met de scheikundige werkzaamheid des lichts neemt insgelijks de hoeveelheid koolzuur toe, zoowel bij blinde als bij ziende dieren.

Blauw-violet en rood licht vermeerderen bij vogels en zoogdieren de hoeveelheid koolzuur; blauw-violette ongeveer evenveel als wit, rood veel minder.

Bij de kikvorschen is blauw-violet licht even werkzaam als wit licht, rood daarentegen blijkt van geen invloed te zijn.

Ook bij blinde zoogdieren wordt door blauw-violet en rood licht de hoeveelheid gevormd koolzuur vermeerderd, in geringere mate echter dan bij ziende dieren; de invloed van het blauw-violette licht is ondertusschen bij blinde dieren betrekkelijk meer verminderd dan die van het rood. De vroegere meening van MOLESCHOTT dat de chemische stralen, met betrekking tot de vorming van koolzuur, van krachtiger inwerking zijn op de huid dan op de oogen, moet dus vervallen. Wanneer dan de ademhaling der weefsels door het licht wordt bevorderd, wanneer die werking zoowel door bemiddeling der huid als door die der oogen tot stand komt, wanneer zij met de chemische lichtkracht toeneemt, wanneer de chemische stralen (blauw-violet) zich sterker betoonen dan de warmtestralen (rood), zoodat deze laatste zelfs

op den kikvorsch zonder invloed blijven, dan wordt men genoodzaakt te erkennen, dat hier eene scheikundige werking van het licht in het spel is.

Mocht het later bevestigd worden, dat, gelijk uit de proeven van SELMI-PIACENTINI en POTT is gebleken, geel, groen en blauw licht werkzaam is dan wit licht, dan zou die chemische werking vergezeld gaan van een krachtigen prikkel, die indirekt het verval der dierlijke organische stoffen in de hand werkt. Dat er in 't algemeen zulk een prikkel werkelijk en voortdurend bestaat, volgt uit het feit, dat door het oog alleen vermeerderde koolzuurvorming tot stand komt.

De proeven op levende, uit hun samenhang met het organisme losgemaakte weefsels genomen, hebben aangetoond, dat de prikkel, om zijn werking uit te oefenen, zijn weg geenszins door de centrale deelen van het zenuwstelsel behoeft te nemen.

Misschien zijn het de levensuitingen van het protoplasma of van protoplasma-achtige vormingen, die de door het licht bewerkte omzettingen inleiden. Deze levensuitingen worden dan evenwel door de chemische stralen krachtiger opgewekt dan door de warmtestralen.

Blauw-violet en wit licht werken sterker dan rood, en des te sterker naarmate de chemische werkzaamheid grooter is.

Winterswijk, Mei 1883.
