



Onderzoek naar de betrekking der groene plantendeelen tot de zuurstof en het koolzuur des dampkrings, onder den invloed van het zonnelicht

<https://hdl.handle.net/1874/315691>

152
DISSERTATIO HISTORICO-CHEMICA INAUGURALIS

DE

VIRIDIUM PLANTARUM PARTIUM
CUM AËRIS OXYGENIO ET ACIDO CARBONICO
NECESSITUDINE,

QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI

GERARDI JOHANNIS MULDER,

MATH. MAG. PHIL. NAT. MED. DOCT. ET PROF. ORD.

NEC NON

AMPLISSIMI SENATUS ACADEMICI CONSENSU

ET

NOBILISSIMAE FACULTATIS MATHeseOS ET PHILOSOPHIAE NATURALIS DECRETO,

PRO GRADU DOCTORATUS,

SUMMISQUE IN

MATHESI ET PHILOSOPHIA NATURALI HONORIBUS AC PRIVILEGIIS,

IN ACADEMIA RHENO-TRAJECTINA,

RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS,

ERUDITORUM EXAMINI SUBMITTIT

NICOLAUS GUILIELMUS PETRUS RAUWENHOFF,

AMSTELODAMENSIS,

AD DIEM XXI M. JUNII, MDCCCLIII, HORA II.

AMSTELODAMI,

APUD J. H. ET G. VAN HETEREN.

MDCCCLIII.

PARENTIBUS

OPTIMIS, CARISSIMIS.

O N D E R Z O E K

NAAR DE

BETREKKING DER GROENE PLANTENDEELEN

TOT

DE ZUURSTOF EN HET KOOLZUUR DES DAMPKRINGS,

ONDER DEN

INVLOED VAN HET ZONNELICHT.

DOOR

N. W. P. RAUWENHOFF.

AMSTERDAM,

J. H. EN G. VAN HETEREN.

1853.

ONDERZOEK

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

J. H. G. D.

ALPHEN AAN DEN RIJN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

HOOFDSTUK I

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

HOOFDSTUK II

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

HOOFDSTUK III

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

DE VERKRIJGING VAN GOODES PAKTENDIENSTEN

GEDRUKT BIJ C. A. SPIN & ZONN.

INHOUD.

INLEIDING.....	Bl. 1.
DEEL I. GESCHIEDKUNDIG OVERZIGT DER PROEVEN OVER DE BE- TREKKING DER GROENE PLANTENDEELEN TOT DE ZUURSTOF EN HET KOOLZUUR DES DAMPKRINGS.	
HOOFDSTUK I.	
VAN HALES, TOT AAN DE SAUSSURE (1730—1804).....	9.
HOOFDSTUK II.	
DE EERSTE EN LAATSTE PROEVEN VAN TH. DE SAUSSURE (1804—1805), MET DE ANDERE IN DIT TIJDVAK GENO- MEN PROEVEN.....	44.
HOOFDSTUK III.	
DE PROEFNEMINGEN NA DE SAUSSURE, TOT AAN DIE VAN BOUSSINGAULT (1821—1843).....	100.
HOOFDSTUK IV.	
VAN BOUSSINGAULT, TOT AAN DE PROEVEN DER LAATSTE JAREN (1843—1850).....	130.
HOOFDSTUK V.	
DE ONDERZOEKINGEN DER DRIE JONGST VERLOOPEN JAREN.	185.

INLEIDING.

Wenige wetenschappelijke vraagstukken zijn zoo herhaaldelijk onderzocht met zoo weinig gelukkig gevolg, als het vraagstuk uit de physiologische scheikunde, dat gewoonlijk ademhaling der planten genoemd wordt. Talrijke onderzoekingen zijn gedaan, die niets geleerd hebben, wederom talrijke andere, wier uitkomsten nimmer algemeen bekend zijn geworden. Van waar dit verschijnsel? Van waar die geringe vooruitgang in kennis, niettegenstaande de herhaalde opvatting van hetzelfde onderwerp? Waarschijnlijk is de grond hiervan te vinden in de hooge belangrijkheid van het vraagstuk, te gelijk met de groote bezwaren aan zijne oplossing verbonden.

Aan belangrijkheid ontbrak het hier niet. Reeds aanstonds bij de eerste onderzoekingen zag men, dat de planten niet zooals de dieren de lucht door haren invloed voor verdere ademhaling ongeschikt maakten; integendeel de lucht, die uit bladeren in den zonneshijn ontstaan was, werd zeer geschikt bevonden om het leven van menschen en dieren te onderhouden. Dit gaf reeds aan PRIESTLEY de stelling aan de hand, dat planten en dieren eene omgekeerde werking op

den dampkring uitoefenen, en wederkeerig eene voorwaarde voor elkanders bestaan zijn.

Deze stelling, telkens tegengesproken en weder verdedigd, gaf aan de leer van den invloed der planten op de omringende lucht een groot gewigt, want het gold hier niet minder dan de voorwaarde tot het bestaan van menschen en dieren; zoo de planten de lucht niet voortdurend verbeterden, waren beide — zoo meende men — reeds lang van den aardbodem verdwenen. Latere onderzoekingen en berekeningen hebben geleerd, dat die vrees overdreven was, daar de veranderingen in de samenstelling der dampkringslucht door de bewerkte rijken te weeg gebracht, zoo gering zijn, dat zij slechts door de nauwkeurigste middelen van den tegenwoordigen tijd herkend kunnen worden. En moge hierdoor het oude belang, dat men in de kennis daarvan stelde, eenigzins verminderd zijn, er is in den laatsten tijd een nieuw gezichtspunt geboren, waaruit die kennis van het hoogste gewigt moet geacht worden. Sedert men aan de eene zijde gevonden heeft, dat de planten een groot deel harer voeding uit den dampkring putten, en aan den anderen kant de wetenschappelijke beginselen, door natuuronderzoek verkregen, op den landbouw is begonnen toe te passen, mag de kennis van den invloed van planten en dampkring op elkander, gewigtig heeten voor den natuuronderzoeker en een onmisbaar vereischte genoemd worden voor elken wetenschappelijken landbouwer.

Niemand zal dus aan het zoogenoemde vraagstuk van de ademhaling der planten, belangrijkheid ontzeggen.

Wat zijne bezwaren betreft, die zijn buitengewoon talrijk. Men begon reeds het onderzoek met vooroordeelen, want overal in de beschouwing der planten, en zoo ook hier, wilde men overeenkomst met het dierenrijk zoeken. Bij de dieren kende men

de ademhaling; bij de planten moest het analogon daarvan dus ook bestaan, en men sprak van ademhaling der planten, voor dat men van die verkeerdelijk zoo genoemde verrigting der plant eenige geregelde kennis had; ja zelfs er zijn onderzoekers geweest, die de bladeren stoutweg noemden: de longen der planten. Bij deze rigting der onderzoekingen kon het niet anders, of men moest dikwijls analogie meenen te zien, waar die niet bestond, en door overijlde waarneming tot valsche uitkomsten geraken. Doch ook, al ware men in dit opzigt geheel onbevooroordeeld geweest, nog zouden de bezwaren bij de oplossing van het vraagstuk aanzienlijk geweest zijn. De kennis der luchtvormige vloeistoffen was in den tijd der eerste onderzoekingen gering, en hare analyse gebrekkig. Ten allen tijde echter heeft men gevaar geloopt, om tot verkeerde uitkomsten te geraken, ten gevolge van den onnatuurlijken toestand, waarin men verpligt was de plant te brengen, die men aan de proef onderwierp. Later zullen die bezwaren uitvoerig worden uiteengezet, thans kan dit reeds voor ieder duidelijk worden, zoo men slechts bedenkt, dat de plant een levend wezen is, waarin het leven slechts onderhouden wordt door harmonische samenwerking van alle deelen, onder die invloeden, waarvoor zij bestemd zijn. Wanneer nu zulk een wezen afgesneden, in eene kleine ruimte opgesloten, vooral zoo het in vreemde luchtsoorten gebragt wordt, dan is de harmonie der deelen verbroken of veranderd. Men zal dan wel eene uitkomst verkrijgen, doch niet die van de werking der natuurlijk groeiende plant. Nu is eene andere uitkomst, dan de natuurlijke, nog niet te verwerpen; men heeft zelfs daardoor vele verschijnselen der natuur beter leeren kennen; doch dan moet men naauwkeurig weten, welke de abnormale toestand is, dien men bij zijne proeven heeft te voor-

schijn geroepen, en wat daarvan de gevolgen moeten en kunnen zijn. Bij de planten echter wist men van die gevolgen nagenoeg niets, en wat erger is, men heeft vaak de onnatuurlijke uitkomst als eene natuurlijke doen gelden.

Van daar dan een heir van proeven over die functien der plant, en toch betrekkelijk weinig kennis!

Is het echter billijk, om al die oudere en nieuwere proeven te verwerpen, omdat zij dikwijls in vele opzigten gebrekkig zijn? — Geenszins, want juist die feilen kunnen eene waarschuwing zijn voor volgende natuurkundigen, en de talrijke rigtingen, waarin reeds de verschijnselen zijn bestudeerd, kunnen welligt tot algemeene gevolgtrekkingen leiden, wanneer zij behoorlijk zijn bijeengebragt. Dit moet echter geschieden in een historisch-kritisch overzicht van al de bekende en deugdelijke proeven, waarin dan aangetoond moet worden, wat bekend, wat onbekend is, en in welke rigting de latere onderzoekingen zich zullen moeten uitstrekken, om de meeste hoop op een gunstig gevolg te hebben.

Zulk een onderzoek, te gelijk met eigen proefnemingen, hebben wij op raad onzer hooggeschatte leermeesters, Proff. MULDER en HARTING, tot onderwerp van een academisch proefschrift genomen, daarbij echter eene beperking makende, die geregtvaardigd wordt door den regel, dat het beter is een gedeelte zoo volledig mogelijk te onderzoeken, dan bij behandeling van het geheele vraagstuk onvolledig te blijven.

Onder de ademhaling der planten toch verstaat men gewoonlijk de wijze, waarop de planten zich voeden ten koste van den dampkring, waarbij dan de aard en hoeveelheid der bestanddeelen, die zij ten gevolge daarvan aan de atmosfeer afstaan en van deze ontleenen, vermeld moet worden. Hieronder behoort dus de invloed van stikstof, zuurstof, kool-

stofzuur en ammonia des dampkrings op de geheele plant, en de werking van deze op de zamenstelling der lucht, onder de verschillende invloeden van dag en nacht, van licht en duisternis, van weersgesteldheid en temperatuur, van seizoen en ouderdom der plant.

Dit onderwerp is echter veel te uitgebreid, dan dat het volledig in een proefschrift als het onderhavige behandeld zoude kunnen worden. Wij nemen dus slechts een deel daarvan, en spreken hier noch van de koolzuurontwikkeling gedurende de kieming; noch van de werking van bloemen en rijpe vruchten, noch van die der wortels op den dampkring; noch van den invloed van stikstof en ammonia op den plantengroei. Wij zullen alleen de werking der groene plantendeelen op de omringende lucht nagaan, met betrekking tot het zuurstof- en koolzuurgestalte van deze, en den invloed van licht en duisternis op dit verschijnsel.

Dit ons vraagstuk kan opgelost worden, door beantwoording van deze drie vragen:

- I. Wat is er van de ontwikkeling van zuurstof door groene plantendeelen, en onder welke omstandigheden heeft die plaats?
- II. Wat weet men van de opslorping van koolstofzuur door de groene plantendeelen, en in welke verhouding staat de grootte dier werking tot die der ontwikkeling van zuurstof?
- III. Welke is de invloed van het licht, en van de verschillende enkelvoudige lichtstralen op deze verschijnselen?

In de geschiedkundige beschouwing van het vraagstuk zullen wij, telkens met het oog op deze vragen, zoo veel mogelijk nagaan, wat de proeven tot ontwikkeling daarvan hebben bij-

gedragen. Hoewel thans de beide eerste vragen wel van elkander te onderscheiden zijn, zoo heeft men ze echter meestal in éénen adem genoemd, en is soms zoo ver gegaan, van de eene functie der plant als een onmiddellijk gevolg der andere aan te zien. Aan het einde van dit proefschrift zullen zij in haar onderscheid en verband beschouwd worden, thans echter moet worden herinnerd, dat zij in de eerste tijden der geschiedenis meermalen nog vereenigd en verward zullen voorkomen, hetgeen, zonder het karakter der onderzoekingen uit dien tijd te miskennen, niet wel anders geschieden kon.

Dit proefschrift zelf is insgelijks in drie deelen verdeeld, en bevat:

- I. een geschiedkundig overzicht van de bekende proeven, omtrent het genoemde vraagstuk genomen;
- II. de beschrijving van de proeven door ons daarover in het werk gesteld;
- III. de gevolgtrekkingen hieruit, met vermelding van de feiten die vast staan, en opgave van die gedeelten, welke nog duister zijn gebleven.

De geschiedenis is door ons in tijdvakken verdeeld, die naar ons inzien het overzicht gemakkelijker maken en bevorderlijk zijn tot waardering van de rigting van verschillende tijden, en van de vorderingen daarin gemaakt. Wij hebben daarbij de Chronologische orde zooveel mogelijk gevolgd, en zullen dus nu eens een onderzoek over de eene, dan weder over eene andere der genoemde vragen te vermelden hebben: dit scheen ons, bij de grootere afwisseling, tevens billijker te zijn, voor de onderzoekers zelve; daarenboven zou eene voortdurende herhaling niet te vermijden geweest zijn, zoo de geschiedenis van den aanvang af in de drie genoemde hoofdpunten gesplitst ware.

Wij hebben getracht ons overzicht zoo volledig mogelijk te maken, en dus alle ons bekende proeven daarin opgenomen, waar dit geschieden kon met de oorspronkelijke cijfers der proefnemers; ons daarbij veroorloovende, om in de beschrijving der, naar ons oordeel, minder invloedrijke proefnemingen korter te zijn, en daarentegen bij de hoogst gewigtige langer stil te staan.

Echter zijn er niettegenstaande al onze nasporingen eenige werken, waarvan alleen de titels ons onder de ooggen zijn gekomen. Deze volgen hier volledigheidshalve:

1. ROBERT DE LIMBOURG, *Quelle est l'influence de l'air sur les végétaux?* Bordeaux, 1758. 4°.
2. PALMER, *de plantarum exhalationibus*, 8°. Tübing. 1817.
3. ELLIS, *An inquiry into the changes, induced on atm. air bij the germination of seeds, the vegetation of plants and the respiration of animals.*
4. DÖBEREINER, *Zur pneumatischen Phytochemie.* Jena, 1822.
5. GOEPPERT, *Nonnulla de plantarum nutritione.* Berolini, 1825. 8°.
6. MÜLLER, *Versuche über die Einwirkung des Lichts und der Electricität auf grünen Pflanzentheile.* Kastn. Arch. XX. 215.
7. JABLONSKY, *de condition. vegetabilium necessariis quaedam.* Diss. phyto-chemica, Berolini 1832.

Ook moeten wij nog met een woord gewagen van WITTEWER's *Geschichtlichen Darstellung der verschiedenen Lehren über die Respiration der Pflanzen*, München, 1850. — De vrees, aanvankelijk door ons gekoesterd, dat dit stuk onzen arbeid overtollig gemaakt zoude hebben, bleek voorbarig geweest te zijn, toen wij de dissertatie in handen kregen. Zij

bevat in 32 bladzijden druks eene beknopte, klare en juiste opgave van de meeningen van vele der oudere schrijvers omtrent ons vraagstuk, en heeft als zoodanig ons veel dienst bewezen bij de bewerking onzer eerste hoofdstukken. Het stuk schijnt echter door zijne beknoptheid meer eene schets, dan een geschiedkundig overzicht te wezen, en de latere onderzoekingen worden daarin zeer onvolledig behandeld, zoodat wij hier de woorden van SENEBIER (Mém. Phys. Chim, I, p. 5) tot de onze maken, waar hij van het werk van INGENHOUSZ getuigt: “j’ai trouvé, dans le recueil de ses exposés, un fil pour me conduire dans la route que je voulais suivre; mais il était beaucoup trop court pour le labyrinthe que je me proposais de parcourir.”

Wat eindelijk onze eigen proeven betreft, deze zijn zoo naauwkeurig mogelijk genomen, en zoo volledig mogelijk opgegeven. Wij hechten daaraan echter niet meer waarde, dan als eene bevestiging der proeven van BOUSSINGAULT en anderen; en betreuren het zeer, dat verschillende omstandigheden ons verhinderd hebben die proeven gedurende langeren tijd te nemen en alzoo de plant in hare geheele ontwikkeling na te gaan.

En hiermede worde dit werk aan het oordeel der natuurkundigen overgegeven. In vele opzigten zullen de geschiedenissen onvolledig, de proeven gebrekkig, de besluiten onvolkomen bevonden worden. Doch deze feilen mogen eene verschooning vinden in de jeugd en onervarenheid van den schrijver, wien het niet aan liefde tot wetenschap, maar aan krachten ontbreekt. —

DEEL I.

GESCHIEDKUNDIG OVERZIGT DER PROEVEN OVER DE BETREK-
KING DER GROENE PLANTENDEELEN TOT DE ZUURSTOF
EN HET KOOLZUUR DES DAMPKRINGS.

HOOFDSTUK I.

VAN HALES TOT AAN DE SAUSSURE. (1730—1804.)

Als het oudste bewijs, dat de planten voedsel putten uit den dampkring, wordt gewoonlijk de beroemde proef van VAN HELMONT genoemd, die een' wilg van 50 pond vijf jaren lang liet groeijen in een bak met 100 pd. aarde, en gedurende al dien tijd den boom slechts met gedestilleerd water begoot, waarna de wilg 169 pd., 3 onc. woog, en de aarde slechts 3 onc. aan gewigt was afgenomen. Deze proef was door VAN HELMONT bestemd, om aan te toonen, dat de planten de stof harer deelen uit het water bereiden.

De eerste proeven echter, die *regtstreeks* bewijzen, dat er eene wederkeerige betrekking bestaat tusschen de planten en de atmospheer, die haar omringt, zijn die van STEPH. HALES. Men vindt ze vermeld in zijne *Statical Essays*, het werk, dat wereldberoemd is geworden, van wege de proeven over sapbeweging der planten, daarin opgetceekend.

Een afgesneden tak werd met eene blaas lúchtdigt verbonden aan het eene uiteinde van eene ter weërszijde open glazen huis, wier andere zijde in een glas met water dompelde. Na

eenige uren was het water in de buis verscheidene duimen gerezen. Er was dus lucht door den stengel geabsorbeerd ¹.

Eene tweede, meer afdoende proef van HALES is deze: Hij plaatst in Junij eene gezonde Pepermuntplant (*Mentha Piperita*) in een pot met aarde, vult dezen met water aan en zet daarover een omgekeerd glas, zoodat de lucht die de plant omgeeft, door het water van de buitenlucht is afgesloten. Hij rigt een tweeden pot en een tweede glas op dezelfde wijze in, maar zonder plant er onder. En wat ziet hij nu? — Het water rijst of daalt in beide toestellen, naar gelang van de veranderingen der temperatuur en drukking der atmosfeer. Doch na 2 à 3 maanden is het niveau van het water in den toestel met de plant, zooveel gerezen boven het uitwendig niveau, en boven het water in den anderen toestel, dat hij besluiten moet, dat $\frac{1}{7}$ van die lucht in vasten staat moet zijn gebragt; hetzij, zegt HALES, door in de zelfstandigheid der plant ingezogen te zijn, hetzij door de dampen, die van de plant opstijgen. De toestellen blijven gedurende den winter staan, en den 1^{sten} April van het volgende jaar, wordt de oude plant weggenomen, en in elken toestel eene versche plant gebragt. Die welke in den toestel kwam, waarin de Pepermunt had verkeerd, stierf binnen 4 à 5 dagen; de andere leefde eene maand, even lang als dergelijke planten onder versche lucht gebragt.

HALES besluit uit deze proeven, dat een groot nut der bladeren, behalve in de evaporatie, daarin bestaat, dat zij in zekere mate dezelfde dienst aan de planten bewijzen, die de longen bij de dieren verrigten. De planten nemen waarschijnlijk een deel van haar voedsel door de bladeren op uit de lucht. Maar daar de planten geen thorax hebben, die zich inkrimpen en uitzetten kan, zoo hangt bij haar de inspiratie en perspiratie alleen af van de afwisselende veranderingen van warmte en koude.

Langs een geheel anderen weg werd ongeveer 20 jaren la-

¹ 2de ed. Londen, 1731, p. 155.

ter door BONNET ¹ de zoogenoemde ademhaling der planten aangetoond. BONNET stelde takken van verschillende planten, zonder ze van de moederplant af te snijden, in glazen met water aan den invloed der zonnestrallen bloot. Zoodra de zon het water verwarmde, zag hij op de bladeren der takken luchtbellens ontstaan, welke vermeerderden met de temperatuurs-verhooging van het water; zij verdwenen alle na het ondergaan der zon, en kwamen den volgenden morgen bij zonschijn terug. De ondervlakte gaf altijd een grooter aantal bellens, dan de bovenzlakte der bladeren. In uitgekookt (en dus luchtvrĳ) water vertoonden zij zich niet, maar in buitengewoon groot aantal bij water, waardoor men lucht had gevoerd.

BONNET dacht hierbij eerst aan eene zekere respiratie der planten, analoog met die der dieren. Later echter liet hij dit vermoeden varen, en verklaarde het ontstaan der gasbellens uit een vermogen der bladeren om het water op te nemen (*pomper l'eau*), waarbij zij dan de lucht daaruit afscheiden.

Deze door HALES en BONNET waargenomen feiten, die de kiem in zich bevatteden van de latere ontdekkingen omtrent de ademhaling der planten, bleven echter onopgemerkt; zij wekten geene belangstelling, omdat het gebrek aan kennis der luchtsoorten hunne ontwikkeling in den weg stond.

Eerst nadat PRIESTLEY in 1771 ² de eerste begrippen aangaande de gassen had doen kennen, en de wijze had aangegeven om ze te onderscheiden en te onderzoeken, deed dezelfde natuurkundige ook de ontdekking van BONNET vruchtbaar worden voor de wetenschap.

Hij herhaalde die proeven en onderzocht de lucht, die te voorschijn kwam wanneer waterplanten in water aan de zonnestrallen werden blootgesteld. Zij bleek hem zuiverder te zijn dan gewone lucht. Even zoo ontdekte hij in 1772,

¹ Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes. Göttingue et Leyde, 1754.

² Experim. on different kinds of air.

dat verscheidene planten, die hij in eene besloten luchtruimte liet groeijen, weliger tierden in lucht door dierlijke ademhaling, door het branden eener kaars, of door rottende ligchamen bedorven, dan in gewone lucht. Deze planten hadden de merkwaardige eigenschap van de bedorven lucht beter te maken.

Het resultaat dezer onderzoekingen van PRIESTLEY opende een nieuw gezigtspunt voor de leer van de voortdurende reinheid der lucht. In hoe groote mate zij ook de belangstelling wekten, kan blijken uit de rede van PRINGLE, die in Nov. 1773 als Voorzitter der Kon. Acad. van Wetensch., te London, aan PRIESTLEY de gouden prijsmedaille uitreikte, en bij die gelegenheid uitsprak: dat zijne ontdekkingen duidelijk aantoonen, dat geene plant te vergeefs groeit, maar dat allen, van den trotschen eik tot het gras der weide toe, zamenwerken om de lucht die reinheid te doen behouden, welke voor het dierlijk leven noodzakelijk is.

Het duurde echter niet lang, of de stelling van PRIESTLEY werd tegengesproken. Aan verschillende natuurkundigen gelukten zijne proeven niet. En SCHEELE, welke ze met boonen in het werk stelde, kreeg een juist tegengesteld resultaat: de lucht werd daarbij niet beter, maar slechter.

Dit gaf aan PRIESTLEY ¹ aanleiding om zijne vroegere proeven te herhalen. Hij plaatste de planten, wier werking hij wilde onderzoeken, in potten met aarde en water, en bragt nu een of meer takken dier plant door water heen in het vat met lucht. Zoo was de geheele plant in den natuurlijken toestand, behalve alleen dat gedeelte van den stengel, dat onder water geleid werd. — De zamenstelling der lucht bepaalde hij ² door 1 maat van deze te vermengen met 1 maat Salpe-

¹ Exper. on various branches of nat. philosophy. London, 1779.

² De eerste middelen, die PRIESTLEY ter onderzoeking van de reinheid eener luchtsoort bezigde, waren het branden van kaarsen daarin, en de respiratie van muizen, welk laatste middel hem en zijne vrienden dikwijls veel genoegens verschafte (l.l. I, 304).

tergas (NO^2) en dan de vermindering in volumen op te tekenen, die ontstond nadat de gevormde roode dampen in water waren opgenomen. Hoe grooter die vermindering was, des te zuiverder was de lucht. Hierbij kon hij echter geene rekenschap houden van het door het water opgenomen CO^2 , waardoor zijne resultaten zeer onvolledig moesten worden.

De uitkomst van dit onderzoek was, dat aan PRIESTLEY de besloten lucht, waarin de planten verkeerd hadden, dikwijls beter, maar ook verscheiden malen slechter dan vóór de proef bleek te zijn; zoodat hij zelf verklaart, dat deze proeven niet gunstig waren voor zijne vroegere hypothese.

De volgende voorbeelden, door mij in een tafeltje bijgebracht, toonen echter alle eene verbetering der lucht aan:

PROEVEN MET OPZETTELIJK BEDORVEN LUCHT
GENOMEN.

NAAM DER PLANT.	DUUR DER PROEF.	OVERBLIJVEND VOL. NA BIJEENVOE- GING VAN 1 M. NO^2 EN 1 M. LUCHT.		AANMERKIN- GEN.
		vóór de pr.	na de pr.	
Aardbezie	28 Mei—10 Junij.	1.62.	1.400.	* Dit was het overblijvend volumen, wanneer de lucht zoodanig was, dat eene brandende kaars daarin uitging.
"	23 Junij—29 "	2.00.	1.620.	
"	23 " — 1 Julij.	1.44*.	1.240.	
	Gewone lucht uit den tuin gaf 1.300.			
Aardbezie	1 Julij— 5 Julij.	1.64.	1.560.	
"	1 " — 5 "	1.44.	1.340.	
Peterselie	1 " — 1 "	1.44.	1.290.	In alle ander gevallen met boonen, was de lucht eer slechter dan beter geworden.
Boon	29 Junij— 6 Julij.	1.44.	1.385.	
	Gewone lucht gaf.....1.275.			

PROEVEN MET GEWONE LUCHT.

NAAM DER PLANT.	DUUR DER PROEF.	OVERBLIJVEND VOL. NA BIJEENVOEGING VAN 1 M. LUCHT EN 1 M. NO ² .		AANMERKINGEN.
		vóór de pr.	na de pr.	
Waterboonenkruid.....	16 Junij—21 Junij	1.375.	1.275.	
Peterselie.....	16 " —26 "	1.290.	1.140.	
Dezelfde plant..	26 " — 6 Julij	1.140.	1.000.	
Aardbezie.....	17 " —29 Junij	1.300.	1.180.	

In het algemeen houdt **PRIESTLEY**, niettegenstaande zijne negatieve resultaten, het nog voor waarschijnlijk, dat de groei van gezonde planten in haren natuurlijken toestand een heilzamen invloed heeft op de omringende lucht. Hij voegt daarbij dat, naar zijne overtuiging, één sprekend voorbeeld van verbetering der lucht door den plantengroei opwegen kan tegen 100 gevallen van het tegendeel; wanneer men de groote voorzorgen bij die proeven te nemen, en den ongunstigen toestand waarin zich de planten bevinden, in acht neemt.

De waarheidlievende man zag zich echter later in zijne meening aan het wankelen gebracht, toen hij bespeurde, dat in de flesschen, waarin hij gedurende een geruimen tijd proeven met planten onder water had genomen, eene groene stof op den bodem was ontstaan, die eene groote hoeveelheid zeer zuivere lucht ontwikkelde, ook nadat de planten uit de flesschen waren genomen. Deze groene stof (die hij nog niet als eene Confervensoort had leeren kennen) was dus de oorzaak van het waargenomen verschijnsel, en geenszins de planten, die in het glas geweest waren. **PRIESTLEY** erkent openhartig, dat zijne hypothese door dit feit zeer verzwakt werd. Hij liet het daarom aan den lezer over om te beslissen, daar hij alleen naar waarheid de waargenomen feiten had medegedeeld, en voor geene hypothese bijzonder ingenomen was.

Zoo was, niettegenstaande de talrijke proeven van PRIESTLEY, het vraagstuk onbeslist gebleven, of de lucht ten gevolge van den plantengroei verbeterd werd of niet. De belangstelling daarin was echter te groot, dan dat niet weldra anderen tot een nader onderzoek daarvan zouden uitgelokt zijn.

Dr. INGENHOUSZ trok zich de zaak aan, en bevestigde de proeven van BONNET en PRIESTLEY, die hij op eene uitgebreide schaal herhaalde. Hij ontdekte, dat het zonlicht bij deze werking der planten eene groote rol speelde, en gaf hiermede een sleutel tot verklaring der schijnbaar tegenstrijdige feiten aan de hand. Zijne proeven, die hij nagenoeg op dezelfde wijze in het werk stelde als PRIESTLEY, heeft hij medegedeeld in een uitvoerig werk: *Experiments on Vegetables*, 1779, dat grooten opgang maakte, en waarvan spoedig Fransche, Hoogduitsche en Nederlandsche vertalingen verschenen.

Het bestek van dit proefschrift gedooft niet, ook zelfs een overzicht van die talrijke proeven mede te deelen; eene opgave van die resultaten, welke door INGENHOUSZ ¹ zelve in de voorrede voor zijn werk als nieuwe ontdekkingen worden opgegeven, zij dus hier voldoende. Zij zijn deze:

- a. De planten hebben de eigenschap, om niet slechts in den tijd van zes of meer dagen, zoo als uit de proeven van PRIESTLEY volgt, eene bedorven lucht te verbeteren, maar zij volbrengen dit volkomen binnen weinige uren.
- b. Deze wonderbare werking hangt niet van den groei der planten, maar van den invloed der zonnestralen daarop af.
- c. De planten hebben bovendien de eigenschap, om de in hare holten besloten lucht in eene zeer reine, waarlijk gedephlogistiseerde lucht (zuurstof, O.) te veranderen,

¹ Zie INGENHOUSZ, Versuche mit Pflanzen. Uebersetzt v. Scherer, Wien, 1786. Bd. I, S. XLVI—LVI.

- en daarvan als het ware een' voortdurenden stroom in de atmosfeer uit te storten.
- d. Deze werking begint eerst als de zon eenigen tijd boven den horizon is, en staat in het duistere stil; terwijl zij meer of min levendig is, in verhouding tot het licht, dat de planten ontvangen.
 - e. De planten, door hooge gebouwen of andere gewassen beschaduwd, verbeteren de lucht niet, maar ademen eene voor dieren schadelijke lucht (koolzuur, CO^2) uit.
 - f. Niet alle deelen der plant verbeteren de lucht, maar alleen de bladeren en groene stengels en takken.
 - g. Stinkende en vergiftige planten doen dit evenzeer als welriekende en heilzame.
 - h. In het algemeen bederven alle planten de omringende lucht des nachts, en zelfs midden over dag in de schaduw.
 - i. Alle bloemen en vruchten ademen altijd, zoowel over dag als des nachts, eene doodelijke lucht (CO^2) uit. Bij de laatsten kan echter de zon eenigermate de schadelijke werking verminderen.

Hoe veel belang de onderzoekingen van **INGENHOUSZ** ook inboezemen mogen, zoo moeten zij ons echter de proeven onzer landgenooten niet doen vergeten, die, welligt om de taal, waarin zij geschreven waren, minder bekend zijn geworden in het buitenland.

Reeds in 1777 zijn hier te lande de proeven van **PRIESTLEY** herhaald, doch zonder gunstig gevolg. In 1778 echter (alzoó een jaar vóór het verschijnen van het werk van **INGENHOUSZ**) maakten **J. R. DEIMAN** en **A. PAETS VAN TROOSTWIJK**, de beroemde ontdekkers van de Liqueur des Hollandais, hunne proeven bekend, die eene bevestiging van die van **PRIESTLEY** waren ¹. Zij bragten herhaaldelijk planten van *Mentha aquatica* met de wortels in fleschjes met water,

¹ Zie Hedendaagsche Vad. Letteroef., D. VII, St. II, bl. 338, 436, 481.

in glazen met bedorven lucht, en vonden altijd na eenige dagen de lucht in het glas verbeterd. Zij merken daarbij uitdrukkelijk op, dat in al hunne proeven de glazen geplaatst waren voor een venster, waar zij eenige uren van den dag door de zon beschenen werden. De lucht werd evenzeer door den plantengroei hersteld, hetzij zij bedorven was door het branden eener kaars daarin, of door ademhaling of verrotting van dierlijke lichamen. In dit opzigt scheen er echter verschil in werking bij verschillende planten te bestaan, want in drie glazen, met dezelfde bedorven lucht gevuld, werd deze door den groei van *Mentha* en van *Boekweit* hersteld, door eene *Groote-boonplant* nog slechter gemaakt. Evenzeer vond *VAN MARUM*¹, te Haarlem, bij zijne proefnemingen, de gunstige werking der planten op bedorven lucht bevestigd.

Uitvoeriger echter was de verhandeling van *W. VAN BARNEVELD*, Apotheker te Amsterdam, over de hoeveelheid van bederf, 't welk in onzen dampkring ontstaat, nevens deszelfs verbetering door den groei der plantgewassen².

Dit stuk, voor een deel reeds den 23^{sten} Oct. 1778 aan het Utrechtsch Genootschap ingeleverd, bevat verscheidene proeven, om aan te toonen, dat de luchtsverbetering door de planten alleen plaats heeft, wanneer deze door de zon beschenen worden. Hij bespeurde namelijk, dat onder sommige omstandigheden de bedorven lucht door eene zelfde plant veel eerder hersteld werd, dan onder andere, en altijd het spoedigst, wanneer het weder zeer zonnig was geweest. Dit gaf hem de oorzaak dezer werking te kennen, die hij in den zonneschijn vond. Eene opzettelijke proef overtuigde hem daarvan; eene *Huislookplant* in een glas met door ademhaling gephlogistiseerde (in zuurstof gehalte verminderde, koolzuurrijke) lucht, buiten de zon gezet, bleef drie dagen zonder de lucht te verbeteren; maar binnen weinige uren was de lucht

¹ Verhandelingen van Teyler's tweede Genootschap, Dl. I, bl. 60.

² Opgenomen in het 1^e Deel der Verhandel. van het Prov. Utrechtsch Genootschap, 1781, bl. 408—472.

volkomen hersteld, nadat hij dit glas aan den zonneshijn had blootgesteld. Waarschijnlijk heeft alzoo VAN BARNEVELD deze eigendommelijke werking van het zonlicht onafhankelijk van INGENHOUSZ ontdekt ¹. Deze proeven, alleen op kruidachtige planten genomen, heeft hij later op boomen en heesters voortgezet ².

¹ SCHERER heeft in de Voorrede voor zijne Hoogduitsche vertaling van het werk van INGENHOUSZ, VAN BARNEVELD beschuldigd, van uit dit werk geput, en de ontdekkingen van INGENHOUSZ zich toegeëigend te hebben, terwijl door latere schrijvers VAN BARNEVELD nooit meer genoemd is, hetzij van wege die beschuldiging, hetzij van wege de mindere bekendheid der Nederduitsche schriften.

De aantijging nu van SCHERER berust op een brief van Heeren Directeuren van het Utrechtsch Genootschap aan Dr. INGENHOUSZ, in antwoord op het beklag van dezen, waarin verklaard wordt, dat VAN BARNEVELD het eerste deel zijner Verhandeling den 23sten October 1778 ingeleverd, doch later met de aanmerkingen der Commissie van beoordeeling terug ontvangen heeft, om daarnaar zijn stuk te verbeteren. Door de goedheid van den Heer Mr. C. VAN MARLE, Secretaris van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap, wien ik daarvoor openlijk mijnen dank betuig, ben ik in staat geweest, de Notulen van het Genootschap uit dien tijd, en den oorspronkelijken brief van INGENHOUSZ met het antwoord daarop in te zien. Ik heb daaruit ontdekt, dat de feiten, op bl. xx en xxi der Voorrede van SCHERER (INGENHOUSZ, Versuche mit Pflanzen, Uebersetzt v. I. A. SCHERER, Bd. II, Wien, 1788) vermeld, waarheid zijn, doch dat men daaruit niet gerechtigd is tot de vermoedens op bl. xxiv en xxv.

Immers de Commissie ter beoordeeling bestond uit de HH. ROSSYN, DEEMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK, alzoo juist uit die mannen, welke zelf zoo veel over dit onderwerp hadden geschreven. Na de teruggave is het stuk wederom onderzocht door de Heeren ROSSYN en NAHUY, zoodat, indien VAN BARNEVELD zijn resultaat geheel had veranderd en proeven had beschreven, door hem nimmer genomen, dit voorzeker opgemerkt moest zijn. Bedenkt men daarbij, dat VAN BARNEVELD niet de eenige is, op wien deze blaam door INGENHOUSZ geworpen wordt, dat deze ook met PRIESTLEY en SENEBIER heeft gestreden, en zich in dien strijd zeer ongunstig heeft doen kennen; bedenkt men dan nog, dat INGENHOUSZ, die zelf in 1779 in Amsterdam is geweest, een volkomen stilzwijgen bewaart over de ontdekkingen van DEEMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK, die hem toch niet onbekend kunnen geweest zijn, zoo geloof ik regt te hebben tot het besluit, boven uitgesproken, dat waarschijnlijk VAN BARNEVELD de eigendommelijke werking van het zonlicht op de planten onafhankelijk van INGENHOUSZ heeft ontdekt.

² Verh. v. h. Prov. Utr. Gen., D. II, bl. 251.

Ook hier vindt men een groot aantal proeven vermeld, met verschillende gewassen in het werk gesteld. Zij bevestigen in het algemeen de uitkomst van PRIESTLEY, dat bedorven lucht door den plantengroei hersteld wordt, en die van INGENHOUSZ, dat de luchtverbetering in de schaduw wel eenigzins, maar geenszins zoo krachtig plaats heeft als in den directen zonneschijn. VAN BARNEVELD vond hier even als bij zijne vorige proeven een groot verschil in werking bij verschillende planten, zoodat hij zelfs daarnaar de boomen en heesters in soorten verdeelt. De proeven zijn echter niet naauwkeurig en belangrijk genoeg, om afzonderlijk te worden medegedeeld, daar de wijze van proefneming en luchtanalyse dezelfde als die van PRIESTLEY is, en bovendien VAN BARNEVELD zijne planten, niet zoo als PRIESTLEY in water, maar in aarde heeft geplaatst, waardoor de uitkomst veel onnaauwkeuriger wordt.

De onderzoekingen omtrent den aard en de samenstelling der luchtsoorten, die in dezen tijd in ons vaderland zoo talrijk waren, verspreidden ook meer licht over de werking der planten op de dampkringslucht. Zoo vindt men in het Vijfde Boek der Verhand. v. h. Bat. Genootschap der Proefonderv. Wijsb. te Rotterdam (1781) twee prijsverhandelingen over de vaste lucht, waarin bijdragen tot ons vraagstuk geleverd worden.

De eerste, van DEIMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK, leert, dat de planten, in vaste lucht geplaatst, sterven, waarschijnlijk omdat zij door het daarin aanwezige zuur zamengetrokken, en dus in hare uitwaseming gestoord worden. In gedephlogistiseerde lucht, die niet van vaste lucht beroofd is (d. i. zuurstof met CO^2 bedeed), groeijen de planten, volgens huine proefnemingen, even goed als in gemeene lucht, mits men ze met water afsluite.

In de tweede Verhandeling, van B. TIBOEL, vindt men eene korte opsomming der proeven, over de werking der planten genomen.

Men hechtte toen zoo veel gewigt aan dit vraagstuk, dat

in 1780 door het Prov. Utrechtsch Genootschap voor de tweede maal deze prijsvraag werd uitgeschreven: "Wat heeft "men te denken aangaande het planten van boomen, binnen "en rondom de steden? Is dit voordelig of nadeelig voor de "gezondheid der menschen? Wordt de lucht door derzelver "uitwaseming gezuiverd, of besmet? En welke soort van boomen is meest, of minst voordelig of nadeelig?"

Reeds in 1780 waren twee antwoorden hierop ingekomen, die echter geene voldoende proeven bevatteden, zoodat het Genootschap besloot, de vraag ten tweeden male uit te schrijven. De schrijvers van beide zijn ons reeds bekende mannen. Vooreerst DEIMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK, die kort daarna hun stuk afzonderlijk hebben uitgegeven, en ten andere W. VAN BARNEVELD en F. MULLER, aan wier werk, in 1783, de eereprijs werd toegewezen.

Het werk van DEIMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK¹ mag voor dien tijd een meesterstuk genoemd worden. Zij beschouwen achtereenvolgens: 1^o. hoedanig men de gemeene lucht moet beschouwen; 2^o. wat er bij den groei van boomen en planten plaats heeft; en 3^o. welke de uitwerking is van deze op voor de ademhaling bedorven lucht.

In het tweede gedeelte (het eerste behoort minder tot ons onderwerp) geven zij eerst eenige proeven op, die aantoonen, dat de bedorven lucht door den groei der planten verbeterd wordt. Wij treden in geene bijzonderheden daaromtrent, daar deze proeven geheel overeenkomstig zijn met die van PRIESTLEY en anderen. In gewone lucht echter geschiedt die verbetering ook, doch niet zoo snel, ten gevolge waarvan de plant, die in bedorven lucht groeit, de andere, die in gemeene lucht staat, na eenige dagen in ontwikkeling vooruit is. De planten nu nemen bij haren groei niet alleen Phlogiston² op, maar zij geven ook vaste lucht van zich; dit heb-

¹ Verhandeling over het nut van den groei der boomen en planten, tot zuivering der lucht. Amsterdam, 1780, bl. 28 en volgg.

² Tot regt verstand van het volgende moeten wij hier opmerken, dat per-

ben de schrijvers in vele proeven bewezen, door de lucht na den groei der plant met kalkwater te onderzoeken. Die vaste lucht is noodig voor den groei der plant, evenzeer als hare te grootte hoeveelheid schadelijk is. Want zoo zij in de atmosfeer der plant een bakje met kalkwater bragten, dan stierf de plant weldra; en omgekeerd gebeurde hetzelfde, wanneer het glas, waarin de plant verkeerde, met eene glasplaat en met lutum werd afgesloten. Het best is de plant met water af te sluiten, dat de gevormde vaste lucht opneemt, doch niet zoo snel, dat de planten daardoor spoedig uitgeput worden.

Zij wijzen ook op eene bijzonderheid, die in de latere proefnemingen zoo dikwijls veronachtzaamd is, en verklaren die naar de phlogistische theorie zeer juist; het onderscheid, namelijk, zoo de plant in eene besloten ruimte in water of in aarde geplaatst is. In het eerste geval sterft de plant eerder dan in het tweede, zoo zij bij beide proeven door water van de lucht afgesloten is. Want de aarde is eene rottende stoffe, die altoos eenig Phlogiston aan de omringende lucht mededeelt, terwijl het water eerder geschikt is, om de hoeveelheid Phlogiston in de lucht te verminderen, dan te vermeerderen.

In het derde deel hunner verhandeling vermelden zij verscheiden proeven, die aantoonen, dat de planten de bedorven lucht beter herstellen, naar mate zij beter in de gelegenheid zijn, om hare vaste lucht kwijt te raken. Het herstel geschiedt beter in de warmte, van daar dat bedorven lucht door de planten veel eerder wordt hersteld, zoo zij in de zon, dan zoo zij in de schaduw staan; in dit laatste geval geschiedt die verbetering echter ook. De planten bevrijden de lucht niet van het Phlogiston, omdat zij dit noodig hebben, om te kunnen blijven groeijen, doch zij ontwikkelen vaste lucht, die heilzaam is voor de ademhaling van menschen en die-

MAN EN PAETS VAN EROOSIWIJK Phlogiston en vaste lucht onderscheiden, doch met beide koolstofzuurgas (CO^2) bedoelen.

ren, daar dit zuivere zuur eene bederfwerende uitwerking heeft.

Het is dus nuttig, om boomen en planten in de omstreken van steden te plaatsen, daar deze de bedorven lucht herstellen. Zij zijn zelfs bij het verdorren der bladeren niet schadelijk, omdat de drooge verdorring niet nadeelig is, en bij nat weder toch meestal winden heerschen, die zuivere lucht aanvoeren. Welke soort van boomen het voordeeligst is, is moeilijk te bepalen, daar men uit de proefnemingen met kleine planten niet tot de hoeveelheid van werking van groote, in de vrije lucht staande, boomen kan besluiten; trouwens, alle boomen verbeteren de lucht.

Hoewel er, door het onderscheid tusschen Phlogiston en vaste lucht gemaakt, eene zekere verwarring heerscht in sommige deelen der verhandeling, zoo achten wij ze echter hoog, omdat ze vele feiten bevat, die later door anderen als nieuw opgegeven en verklaard zijn, toen eene betere kennis der gassoorten dit eerst mogelijk maakte.

Het uitvoerige stuk van VAN BARNEVELD en MULLER¹, dat niet minder dan 189 bladzijden druks en de vermelding van 98 verschillende proeven bevat, doch niet met dat talent is geschreven als het vorige, geeft als uitkomst, dat de beplanting van de omstreken der steden met boomen en heesters ten hoogste heilzaam is voor de gezondheid der bewoners. Want de rottende zelfstandigheden en de vele uitwasemingen van menschen en dieren zijn een voedsel voor de planten, die deze nadeelige stoffen in gezonde lucht veranderen. In het algemeen hebben die boomen het geringste luchtverbeterend vermogen, die de droogste en hardste bladeren bezitten; echter zijn hierbij vele uitzonderingen aanwezig, daar omgekeerd niet altijd de saprijkste planten de meeste gedeplogistiseerde lucht geven. Buiten den onmiddellijken invloed der zonnestralen bestaat die werking slechts ten deele; daar-

¹ Verhand. van het Prov. Utrechtsch Genootschap, Dl. III.

door bewonderen die schrijvers ook de wijsheid des Scheppers in het bepalen van de groeiwijze der boomen, die hunne takken en bladeren als een waaijer uitspreiden, om allen zoo veel mogelijk aan den heilzamen invloed der zon bloot te stellen. Zij weiden ten slotte uit over de schoone harmonie, die in de Natuur heerscht, hoe het eene schepsel het andere onderhoudt, en door zijn dood een voedsel wordt voor andere wezens en volgende geslachten. "Zoo," zeggen zij, "gaat de gedaante dezer wereld voorbij, en er wordt eene andere uit die geboren, welke, na al de schepselen van het noodige voorzien, en van deze den vereischten cijns ontvangen te hebben, eene volgende voortbrengt."

Eene groote ontwikkeling ontving de leer van de respiratie der planten echter eerst door de bemoeijingen van JEAN SENEBIER, Predikant te Genève. Deze verdienstelijke man koos zich de onderzoekingen van INGENHOUSZ tot leidraad, en verrijkte niet alleen de wetenschap met vele belangrijke proeven, maar bragt vooral orde en verband in de nog onzamenhangende feiten.

Is het werk van INGENHOUSZ weinig meer dan eene opeenhooping van waarnemingen en geïsoleerd staande feiten (ten gevolge waarvan het, zoover ons bekend is, nog niemand heeft mogen gelukken, van dit werk een beknopt en helder overzicht te geven), de *Mémoires Physico-Chimiques* van SENEBIER, bevatten een stelselmatig onderzoek naar de oorzaken van het waargenomen verschijnsel, dat in vele rigtingen wordt nagegaan. De stof is beter bewerkt, hoewel de wijdloopige beschouwingen, aan dien tijd eigen, ook hier geenszins ontbreken.

De beschouwing van het verschijnsel der gasontwikkeling van bladeren, die onder water in de zon geplaatst zijn, doet hem al aanstonds deze drie vragen opwerpen ¹:

¹ Zie SENEBIER, *Mémoires Physico-Chimiques*. Genève, 1782. Tom. I, p. 17 sqq.

- 1°. Is de lucht, die zich van groeiende bladeren onder water in de zon ontwikkelt, aan hunne oppervlakte gehecht, en komt die slechts vrij door de werking van het water daarop?
- 2°. Is die lucht voortgebracht door de lucht van het water, die in het blad indringt en vervolgens daaruit ontsnapt, of komt zij oorspronkelijk van het blad?
- 3°. Is die lucht het natuurlijk gevolg van de werking der zon als licht- of als warmte-bron?

De eerste vraag wordt ontkennend beantwoord, op grond van deze proeven:

Warme bladeren (20° R.) in koud water (2° à 3° R.) gedompeld, geven in de zon geplaatst terstond luchtbelllen. Dus ontstaan deze niet door uitzetting van aanhangende blaasjes. Bovendien de lucht komt bijzonder te voorschijn aan de plaats, waar de bladsteel afgebroken is, dus uit het inwendige van het blad. Dezelfde bladeren, die in de zon rijkelijk luchtbelllen geven, doen dit niet in het duistere; en wanneer zij daarna weder in de zon gebracht worden, geven zij rijkelijk lucht. De aanhangende lucht moest dus lang verdwenen zijn.

Eindelijk behoeft men slechts een blad van de epidermis te ontdoen, om een ontkennend bewijs te hebben. Een blad van Huislook (*grande joubarbe sempervivum tectorum*) in den zonnenschijn geplaatst, gaf in 5 uren $3\frac{1}{3}$ maat lucht; de epidermis van een dergelijk blad met eenig aanhangend parenchym $\frac{1}{32}$ m. lucht; bijna het geheele parenchym van dit blad $1\frac{1}{3}$ m. lucht. Een bewijs alzoo, dat het parenchym de bron is der gasontwikkeling, en dat de epidermis noodzakelijk vereischt wordt, opdat die afscheiding overvloedig zij.

Om het antwoord te kunnen geven op de tweede vraag: "Is de lucht van het water afkomstig, en door het blad heen- "getrokken, of van dit oorspronkelijk?" — heeft hij zich vooraf deze reeks van vragen voorgelegd:

Welke lucht bevat het water en in welke hoeveelheid?

Hoe verhoudt zich gewoon water alleen, in de zon gezet?

Hoe is dit bij water met vaste lucht (CO^2) verzadigd?

Het antwoord hierop was, dat het water meest eenige vaste lucht bevat, die gewoonlijk niet ontwijkt door het zonlicht, tenzij wanneer zij in groote hoeveelheid in het water is besloten.

Hij bragt nu bladeren van Perzikboomen, van Huislook enz. in glazen, waarvan sommigen gevuld waren met water, dat met vaste lucht verzadigd was; anderen met gedestilleerd, anderen met uitgekookt, en wederom anderen met bronwater. Deze toestellen, in den zonnenschijn geplaatst, gaven de volgende uitkomst:

De bladeren, gedompeld in met vaste lucht verzadigd water, gaven verre weg de meeste lucht; dan volgden de bladeren in gewoon water, en daarna die in gedestilleerd of uitgekookt water, welke in het begin eenige werking vertoonden, die echter spoedig ophield, daar het water geen lucht bevatte.

Werd bij gedestilleerd water een weinig mineraalzuur gevoegd, zoo kwam er geene lucht en de bladeren werden meer of min ontleed.

Zoo men echter het zuur met een alkali had verzadigd, dan gaven de bladeren eensklaps veel lucht, waarschijnlijk omdat de vaste lucht uit het alkali vrij kwam en in het water werd opgenomen.

Men kan ook direct bewijzen, dat de bladeren lucht bevatten, voor dat zij in het water aan de zon worden blootgesteld; want zij drijven op het water, voordat zij hunne lucht hebben afgegeven, en zinken daarna. Een blad van zijne epidermis beroofd doet hetzelfde, ten bewijze dat het drijven geen gevolg is van eenige vette stof op de epidermis, die het contact met het water niet toelaat.

Uit al deze proeven blijkt dan ten duidelijkste:

1^o. dat het niet twijfelachtig is, of de bladeren bevatten

eene eigen lucht, wanneer men ze van de moederplant afsnijdt, welke lucht geheel onafhankelijk is van het water, waarin zij lucht van zich geven;

2°. dat aan den anderen kant echter de bladeren een deel der lucht, die zij ontwikkelen, uit het water putten. Zij geven in de zon zoo veel meer lucht, naar mate het water daarvan meer bevat; en de hoeveelheid van deze in het water neemt af, naar mate de bladeren meer lucht hebben ontwikkeld. Zij veranderen (elaboreren) de opgenomen lucht in hun inwendig weefsel, want zij geven gedephlogistiseerde lucht, terwijl in het water vaste lucht is.

De 3^e vraag was deze:

Is de lucht, die zich van onder het water in de zon geplaatste bladeren ontwikkelt, een gevolg van de werking der zon, als licht — of als warmtebron?

Als antwoord hierop bewijst SENEBIER:

1°. dat warmte zonder licht dit effect niet te weeg brengt.

Hij bragt hiertoe zijne toestellen in het duister in een waterbad, dat hij tot 40° R. verwarmde, (de temp. in de toestellen in de zon geplaatst was tot 38° R. geklommen.) Hier gaf in den tijd van 3 uren:

Een perzikblad in gewoon water.....	$\frac{1}{16}$	maat lucht.
Een dito in water, met vaste lucht verzadigd....	1	" "
Gewoon water zonder blad.....	$\frac{1}{16}$	" "
Water met vaste lucht verzadigd, zonder blad...	$\frac{9}{8}$	" "

Eenige uren na de bekoeling was alle lucht voor het grootste gedeelte weder door het water geabsorbeerd. Een bewijs alzoo, dat het hier niet de gewone, anders vrij komende lucht was, maar dat deze alleen aan het water moest worden toegeschreven, daar het uitwerksel zonder aanwezen van het blad hetzelfde was. Alzoo:

Warmte zonder licht brengt die werking op de bladeren niet voort.

2°. dat bij afwezen van licht de bladeren onder water geene lucht doen vrijkomen.

Hier, zegt SENEBIER, moet men zorgvuldig onderscheid maken tusschen de lucht, die ontstaat door gisting van rottende bladeren, en de lucht, die gezonde planten onder water in den zonneshijn geven. Het verzuim hiervan heeft de Natuur en de planten doen *belasteren* ¹, door haar de gevaarlijke eigenschap toe te schrijven, van des nachts eene lucht te verspreiden, die de zuiverheid der atmosfeer zou verminderen. SENEBIER heeft eene uitvoerige reeks van proeven hieromtrent gedaan. Eerst bragt hij groeiende bladeren des nachts in de toestellen, doch hij verkreeg geene luchtbellen. Daarna maakte hij een kunstmatigen nacht, door over de toestellen aarden potten te plaatsen, en zette deze naast andere toestellen in de zon. De temperatuur klom hierbij in de donkere toestellen tot 29° R., doch geene lucht werd ontwikkeld, terwijl de onbedekte toestellen rijkelijk lucht gaven. En zoodra hij de deksels wegnam, en de bladeren het licht der zon ontvingen, verscheen er eene menigte gasbellen. Eindelijk, om nog zuiverder proef te nemen, bragt hij in den duisteren toestel stengels en bladeren, nog aan de moederplant gehecht, doch wederom verkreeg hij hetzelfde resultaat.

Hij besluit alzoo, dat in de duisternis geene gasontwikkeling van gezonde bladeren plaats heeft, wanneer deze in water gelegd zijn.

3°. De onmiddellijke werking van het zonlicht op de groeiende bladeren, gaat altijd gepaard met de vrijwording der lucht, die in de bladeren is bevat ².

Dit is het onloochenbaar resultaat van een groot aantal proeven van SENEBIER; en welke soort van planten hij daartoe ook bezigde, immer vond hij hetzelfde.

Tot bevestiging hiervan dient ook, dat de hoefcelheid ge-

¹ T. a. pl., I, bl. 54. Later (Expér. sur l'action de la lum. solaire sur la végét. 1788, p. 10) geeft SENEBIER zijn leedwezen te kennen over de gebezigde uitdrukking, waarover INGESHOUZ zoo zeer gebelgd was, en die tot veel strijd heeft aanleiding gegeven.

² T. a. pl., bl. 64.

vormde lucht, bij overigens gelijke omstandigheden, altijd evenredig is aan de intensiteit en den duur van het directe zonnelicht, ten minste in de drie eerste uren der werking.

Om de grenzen der intensiteit van het zonnelicht te ontdekken, waarbij nog werking plaats heeft, bragt hij sommige toestellen met bladeren in direct, sommige in gereflecteerd zonnelicht, andere in gewoon daglicht. De laatsten gaven in den regel geene lucht, echter bij zeer warme dagen eenige bellen. De in gereflecteerd zonnelicht geplaatste toestellen gaven vrij wat lucht, maar op verre na niet zooveel als de eerste.

Eindelijk onderzocht hij ook de werking der enkelvoudige luchtstralen, en vond die voor de roode stralen het grootste, hoewel minder dan bij gewoon zonlicht, maar het geringst bij de violette stralen.

Later ¹ doet SENEBIER zich ook de vraag, of de zon op de bladeren in de lucht dezelfde werking uitoefent, als op de bladeren in het water. En daar hij het bezwaarlijk acht, die werking met zekerheid door de proef aan te toonen, wanneer de planten in gewone lucht groeijen, zoo brengt hij ze in ontvlambare lucht (H) en stelt ze daarin aan de zonnestrallen bloot. Hij bespeurt dat de lucht ontplofbaar is geworden, ten gevolge van door de planten ontwikkelde gedephlogistiseerde lucht (O).

In de bovenstaande beantwoording der vragen, die SENEBIER zich deed, ligt de ontwikkeling besloten van de belangrijkste feiten der planten-ademhaling, die toen bekend waren. Wij hebben ze met eenige uitvoerigheid behandeld, omdat zij, naar ons oordeel, het meest juiste begrip geven van de kennis van dien tijd, en omdat vele feiten, door SENEBIER reeds beschreven en goed verklaard, in lateren tijd als nieuw opgegeven, en bovendien soms verkeerd uitgelegd zijn.

Doch wij mogen het verslag van zijnen arbeid niet besluiten, zonder te gewagen van den vromen, godsdienstigen zin, die

¹ T. a. pl., bl. 224 volg.

in het geheele werk doorstraalt, en die hem in zijne wetenschappelijke nasporingen een middel doet vinden, om de grootheid en wijsheid des Scheppers in zijne schepselen te bewonderen. Getuige hiervan de welsprekende taal, waarin hij aan het einde van het eerste deel der *Mém. Phys. Chim.*, de slotsom zijner beschouwingen heeft uitgesproken. “Arrêtons “nous ici,” zegt SENEBIER, “pour admirer une partie de cette “chaîne des êtres, qui unit ensemble tous les êtres, et qui “ne forme de leur nombre innombrable qu’un seul Tout, “l’Univers; les moyens qui gâtent l’air étaient inévitables; “mais ces moyens contribuent à sa purification: ils deviennent “la source de la vie des végétaux et des animaux qu’ils me- “nacent; c’est ainsi que la conservation de l’Univers est le “fruit de la destruction de ses parties, c’est ainsi que rien “ne s’anéantit, mais seulement que tout change de forme: je “m’arrête pour savourer le bonheur que m’offre l’Ancien des “jours, pour célébrer les profondeurs de sa sagesse et de sa “bonté, pour étudier les vues salutaires qu’il a sur moi, afin “de les remplir, pour lui peindre ma reconnaissance par mes “louanges, et lui en donner les preuves en tâchant de l’imi- “ter, pour chanter des hymnes à son honneur.”

Hoe belangrijk de onderzoekingen van SENEBIER ook waren, zij openden een’ strijd, die een treurig voorbeeld oplevert, hoe geleerde mannen zich verlagen kunnen, om een wetenschappelijk twistpunt te bezigen als middel, om elkander met schimp te overladen. INGENHOUSZ achtte zich beleedigd door den arbeid van SENEBIER, en meende zich door dezen de eer zijner ontdekkingen ontroofd te zien. Bittere gal werd door hem uitgestort tegen den Zwitserschen leeraar, waarin hem de Duitsche vertaler zijner werken volijverig volgde. Het antwoord uit Genève, den man van wetenschap waardig, verdedigde slechts met kracht de aangevallen feiten¹. Zoo het

¹ Zie over dien strijd: INGENHOUSZ, *Versuche mit Pflanzen*. Uebersetzt von SCHERER, III, S. IX—XLVIII en 178, volg., en de woorden van SCHERER,

waar is, dat men somwijlen uit den toon der polemische geschriften reeds eenigermate kan opmaken, naar welke zijde de waarheid overhelt, dan is dit hier geenszins twijfelachtig. En wij twijfelen niet, of elk, die den strijd van beide partijen onbevooroordeeld heeft nagegaan, zal met ons moeten erkennen, dat zich daarin *INGENHOUSZ* als den minder talentvollen, naijverigen, *SENEBIER* als den bedaarden, van de waarde zijner handelingen zich bewusten, man doet kennen. De geschiedschrijver der wetenschap echter hecht aan zulken strijd geen waarde. Hij teekent alleen de nog onbekende waarheden op, die ten gevolge daarvan aan het licht zijn gekomen, maar vermag toch niet zijn leedwezen te verbergen, waar hij krachten, ten nutte der wetenschap dienstbaar, verspild ziet, tot het voeren van een strijd over prioriteit; een strijd, helaas! ook aan deze dagen niet vreemd, waarin het *prendre date* dikwijls bij de eerste mannen der wetenschap aan de orde van den dag wordt gesteld.

Het voorname twistpunt der genoemde natuurkundigen betreft de nachtelijke uitademing van eene onzuivere lucht door de planten. *INGENHOUSZ* besluit uit zijne proeven, dat de planten des nachts en ook over dag in de schaduw eene lucht uitademen, die een mengsel is van vaste lucht en van een phlogistisch principe, dat hij echter niet duidelijk beschrijft ¹. De plant neemt voortdurend lucht op, en geeft voortdurend lucht van zich, en het is de in het inwendig weefsel der plant verwerkte lucht, die naar buiten treedt. Zoo is de uitstrooming van vaste lucht des nachts eene natuurlijke werking der plant, en geenszins aan een begin van verrotting of bederf toe te schrijven.

ibid., I, S. XLVII; II, S. I—VIII. *SENEBIER*, Expér. sur l'action de la lumière solaire dans la végétation, p. 1—35.

¹ Beide hebben hunne meeningen met vele proefnemingen zoeken te staven, en daarover een afzonderlijk werk uitgegeven. *INGENHOUSZ*, Dl. II en III der Versuche mit Pflanzen. *SENEBIER*, Expér. sur l'act. d. l. lumière sol. s. l. végét. Genève, 1788.

Het resultaat der proefnemingen van SENEBIER is, dat de planten onder water des nachts geene lucht geven, maar dat zij in het duister in eene besloten luchtruimte de lucht een weinig bederven. De uitgeademde lucht is volgens hem echter alleen vaste lucht, zoo als ook DEIMAN en PAETS VAN TROOSTWIJK reeds in 1781 bewezen hebben. Die vaste lucht kan geen gevolg zijn van de natuurlijke huishouding der plant, daar deze juist door de planten onder den invloed van het licht ontleed wordt, terwijl er gedephlogistiseerde lucht ontwijkt en het licht zich met de harsachtige deelen der plant verbindt. Integendeel, die vorming van vaste lucht is enkel een gevolg van den ontledenden invloed der overgroote vochtigheid op de planten, welke over dag slechts door antiseptische werking van het licht wordt vertraagd. In de vrije lucht hebben noch INGENHOUSZ, noch SENEBIER die werking ooit kunnen waarnemen ¹.

Wij mogen den tijd der phlogistische theorie niet verlaten, zonder eenige proeven te vermelden, waarvan sommige het beginsel van eene betere wijze van proefnemen in zich bevatten, dat eerst veel later in toepassing is gebracht, en anderen eene bevestiging zijn van bekende zaken. Uit eenige proeven, omtrent den invloed der vaste lucht op den plantengroei, was het aan PERCIVAL in 1776 gebleken, dat deze lucht een voedsel was voor de planten. Deze uitkomst was strijdig met die van PRIESTLEY, volgens welke de planten in zuivere vaste lucht eerder stierven, dan in gewone lucht. PERCIVAL bedoelde echter niet, dat vaste lucht in een' zuiveren toestand, en in eene besloten ruimte nuttig was voor de planten, maar dat vaste lucht, voortdurend aangevoerd, en in eenen aanhoudenden stroom, terwijl de plant te gelijkertijd niet van den invloed der buitenlucht was afgesloten, eene soort van voedsel aanbood, waardoor de planten eenigen tijd konden voortleven,

¹ Zie INGENHOUSZ, Versuche, II, S. 61, u. s. w. SENEBIER, Expér., etc., p. 218, sqq.

schoon alle middelen van voeding ontbraken. Om dit te bewijzen verhaalt Dr. HENRY ¹ in 1784 eenige proeven, door hem en door Dr. PERCIVAL, in 1776 en 1777, genomen, waarvan de voornaamste deze zijn:

Eene aardbezieplant in het middelste deel van den toestel van NOOTH ² opgehangen, en aldaar blootgesteld aan veelvuldige stroomen van vaste lucht, was niet alleen van 23 April tot 14 Mei in het leven gebleven, maar de bloemen, die slechts in knoppen waren, toen de plant in den toestel gebracht werd, waren opengegaan.

Twce kruisemuntplantjes, met een weinig losse aarde aan hunne wortels, werden in dergelijke glazen geplaatst, van 1 tot 12 September. Bij een van beiden werd een voortdurende stroom van vaste lucht aangevoerd, en beider wortels werden den 7^{den} Sept. afgesneden. De plant, die in gewone lucht had gestaan, was den 12^{den} dag kwijnende, maar die in den

¹ Memoirs of the Literary and Philos. Society of Manchester, Vol. II, p. 341.

² De toestel van NOOTH is een zoodanige, welke in die dagen algemeen in gebruik was, om vaste lucht te ontwikkelen, en die in wateren, enz. in te persen. Hij bestond uit drie op elkander geplaatste glazen vaten. Het onderste werd met krijt en vitrioololie gevuld; de stop daarop was met vele kleine openingen voorzien, die aan de ontwikkelde vaste lucht een uitweg konden verschaffen, doch tevens was daarin eene inrigting getroffen, die veroorzaakte, dat bij het ophouden of verminderen van den stroom, het water niet uit het middelste vat in het onderste kon loopen. Op dit middelste vat, dat geheel met water gevuld is, wordt een derde glas geplaatst, dat met eene lange punt onder in het tweede glas reikt, en met eene stop gesloten kan worden. Bij de ontwikkeling der vaste lucht verzamelt zich deze in het bovenste gedeelte van het middelste vat, en drukt het water door de bais in het bovenste vat. Is dit met water gevuld, zoo worden de beide bovenste vaten van het onderste losgemaakt, het bovenste gesloten en nu beide geslud, waardoor de vaste lucht gelegenheid heeft, om in het water opgenomen te worden. Men zie verder de uitvoerige beschrijving en afbeelding van dezen toestel in Philos. Transact., 1775, Vol. LXV, p. 59, en GEULER'S Phys. Wörterbuch.

Voor de proeven, hier vermeld, werd het bovenste vat niet op den toestel geplaatst en het middelste niet met water gevuld, zoodat de overvloedige stroom vaste lucht vrij in de lucht kon ontwijken.

stroom van vaste lucht bleef nog meer dan eene week frisch en gezond.

Eene plant van Polyanthos (sleutelbloem), met wortels en bloemen, werd den 26sten April 1777 in NOOTH's toestel geplaatst, en bleef daarin tot 10 Mei. Het opbruisend mengsel werd herhaaldelijk vernieuwd, zoodat er een gedurige stroom van vaste lucht was. De plant bleef tien dagen zonder eenig teeken van kwijning te vertoonen, en toen zij op den 14den dag uit den toestel werd genomen, waren wel eenige der oudere bloemen verlept, doch de anderen waren even frisch bloeiende, als toen zij in den toestel gebragt werden. Zij waren nog frisscher dan die der andere planten, welke op denzelfden dag in den tuin gezet waren. De stengel der plant was groen, sappig en niets verlept. De lucht, waarin de plant gestaan had, bluschte eene kaars uit en bevatte $\frac{1}{3}$ vaste lucht.

Bragt men echter de planten in besloten vaten met vaste lucht, of in den toestel van NOOTH, met het bovenste gedeelte en de stop er op, zoo stierven zij spoediger dan in gewone lucht. Het blijkt dus hieruit, dat een voortdurende stroom van vaste lucht en vrije gemeenschap met de buitenlucht hierbij een vereischte is, en dat het niet voldoen daaraan, PRIESTLEY zulk een ander resultaat heeft doen verkrijgen.

De andere proefnemingen in dezen tijd nog bekend gemaakt, waren die van SUCKOW en van TESSIER.

G. A. SUCKOW ¹ heeft een groot aantal proeven in het werk gesteld over de soort van lucht, die door de gewassen geleverd wordt. Zijne uitkomst bevestigt die van INGENHOUSZ, daar hij vindt, dat de planten buiten het zonnelicht voortdurend de lucht phlogistiseren; in den zonneschijn daarentegen eene lucht van zich geven, die bijna altijd reiner is dan de dampkringslucht. Dit vermogen schijnt zich echter te bepalen tot de boomen en planten ², met uitzondering der bloemen,

¹ Comment. Acad. Theodoro-Palatinae, Vol. V, p. 166—200.

² Waarschijnlijk worden hiermede *plantae herbaceae* door den schrijver bedoeld.

vruchten en wortels, en tot die Cryptogamen, welke in water leven. Daarbij is er een groot verschil in werking bij verschillende planten, daar sommigen eene gedephlogistiseerde lucht opleveren, zoodra zij door de zonnestralen beschenn worden, en anderen daartoe een' zeer helderen dag vereischen. Het zonnelicht werkt hierin niet zoo zeer door warmte, als wel door bijzondere, nog onbekende, eigenschappen, die een' prikkel op de planten te weeg brengen. SUCKOW bewijst dit alles door niet minder dan 100 proeven, welke wij echter niet beschrijven, daar de meeste proeven uit dien tijd een zelfde karakter vertoonen, dat boven reeds meermalen is geschetst.

De onderzoekingen van TESSIER¹ waren gerigt op den invloed van het licht op de planten en de verschillende wijzigingen daarvan. Hij bragt onderscheiden soorten van planten in een kelder, die slechts door een klein venster verlicht was. Door middel van spiegels werd in verschillende gedeelten van den kelder meer of minder licht teruggekaatst, terwijl eindelijk eene lamp in het duistere gedeelte werd opgehangen. Hierdoor had hij verschillende graden van licht in denzelfden kelder, en stelde daaraan zijne planten bloot. De uitslag was, dat zij groener bleven, naar mate zij meer licht ontvingen; bij het licht der lamp werden zij niet geheel geëtiolerd, maar het groen was toch veel bleeker, dan bij daglicht. Dezelfde werking ongeveer vertoonde het licht der maan, gelijk hem uit eene andere reeks van proeven bleek. Eindelijk heeft TESSIER de planten nog onder den invloed van gekleurd licht gebragt, waartoe hij witte, licht gele, donker gele en donker blaauwe glazen nam, die hij, naast elkander geplaatst, tot een scherm vereenigde, waarachter zijne planten stonden. Achter het witte glas bleven zij groen; minder achter het blaauwe, en nog een weinig minder achter het licht gele glas; bij het donker gele waren zij het meest verbleekt.

¹ Mém. de l'Acad. Royale des Sciences; Ann. 1783, p. 133. Paris, 1786.

Deze proeven, die overigens overeenkomen met de eerste van SENEBIER, waren echter zeer onvolledig, gelijk TESSIER zelf erkent. Hij waagt het ook niet, daaruit eenig besluit te trekken, daar van den invloed van het licht op de groene stof der planten nog niets bekend was.

Wat de werking van kunstlicht betreft, deze werd eenige jaren later door VASSALLI¹ evenzoo gevonden, toen deze het licht der zon met dat van een vuur vergeleek en zag, dat dit laatste wel veel minder krachtig dan het eerste, maar toch in staat is, om de planten eenigzins groen te kleuren.

Het was in dezen tijd, dat de groote ontdekkingen plaats hadden, die voor de chemie de nieuwe rigting aanwezen, waarin zij zich nog voortbeweegt. LAVOISIER toonde aan, dat de metalen bij hunne verkalking (oxydatie) niet aan gewigt verloren, maar integendeel toenamen. Hierdoor was aan de theorie van STAHL de grondslag ontnomen, en hoezeer PRIESTLEY en anderen het phlogistische stelsel nog hardnekkig verdedigden, bleek het weldra niet meer te voldoen aan de eischen der wetenschap en werd het kort daarna als onhoudbaar algemeen verworpen.

Ten gevolge van de overwinning der nieuwe zienswijze, werd niet alleen eene geheel nieuwe nomenclatuur der lichamen in de scheikunde ingevoerd, maar trad ook een ander beginsel op den voorgrond bij de latere onderzoekingen. De balans, door LAVOISIER in het Scheikundig Laboratorium ingevoerd, werd nu een onmisbaar werktuig, en alle krachten werden besteed, om de betrekkelijke hoeveelheden van de samenstellende deelen der lichamen in maat en gewigt te bepalen. KOPP (*Gesch. der Chemie*) kenmerkt het tijdperk der Scheikunde van LAVOISIER tot op onzen tijd, als dat der quantitatieve chemie; en te regt, want het beginsel, dat reeds zoo schoone vruchten heeft opgeleverd, is sedert dien tijd niet verloochend geworden.

¹ Mém. de l'Acad. de Turin, V, A°. 1793.

Dat ook het vraagstuk der luchtverbetering ten gevolge van den groei der planten, den krachtigen invloed dier gewijzigde rigting moest ondervinden, was natuurlijk. Immers men had niet alleen thans eene meer naauwkeurige kennis der verschillende luchtsoorten verkregen, die de planten omringen; maar het scheen nu ook mogelijk door gewigtsbepalingen de nog altijd hangende vraag te beslissen, of, en hoe, de dampkringslucht, niettegenstaande al de verontreinigende oorzaken, hare reinheid behield.

De laatste reden vooral lokte vele onderzoekingen uit over de werking der planten op de atmosfeer, en hoewel de meesten dezer zich aanvankelijk aan de proeven van **INGENHOUSZ** en **SENEBIER**, als de meest bekende, aansloten, en zich bepaalden tot eene bevestiging of wederlegging daarvan, zoo is toch ook in die strijdschriften een andere geest op te merken, die de bepaling van gewigts- of maatshoeveelheden op den voorgrond stelt, en daaruit de redenering afleidt.

Voor dat wij tot de mededeeling van eenige dier onderzoekingen overgaan, moeten wij met een woord melding maken van de proeven van **RUMFORDT** ¹ en **THOMPSON** ², die verdroogde bladeren, wol, gesponnen zijde, glasdraden en andere ligchamen onder water in de zon plaatsten, en daaruit evenzeer eene reinere lucht zich zagen ontwikkelen.

Aanvankelijk schenen deze proeven de geheele leer van de eigen werking der planten omver te werpen, doch weldra toonde **SENEBIER** ³ terecht aan, dat de door die ligchamen ontwikkelde lucht veel geringer in volumen en veel minder rein was, dan de lucht, door gezonde bladeren onder water in de zon voorgebragt, terwijl de zuivere lucht, die later ontstond, een gevolg was van de werking der groene stof, die zich op de genoemde ligchamen gevormd had.

¹ Zie **MUNCKE**, in **GILB. Ann.**, III, 436.

² **Phil. Trans.**, 1787, P. 1.

³ **Expér.**, p. 346. Ook **WOODHOUSE** en **GRISCHOW** hebben later die proeven nader verklaard en wederlegd. Zie onder.

In uitgekookt water, waarin zich die groene stof niet vormen kon, gaven genoemde lichamen ook geene zuivere lucht.

Wij zouden hier nog kunnen bijvoegen, dat de eerst ontwikkelde lucht enkel dampkringslucht was, die aan de zijden- of glasdraden gehecht, of in het water opgelost, ontweek, ten gevolge van de temperatuurs-verhooging van het water, en van de vele aanhechtingspunten, die de zijde en het glas aanboden.

Van meer belang echter waren de tegenwerpingen, door HASSENFRAZT ¹ tegen de uitkomst der proeven van SENEBIER aangebragt. Hij ontkent de opneming en ontleding van het koolzuur der dampkringslucht door de groene plantendeelen, op deze gronden:

1^o. Wanneer hij planten in de open lucht liet groeijen in zuiver water, of in zand met zuiver water bevochtigd, dan ontwikkelden zij zich slechts gebrekkig en bragten nimmer vruchten voort, terwijl de analyse bewees, dat de hoeveelheid C in de plant niet was toegenomen.

Deze proeven zijn echter stellig op eene ongunstige wijze in het werk gesteld; welligt ontvingen de planten geen zonneschijn, zoo als DE SAUSSURE vermoedt. Hoe het zij: al de latere proeven, op deze wijze genomen, leveren eene andere uitkomst op, gelijk in het vervolg genoegzaam blijken zal.

2^o. Zoo het waar is, dat de planten bij haren groei CO^2 en HO ontleden, dan moet er ten gevolge van die werking koude ontstaan, daar bij de ontleding dier stoffen eene groote hoeveelheid warmte gebonden wordt. Nu staan daar tegenover wel andere processen in de plant, welke warmte ontwikkelen, zoo als de vereeniging der kooftstof met waterstof en zuurstof tot vorming der elementaire deelen der plant, en de ontwikkeling van CO^2 door de niet-groene plantendeelen, doch de hoeveelheid warmte, hierdoor vrij komende, is geringer dan die, welke gebonden wordt; want de verbranding van plantaardige stoffen, d. i. de verbinding van hare koolstof en

¹ Annal. de Chimie, XIII, 178, 318. XIV, 55.

waterstof tot CO^2 en HO, onder toetreding van O der lucht (alzoo juist het tegenstelde van hetgeen bij den groei der plant plaats heeft), ontwikkelt eene groote hoeveelheid warmte. Het eindresultaat moest dus zijn: koude ten gevolge van den plantengroei, terwijl de regtstreeksche proeven integendeel eene warmte-ontwikkeling daarbij aanwijken. Dus is de stelling, dat de planten CO^2 en HO ontleden, onjuist.

Hoe scherpzinnig deze redenering van HASSENFRATZ ook schijnen moge, wij gelooven met onzen hooggeschatten leermeester Prof. R. VAN REES ¹, dat zij geenszins juist is. Immers de ontleding van het CO^2 sluit niet die van het water in zich, en met mindcr regt nog mag men de verbranding tegenover den plantengroei plaatsen, of zich dezen laatste voorstellen, als alleen bestaande in eene ontleding van CO^2 en HO. Ook SENEBIER heeft in een afzonderlijk opstel ² de redenering van HASSENFRATZ bestreden, en te regt aangetoond, dat men het resultaat van proefnemingen alleen door proeven, en niet door eene hypothese kon omverwerpen, terwijl het bovendien niet wel mogelijk was, de juiste hoeveelheid gebonden en vrijgeworden warmte naauwkeurig te bepalen, daar men de gegevens daartoe nog te weinig kende.

Het 3^e bezwaar van HASSENFRATZ is dit: Zoo de stelling, door INGENHOUSZ en SENEBIER uitgesproken, waar is, moet eene goed groeiende plant, onder eene klok gezet en met water van de buitenlucht afgesloten, het volumen der lucht onder de klok door vorming van O voortdurend vergrooten. Hij deed nu de proef, maar vond na eene maand, de lucht nagenoeg dezelfde in hoeveelheid en samenstelling. Deze uitkomst moet echter, volgens SENEBIER, worden toegeschreven aan de vorming van CO^2 door de plant bij dag en nog meer

¹ In eene, in 1819 door de Utrechtsche Academie bekroonde prijsvraag: Over de ontleding van het koolzuur door de planten, p. 53. Zie *Annales Acad. Rheno-Traj.*, MDCCCXIX.

² *GREN's Neues Journ. f. Phys.*, I, 229.

des nachts, daar de plant leefde ten koste van het door haar gevormde CO^2 , dat zij wederom in O veranderde, zoodat door dit proces de lucht voortdurend in den ouden toestand terug gebragt werd.

De uitvoerige beschouwing van de gronden, door HASSENFRATZ aangevoerd, moge als een voorbeeld zijn van de rigting des tijds, en ons verontschuldigen, zoo wij niet alle toen geuite meeningen mededeelen. Gaarne hadden wij de denkbeelden van ALEX. VAN HUMBOLDT, van GREN, DAVY, GIRTANNER en anderen hier ontwikkeld; doch zij behooren als meeningen minder tot ons onderwerp, dat zich een geschiedkundig overzicht van waargenomen feiten ten doel stelt, en de beschouwingen daarover alleen in zoo verre opneemt, als deze de vruchtbare bron van nieuwe proefnemingen geworden zijn.

Wij vergenoegen ons met de opmerking, dat een kort overzicht der meeningen van genoemde natuuronderzoekers te vinden is in GILB. Ann. III, 428 (Δ^o . 1809), en wij komen onmiddellijk tot de resultaten van SPALLANZANI ¹.

Deze Italiaansche natuurkundige heeft de proeven van INGENHOUSZ en SENEBIER herhaald, wat de ontwikkeling van zuurstof door de planten betreft; terwijl zijne onderzoekingen over de ontleding van het koolzuur door de planten, door zijn vroegtijdigen dood, helaas! zijn afgebroken, en niet in het licht verschenen.

De uitkomst, waartoe SPALLANZANI geraakte, was in het algemeen dezelfde, als die van INGENHOUSZ en SENEBIER. Hij vond, dat de planten meer zuurstof van zich geven, wanneer zij in dampkringslucht zijn besloten, dan zoo zij zich onder water bevinden. Deze hoeveelheid was echter in beide

¹ Journ. de Physique, Vol. XLVIII, p. 135—141. Daar dit werk mij niet ten dienste stond, heb ik de onderzoekingen van SPALLANZANI alleen leeren kennen uit het uittreksel daarvan in GILB. Ann., III, 447, en de repliek van SENEBIER, *Physiol. végét.*, III, 227 volg.

gevallen gering, en kon niet opwegen tegen de hoeveelheid koolzuur, door de groene deelen des nachts en door de bloemen ook over dag ontwikkeld, zoodat, volgens zijne proeven, van den plantengroei geene vermeerdering van het zuurstofgehalte der lucht te wachten was.

SPALLANZANI heeft, naar ons inzien, de verdienste, van het eerst de zuurstof-ontwikkeling van de koolzuur-ontleding bij den plantengroei streng te hebben afgescheiden.

Deze beide werkingen, toch, die stellig in een zeker verband tot elkander staan, maar waarschijnlijk niet zoo onmiddellijk van elkander afhangen, als de vorige onderzoekers dit hebben voorgesteld, zijn tot nog toe altijd in éenen adem genoemd, en ook daardoor welligt minder juist gekend geworden.

Het is dus te betreuren, dat SENEBIER¹ tot die vorige verwarring terugkeert, bij zijne beoordeeling van de proeven van SPALLANZANI. Deze had namelijk bladeren van vleezige planten in CO² vrij water, en zelfs in kalkwater, zuurstof zien ontwikkelen, en besluit daaruit, dat die ontwikkeling niet enkel het gevolg kan zijn van de ontleding van door de plant opgenomen koolzuur. SENEBIER, die deze proeven bevestigd vond, schrijft in dit geval de zuurstof-ontwikkeling toe, aan eene ontleding van de koolzuurhoudende deelen van het bladparenchym, terwijl in CO² houdend water dit zuur door de bladeren opgenomen en ontleed wordt, omdat dan de verkregen hoeveelheid zuurstof niet evenredig is aan de oppervlakte of den inhoud van het blad, maar aan de hoeveelheid CO², in het water aanwezig, welke vermindert naar mate er meer O ontwikkeld wordt.

Deze bedenkingen van SENEBIER zijn neêrgelegd in een afzonderlijk werk. Zoowel INGENHOUSZ als SENEBIER hebben in dezen tijd een boek uitgegeven, waarin de uitkomsten van hun onderzoek uiteengezet, en de bezwaren van anderen

¹ *Physiol. végét.*, III, 227, sqq.

daartegen besproken zijn ¹. Van beiden zullen wij slechts met een woord gewagen, omdat ze minder nieuwe proefnemingen bevatten, dan wel eene rangschikking van bekende zaken, met beschouwingen over de wijze, waarop de planten haar voedsel ontvangen.

INGENHOUSZ stelt, dat de voeding grootendeels plaats heeft door de omringende lucht. Want de plant is omringd van aarde en lucht (water is slechts het voertuig der voedingsmiddelen). Zonder aarde kunnen sommige planten leven, zonder lucht geene; daaruit volgt, dat de lucht het essentiële voedingsmiddel voor de plant is. En hoewel hij geenszins ontkent, dat sommige zouten en ook CO^2 , in water opgelost, door de wortels in de plant dringen, en haar voedsel verschaffen, zoo acht hij deze wijze van voeding echter van minder belang, omdat de hoofdbron reeds in de lucht is gevonden.

Tegenover deze eenzijdige beschouwing staat die van SENEBIER, welke aannemelijker, doch ook niet van eenzijdigheid vrij te pleiten is.

Terwijl INGENHOUSZ het koolzuurgas als hoofdvoedsel voor de planten aanwijst, ontkent SENEBIER de opname van dit gas als zoodanig door de planten, om reden van de bezwaarlijke circulatie van een gas in de meer dan capillaire vaten der planten, die aan alle veranderingen van temperatuur zijn blootgesteld. Hij meent dat het CO^2 , ten deele in het water van den bodem opgelost, door de wortels, ten deele opgelost in den dauw of regen, door de bladeren opgenomen, en hier onder den invloed van het directe zonnelicht ontleed wordt.

Men ziet hieruit, dat het vraagstuk nog verre van zijne

¹ Het werk van INGENHOUSZ draagt den titel: *On the food of plants and renovation of the soil*. (In het Hoogduitsch vertaald door FISCHER onder den titel: *Ueber Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens. Nebst einer Einleitung* von AL. V. HUMBOLDT, 1798. — Dat van SENEBIER is zijne *Physiologie végétale*, V Tom. Genève, 1800, alwaar in T. III de onderzoekingen omtrent de ademing der planten uitvoerig besproken worden.

oplossing verwijderd was, daar de mannen, die het meest van allen zich daarmede hadden bezig gehouden, tot zulke geheel tegenstrijdige uitkomsten kwamen. Ja, het scheen zelfs, als of de stelling van PRIESTLEY, dat de dampkringslucht ten slotte door den plantengroei werd verbeterd, minder en minder waarschijnlijk werd. Reeds HASENFRATZ en SPALLANZANI waren daartegen opgekomen, niettegenstaande de uitvoerige ontwikkeling van INGENHOUSZ en SENEBIER; thans was het JAMES WOODHOUSE ¹, een Noord-Amerikaan, die in 1802 de uitkomst van zijne proeven mededeelde, waaruit bleek, dat de plantengroei in het zonnelicht de lucht niet verbetert.

WOODHOUSE plaatste den 27^{sten} Mei 12 jonge planten van *Polygonum persicaria*, met hare aarde in eene klok, die 52 oncenmaten dampkringslucht van de reinheid 100 bevatte, en dikwijls in den zonneshijn gezet werd. Den 4^{den} Junij waren de planten 2 duim gegroeid; de lucht in de klok bevatte 0.03 CO² en hare reinheid was slechts 80. Hoe dikwijls hij deze proef ook herhaalde, bijna altijd vond hij daarna in de klok koolzuur, en dan was de lucht ook minder zuiver. Bragt hij de planten in zuurstofgas, dan ondervond hij hetzelfde; bragt hij daarentegen bladeren van verschillende planten in eene met CO² bezwangerde lucht in de zon, dan verdween het koolzuur snel, en de reinheid der lucht werd vermeerderd (het zuurstofgehalte werd vergroot).

Altijd echter was er CO² gemengd met de zuurstof, die zich uit plantendeelen ontwikkelde, zoodat WOODHOUSE meent, dat de stelling van PRIESTLEY niet houdbaar is; "want," zegt hij, "bedenkt men, dat de bladeren slechts onder "den onmiddellijken invloed van het zonnelicht zuurstof uit het "koolzuur afscheiden; dat verder elke nog zoo geringe insectensteek een deel van het blad doet verwelken, daar het dan

¹ NICHOLSON, Journ. of nat. philog., II, 150—162, in Gilb. Ann. XIV, 348, overgenomen.

“over dag, zoowel als des nachts, zuurstof opneemt; dat in
 “vele landen in den herfst alle bladeren afvallen, in verrotting
 “overgaan en zoo de reinheid der lucht verminderen; dat ein-
 “delijk door de bloemen en vruchten der planten hetzelfde
 “geschiedt: zoo ziet men, dat wij regt hebben, om te beweren,
 “dat de planten aan de dampkringslucht de zuurstof *niet* le-
 “veren.”

Vraagt men ons oordeel over de besluiten van WOODHOUSE, zoo antwoorden wij, dat, hoezeer wij geen der feiten door hem aangevoerd ontkennen, wij echter gelooven, dat sommige bronnen van CO^2 vorming, zoo als die uit gekwetste bladeren, door hem te hoog geschat zijn geworden. Wanneer men zijne proeven nagaat en bedenkt, welke geringe vermeerdering van koolzuur hij in zijne klokken ontdekte, hoe hij ook de zuurstof-ontwikkeling in den zonneshijn bevestigd vond, hoe hij zelfs niet eens eene natuurlijke afscheiding van CO^2 des nachts aannam, dan schijnt zijn besluit niet die mate van vertrouwen te verdienen, die hij daaraan geven wil. Bovendien zijn zijne proeven zelve met eene groote fout behebt, daar hij de aarde mede onder de klok bragt, en dus een zamengesteld resultaat verkreeg van plantengroei en aarde-ontleding. Dit alleen moet reeds eene vorming van CO^2 en een verbruik van zuurstof te weeg brengen.

Wij mogen alzoo het eerste hoofdstuk onzer geschiedenis besluiten met de opmerking, dat het geheim van de voeding der planten niet ontdekt, en de luchtsverbetering ten gevolge daarvan, niet bewezen is, want de betrekking tusschen de opname van CO^2 en de afgifte van O des daags, en de slotsom dier werking zijn onbeslist gebleven, terwijl de invloed van het licht wel ontdekt, doch in bijzonderheden bijna niet onderzocht is.

Die geringe ontwikkeling van het vraagstuk kan geene verwondering baren, wanneer men bedenkt, dat men toen eerst kortelings de begrippen van den invloed der planten op de dampkringslucht had zien ontluiken, en dat het eerst na de

invoering der balans in de scheikunde mogelijk was, groote vorderingen te maken, terwijl de meeste analytische hulpmiddelen nog veel gebreken hadden, zoodat de verschillende proeven, in dit tijdvak genomen, elkander gedurig tegenspraken.



HOOFDSTUK II.

DE EERSTE EN LAATSTE PROEVEN VAN TH. DE SAUSSURE
(1804—1821) MET DE ANDERE IN DIT TIJDVAK
GENOMEN PROEVEN.



In het jaar 1804 kwam te Parijs een werk in het licht, onder den titel van: *Recherches Chimiques sur la végétation par THEOD. DE SAUSSURE.*

Dit werk, evenzeer te bewonderen van wege de voortreffelijkheid van inhoud, als om de schoonheid van vorm, is een blijvend gedenkteeken tot eere van den schrijver. Het is het uitgangspunt van alle latere onderzoekingen geworden, en moge ook de wetenschap sedert dien tijd reuzenschreden gedaan, en de waarneming in naauwkeurigheid gewonnen hebben, de meeste feiten, in de *Recherches chimiques* aan het licht gebracht, staan thans na eene halve eeuw nog in hunne volle waarde.

Dit werk van THEOD. DE SAUSSURE, den grooten held onzer geschiedenis, hier uitvoerig te vermelden, is ons dus een aangename pligt. Wij zullen daarbij zijne verdeeling volgen en afzonderlijk behandelen: den invloed van het koolzuur, en dien van de zuurstof op de planten.

Is het waar, wat PERCIVAL had opgemerkt, dat eene plant, met water gevoed, en blootgesteld aan een' stroom

van dampkringslucht gemengd met CO^2 , beter groeit dan eene dergelijke plant, in een stroom van zuivere dampkringslucht? Ziedaar, wat DE SAUSSURE zich eerst voorstelde te toetsen. Hiertoe bragt hij jeugdige erwtenplantjes, die in water ontkiemd waren ter lengte van 1 decim., en met de wortels alleen in water dompelden, onder klokken, welke hij met water, dat met eene laag olie¹ bedekt was, van de buitenlucht afsloot. In sommige klokken deed hij zuivere dampkringslucht, in andere verschillende mengsels van lucht en CO^2 . De planten verplaatsten slechts $\frac{1}{400}$ der lucht, in de klokken bevat. Eenige dier toestellen bragt hij dagelijks 5 à 6 uren in den zonschijn, anderen voortdurend in de schaduw. Zijne uitkomsten waren deze:

a. In den zonschijn gingen de planten terstond dood, wanneer zij in zuiver CO^2 of in eene atmosfeer van $\frac{2}{4}$ of $\frac{2}{3}$ CO^2 zich bevonden. Bij eene geringere hoeveelheid CO^2 bleven de planten gedurende de 10 dagen der proef in het leven, doch zij groeiden weinig. Eindelijk, in eene atmosfeer, waarin $\frac{1}{12}$ CO^2 was, groeiden zij buitengewoon voorspoedig. De gemiddelde gewigtstoename van eene erwtenplant was hier in die 10 dagen 0.583 grm., en in gewone lucht 0.425 gr.

b. In de schaduw was elke hoeveelheid CO^2 , hoe gering ook, die bij de dampkringslucht gemengd werd, schadelijk voor de planten. Bij $\frac{1}{12}$ CO^2 bleven zij wel in het leven, doch hare gewigtstoename was gering. Zij bedroeg 0.159

¹ Het is vreemd, dat DE SAUSSURE hier niet aan de bekende werking der olien op de zuurstof des dampkrings schijnt gedacht te hebben, te meer daar hij later in hetzelfde werk (p. 153) die werking afzonderlijk bespreekt en opgeeft, dat terpentijnolie in 4 maanden 20 maal haar volumen O kan opnemen, en daarvoor 5 maal haar volumen CO^2 afgeven. Lijnolie, welke hij bij zijne proeven gebruikt heeft, nam in dien tijd meer dan 12 maal haar volumen zuurstof op, zonder eene merkbare hoeveelheid van enig gas te laten ontsnappen. Een gedeelte der vermindering van zuurstof in de volgende proeven van SAUSSURE moet dus aan de werking der olie worden toegeschreven.

gr. gemiddeld, en daarentegen in gewone dampkringslucht gemiddeld 0.265 gr.

Hetzelfde resultaat, als dat van bovenstaande proeven met zuivere dampkringslucht genomen, verkrijgt men ook, wanneer men de lucht, die der plant tot atmosfeer zal dienen, eerst door kalkwater wast, en ze alzoo berooft van de geringe hoeveelheid CO^2 , die in gewone lucht gevonden wordt. De lucht is dan na de proef noch in hoeveelheid, noch in samenstelling veranderd, en de planten hebben niets geleden.

Geheel anders echter wordt de uitkomst, wanneer men in de atmosfeer der planten eene zelfstandigheid brengt, die het door haar gevormde CO^2 voortdurend opneemt. Boven in de klokken, waaronder de erwtenplantjes zich bevonden, hing DE SAUSSURE bakjes met gebluschten kalk, en liet de klokken zelve rusten op schalen met kalkwater. In de zon geplaatst, verminderde reeds den tweeden dag het luchtvolume onder de klokken; weldra werden de blaadjes geel en den zesden dag waren de meeste plantjes ontbladerd of dood. De lucht onder de klok bevatte toen slechts $16\frac{0}{100}$ O.

Het blijkt hieruit, dat er opname van CO^2 door den kalk, en dus vorming van CO^2 door de plant heeft plaats gehad. Het aanwezig, of liever de verwerking van dit CO^2 schijnt noodzakelijk te zijn voor den groei der plant in den zonneschijn. En de reden, waarom men bij planten, die in gewone lucht zonder bijvoeging van kalk in de zon gezet worden, de hoeveelheid CO^2 niet ziet toenemen, is deze, dat de planten dit gas, naar mate zij het vormen, ook weder ontlede.

In de schaduw echter vond DE SAUSSURE de werking van het aanwezig van kalk geheel anders; de planten waren krachtiger gegroeid dan in gewone lucht. Zij hadden in het eerste geval 0.371 gr. aan gewicht toegenomen, en in gewone lucht zonder kalk slechts 0.212 gr. Maar de kalk had ook al het gevormde CO^2 niet kunnen absorberen, want na de proef bevatte de lucht in de klok nog $\frac{3}{100}$ CO^2 . Eene gedeeltelijke

berooving van CO^2 in het duistere werkt dus gunstig op den plantengroei.

Bragt DE SAUSSURE planten in zuivere zuurstof in den zonschijn bij aanwezig van kalk, dan zag hij ook hier een krachtigen groei, om dezelfde reden. In zuurstof zijn de werkingen veel krachtiger dan in gewone lucht, en werd er dus ook meer CO^2 in den zonschijn gevormd, dan onder gewone omstandigheden, meer dan de kalk kon absorberen; zoodat er genoegzaam CO^2 overbleef, om door de plant verwerkt te worden.

Daar al de bovenstaande proeven genomen waren met planten, die in water groeiden, was het van belang, om te onderzoeken, of bij planten, die in de aarde stonden, ook dezelfde werking plaats had. DE SAUSSURE kon nu echter geene plant in een pot met aarde onder eene klok brengen, want het CO^2 , dat zich aanhoudend uit den grond ontwikkelt, zou eene voortdurende bron van fouten geweest zijn. Daarom nam hij een glazen ballon, op wiens bodem een weinig gebluschte kalk gelegd was, en bragt dezen om den tak van een in den grond gewortelden boom¹, zoodanig dat de bladeren noch het glas, noch den kalk raakten. De hals van den ballon werd luchtdigt om den tak geluteerd. Even zoo bragt hij een dergelijken ballon, maar zonder kalk, om een anderen tak van denzelfden boom. Deze laatste tak bleef meer dan 2 maanden frisch, maar niet zoo bij den anderen, die boven kalk groeide. Zijne bladeren bleven 12 dagen groen, maar verdroogden daarna, en waren na 3 weken allen afgevallen. Men ziet dus dat hier de uitwerking dezelfde was, als bij de planten, die in water wortelden; hoewel niet zoo sterk, omdat de bladeren gedeeltelijk door de sappen van den tak gevoed bleven.

Na alzoo de noodzakelijkheid van het aanwezig van CO^2 in de dampkringslucht, voor den groei der planten in het

¹ DE SAUSSURE gebruikte hiertoe de volgende planten: *Lonicera caprifolium*, *Prunus domestica*, *Ligustrum vulgare*, en *Amygdalus persica*. Zie p. 38.

zonnlicht betoogd te hebben, vestigt DE SAUSSURE zijnen onderzoekenden geest op het verschijnsel der CO^2 opname, en vraagt zich af, wat daarvan het gevolg zij. Geen zijner voorgangers had nog de hoeveelheid van opgenomen CO^2 bepaald, en die vergeleken met de hoeveelheid gevormde zuurstof. Tot de oplossing van deze vraag deed DE SAUSSURE de volgende proeven:

Hij vulde eene klok met eene kunstmatige atmosfeer uit een mengsel van CO^2 en dampkringslucht, en bepaalde het CO^2 gehalte daarvan met kalkwater of met kaliloog, en het zuurstofgehalte met den phosphorus-eudiometer. Het verdient opmerking, dat DE SAUSSURE hierbij gebruik maakte van de snelle verbranding van phosphorus, dezelfde handwijze, die later door BRUNNER voor lucht-analyses is aanbevolen geworden. Hij nam daartoe eene omgebogen buis, en hield den eudiometer schuin, wanneer de phosphorus gesmolten was, waarna hij dezen over den geheelen binnenwand der buis liet rondloopen. Op deze wijze was de lucht-analyse binnen een half uur afgelopen ¹.

De lucht der klok werd met kwik van de buitenlucht afgesloten, en dit met een dun laagje water bedekt, dat *geene merkbare hoeveelheid* ² CO^2 kon opnemen, en toch toereikend was, om de schadelijke werking der kwikdampen op de planten te voorkomen. Onder deze klok nu bragt hij 7 planten van *Vinca minor*, wier wortels in een afzonderlijk vat dompelden, dat slechts 15 C.C. water bevatte, opdat dit niet eene merkbare hoeveelheid CO^2 zoude kunnen opnemen.

¹ *Rech. Chim.*, p. V.

² Deze woorden staan bij DE SAUSSURE, doch zijn minder juist. De waarheid is, dat het water zijn volumen aan CO^2 , doch ook niet meer dan dit, kan opnemen. De 15 C.C. water, die in de klok gebragt waren, konden dus 15 C.C. CO^2 hebben opgeslorpt, welke van de geheele hoeveelheid 431 C.C. opgenomen CO^2 moeten worden afgetrokken. De einduitkomst wordt echter door dit kleine verschil niet veranderd, zoodat de proeven hare waarde behouden. Wij hebben daarom ook in de volgende tafel de oorspronkelijke cijfers van DE SAUSSURE laten staan.

Zes dagen achtereen werd deze toestel van 5 ure 's morgens tot 11 ure voor den middag aan de zonnestralen blootgesteld; de planten hadden in dien tijd niets geleden, daar hij de voorzorg nam van de al te sterke zonnehitte een weinig te temperen. De lucht onder de klok, die in volumen niet veranderd was, werd nu onderzocht, en het bleek dat de planten al het CO_2 der omringende lucht, (431 C.C.) hadden opgenomen, en slechts 292 C.C. zuurstof uitgestooten. Zij hadden dus 0.139 C.C. O van het opgenomen CO_2 , zoo dit CO_2 ontleed was, in haar weefsel verwerkt en daarentegen 139 C.C. N ontwikkeld.

De planten hadden na de proef ook aan koolgehalte toege-
nomen, want zij leverden bij verkooling 0.649 gr. C, terwijl
eene vergelijkende proef leerde, dat zij vóór de proef 0.528 C
hadden bevat. Planten van *Vinca minor* daarentegen, in eene
 CO_2 vrije atmosfeer denzelfden tijd besloten, hadden aan
koolgehalte eer af- dan toegenomen.

De nadere uitkomsten en bijzonderheden van deze en vier
andere proeven van DE SAUSSURE vindt men in de volgende
tafel, alwaar tot beter overzicht de samenstelling der lucht
procents-gewijze berekend is. Al de andere cijfers zijn de
oorspronkelijke getallen van DE SAUSSURE.

TAFEL VAN DE UITKOMST DER PROEVEN VAN **DE SAUSSURE**, DIE BEWIJZEN DAT HET CO² DOOR DE PLANTEN WORDT OPGENOMEN.

NUMMER DER PROEF.	NAAM EN AANTAL DER PLANTEN.	LENGTE VAN ELKE PLANT IN DECIM.	VOL. LUCHT DAT ZIJ TE ZAMEN VERPLAATS. IN C.C.	VOL. LUCHT IN DE KLOK BEVAT, IN LITERS.		DUUR DER PROEF, IN DAGEN.	ZAMENSTELLING DER LUCHT IN 100 DEELEN (VOL.).		VOL. CO ² DOOR DE PLANT OPGENOMEN.		LUCHT DOOR DE PLANT GEABSORB. ABSOL. VOL. IN C.C.	LUCHT DOOR DE PLANT UITGESTOT. ABSOL. VOL. IN C.C.
				vóór de pr.	na de proef.		vóór de proef.	na de proef.	ABSOL. VOL. IN C.C.	IN PROCENTEN.		
I.	VINCA MINOR..... 2	2.0.	10.0.	5.746	5.746	6.	N.....73.10. O.....19.40. CO ²....7.50.	N.....75.50. O.....24.50. CO ²....0.00.	431.	7.50.	O.....139.	N.....139. O.....292.
II.	MENTHA AQUATICA 2	3.5	10.0.	6.500	6.500	10.	N.....73.25. O.....19.50. CO ²....7.25.	N.....74.60. O.....22.90. CO ²....2.50.	309.	4.75.	O.....86.	N.....86. O.....224.
III.	LYTHRUM SALICARIA..... 1		2.8	1.486	1.476	7.	N.....71.10. O.....18.90. CO ²....10.00.	N.....72.75. O.....27.25. CO ²....0.00.	149.	10.00.	O.....27.	N.....21. O.....121.
IV.	PINUS GENEVENSIS 1	2.4	10.0.	5.549	5.510	18.	N.....73.50. O.....19.50. CO ²....7.00.	N.....74.40. O.....24.10. CO ²....1.50.	306.	5.50.	O.....60.	N.....20. O.....246.
V.	CACTUS OPUNTIA... 1		22.0.	3.012	3.012	8.	N.....71.10. O.....18.90. CO ²....10.00.	N.....73.00. O.....23.00. CO ²....4.00.	184.	6.00.	O.....57.	N.....57. O.....126.

Bij de proeven II, III en IV zijn te gelijk dergelijke planten onder klokken met gewone lucht aan de werking der zonnestralen blootgesteld, welke planten de lucht in denzelfden tijd noch in hoeveelheid, noch in samenstelling hebben veranderd.

Ziedaar dan de opname van het CO^2 door planten bewezen, die in eene besloten atmosfeer leven met eene veel grootere hoeveelheid CO^2 , dan zij van de natuur ontvangen. Doch heeft dezelfde werking ook plaats in de vrije lucht, die volgens WOODHOUSE slechts $\frac{1}{100}$; volgens DE SAUSSURE slechts $\frac{1}{500}$ CO^2 bevat? HASSENFRATZ heeft dit ontkend, zoo als wij boven (bl. 37) gezien hebben, DE SAUSSURE vond het bevestigd door deze proeven:

Hij nam planten van *Mentha piperita*, met de wortels in gedestilleerd water gedompeld, liet die in de vrije lucht eenige maanden groeijen, en bepaalde de toename aan organische stof. Hetzelfde deed hij met erwten, die hij in zuiver zand, met gedestilleerd water bevochtigd, kiemen en zich ontwikkelen liet. De uitkomsten hiervan staan vermeld in dit

TAFELTJE.

NAAM DER PLANT.	T I J D VAN HET ONDER- ZOEK.	GEWIGT DER PLANT IN GR.			DUUR DER PROEF.
		IN VERSCHEN TOESTAND.	GEDROOGD.	NA VER- KOOLING.	
MENTHA PIPE- RITA	vóór de proef.	100.000.	40.290.	10.960.	} 2½ maand.
	na " "	216.000.	62.000.	15.780.	
PISUMSATIVUM	vóór de proef.	6.368.	6.368.	1.209.	} 3 maand.
	na " "	87.149.	10.721.	2.703.	

Het blijkt hieruit, dat de planten bij haren groei aanmerkelijk aan koolstof hebben toegenomen. Zij kunnen deze alleen verkregen hebben uit CO^2 der atmosfeer, dat door haar opgenomen en ontleed is geworden. En men heeft dus regt, om de uitkomst der boven vermelde proeven, met planten in eene kunstmatige atmosfeer besloten, toe te passen op planten, die zich in de vrije lucht ontwikkelen.

Het tweede gedeelte van het onderzoek van DE SAUSSURE, waartoe wij thans genaderd zijn, handelt over den invloed der zuurstof op de ontwikkelde planten, welke door hem in navolging van SPALLANZANI van de CO^2 vorming geheel afgescheiden is.

Frische bladeren na een' helderen zomerdag geplukt, en gedurende eenen nacht onder eene klok geplaatst, die 7 à 20 maal hun volumen had, deden de omringende lucht eene verandering ondergaan, schijnbaar verschillend naar den aard der plant.

1°. Bladeren van *Quercus robur*, *Aesculus hippocastanum*, *Acacia pseudo-acacia*, *Sedum reflexum* en van vele andere planten verminderen daarbij het volumen der omringende lucht. De zuurstof verdwijnt, en er vormt zich eene hoeveelheid CO^2 , die geringer is dan de hoeveelheid opgenomen O.

2°. De bladeren of groene deelen van *Cactus opuntia*, *Crassula cotyledon*, *Sempervivum tectorum*, *Agave Americana*, verminderen het volumen des dampkrings, door opname van O, zonder daarvoor CO^2 in de plaats te geven.

Wanneer bladeren, die lang frisch blijven, daarna in den zonneschijn geplaatst worden, ontwikkelen zij weder nagenoeg evenveel O, als zij des nachts hebben opgeslorpt.

DE SAUSSURE noemt die afwisselende werkingen *inspiratie* en *exspiratie*, en gaat dit verschijnsel bij den *Cactus* uitvoerig na. Ook deze proeven zullen wij kortelijk vermelden:

Inspiratie van Cactus opuntia. Na zonsondergang hing hij in eene klok van 951 C.C. inhoud, eenige bladeren van *Cactus* op, die 199 C.C. verplaatsten, terwijl de lucht der klok vooraf

van CO^2 bevrijd en met kwik van de buitenlucht afgesloten was. Den volgenden morgen vond hij (na correctie voor verandering van temperatuur en drukking), dat de atmosfeer der plant 79 C.C. verminderd was, en slechts 14% O bevatte; kalkwater wees daarin geen CO^2 aan. Ja zelfs een bakje met kalkwater, den geheelen nacht mede onder de klok gezet, vertoonde des morgens geene troebelheid. Eene eenvoudige berekening uit deze cijfers leert, dat het opgenomen gas alleen O was, zoodat het N der lucht in het geheel niet verminderd was.

Laat men de plant langer in het duister, zoo neemt ze $1\frac{1}{4}$ maal haar volumen aan O op, hetgeen het maximum schijnt te zijn, waarna zij langzaam CO^2 ontwikkelt. De ingezogen lucht echter kan door uitpompen, of door donkere warmte, niet weder uit het blad verwijderd worden.

Ten gevolge van dit alles geeft zich DE SAUSSURE van het verschijnsel deze verklaring:

De plant, zegt hij, die in het duister gebragt wordt, terstond na blootstelling aan de zonnestralen, bevat geen vrij CO^2 , want dit is door het licht ontleed geworden. De lucht gaat vrij door het blad heen, en komt nu de zuurstof der lucht in aanraking met de koolstofhoudende deelen der plant, zoo wordt zij opgenomen, en er ontstaat CO^2 , dat zich in het vegetatie-water oplost, en dus den gasvormigen toestand verliest. Van daar, dat men de zuurstof niet weder uit het blad kan uitpompen; van daar, dat bij vleezige planten de ontwikkeling van CO^2 des nachts eerst begint, wanneer het water der plant er mede verzadigd is; van daar het innig verband, hetwelk er tusschen die in- en exspiratie en de CO^2 ontleding over dag bestaat, zoodat beide verrigtingen, die alleen door de groene plantendeelen vervuld worden, beurtelings oorzaak en gevolg van elkander schijnen te zijn; even als de val van een' slinger bij zijne schommelingen de oorzaak is van zijne opstijging, en deze weder de oorzaak van een' nieuwen val.

Exspiratie van Cactus opuntia in dampkringslucht. De-

zelfde Cactus, die des nachts de omringende lucht om 79 C.C. had verminderd, werd nu in eene nieuwe klok gezet, die 951 C.C. CO² vrije dampkringslucht bevatte, en aan den invloed der zonnestrallen blootgesteld. Des avonds bevatte de lucht geen CO², maar was 87 C.C. in volumen toegenomen, terwijl de analyse leerde, dat zij 27½ % O bevatte.

Men vond hieruit, dat de lucht der klok bestond uit:

	O.	N.
vóór de proef	200 C.C.	751 C.C.
na " "	283 "	755 "
expiratie alzoo =	83 "	4 "

Brengt men dezelfde plant des avonds weder in het duister, zoo heeft er weder inspiratie plaats, doch niet in zoo groote mate als den vorigen nacht. In het algemeen zijn inspiratie en expiratie aan elkander evenredig, zoodat, wanneer de eene krachtiger is, ook de andere grooter zal zijn.

DE SAUSSURE betoogt verder, dat, hoewel men de sprekende uitkomsten, welke hij verkregen heeft, alleen kan erlangen bij vleezige planten, die bij weinig omvang veel groene stof bevatten, men echter hetzelfde besluit ook op andere planten kan toepassen. Want:

1°. Planten van *Mentha*, *Epilobium*, *Lythrum salicaria* en anderen, 14 uren onder eene klok met gewone lucht geplaatst en blootgesteld aan den invloed van zonneshijn en duisternis, veranderen de omringende lucht noch in hoeveelheid, noch in aard. Dewijl deze planten niet groeijen kunnen, dan onder eene klok, die 400 à 500 maal haar volumen bevat, zijn alzoo de veranderingen, ten gevolge van den plantengroei in die lucht te weeg gebracht, niet merkbaar. Onder deze omstandigheden geeft een Cactus dezelfde uitkomst.

2°. Zoo men den groei van dunne bladeren eenigen tijd onderhoudt in twee vaten, het eene bestemd voor het verblijf des daags, het andere voor dat des nachts, en dan elken avond en morgen de plant overbrengt, zoo vindt men na 14 dagen

de lucht in het eerste vat verbeterd en in het andere minder goed geworden.

Het eindresultaat van deze werking is echter volgens DE SAUSSURE geenszins, zoo als INGENHOUSZ meent, eene verbetering der lucht. Integendeel de lucht was ten gevolge van den plantengroei altijd minder rijk aan zuurstof geworden.

DE SAUSSURE heeft, in Chap. VI zijner *Recherches Chimiques*, ook eenige proeven medegedeeld, omtrent de verhouding van planten, die in verschillende zuurstofvrije gassoorten geplaatst zijn. Daar deze ons echter schijnen tot geene besluiten aangaande den natuurlijken groei der planten aanleiding te kunnen geven, zoo zullen wij ze niet vermelden.

Alleenlijk nog een woord over de vraag, of de planten bij haren groei ook water ontlede (door hem in Chap. VII van zijn werk besproken), beschouwd als eene bijdrage tot het bewijs, dat het koolzuur door de planten ontleed wordt.

Reeds SENEBIER had opgemerkt, dat eene plant, die aan den invloed van CO^2 onttrokken was, nooit meer dan haar volumen aan O kon geven. Dit was hem te gering, om daaruit het besluit te trekken, dat de planten water ontlede, het H opnemen en O uitstorten. WOODHOUSE heeft die ontleding ontkend, om dezelfde reden. DE SAUSSURE heeft te regt deze vraag willen oplossen, door de gewigtstoename te zoeken der drooge organische stof van planten, aan die omstandigheden blootgesteld. Men bepaalt dit door bij de gewone temperatuur eene gewone plant te droogen, die in verschen toestand even veel weegt, als die, welke aan de proef wordt onderworpen. Het spreekt van zelf, dat men hierbij de noodige voorzorgen, omtrent denzelfden ouderdom der plant, denzelfden bodem, denzelfden tijd, enz. moet in acht nemen. DE SAUSSURE deed dit, en liet vervolgens andere planten groeijen in eene CO^2 vrije lucht: de gewigtstoename vindt men in deze tafel:

PROEVEN MET KOOLZUUR-VRIJE LUCHT.

NAAM EN AANTAL DER PLANTEN.	CAPACITEIT DER KLOK IN LITERS.	DUUR DER PROEF IN DAGEN.	GEWIGT DER VERSCHE PLANTEN.		GEWIGT DER DROOGE PLANTEN		VERSCHIL IN GRAMMEN.
			VÓór DE PROEF IN GRM.	NA DE PROEF IN GRM.	VÓór DE PROEF IN GRM.	NA DE PROEF IN GRM.	
LYSIMACHIA VULGARIS .3	4.95.	8.	6.960.	7.430.	2.050.	2.159.	0.109.
VINCA MINOR 7	"		7.855.	.....	2.375.	2.468.	0.093.
MENTHA AQUATICA .2	"		8.332.	9.235.	.....	.....	0.053.

Deze geringe gewigtstoename der drooge stof kan niet ontstaan zijn door waterontleding, waarbij H opgenomen, O uitgestooten wordt. Ware dit het geval geweest, dan moesten hierbij ten minste 436 C.C. O vrij gekomen zijn, terwijl integendeel de verandering in volumen der omringende lucht niet merkbaar was. Men moet dus aannemen, dat de planten met H bijna alle O van het water hebben opgenouwen, en dus water hebben vastgelegd in hare scheikundige bestanddeelen.

Dezelfde is ook de uitkomst der proeven, op bl. 49 vermeld, waarvan aldaar niet alle bijzonderheden zijn medege-
deeld. Het gewigt aan drooge stof der planten van Vinca minor is op de boven beschreven wijze gevonden te zijn 2.707 gr.; en na de proef was dit gewigt 3.237 gr., alzoo eene toename van 0.530 gr. Nu zijn bij de proef 0.431 gr. CO² opgenomen, en wij kunnen hier rekenen, dat al de daarin begrepen zuurstof uitgestooten is, daar de hoeveelheid uitgedemde O en N hieraan gelijk is, en O en N in gewigt weinig verschillen. Wij krijgen dus 0.217, d. i. de hoeveelheid C in 0.431 CO² bevat, voor de gewigtstoename, die de plant ten gevolge van de ontleding van CO² heeft ontvangen. Er blijft nu een gewigt van 0.313 gr. over, dat aan vastlegging van water moet toegeschreven worden.

Ten gevolge dezer proeven moet men aannemen, dat er bij den plantengroei water wordt vastgelegd, maar dat men geenszins gerechtigd is, om zich eene ontleding van het opgenomen water, onder vrijwording der zuurstof daarvan, te denken. Waarschijnlijk echter kunnen de planten boven een' zekeren grens geen water vastleggen, d. i. aan H en O toenemen, zonder tevens C uit de ontleding van CO^2 te ontvangen, en daaraan zal dan de geringe gewigtstoename in bovenstaande tafel, in verhouding tot die, in de tafel, bl. 51, verkregen, moeten worden toegeschreven.

Ziedaar eene uitvoerige uiteenzetting der proeven van den grooten DE SAUSSURE. Nogmaals over de voortreffelijkheid van zijn werk uit te weiden, ware overbodig, na hetgeen daarvan in het begin van dit hoofdstuk gezegd is. De proeven mogen overigens voor zich zelven spreken, en wij twifelen daaraan niet, zoo het ons gelukt mogt zijn, een getrouw verslag er van te geven.

Voor dat wij echter van DE SAUSSURE'S werk afstappen, mogen wij eenige aanmerkingen niet terughouden, die wij bij anderen gevonden en ook zelven opgemerkt hebben.

Vooreerst deelen wij volkomen het gevoelen van WITWER¹, die zegt, dat DE SAUSSURE zich tegenspreekt, waar hij aan den eenen kant uitdrukkelijk verklaart, dat de lucht ten gevolge van den plantengroei rijker aan CO^2 wordt, en aan de andere zijde beweert, dat planten, die in gedestilleerd water leven, hare koolstof uit het CO^2 der lucht verkrijgen. Dit laatste toch kan niet plaats hebben, ten zij de lucht armer aan CO^2 , en dus betrekkelijk rijker aan O worde. Wanneer wij dien ten gevolge een der beide resultaten in twijfel moesten trekken, dan zoude het stellig het eerste zijn, dat, onzes inziens, door SAUSSURE niet genoegzaam bewezen is.

Een tweede bezwaar is de bijzondere werking door DE

¹ *Geschichtliche Darstellung der verschiedenen Lehren über die Respiration der Pflanzen.* München, 1850, p. 12.

SAUSSURE aan de vleezige planten toegeschreven. Alle andere planten nemen des nachts O op, en geven CO² van zich, de vleezige planten alleen nemen een geruimen tijd O op, zonder CO² te ontwikkelen. Die tijd is bij hem 12 uren, maar na 12 uren, zegt WITWER, is de nacht verlopen, en dan volgt de werking van den dag, d. i. afgifte van O en opname van CO². De vleezige planten zouden zoo doende in het geheel geen CO² ontwikkelen, in tegenstelling van alle anderen, hetgeen wel niet waarschijnlijk is.

Te gelijker tijd ongeveer met het onderzoek van DE SAUSSURE heeft DECANDOLLE ¹ den invloed van kunstlicht op den plantengroei onderzocht. Hij bragt daartoe in een' kelder zes lampen, die te zamen evenveel licht gaven als 54 kaarsen; hetgeen volgens zijne berekening ongeveer $\frac{5}{6}$ van het zonlicht uitmaakt. Aan dit licht stelde hij ontkiemde plantjes van *Lepidium sativum* bloot, en bespeurde, dat zij ook onder dien invloed groen werden, doch niet zoo donker als in het zonnelicht. Bragt hij daarentegen bladeren van *Eucomis punctata* en *Lycium barbarum*, hetzij des avonds, hetzij des morgens, onder water in dien verlichten kelder, zoo bespeurde hij volstrekt geene gasontwikkeling. Eerst na 24 uren kwamen er gasbellen te voorschijn, toen de bladeren duidelijke sporen van bederf vertoonden. De toen verkregen lucht bevatte ook slechts 2% zuurstof. Het blijkt dus, dat dit krachtige kunstlicht wel in staat was, om de planten groen te kleuren, maar niet, om de gasontwikkeling van in water geplaatste bladeren te voorschijn te roepen.

Hadden de proeven van DE SAUSSURE bij al hare voortreffelijkheid niet bewezen, dat de lucht door den plantengroei verbeterd wordt, ook de eerstvolgende proefnemingen toonden dit niet aan. Zoo bragt LINK ² gezonde takken van verschillende planten in een droog, met kwikzilver afgesloten glas,

¹ Mém. de l'Institut de France. Mém. d. Savants étrangers, Vol. I, p. 329.

² *Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen*. Göttingen, 1807, p. 283.

en bespeurde daarbij, noch bij dag, noch bij nacht de geringste verandering der ingesloten lucht. Deze uitkomst valt zamen met die van DE SAUSSURE, op bl. 54 vermeld; alwaar tevens de reden daarvan door den beroemden Zwitser is aangegeven.

Er waren er echter altijd geweest, die op grond van deze negatieve uitkomst de ontleding van het CO^2 bij den plantengroei, en de voeding der plant ten gevolge van dien, ontken- den, en meenden, dat de plant hare koolstof uit den bodem ontving. Deze meening vond weinig bijval, daar de proeven van DE SAUSSURE en anderen haar tegenspraken, en omdat zij de bron van koolstof in de planten niet kon aanwijzen. Thans echter had in de scheikunde eene gebeurtenis plaats, die, zoo als WITTWER ¹ te regt aanmerkt, deze laatste tegenwerping scheen krachteloos te maken, en eene nieuwe bron van koolstof te openen. Het was de merkwaardige ontdekking van het kalium, dat door DAVY in 1807 uit kaliloog door de Galvanische batterij werd afgescheiden. Men had de alkalien altijd als elementen beschouwd; nu deze echter bleken zamengesteld te zijn, kon hetzelfde waar zijn van andere lichamen, dus ook van de koolstof. Alzoo bestond de mogelijkheid, dat deze stof in het weefsel der plant, uit andere stoffen gemaakt werd, hetgeen nu gretig als antwoord werd gegeven op de vraag: van waar dan de koolstof der planten, zoo die niet uit het door de bladeren opgenomen koolzuur wordt afgescheiden?

Weldra trachtte men ook door proeven dit te bewijzen. Want BRACONNOT ² beriep zich niet alleen op eene oude proef van HUYGHENS, die in 1675 in de zitting der Academie eene flesch geopend had, welke hij in 1672 gedeeltelijk met aarde gevuld en daarna goed gesloten had, en die hij na 3 jaren

¹ t. a. pl. p. 14.

² Ann. de Chimie, T. LXXI, p. 237 (1807).

opgevuld vond met planten; hij nam ook zelf proeven hierover. BRACONNOT zaaide 460 korrels witte mostaard in wit glazen flesschen, waarin zich eenig fijn, zuiver zand met gedestilleerd water bevochtigd en CO^2 vrije lucht bevond, en sloot die flesschen zeer goed. Na $2\frac{1}{2}$ maand werden de plantjes uit de flesschen genomen, met zorg afgewasschen en gedroogd; zij wogen toen 9 gr. Daarna in een medicijn glas aan eene vrij sterke hitte blootgesteld, verkreeg hij van die planten 4,8 gr. kool, welke na gloeiing 3.3 gr. asch overliet, zoodat zich in die planten 1.5 gr. zuivere koolstof bevond.

Op dezelfde wijze behandelde hij nu 460 mostaardkorrels, en verkreeg hiervan slechts 0.4 gr. kool, welke bij verbranding ongeveer de helft aan gewigt verloor. De planten hebben dus in de gesloten flesschen meer dan 1 gr. aan koolstof toegenomen, welke slechts ten koste van andere bestanddeelen, waarschijnlijk van water en lucht, kan gemaakt zijn.

Evenzoo had LAURENZ VON CRELL¹ reeds vroeger planten van Helianthus laten groeijen in zuiver zand met zuiver water bevochtigd, en aangetoond, dat al de koolstof der plant niet af te leiden was uit die van het zaad. Doch het Fransche Instituut had daarop de aanmerking gemaakt, dat hij de noodige voorzorgen niet had genomen, om de lucht rondom de plant goed af te sluiten, zoodat het niet te bepalen was, hoeveel CO^2 de plant uit de wisseling met de buitenlucht kon opgenomen hebben. Thans herhaalde VON CRELL deze proeven, en plaatste een nauwkeurig gewogen Hyacinth-bol, in een met gedestilleerd water gevuld conisch glas (van de soort, die men gewoonlijk gebruikt, om Hyacinthen des winters in de kamer te kweeken); hij sloot dit glas, door een dergelijk even groot glas omgekeerd er op te plaatsen, en over de reet, die nog tusschen beide overbleef, eene blaas te binden, die met stevig koord om den bovenrand van beide glazen was vastgemaakt. Zoo, meende hij, was alle gemeenschap

¹ Comment. soc. reg. scient. Götting. recent., Vol. I, 1808—1811.

tusschen de binnen- en buitenlucht afgesloten. Op dezelfde wijze sloot hij ook gewogen waterplanten in dergelijke glazen. Eindelijk plaatste hij nog een gewogen Hyacinth-bol in uitgegloeid zand, met gedestilleerd water bevochtigd, en bragt over den bol een cilinder glas, dat even als boven werd afgesloten. Boven in den cilinder was eene opening, waarin een koperen trechtervormig monteersel paste, dat met water gevuld en van onderen met eene kurk gesloten was, die men naar willekeur kon ophalen, en zoo de planten van het noodige water voorzien. Nadat de bollen en planten zich volkomen ontwikkeld hadden, werden zij gewogen, gedroogd en verkoold en in beide toestanden weder gewogen, terwijl van elke soort eenige planten, die niet aan de proef onderworpen waren, in verschen, droogen en verkoolden toestand werden gewogen, om daaruit het gemiddelde koolgehalte van eene bepaalde gewichtshoeveelheid van elke soort van bollen of planten te kunnen bepalen. VON CRELL vermeldt, dat hij bij verkoeling der meeste stoffen in een besloten retort, behalve de kool in deze, nog eene zekere hoeveelheid dikke olie¹ in den ontvanger verkreeg, die hij meende, dat voor de helft aan gewigt koolstof bevatte, en ook als zoodanig heeft berekend. De verdere bijzonderheden der proeven zijn vermeld in de volgende

¹ D. i. teer, creosoot, paraffine en andere producten van drooge destillatie der plantaardige stoffen.

TAFEL¹ VAN DE UITKOMSTEN DER PROEVEN VAN VON CRELL.

NOMMER DER PROEF.	NAAM DER PLANT.	GEWIGT VAN BOL OF PLANT (VERSCH) VÓÓR DE PROEF.	GEWIGT DER PLANT NA DE PROEF.			HOEEVELHEID KOOL.	
			VERSCH.	DROOG.	VERKOOLD.	VOLGENS BE- REKENING IN BOL OF PLANT VÓÓR DE PROEF AAN- WEZIG.	MEER GE- VONDEN NA DE PROEF.
1.	HYACINTH-BOL in water.....	633.	1134.	877.	109.0.	61.83.	47.17.
2.	HYACINTH-BOL in zand (gegloeid)...	710.	1179.	609.	85.0.	69.75.	15.25.
3.	CALTHA PALUSTRIS.	495.	483.	104.	33.0.	18.11.	19.89.
4.	dito.....	340.	—	15.	9.5.	9.25.	0.25.
5.	dito.....	280.	375.	130.	32.0.	7.75.	24.25.
6.	dito.....	355.	180.	49.	16.0.	9.75.	6.25.
7.	ALISMA PLANTAGO.	1104.	915.	145.	104.0.	60.00.	44.00.

Bij proef No. 4 werd een zwart bordpapieren koker om het glas gezet. De stengel werd daaronder zeer lang en wit, evenzoo de bladeren, die ten laatste allen verdorden.

Het blijkt uit deze proeven, zegt VON CRELL, dat de planten bij haren groei aanmerkelijk aan koolstof hebben toe- genomen, niettegenstaande er geene CO² of C houdende stof- fen in de besloten atmosfeer der plant waren, waaruit deze de koolstof zoude kunnen putten. (Want de geringe hoevee- lheid CO², in die lucht aanwezig, kan men veilig buiten reke- ning laten; zij bedraagt slechts 0,34 grein CO², of 0.08 C.)

Welke stoffen werken nu op de plant? Geene andere dan

¹ Alle cijfers zijn uitgedrukt in medicinale greinen, die niet herleid zijn tot grammen, daar de cijfers slechts eene relatieve waarde hebben. In alle andere vorige en latere proeven is het gewigt opgegeven in grammen (aangeduid door gr.), tenzij het tegendeel uitdrukkelijk is vermeld.

lucht, water en licht. De beide eerste vermogen niets zonder het laatste, zoo als blijkt uit proef N^o. 4, alwaar de plant, die in het duister groeide, niet aan koolstof had toegenomen. Wat is nu natuurlijker dan het besluit, dat de drie genoemde stoffen, en wel hoofdzakelijk de lichtstof, in de plant koolstof bereiden, en dat de lucht als zoodanig de plant niet voeden kan?

Hoe juist deze redenering ook schijnen moge, wij meenen gerechtigd te zijn, om uit de proeven van BRACONNOT en VON CRELL een tegengesteld besluit af te leiden, en daarin een krachtig bewijs te vinden van de opneming en ontleding van het CO² door de planten, onder den invloed van het zonnelicht. Wij meenen dit op grond van feiten, die in de laatste jaren telkens plaats hebben, en veelvuldig in toepassing zijn gebragt na het verschijnen van het werk van WARD ¹, met name de verzending van tropische planten naar onze gewesten.

Men brengt gezonde planten in hare natuurlijke stelling in kisten, die met groote glazen vensters voorzien, en door een dierlijk membraan, geoliede zijde, enz. gesloten zijn. De planten leven en groeijen daarin, want in deze kisten zijn alle voorwaarden tot het leven der planten aanwezig: aarde, water, lucht en licht. Daar de kisten met eene voor water ondoordringbare stof gesloten zijn, blijft de graad van vochtigheid daarin altijd dezelfde, terwijl ditzelfde medium gelegenheid geeft tot wisseling met de buitenlucht, waardoor de plant van het noodige CO² wordt voorzien. De in de kist aanwezige stoffen blijven dezelfde en de plant neemt aan gewigt, aan koolstof toe; dit kan dus niet anders geschieden, dan ten gevolge van ten deele uit de lucht opgenomen stoffen, van opgenomen en ontleed CO².

Het is duidelijk, dat hier hetzelfde plaats heeft, als bij de proeven van BRACONNOT en VON CRELL; ja zelfs deze zijn nog sprekender, want de tegenwerping, die men zoude kunnen

¹ *On the growth of plants in closely glazed cases.* London, 1842.

maken, dat in die kisten de bouwbare aarde eene voortdurende bron van CO^2 was, is hier niet geldig. Uit hunne proeven blijkt ten duidelijkste, dat de binnen- en buitenlucht door middel der blaas gediffundeerd, en alzoo de plant van het noodige CO^2 voorzien hebben. VON CRELL heeft ook getracht aan te toonen, dat er geene in- en exspiratie van lucht bij de planten plaats heeft, en hiertoe eene tweemaal omgebogen buis, met kalkwater gevuld, door middel eener doorboorde kurk in zijn glazen cilinder luchtdigt bevestigd. Hij bespeurde daarbij gedurende de proef geen verschil tusschen de niveau's van het kalkwater, en leidde hieruit af, dat er geene inspiratie van lucht door de plant plaats vond. Dit besluit is echter ten eenen male onjuist, want het spanningsverschil der binnen- en buitenlucht, zal zich eerder aan de uitzetting of inkrimping der blaas geopenbaard hebben, dan aan het niveau van het kalkwater. Dit moet stellig zoo geweest zijn, anders had VON CRELL bij het geringste verschil van temperatuur der binnen- en buitenlucht (dat bij die proeven bijna altijd plaats heeft) eene verandering van de hoogte van het kalkwater moeten waarnemen.

Deze vreemde beschouwing van de ontwikkeling der planten werd niet lang gehuldigd. Wij vinden die alleen nog bij SPRENGEL¹ en bij TREVIRANUS², welke, na met groote geleerdheid de werken der oudere schrijvers op dit punt behandeld te hebben, als slotsom zijner beschouwingen tot de vreemde gevolgtrekking komt: dat de koolstof een product van den plantengroei is, en dat hare vorming door den invloed van het zonnelicht wordt te weeg gebragt.

Geheel anders daarentegen was de uitkomst der proeven van MUNCKE, die kort na die van VON CRELL en BRACONNOT in het werk gesteld zijn. MUNCKE, die een jaar te voren een geschiedkundig overzicht der verschillende meeningen omtrent de zuurstof-ontwikkeling door de planten had ge-

¹ *Von dem Bau und der Natur der Gewächse*. Halle, 1812, p. 259.

² *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*. Göttingen, 1814, Bd. IV, p. 93.

ven¹, deelt in het jaar 1810 zijne eigene proeven mede². Hij bespeurde dat, zoo men in de klok, waaronder zich de planten bevinden, een stukje phosphorus ophangt, om de zuurstof der lucht op te nemen, de planten dan ten gevolge van het gevormde phosphorigzuur sterven. Daarom bepaalde hij die zuurstof terstond op deze wijze: Hij nam eene groote wit glazen flesch met twee halzen, bragt op den bodem daarvan eenige tuinaarde en zaaide hierin kers. Nadat de planten opgekomen en goed groeiende waren, sloot hij de eene opening met eene glazen stop en met was, de andere met eene doorboorde kurk, waardoor eene omgebogen buis ging, wier andere einde evenzoo bevestigd was in den hals van een medicijn glas zonder bodem. Dit glas hing in een met water gevuld vat, terwijl de omgebogen buis het met de groote flesch in gemeenschap hield.

In dit glas nu bragt hij aan de punt van een omgebogen ijzerdraad een gewogen stuk phosphorus. Deze verbond zich met de zuurstof der lucht, en werd eindelijk ten deele opgelost in het water, ten deele met het ijzer verbonden, terwijl de phosphoreuze dampen te voren niet in die mate in de groote flesch kwamen, dat zij voor de plant hinderlijk waren. MUNCKE bepaalde nu de hoeveelheid verbranden phosphorus uit het gewigtsverlies, dat het stukje had ondergaan. Eene proef op die wijze met 9 kersplantjes gedurende 22 dagen genomen, leerde hem, dat de phosphorus in dien tijd 37.285 cub. duim zuurstof verteerd had, terwijl de lucht in den toestel slechts 15.12 cub. duim zuurstof had bevat. De planten zouden dus, al neemt men ook aan, dat het niet onderzochte mengsel dat overbleef, slechts de helft van zijne zuurstof verloren had, toch in die 22 dagen 29.725 cub. duim zuurstof ontwikkeld hebben.

Deze uitkomst schijnt sprekend, en toch kunnen wij ze niet

¹ GILBERT'S Ann. Nene Folge, III, S. 428.

² Idem, IV, S. 296—342.

laten gelden, daar de wijze van proefnemen en vooral de analyse zoo vele bronnen van fouten bevatten, dat daaraan een groot deel dier gunstige uitkomst kan toegeschreven worden. De voornaamste fouten bij deze proef zijn, naar ons inzien, deze: Voorceerst heeft MUNCKE gesteld, dat phosphorus zich tot phosphorzuur (PhO^5) zoude oxyderen aan de lucht, dat dus 1 aeq. Ph., 5 aeq. O zoude opnemen, hetgeen waar is in het algemeen, zoo men een geruimen tijd phosphorus met eene aanzienlijke hoeveelheid lucht in aanraking laat, waarbij zich dan eerst PhO^3 vormt, dat langzamerhand in de lucht in PhO^5 veranderd wordt. In het bijzondere geval echter, waarin MUNCKE zich plaatste, is die onderstelling onjuist. Want hier is een overvloed van phosphorus aanwezig, zoodat, ook na het verdwijnen van al de zuurstof, nog niet geoxydeerde phosphorus over is. Door de langzame verbranding van dezen ontstaat dus PhO^3 , dat zich in het afsluitingswater oplost, of, met het ijzer in aanraking komende, water uit de lucht aantrekt, en zich ten koste van dit hooger oxydeert; evenzoo wordt het ijzer hierbij door water-ontleding geoxydeerd. Berekent men nu het verbruik van zuurstof ten gevolge der oxydatie van diezelfde hoeveelheid phosphorus tot PhO^3 naar het aeq. gewigt van phosphorus volgens BERZELIUS (391.55), zoo verkrijgt men 19.88 cub. duim O¹. Voegt men hierbij, dat ook de lucht in het afsluitingswater diffundeert met de in het glas besloten lucht, en dus aan deze eenig O afgeeft, naar mate de zuurstof in het glas afneemt; bedenkt men eindelijk, dat phosphorus in de lucht niet naauwkeurig te wegen is, omdat hij zoowel verdampt, als zich oxydeert, en dat MUNCKE in de verzameling van de overgebleven stukjes phosphorus tamelijk ruw schijnt te werk gegaan te zijn, dan blijkt het, dat de schijnbaar zoo sprekende uitkomst geheel verdwijnt. De hoeveelheid verbruikte zuurstof verschilt dan weinig van die,

¹ Neemt men het cijfer van PELOUZE, 400.3, zoo verkrijgt men slechts 18.60 cub. duim O.

welke in de besloten ruimte aanwezig was, namelijk 15,22 cub. duim.

MUNCKE heeft echter nog op eene andere wijze proeven genomen, en getracht in het klein de werking der natuur na te bootsen. Hij wilde een middel hebben, dat, te gelijker tijd de zuurstof opnam, en eene voortdurende bron van CO^2 was, welk zuur dan door de planten ontleed kon worden. Dit doel nu meende hij best door *vliegen* te kunnen bereiken. Hij bepaalde vooraf uit vele proeven de hoeveelheid O, die eene gezonde vlieg in 24 uren verbruikt op 0.575 cub. duim gemiddeld; en bragt nu onder eene klok eene schaal met kers en 10 vliegen, voor wier voedsel gezorgd was. De toestel werd eenige dagen aan het licht blootgesteld, en daarna de lucht onder de klok onderzocht. De vliegen verbruikten hier zuurstof, de planten ontwikkelden die, volgens de onderstelling van MUNCKE. Daar nu de zamenstelling der lucht bij het begin der proef en het gemiddeld verbruik van O bekend waren, zoo was het verschil tusschen de berekende en de gevonden hoeveelheid overblijvende zuurstof de hoeveelheid, welke door de planten ontwikkeld was. Uit deze en eenige andere proeven, waarvan wij hier niet alle bijzonderheden zullen mededeelen, bleek alzoo, dat de plantengroei op 1 vierk. duim oppervlakte gronds in 24 uren aan zuurstof ontwikkelt:

1.750 cub. duim zuurstof.

1.968 " " "

1.500 " " "

alzo 1.739 cub. duim gemiddeld.

Dit gevonden cijfer geeft aan MUNCKE aanleiding, om zijne uitkomst op de natuur in het groot toe te passen, en uit eene ruwe schatting der productie en absorptie van O te bepalen, of de dampkringslucht ten gevolge van het leven van dieren en planten rijker of armer aan O wordt. Aannemende, dat de helft van het vaste land der aarde met planten bedekt is, die gedurende de helft van het jaar groeijen, vindt

hij, dat de plantengroei in 24 uren gemiddeld 40 biljoenen cub. voeten O ontwikkelt; terwijl alle menschen van den aardbodem te zamen in 24 uren slechts 23,700 millioenen cub. voeten O verbruiken, wanneer men, volgens DAVY, bij den mensch in de minuut een verbruik van 31.6 cub. duim O bij 26 à 27 ademhalingen aanneemt. Het verbruik der menschen bedraagt dus slechts $\frac{4}{1683}$ van de ontwikkeling door den plantengroei, zoodat, al neemt men de andere verontreinigingen der lucht (door ademhaling van dieren, door vulcanen, enz.) ook nog zoo groot aan, de ontwikkeling van O door de planten toch altijd de overhand behoudt.

MUNCKE erkent zelf, dat zijne resultaten verre van naauwkeurig zijn, doch hij wil slechts de waarheid van het feit bewezen hebben, dat de lucht door den plantengroei zuurstofrijker wordt. En hij meent, dat een elk zich daarvan overtuigen kan, die de moeite nemen wil, om onder twee even groote klokken met lucht, evenveel vliegen met voedsel te plaatsen, en slechts onder eene dier klokken eene groeiende plant; de vliegen, die in de klok met de plant zich bevinden, zullen dan alle nog in leven wezen, als al de vliegen in de andere klok reeds gestorven zijn. Deze proef bewijst echter niet veel, want alles hangt hier af van de verhouding tusschen het aantal vliegen en de grootte en werking van de plant. Men kan alleen hieruit opmaken, dat er zuurstof door de plant ontwikkeld wordt, maar geenszins dat die hoeveelheid zoo groot is, dat zij opweegt tegen de hoeveelheid O, die voortdurend in de natuur wordt verbruikt.

Korten tijd na MUNCKE trad ook HUMPHRY DAVY ¹ op als verdediger van de theorie der luchts-verbetering ten gevolge van den plantengroei. Hij beschuldigde de bestrijders dier meening, vooral D. ELLIS ², van al hunne proeven on-

¹ *Elements of Agricult. Chemistry*. Second ed. London, 1814, p. 224 sqq.

² *An inquiry into the changes, induced on atm. air by the germination of seeds, the vegetation of plants, and the respiration of animals*. Van dit werk kennen wij, helaas! echter alleen den titel, gelijk in de inleiding gezegd is.

der ongunstige omstandigheden genomen te hebben. De planten werden op eene onnatuurlijke wijze opgesloten en van voedsel voorzien, terwijl de invloed van het licht op haar door de verschillende middenstoffen zeer verminderd werd. Wanneer de bladeren in een volkomen en natuurlijken toestand zijn, trachten zij bij de gewone afwisseling van weder, en van licht en duisternis, de zuurstof der omringende lucht te vermeerderen. Eenige proeven, hieromtrent door DAVY genomen, moeten dit bevestigen: Hij bragt eene graszode in eene porceleinen schaal, die in een ondiepen bak met water stond, en plaatste daarover eene klok, waarna hij den toestel 8 dagen in den tuin aan den invloed van het licht blootstelde. Na dien tijd bleek de lucht onder de klok een weinig minder O te bevatten, dan voor de proef, terwijl het afsluitingswater rijkelijk met CO^2 was bedeed. Doch ook hier waren de omstandigheden ongunstig, zoo als DAVY zelf opmerkt. Het weder was in die dagen zeer betrokken; de plant was niet op eene natuurlijke wijze met koolzuurgas gevoed, en de hoeveelheid, die des nachts gevormd en ook uit de verdorde bladeren ontstaan was, had zich voor het grootste gedeelte opgelost in het water. Daarom was de volgende proef meer overeenkomstig met den natuurlijken toestand der plant. Eene graszode in eene porceleinen schaal dreef op een bak met water, hetwelk met CO^2 bedeed was. Hierover werd eene getubuleerde klok gezet, waarin hij van boven een' met water gevulden en van eene kraan voorzienen trechter bevestigde. Dezen toestel bragt DAVY op eene open plaats, en dagelijks ontving het gras eene kleine hoeveelheid water uit den trechter. Evenzoo werd dagelijks een zeker gedeelte van het afsluitingswater door een hevel weggenomen, en met CO^2 bezwangerd water in de plaats daarvan bijgegoten, zoodat men rekenen kon, dat de lucht onder de klok altijd een weinig CO^2 bevatte. Na 8 dagen was de plant nog even frisch, als toen zij in den toestel werd gebragt, en de lucht der klok was 4^o/₁₀ beter geworden dan de dampkringslucht.

Een dergelijk resultaat verkregen ook GILBY¹ en PALMER². GILBY bragt eene graszode gedurende 4 uren in den zonneshijn onder eene klok, die vóór de proef bevatte:

N.....10.507 cub. duim, d. i. in 100 vol. deelen	N.....55.3.
O.....2.793	O.....14.7.
CO ².....5.700	CO ².....30.0.

Na de proef vond hij daarin:

N.....10.507 cub. duim, in 100 vol. deelen	N.....56.4.
O.....7.790	O.....41.7.
CO ².....0.370	CO ².....1.9.

PALMER stelde in eene klok met dampkringslucht groene takken van verschillende planten aan den invloed der zonnestralen bloot, en vond, dat na 10 à 12 uren de lucht der klok ongeveer 1% O meer dan gewoonlijk bevatte. Om nu te bewijzen, dat deze verandering een gevolg der scheikundige werking van het licht op de planten was, nam GILBY, op het voetspoor van ELLIS, gelijke flesschen, met een gelijk mengsel van dampkringslucht en CO² gevuld, en bragt hierin grasplanten. Na ze goed gesloten te hebben, plaatste hij de flesschen in glazen vaten, gevuld met lakmoestinktuur, rozenaftreksel en zuiver water. Bij de vele proeven, hiermede in het werk gesteld, bespeurde hij altijd, dat, zoo de bijgevoegde hoeveelheid CO² niet meer bedroeg dan 20 à 25 %, de werking onder alle vaten dezelfde was; daar, op 2 à 3 deelen na, al het CO² in O veranderd werd. Was de hoeveelheid CO² grooter (40 à 50 %), dan vond hij altijd meer zuurstof in de flesschen, die in lakmoes-tinktuur of in zuiver water dompelden, dan in die met rozenwater. De volgende uitkomst wordt door GILBY als voorbeeld van vele, dergelijke opgegeven:

¹ *Diss. de mutat. quas aëri infer.*, etc., in 8°. Edimb., 1813 (aangehaald door DECANDOLLE, *Physiol. végét.*, I, p. 129). Een uittreksel hiervan vindt men in *Ann. de Chim. et de Phys.*, XVII, p. 64—71.

² *De plant. exhalat.* Tubing., 1817 (aangeh. bij DECANDOLLE, *ibid.*).

ZAMENSTELLING DER LUCHT IN 100 DEELEN (VOL.).

	VÓÓR DE PROEF.	NA DE PROEF IN DE FLESCHE ONDER		
	IN ALLE FLESSCHEN.	DE ROODE OPLOSSING.	DE VIOLETTE OPLOSSING.	ZUIVER WATER.
STIKSTOF.....	45.03.	51.0.	51.0.	51.0.
ZUURSTOF....	11.97.	29.5.	36.5.	37.0.
KOOLZUUR ...	43.00.	19.5.	12.5.	12.0.

De vermeerdering van N is volgens GILBY slechts schijnbaar, daar de betrekkelijke hoeveelheid daarvan toeneemt, omdat niet alle zuurstof van het opgenomen CO^2 ontwikkeld wordt. Er heeft geene volstrekte vermeerdering van stikstof, dus geene uitstooting daarvan door de plant plaats.

Terwijl uit de laatste proefnemingen met meer of minder regt het besluit werd afgeleid, dat de plantengroei de dampkringslucht rijker aan zuurstof maakt, hadden er thans nog eenige onderzoekingen plaats, die tot eene tegengestelde uitkomst schenen te leiden. Wij zullen ook deze naar tijdsorde kortelijk vermelden.

In 1816 kwam RUHLAND¹ op tegen de besluiten, die DE SAUSSURE uit zijne proeven had afgeleid, met name tegen de ontleding van het opgenomen CO^2 door de plant. Uit het feit, dat de bladren des nachts O opnemen en CO^2 van zich geven, en over dag het omgekeerde doen, kan men even goed afleiden, dat het in den zonneshijn ontwikkelde oxyge-

¹ Journal de Physique. Vol. LXXXIII, p. 331.

nium niet ontstaat uit ontleed CO_2 , maar uit het des nachts opgenomene O. Hiertegen schijnt echter de proef te strijden, dat planten in ballons met dampkringslucht en een weinig CO_2 in de zon gezet, een deel CO_2 deden verdwijnen, en in de plaats daarvan O ontwikkelden, in hoeveelheid $= \frac{2}{3}$ van het volumen geabsorbeerd CO_2 . Doch ook deze proef wordt even goed verklaard, door aan te nemen, dat al het verdwenen CO_2 eenvoudig opgenomen is, en in de vaten der plant teruggehouden; terwijl dan de vermeerdering van O ontstaat uit afgifte van het des nachts opgenomene. In het algemeen, zegt RUHLAND, moet men niet te spoedig overgaan tot het aannemen eener ontleding van onbewerktuigde stoffen door organische, wanneer de verklaring van het feit buiten die ontleding kan gevonden worden, want de ondervinding leert, dat de onbewerktuigde stoffen slechts door eene lange inwerking van de bewerktuigde ontleed kunnen worden, terwijl daarentegen de bladeren in de zon *terstond* O ontwikkelen. Bovendien heeft men geen recht, om uit het koolstofgehalte van meest alle organische ligchamen te besluiten, dat de koolstof zelve in zuiveren staat, zoo als zij in CO aanwezig is, een voedsel uitmaakt voor de plant, zoodat men niet aannemen kan, dat C van CO_2 , O loslaat, om deel der plantenstof te worden. (In dit laatste heeft, naar ons inzien, RUHLAND volkomen gelijk, en DE SAUSSURE had geenen grond tot het besluit, dat het opgenomen CO_2 in de plant *terstond* in C en O wordt gesneden, waarbij dan C vastgelegd worden en O ontwijken zoude.

“Nieuwe proeven alleen,” zegt RUHLAND, “kunnen dit uitmaken; want zoo andere zuren, bij den dampkring der planten gevoegd, ze in staat stellen, om eene zuurstof houdende lucht van zich te geven, dan kan men deze eigenschap niet meer toeschrijven aan de ontleding van CO_2 .”

Daar men de zuren nu moeijelijk in gasvorm kon nemen, zoo dompelde hij bladeren in cilinderglazen met zuur water gevuld en afgesloten met kwikzilver. Het volumen der bladeren was de helft van dat van het water, en bij vergelijkende proeven

was het gewigt altijd hetzelfde; het gewigt van het zuur was $\frac{1}{6000}$ van dat van het water. Op deze wijze verkreeg hij met bladeren van *Sambucus nigra* verschillende hoeveelheden van zuurstofhoudend gas, naar gelang hij verschillende zuren bij het bronwater voegde. Bronwater met een weinig zeezoutzuur, salpeterzuur of azijnzuur gaf de grootste hoeveelheid, en wel evenveel als bronwater met eenig CO^2 bedeed; was het water geheel met CO^2 verzadigd, of met zwavelzuur vermengd, dan kwam er minder gas; was het water uitgekookt, zoo verkreeg RUHLAND slechts zeer weinig lucht, wier hoeveelheid bij toevoeging van zoutzuur, een weinig vermeerderde; oplossingen van zouten in het bronwater, deden minder lucht zich ontwikkelen; zure wijnsteenzure potasch het meest, daarna salpeterzure potasch en chloorammonium, terwijl daarentegen ammonia, kalk, potasch en koolzure potasch de werking geheel deden ophouden.

Hieruit besluit RUHLAND, dat men niet gerechtigd is, om bij bladeren in koolzuurhoudend water eene ontleding van CO^2 aan te nemen, als oorzaak der ontwikkeling van O. Want ditzelfde verschijnsel heeft even zoo bij aanwezen van vele andere ligchamen plaats, waar men toch geene ontleding dier zuren kan onderstellen.

Dat dit besluit geheel bezijden de waarheid is, zal thans wel geen betoog behoeven. Doch dat ook RUHLAND het beter had kunnen weten, zoo hij op de vroegere onderzoekingen had gelet, blijkt daaruit, dat SENEBIER lang vóór hem hetzelfde verschijnsel had waargenomen en uitvoerig bestudeerd, en toen reeds daarvan de juiste verklaring had gegeven ¹. Immers de zuren geven aanleiding tot ontwikkeling van zuurstof, *slechts in zoo verre zij het gebonden CO^2 , in het bronwater aanwezig, uit zijne verbinding vrijmaken*; de alcaliën heffen het verschijnsel op, omdat zij ook nog het vrije CO^2 van het bronwater vastleggen.

¹ Zie boven bl. 25.

Weinig belangrijker waren de onderzoekingen van TATUM¹, welke geheel op de wijze van DAVY eenige proeven nam met graszoden onder eene klok, die hij met kwikzilver afsloot. Hij onderzocht daarna de lucht met salpetergas, doch sloeg op het CO² geen acht, en kwam tot het besluit, dat wel verre van de bedorven lucht te verbeteren, de planten door haren groei de lucht nog meer bederven.

Deze proeven verdienen echter weinig vertrouwen, want, behalve de fouten door de nadeelige werking van de kwikdampen op de planten, en door de ontwikkeling van CO² uit de aarde der zode te weeg gebragt, zoo zijn de lucht-analyses van TATUM geheel onbruikbaar. Men kan hierover oordeelen, wanneer men nagaat, dat hij in zes onderzoekingen der dampkringslucht vond:

	17.50	procent	zuurstof.
	20.00	„	„
	26.33	„	„
	18.35	„	„
	26.00	„	„
	25.33	„	„

Des te belangrijker daarentegen mag het bijchrift van Dr. BISCHOF, den Duitschen vertaler, genoemd worden. Deze meent te regt, dat alle vroegere onderzoekingen tot geene juiste uitkomst konden leiden, omdat men verzuimde, de planten in haren natuurlijken toestand te laten. Dit gebeurt zelfs niet, wanneer men planten in haren natuurlijken bodem onder eene klok laat groeijen, want, hetzij dat zij de lucht verbeteren of bederven, zij veranderen die in elk geval; en zoodra dit plaats heeft, verkeert de plant niet meer onder dezelfde omstandigheden als in de vrije lucht. Nu kan men wel geene proeven nemen over de ademhaling der planten, en ze daarbij in haren volkomen natuurlijken toestand laten, doch men moet trachten tot dien toestand zoo veel mogelijk te naderen, om

¹ Philos. Magazine and Journ. Juli 1817, p. 42. Met aanmerkingen van Dr. BISCHOF vertaald in SCHWEIGER's Journ., Bd. XXIII, p. 234 (1818).

niet eene geheel valsche uitkomst te verkrijgen. Hiertoe heeft BISCHOF een' nieuwen toestel uitgedacht; een' toestel, die zoo veel goede eigenschappen bezit, dat wij het niet overbodig achten, daarvan eene uitvoerige beschrijving te geven. Wij brengen hierdoor tevens hulde aan het vernuft van den man, die tot de oplossing van ons vraagstuk eene groote bijdrage zou geleverd hebben, zoo zijne uitvinding bekend en toegepast geworden ware.

De toestel is deze: Eene glazen klok rust op een houten bord in eene ringvormige groeve, die met kwikzilver gevuld is, om alle gemeenschap met de buitenlucht af te sluiten. Het houten bord is in het midden diep uitgehold en van binnen met ijzerblik bekleed, zoodat een bloempot met eene plant daarin geplaatst kan worden. Van boven is de glazen klok luchtdigt gesloten door eene kurk, waardoor drie glazen buizen gaan. Eene buis leidt naar een toestel, om een luchtstroom te weeg te brengen, waarin het beginsel van BRUNNER ten grondslag ligt. De tweede buis is tweemaal omgebogen, en eindigt onder in een glazen kolfje met kalkwater, terwijl de tweemaal doorboorde kurk, die dit afsluit, nog eene andere buis bevat, die naar eene eudiometer-buis voert, welke op eene pneumatische tobbe staat. De derde buis eindelijk, die door de kurk der klok gaat, eindigt van boven in een trechter, en is van onderen als een posthoorn omgebogen, om te verhinderen, dat de lucht der klok daardoor ontwijke. Zij eindigt aldaar in een blikken gieter, en moet dienen, om de onder de klok zich bevindende planten met water te begieten. Elke der buizen heeft bovendien hare koperen kraan.

Deze toestel, zegt BISCHOF, kan op verschillende wijzen gebruikt worden. Men brengt den bloempot met planten in de cilindervormige verdieping in het houten bord, zet de klok in de ringvormige groeve en sluit de buitenlucht door het kwikzilver af. Zijn de planten aldus eenige dagen aan den invloed der besloten atmosfeer blootgesteld, en bespeurt men eenige verandering in den groei, zoo opent men de kranen, die met den toestel

voor den luchtstroom in verband staan, waarop het water uit het bovenste reservoir in het onderste vat van dien toestel loopt, en de lucht hieruit in de klok drijft. Te gelijk gaat ten gevolge daarvan eene overeenkomstige hoeveelheid lucht uit de klok in het kalkwater, alwaar het CO^2 dezer lucht wordt teruggehouden, terwijl de overblijvende lucht in de verdeelde eudiometer-buis komt, alwaar haar zuurstofgehalte kan onderzocht worden. Wanneer men hierbij de voorzorg neemt, van de aanvoeringsbuis boven in de klok te doen eindigen, en daarentegen de buis, die de lucht uit de klok leidt, bijna tot op den bodem te doen reiken, zoo is men tamelijk verzekerd, dat alleen de lucht, die reeds in de klok was, door de laatste buis zal strijken; zoodat men hieruit gemakkelijk den invloed van den plantengroei op de lucht kan onderzoeken.

Op eene andere wijze kan men de proef in het werk stellen, zoo men van den aanvang terstond versche lucht door de klok laat stroomen, waardoor de planten bijna dezelfde luchtversching als in de vrije natuur genieten. Mogt hierbij het bezwaar plaats vinden, dat de verandering in de lucht te weeg gebracht, te gering was om door de eudiometrische middelen bepaald te kunnen worden, zoo kan men den luchtstroom regelen, door de kranen slechts half te openen. Overigens kan men de proef weken achtereen zonder ophouden voortzetten, en daarbij door de omgebogen derde buis de planten van het noodige water voorzien; terwijl men eindelijk nog met dezen toestel de planten aan den invloed van vreemde luchtsoorten kan onderwerpen, zoo men slechts het reservoir vooraf met deze luchtsoort vult.

Wanneer wij dezen toestel van BISCHOF met aandacht nagaan, dan ontdekken wij daarin vele fouten, daar hij: 1^o. de lucht in het reservoir met *water* heeft afgesloten, zoodat zij nagenoeg CO^2 vrij in de klok kwam; 2^o. een pot met aarde onder de klok heeft gezet, en zich daardoor eene bron van CO^2 heeft gegeven, wier invloed niet te bepalen was; 3^o. het doorgestreken gas niet droogde, en er dus vocht in het kalkwater

kwam, terwijl omgekeerd dit weder verdampende, vocht in de eudiometer-buis bragt.

Al deze fouten zouden veroorzaakt hebben, dat eene proef met den toestel, zoo als hij beschreven staat, genomen, tot eene onjuiste uitkomst geleid zoude hebben. Wij willen echter daarom den uitvinder niet lastig vallen, want de toestel heeft een ander en hooger verdienste, dat elk een, die aan deze onderzoekingen niet vreemd is, met ons erkennen zal. BISCHOF heeft een ander beginsel in het onderzoek van ons vraagstuk ingevoerd; een beginsel, dat in rudimentairen en hoogst onvolkomen toestand in de wijze van proefneming van PERCIVAL aanwezig was, dat door BISCHOF is ontwikkeld, en later in de handen van BOUSSINGAULT zulke schoone vruchten heeft gedragen. Waarlijk, het is zeer te betreuren, dat BISCHOF met zijnen toestel geene proeven genomen, en dien uit de ondervinding daarbij opgedaan meer volmaakt heeft. Zijn naam ware dan welligt naast dien van DE SAUSSURE en anderen met eere genoemd in de geschiedenis van de ademhaling der planten, terwijl thans zijne uitvinding vergeten is, zoodat een gelukkig toeval ons daarmede bekend moest maken.

Verre weg de belangrijkste onderzoekingen uit dien tijd waren die van CARL-CHRIST. GRISCHOW¹, Apotheker in Stavenhagen, welke de proeven van DE SAUSSURE, RUHLAND en anderen herhaald, en de verschillende meeningen over de ontleding van het CO² door de planten uitvoerig besproken heeft. Wij zullen ook in het verslag van zijn werk, getrouw aan ons beginsel, hoofdzakelijk proeven vermelden, en kort zijn, waar het slechts meeningen betreft.

¹ *Beiträge zur Chem. Kenntniss des Pflanzenlebens.* Leipz. 1819. 1e Stück. Ook onder den titel: *Physic.-Chem. Untersuchungen über die Athmung der Gewächse und deren Einfluss auf die gemeine Luft.*

GRISCHOW onderscheidt de ademhaling, zoo als hij het noemt, in de schaduw en die in het zonnelicht. Wat aangaat de eerste, zoo vindt hij de uitkomst van DE SAUSSURE bevestigd, dat de hoeveelheid opgenomen zuurstof grooter is, dan die van het uitgestooten CO^2 . Hij vermeldt over deze werking twee proeven, welke hij als voorbeelden van vele andere, door hem genomen met dezelfde uitkomst, wil beschouwd hebben. Twee in een bloempot opgegroeide planten van *Cheiranth. incan. L.* werden in eene tobbe met door lucht verzadigd regenwater gebragt, zoodat dit ongeveer 2 duim boven de oppervlakte van den pot stond. Daarop werd de pot scheef gezet, en de planten gebogen in eene glazen kolf, wier hals, die zich tot een diameter van $2\frac{1}{2}$ duim vernaauwde, door het water werd afgesloten. De bloempot bleef nu ter zijde van de glazen kolf, waardoor er geene nadeelige werking van de aarde te verwachten was; de omvang der planten was daarbij $\frac{1}{633}$ van dien der lucht in de kolf. In eene dergelijke tobbe werd eene even groote glazen kolf gezet, en hiernaast even zoo een pot met aarde, maar zonder plant. Nadat beide toestellen 13 dagen in de vrije lucht waren geplaatst, waar zij het daglicht, maar geen zonneshijn ontvingen, werd de lucht, in beide kolven onderzocht, en het bleek, dat zij deze samenstelling had ¹:

IN DE KOLF

	MET PLANTEN.	ZONDER PLANTEN.
CO ²	0.010	spoor.
O	0.173	0.198.
N	0.817	0.802.

¹ De wijze waarop GRISCHOW de lucht onderzocht, was deze, dat hij ter bepaling van CO^2 kalioplossing en ter bepaling van O eene oplossing der zwavel-alkalien gebruikte, terwijl hij deze laatste uitkomst vergeleek met die, door den eudiometer van VOLTA verkregen. Bij de eerste bepaling der zuurstof werd de buis niet geschud, maar met de oplossing der zwavel-alkalien 22 à 26 uren goed gesloten onder kwikzilver gelegd. Hij geeft aan deze handelwijze de voorkeur, boven de ontploffing met H.

Deze proef dient, volgens GRISCHOW, slechts om de algemeene uitkomst aan te duiden, en moet ook slechts als zoodanig beoordeeld worden. Eene bepaling van de juiste hoeveelheid uitgestooten CO^2 was onder deze omstandigheden niet mogelijk.

De tweede proef was deze: Een bebladerde tak van *Lycium barbarum* L. werd, zonder afgesneden te worden, gebragt in een glazen ontvanger, die in eene buis eindigde, en 193 maal het volumen van den tak bevatte. De buis werd door kwik van de buitenlucht afgesloten, en gedurende 11 dagen en nachten op eene plaats gezet, waar geen zonnestraal kon doordringen. Na de proef was er eene geringe vermindering in het volumen der omringende lucht gekomen, = 2,3 maal den omvang van den tak, en de lucht bestond uit:

CO^2 0.062.

O. 0.122.

N. 0.816.

Wat nu de werking van vleezige planten betreft, zoo vond GRISCHOW de uitkomst van DE SAUSSURE, dat *Cactus*, *Crasula* en andere soorten in het duister een geruimen tijd zuurstof opnemen, zonder daarvoor CO^2 in de plaats te geven, volkomen bevestigd. Eene reeks van proeven leerde hem echter, dat deze werking slechts in graad, en geenszins in aard verschillend is van die der andere planten. Die tusschentijd is bij verschillende planten verschillend, en waarschijnlijk heeft dit bij alle plaats, en is slechts langer van duur bij de vleezige planten.

Omtrent de ademhaling der planten in het zonlicht, heeft GRISCHOW verscheidene proeven genomen, door planten onder eene glazen klok met dampkringslucht besloten, eenigen tijd aan den invloed van den zonneshijn bloot te stellen. De uitkomsten van eenige dier proeven vindt men in de volgende tafel:

PROEVEN VAN GRISCHOW MET PLANTEN IN DAMPKRINGSLUCHT.

NAAM DER PLANT.	VOLUMEN DER PLANT IN C ^u .	VOLUMEN DER INGESLOT. LUCHT IN C ^u .	DUUR DER PROEF.	ZAMENSTELL. DER LUCHT NA DE PROEF.	WEERSGESTELDHEID EN NADERE BIJZONDERHEDEN.
SALIX ALBA.	$\frac{3}{2}$.	188.0	10 dagen.	Dezelfde als bij het begin der proef.	De 3 eerste en 4 laatste dagen zonnenschijn.
PINUS CEDRUS (afgesneden tak).	$\frac{7}{8}$.	68.0	9—5 urc.	CO ² ...0.010. O.....0.190. N....0.800.	Sterk licht.
ASCLEPIAS FRUTICOSA.	$\frac{3}{4}$.	386.5.	2 maanden en eenige dagen.	CO ² ...0.006. O.....0.196. N.....0.798.	Vele dagen weinig zonnlicht. Bijzonder helder weder verholpen, door het licht door eene plano-convexe lens, op de planten te laten vallen.
DEZEELFDE PLANTSOORT.	$\frac{7}{8}$.	386.5.	5 dagen langer dan de vorige proef.	CO ² ...0.015. O.....0.190. N....0.795.	In de laatste 4 dagen was er in het geheel geen zonnenschijn.

Verder werden twee in een bloempot opgeschoten planten, van *Mentha aquatica*, die 1.C^u ruimte innamen, op de boven beschreven wijze gebragt onder eene klok met 235.C^u lucht gevuld. De proef duurde 4 weken, waarin het weder tamelijk gunstig was, en telkens werd na drie dagen een proefje uit de lucht der klok genomen en naauwkeurig onderzocht. Reeds driemaal was de lucht alzoo geanalyseerd; slechts gedeelten van $\frac{1}{100}$ O waren verdwenen, en het CO² was van 0.001 tot 0.004 geklommen. Zeven dagen daarna, gedurende welke de planten zeer weinig zonnlicht ontvingen, bevatte de lucht der klok:

CO² 0.025.

O 0.170.

O 0.805.

Wederom drie dagen later, nadat de zon krachtig gescheen had, en nog scheen terwijl de proef genomen werd, had de besloten lucht deze samenstelling:

CO². 0.005.

O. 0.185.

N. 0.810.

Deze vermindering van O en gedeeltelijke vermeerdering bij sterk zonnelicht, vond hij telkens weder, hoe dikwijls hij ook de proef herhaalde. GRISCHOW maakt hierbij de opmerking, dat tot het welgelukken der proefneming noodzakelijk is, dat de besloten atmosfeer vrij groot zij met betrekking tot het volumen der plant, zoodat geen der bladeren de wanden van het glas rake, daar zij anders door de groote hitte ligtelijk ontleed worden.

Wat van de werking der vleezige planten in het duister gezegd is, geldt ook bij aanwezig van zonnelicht; zij verhouden zich overeenkomstig met andere planten. Zoo gaf *Cactus tetragonus* van 2.6 C" vol. met 132 C" dampkringslucht besloten en op eene zonnige plaats gezet, na 10 dagen eene lucht, die bestond uit:

O. 0.202.

N. 0.798.

en eene hoeveelheid CO², gelijk aan die in gewone lucht voorkomende. Evenzoo had *Cactus indica*, met zijn 273 voudig volumen lucht besloten, na zes zeer heldere dagen, de lucht noch in volumen, noch in samenstelling merkbaar veranderd.

Op dezelfde wijze heeft GRISCHOW proeven genomen met planten, in verschillende luchtsoorten en mengsels geplaatst. Wij zullen daarvan alleen de proef met een mengsel van CO² en dampkringslucht vermelden, daar bij gebruik van andere gassen, de planten in te buitengewone omstandigheden worden geplaatst, dan dat daaruit cenig besluit omtrent de natuurlijke huishouding der plant kan afgeleid worden.

Nadat de *Mentha aquatica* planten op gelijke wijze als boven besloten waren, werd $\frac{1}{20}$ deel der ingesloten lucht uitgedreven, en even zooveel CO² ingevoerd, waarna de toestel in het zonnelicht geplaatst werd. Na 6 uren bevatte de lucht:

CO ²	0.006.
O	0.225.
N	0.769.

Den volgenden dag, bij even helderen zonneshijn, werd weder $\frac{1}{20}$ der lucht uitgedreven, en door CO² vervangen, waarop de lucht des avonds deze samenstelling had:

CO ²	0.030.
O	0.248.
N	0.722.

Den derden dag geschiedde wederom hetzelfde, maar het zonlicht was veel zwakker. Nu bevatte de lucht des avonds:

CO ²	0.065.
O	0.270.
N	0.665.

De volgende dagen werd het zuurstofgehalte der besloten lucht nog telkens, hoewel in mindere mate, vermeerderd, niettegenstaande er geen nieuw CO² meer bijgevoegd was. Deze proef bevestigt alzoo volkomen de proeven van DE SAUSSURE op bl. 50 vermeld. GRISCHOW leidt hieruit het besluit af, dat de verandering van CO² in O in omgekeerde verhouding staat tot den tijd, waarin zij plaats heeft.

In het tweede gedeelte van zijn werk beschouwt GRISCHOW de verklaringen door verschillende natuurkundigen uit de vermelde verschijnselen opgemaakt. Hij bestrijdt te regt de meening van DE SAUSSURE, dat de door de planten opgenomen zuurstof verbruikt zoude worden, om koolzuur te vormen, hetwelk dan door de plant uitgestooten, en later onder den invloed van het licht weder ontleed zoude worden. Op die wijze zouden de planten eigenlijk niets verder komen. Dit is ook in tegenspraak met hetgeen DE SAUSSURE vermeldt van de ontleding van het CO² onder den invloed van het licht, zoo als wij reeds boven op gezag van WITTEWER medegedeeld hebben.

Even zoo min is, volgens GRISCHOW, de meening van RUHLAND geldig, dat er geene ontleding van CO² zoude

plaats hebben, maar dat de uitgeademde luchtsoorten slechts door bloote uitwisseling uit de plant treden. Hij vermeldt daarbij eene proef, volgens welke planten, die de ruimte van $\frac{1}{2}$ cub. duim innamen, $14\frac{3}{4}$ cub. duim zuurstof uitademden, en hij vraagt hoe het mogelijk zij, dat die $14\frac{3}{4}$ cub. duim O in de plant als zoodanig aanwezig waren. Daarentegen is dit verschijnsel geenszins vreemd, wanneer men aanneemt, dat het in het plantensap opgeloste CO^2 ontleed wordt door het licht.

Eene andere meening is die van KASTNER, welke de oorzaak der ontwikkelde zuurstof aan ontleding van water toeschrijft. GRISCHOW erkent, dat het water waarschijnlijk voor de planten geen ligchaam is, dat niet ontleed kan worden (getuigen daarvan de verschillende waterstof-houdende lichamen, door het plantenleven gevormd); doch hij ontkent, dat door het licht het electriche evenwigt van de bestanddeelen van het water verbroken, en dit gescheiden wordt in H, dat opgenomen en O, dat uitgestooten wordt. Ware dit zoo, dan moest men aannemen, dat slechts door licht en CO^2 die ontleding mogelijk zij, terwijl zij afhangt van de aanwezige hoeveelheid CO^2 .

Aan het einde van zijne vrij omslagtige en onduidelijke beschouwing komt GRISCHOW tot de vraag, of de lucht door de werking der planten verbeterd wordt of niet; en het antwoord hierop is, even als dat van DE SAUSSURE, ontkennend. Wel ontlede de planten het opgenomen CO^2 onder den invloed der zonnestralen, en ontwikkelen dan O; doch die hoeveelheid is geringer dan die van het CO^2 , dat zij in het duistere afgeven. Bovendien ontwikkelen de niet-groene plantendeelen voortdurend CO^2 , en een deel der planten staat altijd in de schaduw, zoodat de lucht door hare adembaling ten slotte eer armer dan rijker aan zuurstof wordt. Dit verschil is in de vrije lucht echter zoo gering, dat het door de eudiometrische middelen niet te bepalen is.

Het laatste gedeelte van GRISCHOW's werk behelst nog eene wederlegging der boven vermelde proeven van RUHLAND met bladeren in water met verschillende zuren bedeed. GRI-

SCHOW maakt hierbij ook eenige proeven van hem zelven bekend, op dezelfde wijze genomen met een tegengesteld resultaat. Daar echter die proeven niets nieuws leeren, en bovendien de dwaling van RUHLAND wel geen nader bewijs behoeft, zoo treden wij hieromtrent in geene bijzonderheden.

In dit tijdvak verschenen in Nederland twee geschriften, beide bekroonde antwoorden op academische prijsvragen, waarin de meeste feiten, die toen van de werking des lichts op de planten, en van de zoogenoemde ontleding van CO^2 bekend waren, ter sprake gebragt en getoetst worden.

Het eerste stuk ¹, van H. C. VAN DER BOON MESCH, den helaas in jeugdigen leeftijd aan de wetenschap ontrukten Amsterdamschen Hoogleraar, destijds student te Leyden, was eene beantwoording der vraag: "Quid lux valeat ad creanda nonnulla saltem principia vegetabilium proxima?" Men vindt hier de verschillende meeningen omtrent de wijze, waarop het licht op de planten en de verschillende deelen daarvan schijnt te werken, met zorg bijeengebragt.

Het tweede geschrift ², dat een jaar later (1819) het licht zag, was van de hand van mijn' hooggeschatten leermeester Prof. R. VAN REES, en behoort nog meer hier te huis, dan het vorige stuk. Het geeft een overzicht van de verschillende meeningen, voorgestaan omtrent de opname van het CO^2 door de planten, en vooral van twee in dien tijd heerschende rigtingen; waarvan de eerste stelt, dat het opgenomen CO^2 in de plant ontleed wordt, welke dan de koolstof daarvan behouden en de zuurstof, onder invloed van het licht, weder in de atmosfeer uitstorten zoude; de tweede, dat het opgenomen CO^2 slechts als een prikkel werkt, en later zonder ontleding weder afgegeven wordt. Geene der beide verhandelingen bevat eigen proeven; den inhoud daarvan uitvoerig mede te deelen, ligt dus buiten het plan van

¹ Annal. Acad. Lugd.-Bat. 1817—1818.

² Annal. Acad. Rheno-Traj. 1817—1818.

ons overzigt, doch eene dankbare vermelding van de vele diensten, die het tweede stuk ons bij de bewerking der vorige bladzijden heeft bewezen, mag hier niet teruggelaten worden.

Het werk van GLOCKER¹, bevat eene systematische beschouwing en verklaring van de over dit onderwerp genomen proeven. Het kan zeer nuttig geweest zijn, om te doen zien, hoe weinig men eigenlijk van de levensverrigtingen der planten kende, en als overzigt der vroegere proeven evenzeer zijne verdiensten hebben als de vorige werkjes. Wij zullen ons daarbij echter niet ophouden, maar overgaan tot den hoogst belangrijken arbeid, die aan het einde dezer periode ons nog te vermelden overblijft, namelijk het onderzoek van BÉRARD, en dat van DE SAUSSURE, omtrent de werking der groene vruchten op de omringende dampkringslucht.

Men wist van die werking tot nu toe zeer weinig; die kennis bepaalde zich tot de volgende feiten, die ten deele reeds boven vermeld zijn, maar tot beter overzigt hier kortelijk herhaald worden.

INGENHOUSZ had vele afgeplukte vruchten onder klokken in de zon geplaatst², en daarbij opgemerkt, dat het vermogen van sommige vruchten, om de lucht te mephitiseren, zoo als hij het noemt, zeer groot is. Echter bespeurde hij reeds, dat deze werking in de zon minder sterk was. (Zie boven bl. 16. sub i.).

SENEBIER vond, dat vruchten, in bronwater aan het zonlicht blootgesteld, eene lucht ontwikkelen, die meestal slechter, soms even goed, maar nooit beter was, dan de dampkringslucht. Hij kon echter uit de afwijkende uitkomsten, die hij verkreeg, niets zekers opmaken; maar meende toch, dat

¹ *Versuch über die Wirkungen des Lichts auf die Gewächse*. Breslau, 1820.

² *Versuche mit Pfl.*, II, 236.

de vruchten des te beter lucht ontwikkelen, naar mate zij in groene kleur digter komen bij de bladeren ¹.

DE SAUSSURE eindelijk had in zijne *Rech. Chim.* ², ook iets omtrent de vruchten medegedeeld. Druiven nog aan den wijnstok gehecht schenen, zoo lang zij groen bleven, de hoeveelheid zuurstof der omringende lucht te vergrooten; maar werd een weinig gebluschte kalk in den ballon gebragt, zoo bedierven zij den dampkring en werden niet rijp; afgesneden vruchten deden dit altijd. Deze proeven zijn echter, volgens de bekentenis van DE SAUSSURE zelve, hoogst onvolledig, en zijn besluit, dat de werking der groene vruchten overeenkomstig met die der bladeren is, behoeft eene nadere bevestiging, die wel door GRISCHOW is gegeven, doch niet vollediger dan DE SAUSSURE dit reeds had gedaan.

Dit onderzoek nu heeft BÉRARD ³ in 1821 opgevat, en eene reeks van belangrijke proeven bekend gemaakt in eene verhandeling, die door de Fransche Academie bekroond is geworden.

Zijne eerste proeven zijn genomen met afgesneden vruchten, waarbij hij echter de proef zeer kort liet duren, zoodat hij meende, dat de vruchten in dien tijd hare groeikracht niet konden verloren hebben. Daarbij nam hij de voorzorg, om, behalve den steel, nog een gedeelte van den tak, waaraan de vruchten groeiden, mede af te snijden, en de beide afgesneden gedeelten met was digt te maken. Deze plantendeelen werden onder eene klok gebragt, die met kwik (dat met een laagje water bedekt was) van de buitenlucht werd afgesloten, en daarna in het laboratorium aan het daglicht blootgesteld of in den zonneshijn geplaatst. De verdere bijzonderheden dezer proeven vindt men in de volgende tafel:

¹ *Mémoires Physico-Chim.*, I, p. 298.

² Pag. 58 en 129.

³ *Ann. de Chim. et de Phys.*, XVI, 152—183 en 225—251 (1821).

TAFEL VAN DE UITKOMSTEN DER PROEVEN VAN **BÉRARD**,
OVER DEN INVLOED VAN AFGESNEDEN GROENE VRUCHTEN OP EENE BESLOTENE
HOEVEELHEID LUCHT IN HET LICHT.

NAAM EN AANTAL DER VRUCHTEN.	CAPACITEIT DER KLOK, HET VOLUMEN DER VRUCHT = 1.	DUUR DER PROEF IN UREN.	ZAMENSTELLING DER LUCHT IN 100 VOLUMEN DEELEN.		AANMERKINGEN.
			vóór de proef.	na de proef.	
AARDBEZIEN.....	(0.220 liter.)	20.	Gewone damp- kringslucht..	CO ² ...4.00. O.....16.90. N.....79.20.	De toestel gezet in een goed ver- licht laborato- rium.
2 PEREN.....	3.	24.	dito.	CO ² ...18.52. O.....1.96. N.....79.52.	Idem.
1 AMANDEL.....	6 à 8.	9—4 ure.	dito.	CO ² ...15.74. O.....5.65. N.....78.61.	In den helderen zonneshijn ge- zet.
1 AMANDEL.....	7.	9—4 ure.	CO ² ...10.00. O.....18.90. N.....71.10.	CO ² ...21.80. O.....8.10. N.....70.10.	Het volumen der atmosfeer was daarbij een wei- nig vermeer- derd.

Men ziet uit bovenstaande cijfers, dat, volgens BÉRARD, de groene vruchten, wel verre van even als de bladeren de hoeveelheid O in de omringende lucht te vermeerderen, en CO² op te nemen, integendeel het koolstofgehalte aanmerkelijk doen toenemen. Deze zelfde werking, maar niet in die mate, verkreeg hij, wanneer hij de vruchten op genoemde wijze in het duister plaatste.

Hoewel nu BÉRARD meende, dat de gebezigde vruchten gedurende den korten tijd der proefneming hare groeikracht behielden, daar zij na de proef ook even frisch waren gebleven, als voor deze, zoo achtte hij het echter van te veel belang, dit met zekerheid te weten, om ook niet op eene andere wijze de proeven in het werk te stellen. Hij nam daarom twee peren, die dicht bij elkander aan denzelfden tak za-

ten, en bragt ze, zonder ze van de moederplant af te snijden, in een glazen beker, die ongeveer 6 maal haar volumen had. De beker werd gesloten met eene kurken stop, die in twee gelijke deelen was gesneden, met eene kleine insnijding in elk deel, om de stelen der peren door te laten. De beker werd aan de naburige takken vastgemaakt, en de kurk met een vet lutum bedekt. Na 24 uren werd de tak boven dit lutum afgesneden, en de geheele toestel onder kwik geopend, waarna de lucht bij analyse bleek te bestaan uit:

CO ²	2.0.
O	18.6.
N	79.4.
	<hr/>
	100.0.

Eene dergelijke proef gedurende denzelfden tijd en in dezelfde verhoudingen met eene andere peer genomen, (met dit onderscheid alleen, dat het vette lutum vervangen werd door een harsachtig vernis, met een heet ijzer op de kurk bevestigd,) gaf deze zamenstelling der ingesloten lucht:

CO ²	5.0.
O	15.2.
N	79.8.
	<hr/>
	100.0.

Ook deze wijze van sluiten beviel BÉRARD niet bij zijne verdere proeven, daar bij het schudden der takken de hars zoo ligt los liet. Hij bragt daarom op den beker een deksel van geslagen ijzer, waarin in het midden eene opening, die eene korte buis bevatte, om den steel der vrucht door te laten. Dit deksel was in tweeën gespleten, zoodat de twee deelen van wederzijde om den steel gebragt werden, als de vrucht in den beker was; alle voegen werden daarna met mastic digt gemaakt, en de tak door eene buis van caoutchouc luchtdigt aan den toestel bevestigd. Eene proef op die wijze

van 9—4 ure bij helderen zonneshijn met eene Reine-Claude pruim genomen, gaf voor de samenstelling der lucht:

CO² 9.43.

O 12.53.

N 78.04.

100.00.

Uit deze proeven besluit alzoo BÉRARD, dat de groene vruchten zich tegenover de omringende lucht niet verhouden, als de bladeren, maar daaraan voortdurend hare koolstof afgeven. En de reden, dat DE SAUSSURE bij zijne proef met druiven geene merkbare ontwikkeling van CO² kon ontdekken, was welligt gelegen in eene minder volkomen sluiting, die bij dergelijke proeven zoo moeilijk is, zoodat het gevormde CO² door diffusie was ontweken.

Deze gevolgtrekkingen kunnen volgens BÉRARD uitgestrekt worden op alle groene zaden. Er is echter een feit, dat hiermede schijnt te strijden. Wanneer die zaden bevat zijn in peulen, dan is de lucht daarin besloten altijd gelijk in samenstelling met de buitenlucht. Hiervoor nu roept BÉRARD de doordringbaarheid van het pericarpium dier peulen voor de lucht ter hulpe, zoodat dan door voortdurende diffusie het gas binnen en buiten gelijk zoude blijven. Hij grondt zich hierbij op de volgende twee proeven: Een takje met eenige peulen van *Collutea arborescens* werd 3 dagen onder eene klok gebragt, die met kwik van de buitenlucht afgesloten was. Na dien tijd werd de lucht der klok en die der peulen afzonderlijk verzameld en onderzocht, waarbij hij vond in de

	LUCHT DER KLOK.	LUCHT DER PEULEN.
CO ²	22.2	21.7
O	0.1	0.0
N	77.7	78.3
	100.0.	100.0.

Bleven de peulen aan de moederplant gehecht, zoo was de uitkomst nog dezelfde.

De tweede proef was deze: 3 peulen van dezelfde plant, in een vat met water gebragt, waren na 3 dagen een weinig bedorven; eene der peulen werd geopend, en bevatte geen water; de twee anderen onder kwik gebroken, leverden een gas van deze samenstelling:

CO ²	4.10.
O..	0.52.
N.. . . . .	.95.38.
	100.00.

waarbij gerekend moet worden, dat een groot deel van het ontwikkelde CO² door het water opgelost, *en dus de lucht door de peulen heengedrongen was.*

Niettegenstaande deze beide bewijzen, gelooven wij echter, dat BÉRARD tot eene verkeerde uitkomst is geraakt, ten gevolge van mindere voorzorgen bij zijne proeven genomen; althans die uitkomst wordt wedersproken door de latere hoogst nauwkeurige proeven van CALVERT en FERRAND in 1844 (die onder beschreven zullen worden), waaraan wij meer vertrouwen meenen te moeten schenken.

De algemeene uitkomst der onderzoekingen van BÉRARD had het gelukkig gevolg, dat DE SAUSSURE uitgelokt werd, om zijne vroegere proeven op uitgebreider schaal te herhalen, en kort daarop een' hoogst voortreffelijken arbeid leverde¹, die nog thans het beste en volledigste stuk mag genoemd worden, dat over de werking der groene vruchten op de omringende lucht geschreven is.

DE SAUSSURE wijst vooreerst op de noodzakelijkheid, om vruchten te kiezen, die goed groen zijn, daar het hier te doen is om de vraag, of de vruchten, nog *groen* zijnde, dezelfde werking vertoonen, als de overige groene deelen der plant, of daarop eene uitzondering maken. Uit dien hoofde verwerpt hij het gebruik der perziken, amandelen, peren en aardbe-

¹ Ann. de Chim. et de Phys., XIX, 143—165 en 225—244.

ziën, maar bepaalt zich tot peulen en erwten, Reine-Claude pruimen, wilde appelen en druiven. Van elke dezer vruchten heeft hij eene reeks van proeven afzonderlijk medegedeeld; daar die reeks echter bij allen nagenoeg dezelfde is, en tot gelijksoortige uitkomsten leidt, zoo zullen wij hier zijne proeven niet naar orde der vruchten, maar naar de wijze van proefnemen opteekenen, waardoor het overzigt bevorderd wordt.

DE SAUSSURE begon met afgesneden vruchten in eene klok met regen- of bronwater aan het zonlicht bloot te stellen, waarbij hij de hoeveelheid en de zamenstelling van het verkregen gas onderzocht, en, tot vergelijkende proef, van de meeste planten de bladeren en stengels op dezelfde wijze in den zonneshijn plaatste. Hij verkreeg daarbij de uitkomsten, in de volgende tafel opgegeven, die wel geene nadere verklaring zullen behoeven. Alleenlijk moet opgemerkt worden, dat tot het wel gelukken der proeven met *Pyrus malus* een vereischte is, dat de zonneshijn zeer zwak zij, daar anders deze vruchten ligtelijk eene gisting ondergaan, en een gas ontwikkelen, dat veel CO^2 bevat, zoo als opzettelijke proeven hem geleerd hadden; verder is bij alle proeven eene hoeveelheid water van 1800 grammes gebruikt.

TAFEL I.

PROEVEN VAN **DE SAUSSURE** OVER DE ONTWIKKELING VAN ZUURSTOF UIT GROENE VRUCHTEN, ONDER WATER AAN HET ZONNELICHT BLOOTGESTELD.

NAAM DER PLANTENDEELEN.	GEWICHT DAARVAN IN GRAMMEN.	VOLUMEN IN C.C.	DUUR DER PROEF IN UREN.	VLOEISTOF, WAARIN ZIJ GEDOMPELD WERDEN.	HOEFVEELHEID GAS VERKEGEN, IN C.C.	ZAMENSTELLING HET GAS IN 100 VOLUMEN DEELEN	
						O.	N.
Peulen v. <i>Pisum sativum</i> (8 à 9 centim. lang)	56.	82.0.	11—4½	bronwater.	24.00.	38.25.	61.75.
id. id. id.	56.	82.0.	id.	regenw.	8.00.	27.50.	72.50.
Bladeren van id. (vergelijkende proef.)....	20.		id.	bronw.	34.00.	53.00.	47.00.
id. van id.	20.		id.	regenw.	8.75.	28.25.	71.75.
Holle stengels v. id. (3 à 5 mm. diameter)...	20.	40.0.	id.	bronw.	13.50.	38.00.	62.00.
Reine-Claude pruimen (5 weken vóór het rijp zijn, 2 centim. diameter).....	200.	188.5.	10—5.	bronw.	22.00.	39.00.	57.00.
id. id.	200.	188.5.	id.	regenw.	13.50.	34.00.	63.00.
Bladeren van dezelfde plant.	20.		id.	bronw.	26.00.	48.00.	50.00.
id. van id.	200.		id.	regenw.	14.50.	32.50.	77.50.
20 vruchten van <i>Pyrus malus</i> (vaalgroen)..	200.	240.0.	11—5.	bronw.	24.25.	26.45.	70.63.
id. van id.	200.	240.0.	id.	regenw.	26.00.	28.60.	68.50.
Bladeren van id.	20.		id.	bronw.	11.30.	40.00.	60.00.
Vruchten van <i>Vitis vinifera</i> (12 mm. diam.)	200.		11—5.	bronw.	5.60.	29.00.	71.00.
id. van id.	200.		id.	regenw.	5.20.	31.00.	69.00.
Bladeren van id.	20.		id.	bronw.	11.50.	30.00.	70.00.
Dunne stengels van id. (4 à 6 mm. diam.)....	20.		id.	bronw.	2.25.	46.00.	54.00.

Men ziet hieruit, dat in het algemeen de werking der groene vruchten, onder water aan het zonlicht blootgesteld, dezelfde is als die der bladeren, maar niet zoo krachtig. Vooral bij de appelen en druiven is de ontwikkeling van zuurstof ge-

ring, ook wat het zuurstofgehalte der verkregen luchtsoort betreft. DE SAUSSURE schrijft dit verschil toe:

- 1°. Aan de mindere oppervlakte, die de vruchten aanbieden.
- 2°. Aan hare minder donker groene kleur.
- 3°. Aan de meer langzame ontwikkeling van het gas, waardoor een gedeelte in het water opgelost, of, door diffusie met de lucht van het water, veranderd kan zijn.
- 4°. Aan de holten in de vrucht, wier lucht zich met de zuurstof vermengt.

De werking der peulen van *Collutea arborescens* vond DE SAUSSURE ook geheel anders dan BÉRARD, hoewel hij niet ontkent, dat het pericarpium der peulen voor de lucht door-dringbaar is; want het gas der peulen, terstond nadat zij geplukt waren, bevatte in 100 volumen deelen:

CO². 1.5.

O. 19.3.

N. 79.2.

En nadat zij eenigen tijd onder water aan het zonlicht waren blootgesteld, bestond de daaruit geperste lucht uit:

CO². 1.

O. 30.

N. 69.

Waarbij DE SAUSSURE de voorzorg had genomen, om, door een draad-gaas onder in de klok, te beletten, dat de peulen in aanraking bleven met het ontwikkelde gas. Het schijnt dus, dat het CO² door de zonnestrallen binnen in de plant ontleed wordt, en de andere uitkomst van BÉRARD is waarschijnlijk daaraan toe te schrijven, dat zijne proeven niet in den zonschijn, maar in de schaduw genomen zijn.

Inloed der groene vruchten op de omringende lucht des nachts. Deze proeven werden zoodanig genomen, dat eenige vruchten, met den steel en een kleinen tak daaraan, werden afgesneden, deze laatsten in een glas met 8 à 10 grammen water geplaatst, en het geheel onder eene klok gebragt, die

met kwik van de buitenlucht afgesloten was. De toestellen werden 12 uren in het duister geplaatst, en de uitkomst was de volgende; waarbij opgemerkt moet worden, dat hier, en in al de volgende tabellen, de cijfers van DE SAUSSURE, betreffende de zamenstelling der lucht na de proef, op 100 deelen berekend zijn.

TAFEL II.

PROEVEN VAN DE SAUSSURE OVER DEN INVLOED VAN GROENE VRUCHTEN OP DE OMRINGENDE DAMPKRINGSLUCHT DES NACHTS.

NAAM EN AANTAL DER PLANTENDEELEN.	GERVIGT DAARVAN IN GRAMMEN.	VOLUMEN IN C.C.	VOLUMEN DER OMRINGENDE LUCHT IN C.C.		ZAMENSTELLING DER LUCHT NA DE PROEF IN 100 VOLUMEN DEELEN.		
			vóór de proef.	na de proef.	O.	N.	CO ² .
6 Peulen van Pisum sativum.....	23.5.	34.5.	965.	947.0.	15.97.	81.57.	3.46.
4 Reine-Claude prui- men.....	43.0.	40.5.	1000.	993.0.	15.69.	80.30.	4.01.
3 dito.....		25.0.	416.	407.0.	14.20.	80.91.	4.89.
2 Vruchten van Py- rus malus.....		27.5.	1000.	993.3.	19.49.	79.72.	0.79.
Druiven.....	32.0.	33.7.	1000.	990.0.	18.30.	80.03.	1.67.

Invloed der groene vruchten op de omringende lucht in den zonschijn. Om dit punt te onderzoeken, bragt DE SAUSSURE op dezelfde wijze als boven, de vruchten onder de klok, welke hij met water afsloot, omdat hem dit gemakkelijker was ¹. Daar echter één dag zonschijn niet genoeg-

¹ Opzettelijke proeven hadden hem geleerd, dat, wanneer het CO² niet meer dan $\frac{1}{500}$ van het volumen der lucht bedroeg, de proeven met water, als afsluitingsmiddel, nagenoeg dezelfde uitkomst gaven, als die met kwik, daar het CO² zeer langzaam door het water wordt opgenomen.

zaam sprekende uitkomsten zou gegeven hebben, zoo nam hij door het water heen de vruchten des avonds uit de klok, en bragt daarin den volgenden morgen evenveel versch geplukte. Aldus waren bij alle proeven de vruchten te zamen 48 uren aan de zonnestrallen blootgesteld, welke getemperd werden, door den toestel achter de glasruiten van een venster te zetten. Bij de druiven nam hij bovendien nog eene proef, waarbij de klok met dun gaas en het bovenste gedeelte met een vochtig papier bedekt was. Het overige blijkt uit de volgende tafel:

TAFEL III.

WERKING DER GROENE VRUCHTEN OP DE OMRINGENDE DAMPKRINGS-
LUCHT IN DEN ZONNESCHIJN.

NAAM EN AANTAL DER VRUCHTEN.	GEWIGT DAARVAN IN GRAMMEN.	VOLUMEN IN C.C.	VOLUMEN DER OMRINGENDE LUCHT.		ZAMENSTELLING DER LUCHT NA DE PROEF IN 100 VOLUMEN DEELEN.		
			vóór de pr.	na de proef.	O.	N.	CO ² .
6 Peulen van <i>Pisum sativum</i>	23.5.	34.5.	990.	1013.5.	22.09.	77.91.	
4 Reine-Claude pruimen.....	43.0.	40.5.	980.	1017.5.	22.30.	77.70.	
Druiven (zonder bedekking).....	32.0.	33.7.	1000.	1000.0.	19.24.	80.03.	0.73.
Druiven (met bedekking).....	32.0.	33.7.	1000.	1006.0.	20.70.	79.30.	

Bij eene vierde reeks van proeven liet DE SAUSSURE de vruchten ook des nachts in de toestellen vertoeven, om daaruit de einduitkomst der vruchten op de omringende lucht te zien. Hij bragt hierbij in sommige proeven elken morgen en avond versche vruchten in den toestel; in andere proeven bleven dezelfde gedurende den geheelen tijd der proef in werking. Dit laatste is in de volgende tafel aangeduid door de woorden *niet vernieuwd*.

T A F E L I V.

WERKING DER GROENE VRUCHTEN, IN DEZELFDE ATMOSFHEER AAN LICHT EN DUISTERNIS BLOOTGESTELD.

NAAM EN AANTAL DER VRUCHTEN.	GEWICHT DAARVAN IN GRAMMEN.	DUUR DER PROEF IN UREN.	VOLUMEN DER OMRINGENDE LUCHT.		ZAMENSTELLING DER LUCHT NA DE PROEF IN 100 VOLUMEN DEELEN.		
			vóór de pr.	na de proef.	O.	N.	CO ² .
6 Peulen.....	23.5.	48.	940.	940.0.	19.36.	79.88.	0.76.
6 dito (niet vernieuwd).....	23.5.	48.	1000.	1003.5.	20.40.	79.60.	
4 Pruimen.....	43.0.	96.	1000.	896.0.	19.40.	80.60.	
Appelen (niet vernieuwd).....		96.	900.	1010.0.	20.36.	79.64.	
Druiven (zonder bedekking).....	32.0.	96.	1000.	973.2.	17.20.	82.06.	0.74.
dito (met bedekking, niet vernieuwd) ..	32.0.	96.	1000.	1005.0.	20.19.	79.81.	

Ook aan een mengsel van dampkringslucht en CO² heeft DE SAUSSURE de groene vruchten blootgesteld, waarbij hij nog sterker dan in de vorige proeven de opname van CO² en afgifte van O bespeurde. Bij deze proeven, die meest vier dagen duurden, bracht hij niet in eens al het CO² in de klok, maar de helft bij het begin der proef, en de andere helft na twee dagen. Hij bespeurde in den regel na vier dagen eene vermindering van het volumen der besloten lucht, wat hij grootendeels toeschreef aan het CO², dat in het weefsel der vrucht was opgenomen, doch niet ontleed geworden. Veel aanzienlijker was echter die vermindering, wanneer hij des avonds en des morgens de vruchten telkens door versch geplukte verving; dan toch voerden de gebruikte vruchten een zeker gedeelte CO², dat zij opgenomen hadden, uit den toestel. Dit alles blijkt uit de hieronder volgende tafel der

uitkomsten, waarin de twee laatste proeven eene vergelijking bevatten van de werking van nog groene druiven met rijpe, beide onder dezelfde omstandigheden in eene CO² houdende atmosfeer gebragt. Men ziet daaruit, dat ook de rijpe druiven, hoewel in minderen graad, nog eenig CO² ontlede in die atmosfeer; daarentegen in gewone dampkringslucht gebragt, veranderen zij die niet. Overigens zijn in al deze proeven de vruchten tot hetzelfde aantal, gewigt en volūmen genomen, als in de vorige proeven.

TAFEL V.

WERKING DER GROENE VRUCHTEN OP EEN MENGSEL VAN DAMPKRINGSLUCHT EN KOOLZUUR.

N A A M DER VRUCHTEN.	TIJD EN DUUR DER PROEF.	VOLUMEN DER OMRINGENDE LUCHT.		ZAMENSTELLING DER LUCHT IN 100 VOLUMEN DEELEN.					
		vóór de pr. in C.C.	na de pr. in C.C.	vóór de proef.			na de proef.		
				O.	N.	CO ² .	O.	N.	CO ² .
Peulen van Pisum Sativum	4 dagen, alleen zon.	1050.	1052.0.	19.40.	73.00.	7.60.	24.52.	73.48.	2.00.
Idem van idem (niet vernieuwd)	2 dagen en 2 nachten.	1050.	1048.0.	20.00.	75.24.	4.76.	22.80.	76.47.	0.73.
Reine-Claude prui- men	4 dagen, alleen zon.	1000.	976.1.	18.90.	71.10.	10.00.	25.75.	74.25.	
Appelen (met bedek- king, niet vernieuwd)	2 dagen e 2 nachten.	1050.	1031.0.	20.00.	75.24.	4.76.	21.17.	77.57.	1.26.
Druiven (met bedek- king, niet vernieuwd)	4 dagen en 4 nachten.	1000.	998.0.	19.95.	75.05.	5.00.	22.64.	76.62.	0.74.
Idem (idem en idem)	id.	1025.	1020.0.	20.49.	77.07.	2.44.	22.00.	78.00.	
Rijpe druiven	id.	1025.	1020.0.	20.49.	77.07.	2.44.	21.27.	77.90.	0.83.

Uit al de medegedeelde proeven komt nu DE SAUSSURE tot deze uitkomsten:

- 1°. De groene vruchten hebben op de omringende lucht, hetzij in den zonneshijn, hetzij in het duister, den-

zelfden invloed als de bladeren, hoewel de werkingen niet zoo sterk zijn als bij deze.

2°. Des nachts verminderen zij het zuurstof-gehalte der omringende lucht en geven daarvoor koolzuur in de plaats, dat zij ten deele weder opnemen.

3°. In den zonschijn ontwikkelen zij, geheel of gedeeltelijk, de zuurstof van het opgenomen CO^2 , en laten geen spoor CO^2 in de omringende lucht over.

4°. In dezelfde atmosfeer dag en nacht geplaatst, veranderen zij die slechts weinig of niet; de kleine verschillen, die men daarbij waarneemt, hangen waarschijnlijk van den verschillende graad van rijpheid af; naar mate daarbij reeds meer of min de bewerkte zuren in indifferente stoffen, vooral in suiker, amyllum, enz. worden omgezet.

5°. Met eene grootere hoeveelheid CO^2 in aanraking gebracht, ontleden zij ook meer van dit zuur en nemen daarvan veel meer op, dan een gelijk volumen water in hetzelfde gasmengsel doen zoude.

De geheel verschillende uitkomst, die BÉRARD verkreeg, schrijft DE SAUSSURE daaraan toe, dat hij de vruchten besloten heeft in eene ruimte, die slechts 6 of 8 maal het volumen der vruchten bevatte, zoodat deze waarschijnlijk door de nabijheid of aanraking der wanden van de klok geleden hebben. Bovendien had BÉRARD de vruchten wel met een weinig water mogen voorzien; en de schijn van frischheid, dien zijne vruchten na de proef vertoonden, kan waar geweest zijn, doch heeft weinig beteekenis bij dikke en vleezige vruchten, die inwendig bedorven, en in gewigt afgenomen kunnen zijn, zonder dat het uiterlijk aanzien iets daarvan doet vermoeden.

Men ziet uit dit verslag, dat de bovenstaande proeven van DE SAUSSURE geheel op dezelfde wijze zijn genomen als die met de bladeren; dezelfde reeks van proeven, dezelfde naauwkeurigheid van analyse, dezelfde uitkomst. Dus ook

hetzelfde is ons oordeel over de voortreffelijkheid van den arbeid, dezelfde zijn onze opmerkingen; want uit de gevolgtrekkingen blijkt, dat DE SAUSSURE zich nog dezelfde voorstelling vormt van de wijze, waarop CO^2 opgenomen en zuurstof afgegeven wordt.

En werpen wij nu ten slotte van dit hoofdstuk een' blik terug op de onderzoekingen in dit tijdvak ondernomen, dan vinden wij eene groote ontwikkeling van het vraagstuk door de voortreffelijke proeven van DE SAUSSURE, doch de daarop volgende nasporingen staan in gehalte verre achter die van den grooten Zwitser, zoodat wij aan het einde van dit hoofdstuk niet veel verder zijn gekomen, dan wij in het begin reeds waren; de proeven van DE SAUSSURE zijn met minder talent herhaald en bevestigd door GRISCHOW; de werking der nog groene, zich ontwikkelende vruchten is tot die der bladeren teruggebracht; doch nieuwe gezigtspunten zijn daarover niet opgegaan, en de handleiding tot eene betere wijze van onderzoek is niet opgemerkt geworden. Wat de onderdeelen van het vraagstuk betreft, die in onze inleiding genoemd zijn, de opneming van het CO^2 des dampkrings door de groene plantendeelen, onder den invloed van het zonnelicht, is bewezen voor eene atmosfeer, die eene grootere hoeveelheid van dit zuur bevat, dan in de huishouding der natuur aan de planten wordt aangeboden. Het vermogen der groene plantendeelen, om onder die omstandigheden CO^2 op te nemen, kan dus niet ontkend worden; dat zij het echter ook volbrengen in den gewonen toestand, is wel door gevolgtrekking en redenering opgemaakt, maar door geene regtstreeksche proef bewezen. Met de afgifte van zuurstof is het even zoo gesteld als met de opneming van koolzuur; ook deze is bewezen voor de genoemde kunstmatige atmosfeer, niet voor de natuurlijke gesteldheid des dampkrings; althans niet zoodanig, dat de proeven aan geenen twijfel onderhevig zijn. De hoeveelheid afgegeven zuurstof is voor dezelfde plant in denzelfden tijd en onder dezelfde omstandigheden (volgens de proeven van DE SAUSSURE en GRISCHOW, de beste uit dit tijdvak) min-

der gevonden, dan die van het opgenomen koolzuur; terwijl wederom deze laatste hoeveelheid niet kan opwegen tegen die, welke door de plant in andere omstandigheden wordt afgegeven, zoodat de stelling van PRIESTLEY volgens deze proeven niet meer houdbaar schijnt. De invloed eindelijk van het licht in zijne bestanddeelen op het verschijnsel is bijna niet onderzocht, wij hebben in dit tijdvak alleen de proeven van GILBY, die hoogst onvolledig zijn; zoodat deze laatste vraag nog zoo goed als niet beantwoord is.

HOOFDSTUK III.

DE PROEFNEMINGEN NA DE SAUSSURE TOT AAN DIE VAN BOUSSINGAULT (1821—1843).

Het was als of de vermoeijende en met weinig vruchten beloonde arbeid der verloopene jaren de krachten had uitgeput. Men scheen den moed te hebben opgegeven, om dieper in het geheim des plantenlevens door te dringen, en terwijl vroeger elk jaar nieuwe onderzoekingen aanbragt, verliep nu een geruime tijd, waarin men met het geheele vraagstuk zich bijna niet meer ophield.

De oorzaak van dit verschijnsel ligt, naar ons bescheiden oordeel, voor het grootste gedeelte in de uitkomst der proeven van GRISCHOW en DE SAUSSURE. Daar deze meerendeels de eerste proeven van DE SAUSSURE bevestigden, zoo was een deel der natuuronderzoekers met die uitkomst te vreden, en trachtte nu slechts eene juiste verklaring te ontdekken voor de gevondene feiten. Van hier de verschillende kleine geschriften, meest dissertatiën, thans verschenen, waarin de voeding der planten en de verrigtingen der bladeren daarbij, naar aanleiding van de vroegere

proefnemingen, verklaard worden. Een ander deel der natuurkundigen was wel niet te vreden gesteld met de uitkomsten der proeven, en erkende het gebrekkige der kennis van de werking van levende planten op de omringende lucht; doch men werd afgeschrikt door de groote bezwaren en kosten, aan het nemen van afdoende proeven verbonden, die bovendien de voortreffelijke onderzoekingen van DE SAUSSURE en anderen verbeteren en uitbreiden moesten; men vond op andere deelen van het scheikundig grondgebied geschiktere plaatsen tot onderzoek, zoodat wij nagenoeg geene opzettelijke proefnemingen aantreffen over de werking der planten op de dampkringslucht, vóór het jaar 1836, toen het werk van CHARLES DAUBENY het licht zag.

Wat betreft de werkjes, waarin de levens-verrigtingen der plant uit de vroegere proefnemingen verklaard worden, zij zijn, zoo verre ons bekend is, die van GOEPPERT en JABLONSKY, in de inleiding (bl. 7) genoemd, en van STRÖBELE ¹; waarvan het laatste, dat van de drie ons alleen onder de oogen is gekomen, slechts eene korte beschrijving van de zogenoemde ademhaling behelst, en welligt in zoo verre waarde heeft, als het de meening bevat van MOHL, onder wiens praesidium de dissertatie verdedigd is.

Verder verscheen in 1832 van Dr. G. SUCKOW een werk, getiteld: *Die chemischen Wirkungen des Lichts*. Jena, 1832. In dit stuk (dat eene uitbreiding is van eene in 1827 te Jena bekroonde prijsvraag: *De lucis effectibus chemicis in corpora organica et organis destituta*) vindt men geene eigen proeven, maar een uitmuntend en beknopt systematisch overzicht van de scheikundige werking van licht op de planten. SUCKOW houdt het er voor, dat de planten de lucht waarlijk verbeteren, en de verklaring, die hij van dit verschijnsel geeft, is deze, dat door den invloed van het licht zuurstof wordt afgescheiden, deels door het CO² van het sap, deels uit het water in de

¹ *Die Functionen der Blätter*. Tübingen, 1845.

plant voorhanden, deels uit de bestanddeelen der plant zelve; zoodat de desoxyderende invloed van het licht op de planten geenszins zoo eenvoudig is, als de vroegere onderzoekers dit hebben aangenomen.

SUCKOW beweert, dat vele stoffen, die tot O groote verwantschap hebben, zich tegenover de planten even zoo verhouden als het licht; met name geldt dit van de waterstof. Zoo planten in het duister in dit gas worden gebragt, kwijnen zij gedurende eenigen tijd niet, omdat de zuurstof-afzondering toch plaats kan hebben, door de groote verwantschap van H tot O. Aan het aanwezen van H in de atmosfeer der mijnen ware dan ook het vreemde verschijnsel toe te schrijven, door A. VON HUMBOLDT opgeteekend ¹, dat uitlopende bollen van *Crocus sativus* en jonge plantjes van *Geranium odoratissimum* en anderen in eene groeve te Freiberg gebragt, zich aldaar niet alleen ontwikkelden, maar ook groen bleven. Het is moeilijk, om *a priori* deze meening te veroordeelen, doch de door SUCKOW zelven opgemerkte zamengestelde werking van het licht maakt ons haar minder waarschijnlijk. In elk geval zouden, naar ons inzien, nog opzettelijke proeven vereischt worden, om deze verklaring te kunnen doen aannemen.

De eenige proeven uit dit tijdvak, waarvan wij boven ge- waagden, zijn die van COUVERCHEL. Deze had in 1821 medegedongen naar den prijs, die aan BÉRARD is toegewezen, terwijl van zijn stuk loffelijke melding werd gemaakt. De wensch der Academie echter, dat beide natuurkundigen hunne proeven zouden voortzetten, heeft COUVERCHEL ² tot een nader onderzoek uitgelokt omtrent de werkingen, die bij het rijpen der vruchten plaats hebben, hetwelk hij in 1831 aan de Academie heeft aangeboden.

Wij gewagen van dit onderzoek, even als wij van de proeven van BÉRARD en DE SAUSSURE gedaan hebben, slechts in zoo

¹ *Aphorismen aus der Physiologie der Pflanzen.*

² *Ann. de Chim. et de Phys.*, XLVI. 147—190.

verre als de invloed der nog groene vruchten op de omringende lucht daarin besproken wordt. Want COUVERCHEL onderscheidt met DE SAUSSURE twee perioden bij de vruchten: die van ontwikkeling, waarin de vrucht hare grootte bereikt, maar nog groen blijft; en die van rijp worden, welke als eene soort van ontleding te beschouwen is, waarbij in de vrucht, ook afgescheiden van de moederplant, bewerktnigde zuren worden omgezet in suiker. Uit de proeven van COUVERCHEL volgt, dat de vruchten zoo lang zij groen zijn, even als de bladeren, CO_2 opnemen en zuurstof uitstooten, doch niet in die mate, waarin de bladeren dit bewerken. De wijze waarop hij de vruchten aan de proef onderwierp, was deze: in eene wijdmondige flesch bragt hij eene perzik, ter grootte van eene noot; de flesch werd gesloten met eene in tweeën gedeelde kurk, waar zich in iedere helft eene kleine insnijding bevond, om den jongen tak door te laten, die met caoutchouc bekleed was ter beschutting tegen de kurk en het harsachtig vernis van deze. Door genoemde kurk gingen nog twee buizen; de eene voorzien van eene blaas, die in de flesch hing, de andere omgebogen, even tot in de flesch reikende, en aan den anderen kant geleidende naar eene pneumatische tobbe. Men behoefde nu slechts in de blaas te blazen, om een gedeelte lucht uit de flesch ter onderzoeking uit te drijven in de ge-gradueerde klok, en kon alzoo, zoo dikwijls men verlangde, de veranderingen der lucht ten gevolge van de vrucht bespieden. COUVERCHEL nam daarbij de voorzorg, om telkens, wanneer hij eene proef lucht uit de flesch had genomen, de overige lucht daarin te ververschen, door beurtelings de lucht der blaas op te zuigen en daarin te blazen.

Het grootste bezwaar, waarmede COUVERCHEL hierbij te kampen had, was de groote vochtigheid in de flesch door de uitwaseming der vrucht, hetwelk een spoedig bederven der blaas ten gevolge had. Hij verhielp dit, door de geheele flesch om te keeren, en de buis, waaraan de blaas bevestigd was, te verlengen en te doen eindigen in een glas met water,

waarop eene laag olie lag. Hierdoor kon al het overvloedige water uit de flesch wegloopen, zonder dat de verdamping van het water in de flesch de vochtigheid weder vermeerderde. Deze buis kon dan tevens aantonen, of er in- of exspiratie had plaats gehad.

Eene andere en, naar het ons voorkomt, nog betere wijziging van den vorigen toestel, bestond daarin, dat COUVERCHEL de buis met de blaas weglief, en in de plaats daarvan eene buis in de kurk bevestigde, waaraan een trechter met eene kraan verbonden was. Vulde men dezen met water, kwik of droog en fijn zand, dan kon men door het openen der kraan, dit in de flesch laten loopen, en dus eene overeenkomstige hoeveelheid lucht in de verdeelde buis drijven. Deze toestel is beter, daar het thans genoegzaam bekend is, dat eene blaas of eenig ander dierlijk vlies geenszins ondoordringbaar is voor luchtvormige vloeistoffen, maar integendeel eene ruime gelegenheid tot diffusie aanbiedt.

Met al deze toestellen heeft COUVERCHEL proeven genomen, en zij hebben hem alle tot dezelfde uitkomst geleid, als waartoe DE SAUSSURE gekomen was. Wij kunnen echter de cijfers der uitkomsten niet vermelden, daar zij in zijn opstel niet opgeteekend staan.

De andere uitkomst, door BÉRARD verkregen, heeft COUVERCHEL verklaard, door de proef op dezelfde wijze te herhalen als deze gedaan had. In flesschen van $\frac{1}{2}$ liter inhoud werden op bovengemelde wijze groene abrikozen en perziken gebragt, en na 24 of 36 uren werd de tak afgesneden en de lucht der flesch onderzocht; hij bespeurde dan steeds eene vermeederling van het CO_2 , zonder gelijktijdige vermindering der zuurstof. Deze uitkomst nu ontstond, gelijk DE SAUSSURE reeds had opgemerkt, daardoor, dat de vruchten met een klein volumen lucht waren ingesloten; zij gedragen zich dan als in den tijd van rijpwording. Immers, zoo het waar was, dat de vrucht voortdurend zuurstof der lucht behoefde, om met hare koolstof koolzuur te vormen, dan kon COUVERCHEL niet

gezien hebben, dat eene perzik zich ontwikkelde, en alle ken-teekenen van rijpheid vertoonde in eene flesch, welke al dien tijd goed gesloten was geweest, en waarin dus de lucht niet ververscht was. COUVERCHEL vindt zich dus aan het einde zijner proeven bevestigd in de overtuiging, die hij reeds in 1821 had, dat de groene vruchten in de eerste periode harer ontwikkeling denzelfden invloed op de omringende lucht uitoefenen, als de groene bladeren.

In het jaar 1836 vestigde CHARLES DAUBENY, hoog-leeraar te Oxford, zijne aandacht op een nog weinig onder-zocht gedeelte, de werking namelijk van de verschildend gekleurde lichtstralen op de levensverrigtingen der plant. Wel had reeds SENEBIER door proeven gevonden, dat de violette straal de geringste zuurstof-ontwikkeling te weeg bragt ¹, doch later schijnt hij van gevoelen veranderd te zijn, althans in de *Physiol. végét.* ² geeft hij op, dat de violette straal het meeste CO² doet ontleden, en na dien tijd was dit punt, behalve door GILBY, niet nader onderzocht geworden. In het eerste deel zijner verhandeling ³ tracht nu DAUBENY de vraag te beantwoorden, of de verschillende lichtstralen van het spectrum verschillende werking op de planten vertoonen. Daar het echter hoogst bezwaarlijk is, bij die proeven de intensiteit van het gekleurde licht juist te bepalen, zoo beperkt hij zich tot het onderzoek, of de werking van licht op planten evenredig is, met de lichtende, warmtegevende, of scheikundige werking der lichtstralen. Hiertoe heeft hij vooraf de volgorde der middenstoffen, die hij gebruikte, in deze drie opzigten bepaald; de lichtsterkte beproefd door het aantal lagen van draad-gaas, dat een zekeren bepaalden

¹ *Mémoires*, I, 293.

² T. III, p. 276.

³ *Phil. Transact.* 1836, Part. I, p. 149—175.

graad van duisternis gaf; het warmtegevend vermogen, door den stand van een' thermometer met zwart gemaakten bol, die een bepaalden tijd aan dat licht blootgesteld was; de scheikundige werking, door den tijd, die noodig was, om papier met nitras argenti bevochtigd, tot zekeren bepaalden graad van verkleuring te brengen. De werking bij ongekleurd doorzigtig glas voor allen = 7 stellende, vond hij de volgende uitkomst:

MIDDENSTOF.	LICHTENDE KRACHT.	WARTEGEVEND VERMOGEN.	SCHIEKUNDIGE WERKING.
DOORZIGTIG GLAS.....	7.	7.	7.
ORANJE N ^o . 5.....	6.	6.	4.
ROOD.....".....4.....	4.	5.	0.
BLAAUW.....".....3.....	4.	3.	6.
PURPER.....".....2.....	3.	4.	6.
GROEN.....".....1.....	5.	2.	3.
Flesch met sulphas cupri en ammonia N ^o . 6....	2.	1.	5.
Flesch met rooden portwijn N ^o . 7.....	1.	3.	0.

Om nu te zien met welke dezer reeksen de werking van licht op planten overeenkwam, bragt hij zooveel mogelijk gelijke hoeveelheden bladeren, die vooraf evenveel O in den zonneshijn hadden gegeven, in flesschen met CO² houdend water, die op eene pneumatische tobbe stonden en aan de zonnestrallen konden worden blootgesteld. Elke flesch werd omgeven met eene houten kast, die aan alle zijden gesloten was, behalve van voren, waar zich eene ronde opening bevond, welke met een rond glas of met eene platte flesch van die afmetingen kon gesloten worden. Gebruikte hij hiertoe een der bovenvermelde gekleurde glazen, of vulde hij de flesch

met de genoemde gekleurde oplossing van bepaalde digtheid, dan kon hij op deze wijze de werking van de door die middenstoffen doorgelaten stralen op de planten nagaan. Van de vele proeven door DAUBENY op deze wijze genomen, vermelden wij alleen de eerste reeks, met planten van Brassica oleracea in het werk gesteld, die als voorbeeld van al de overige kan dienen, daar zij allen tot dezelfde uitkomst leiden:

MIDDENSTOFFEN. WAARDOOR HET LICHT WERD DOORGELATEN.	STAAT VAN HET WEDER.	VERHOUDING TUSSCHEN DE GE- HEELE HOEFVELHEID GAS, VERKREGEN IN DE TWEË FLESSCHEN.	PROCENT. VER- HOUDING TUSSCHEN O EN N IN DE TWEË FLESSCHEN.	VERHOUDING TUSSCHEN O IN DE TWEË FLESSCHEN.	VERHOUDING TUSSCHEN N IN DE TWEË FLESSCHEN.
Flesch I. Doorzigtig ven- sterglas. Flesch II. Glas N ^o . 5. (Oranje.)	Proef 1. Heldere zonneshijn.	Flesch I. 100.0. " II. 80.0.	O.44.0. N.56.0. O.40.0. N.60.0.	100.0. 77.5.	100.0. 86.0.
	Proef 2. Heldere zonneshijn.	" I. 100.0. " II. 82.0.	O.33.0. N.67.0. O.33.4. N.66.6.	100.0. 80.0.	100.0. 83.0.
	Proef 1. Heldere zon- neshijn met weinig wolkjes.	" I. 100.0. " II. 45.0.	O.37.5. N.62.5. O.33.3. N.66.6.	100.0. 40.0.	100.0. 48.0.
	Proef 2. Zeer heldere zonneshijn.	" I. 100.0. " II. 54.0.	O.39.0. N.61.0. O.38.0. N.62.0.	100.0. 52.5.	100.0. 55.0.
Flesch I. Hetzelfde als boven. Flesch II. Glas N ^o . 4. (Karmozijnrood.)	Proef 1. Zonneshijn, nu en dan wolken.	" I. 100.0. " II. 57.5.	O.33.0. N.66.0. O.34.6. N.65.4.	100.0. 56.0.	100.0. 56.5.
	Proef 2. Heldere zonneshijn.	" I. 100.0. " II. 57.5.	O.33.3. N.66.6. O.30.2. N.69.8.	100.0. 70.5.	100.0. 53.5.
Flesch I. Hetzelfde als boven. Flesch II. Glas N ^o . 3. (Donker blaauw.)	Proef 1. Zonneshijn zonder wolken.	" I. 100.0. " II. 47.0.	O.38.4. N.61.6. O.30.0. N.70.0.	100.0. 35.4.	100.0. 51.0.
	Proef 2. Zonneshijn, donkerder dan in proef 1.	" I. 100.0. " II. 31.4.	O.25.0. N.75.0. O.22.0. N.78.0.	100.0. 27.7.	100.0. 26.6.
Flesch I. Als boven. Flesch II. Glas N ^o . 2. (Purper.)	Proef 1 en 2. Zonneshijn van ver- schillenden graad van helderheid.	" I. 100.0. " II. geen gas.			
Flesch I. Als boven. Flesch II. De flesch N ^o . 7 gevuld met portwijn.	Proef 1. Flaauwe zon- neshijn, doch zonder dikke wolken.	" I. 100.0. " II. 18.0.	O.47.0. N.53.0. O.37.8. N.62.2.	100.0. 14.5.	100.0. 20.6.
	Proef 2. Heldere zonneshijn.	" I. 100.0. " II. 49.0.	O.32.7. N.67.3. O.37.0. N.63.0.	100.0. 55.0.	100.0. 46.0.
Flesch I. Als boven. Flesch II. Glas N ^o . 6 gevuld met SO ³ CuO en ammonia.	Proef 1. Heldere zon- neshijn, nu en dan wolken.	" I. 100.0. " II. 32.8.	O.44.0. N.56.0. O.34.7. N.65.3.	100.0. 26.0.	100.0. 38.0.
	Proef 2. Meest hel- dere zonneshijn. Proef 3. Flaauwe zon- neshijn nu en dan.	" I. 100.0. " II. 25.0. " I. 100.0. " II. geen gas.	O.34.0. N.66.0. O.26.7. N.73.3.	100.0. 18.0.	100.0. 25.6.

Even zoo stelde DAUBENY planten, in dampkringslucht met CO^2 bedeed, aan de inwerking van het gekleurde licht bloot en verkreeg dezelfde uitkomst, zoo als hij verzekert. Wij betreuren het echter, dat hij van deze proeven noch bijzonderheden noch cijfers heeft medegedeeld, zoodat wij niet weten, op welke wijze hij daarbij te werk gegaan is. Hij zegt alleen, de zuurstof der lucht bepaald te hebben door verhitting met phosphorus in eene gebogen en verdeelde glazen buis; waarbij hij de vermindering in volumen waarnam, en 2% af-trok voor spanning der phosphorus dampen in N.

Belangrijk was hierbij de hoeveelheid N in het ontwikkelde gas aanwezig. Deze nam af naar mate het licht sterker werd, en omgekeerd wanneer het licht zoo zwak was, dat er geen O werd ontwikkeld, verscheen er dikwijls toch eenig N. Dit geeft aan DAUBENY aanleiding, om de gasontwikkeling der bladeren onder water aan twee oorzaken toe te schrijven: 1^o. aan eene ontwikkeling van dampkringslucht, die vroeger door het blad opgeslorpt was, maar nu uitgedreven wordt door het water, of door het CO^2 van het water; 2^o. aan eene ontwikkeling van O, ontstaan uit ontleding van het opgenomen CO^2 . B. v. in Proef 1, waar hij 100 deelen gas verkreeg, bestaande uit 44 O en 56 N, mag men onderstellen, dat de bladeren hebben gegeven:

Dampkringslucht, vroeger opgeslorpt	68,	bestaande uit	56 N.
			12 O.
te gelijk met O	32		32 O.
Totaal van het gas.....	100.	Totaal van O	44.

Dit aannemende, kan men moeilijk de ontwikkeling begrijpen van nagenoeg zuivere stikstof, en van lucht met minder zuurstofgehalte dan de dampkringslucht heeft. Hiertoe roept echter DAUBENY de waarneming van DE SAUSSURE te hulp, dat de lucht in de plant zoodanig is vastgelegd, dat zij noch door de luchtpomp, noch door werktuigelijke middelen daaruit verwijderd kan worden, en hij gelooft, dat welligt de lichtende stralen van het spectrum alleen toereikend zijn, om het

CO² te doen ontleden; terwijl de andere stralen dit niet vermogen, maar toch de zuivere ademhaling der plant, of de verwijdering der overblijvende lucht toelaten. Dit aannemende, laat zich het geringe O gehalte bij de weinig lichtende stralen verklaren uit de vereeniging van een deel der zuurstof met deelen van het plantaardig weefsel.

Het tweede gedeelte van het onderzoek van DAUBENY beschouwt de werking der planten op de dampkringslucht, en wel de grootte dier werking. "Want," zegt de schrijver, "niemand zal thans meer ontkennen, dat de groene plantendeelen "onder sommige omstandigheden CO² ontleden en O van "zich geven; doch er is een groot verschil tusschen de meening van PRIESTLEY, dat, dien ten gevolge, al het door "mensen en dieren verbruikte Oxygenium aan de lucht wordt "teruggegeven, en die van DE SAUSSURE en anderen, welke "gelooven, dat die werking niet eens opweegt tegen de tegen"gestelde werking bij den plantengroei, de *ontwikkeling* "van CO²."

DAUBENY trachtte zijne proeven zoo in te rigten, dat de planten korten tijd in eene groote ruimte besloten en van het noodige CO² steeds voorzien waren. Hij nam daartoe eene grooten glazen klok (van 10 tot 20 liters inhoud), die aan katrollen was opgehangen en met de randen in kwikzilver hing. Dit kwik was bevat in een grooten ijzeren ringvormigen bak, waarvan de opstaande zijden meer dan 15 centim. hoogte hadden. De binnenrand van den bak was luchtdigt gecementeerd aan een ijzeren cilindervormigen pot, die de plant kon bevatten, welke aan de proef moest onderworpen worden. Was dit vooraf alles in orde gebragt, zoo werd de klok neêrgelaten, tot hare randen onder het kwik dompelden, dat met een dun laagje water was bedekt, om de schadelijke werking der kwikdampen te voorkomen. Zoo was alle gemeenschap met de buitenlucht afgesloten, en de werking der plant op de in de klok besloten lucht, kon elk oogenblik onderzocht worden, door de klok een weinig

neder te drukken, en zoo eenige lucht uit te drijven door eene tweemaal omgebogen buis, die het binnenste der klok in gemeenschap stelde met eene eudiometer-buis, die op eene pneumatische tobbe stond.

Omgekeerd kon men, door de klok een weinig op te ligten, daarin eene willekeurige hoeveelheid CO^2 brengen, zoo men het andere einde der buis in verbinding bracht met een vat, met eene bekende hoeveelheid CO^2 voorzien. Terstond na elke invoering van CO^2 , werd een weinig van het mengsel als proef uitgedreven in de eudiometer-buis en onderzocht; hetzelfde geschiedde, nadat de plant eenige uren in den zonneshijn had gestaan. Het gehalte aan CO^2 werd daarbij onderzocht met kaliloog, de zuurstof door snelle verbranding van phosphorus met een deel der lucht in eene gebogen glazen buis.

Op deze wijze nam DAUBENY verscheidene proeven, waarvan ons bestek slechts veroorlooft enkele te vermelden, die hier volgen.

PROEF I. (N^o. 5 VAN DAUBENY.)

DATUM.	BIJZONDERHEDEN VAN DE P R O E F.	PROCENT. HOEVEELH. BIJGEVOEGD CO^2 .	PROCENT. OPSLORPING DOOR KALILOOG.	PROCENT. OVERSCHOT NA VERBRANDING MET PHOSPHORUS.	AF TE TREKKEN VOOR PHOSPH. DAMP.	BEREKEND PROC. GEHALTE AAN	
						N.	O.
MEI.....8.	12 u. voorm. Helderer dag. Een Geranium in een bloempot werd onder de klok gebragt.....	5.	5.00.	81.00.	2.	79.00.	21.00.
	1½ u. nam.....	0.	2.50.	79.75.	2.	77.75.	22.25.
	2½ " ".....	0.	2.25.	79.25.	2.	77.25.	22.75.
	3½ " ".....	0.	0.05.	79.00.	2.	77.00.	23.00.
".....9.	8 u. voorm. Des morgens tegen de zon beschut.....	0.	0.00.				
	10 u. voorm. Zeer heldere dag..	10.	10.00.				
	11 " ".....	0.	9.50.	82.00.	2.	80.00.	20.00.
	12 " ".....	0.	6.25.	82.00.	2.	80.00.	20.00.
	2 " nam.....	0.	6.50.	80.00.	2.	78.00.	22.00.

PROEF 2. (N^o. 14 VAN **DAUBENY.**)

DATUM.	BIJZONDERHEDEN VAN DE PROEF.	PROGHOEFELIJD CO ² BIJGEOEGD.	PROCENT. OPSLORPING DOOR KALILOOG.	PROCENT. OVERSCHOT NA VERBRANDING MET PHOSPHORUS.	AF TE TREKKEN VOOR PHOSPH. DAMP.	BEREKEND PROG. GEHALTE AAN	
						N.	O.
Aug...30.	12 u. voorm. Eene gezonde Dah- lia, waaraan eene ontwikkelde bloem en 20 bladeren, werd met de pot onder de klok gezet.	7.5.				79.00.	21.00.
	8 u. nam. Na een helderen dag tot 3 u. nam., daarna bedekt.		3.0.	79.25.	2.	77.25.	23.75.
"...31.	10 u. nam. Des daags donker en stormachtig weder, met veel regen. Therm. 65°.....	0.0.	2.0.	77.25.	2.	75.25.	24.75.
Sept....1.	Koud en stormachtig weder, nu en dan een heldere zonnestraal, Therm. 55° te 9 u. voorm...	7.5.					
	Te 10 u. nam.....		2.0.	78.25.	2.	76.25.	23.75.
"...2.	Fraaije dag, meer bewolkt, bij tusschenpoozen heldere zonne- schijn. Therm. 62° te 10 u. nam.	0.0.	1.0.	79.25.	2.	77.25.	22.75.
"...3.	Donker, stormachtig weder te 9 u. voorm.....	7.5.					
	Te 4 u. nam.....		4.0.	77.25.	2.	75.25.	24.75.
"...4.	Fraaije, heldere dag te 1 u. nam.		0.0.	75.50.	2.	73.50.	26.50.

Het onderzoek werd afgebroken, ofschoon de plant zeer weinig scheen geleden te hebben. Men ziet hieruit, dat bloeiende planten toch de lucht verbeteren kunnen.

Bij deze proeven zijn vele voorzorgen in acht genomen, doch aan ééne hoogst aanzienlijke fout schijnt **DAUBENY** niet gedacht te hebben, aan den invloed van een pot met aarde op eene besloten luchtruimte. Het is vreemd, dat men nog telkens de uitdrukkelijke waarschuwing van **DE SAUSURE** en anderen verzuimt, en daardoor eene bron van CO² in den toestel brengt, waarvan de grootte niet te berekenen is. Om deze reden hechten wij ook veel meer vertrouwen aan de andere wijze, waarop **DAUBENY** zijne proeven in het

werk stelde, wanneer hij planten gebruikte, die te groot waren, om geheel onder zijne klok gebragt te kunnen worden ¹. Hij liet dan den ijzeren pot weg, en sloot den tak der plant af door twee overeenkomstige halfeirkelvormige ijzeren platen, die, aan elkander gelegd, in het midden eene opening voor den tak openlieten. De buitenranden dezer segmenten werden luchtdigt gecementeerd, aan den ringvormigen bak met kwik; de binnenranden evenzoo aan elkander en aan den tak, die aan de moederplant gehecht bleef. Van de op deze wijze genomen proeven mogen de volgende als voorbeelden dienen:

PROEF 1. (N^o. 1 VAN DAUBENY.)

DATUM.	BIJZONDERHEDEN VAN DE P R O E F.	PROC.HOEVEELHEID CO ² BIJGEVOEGD.	PROC. OPSLORPING DOOR KALLOOG.	PROC. OVERSCHOT NA VERBRAND. MET PHOSPHORUS.	AF TE TREKKEN VOOR PHOSPH. DAMP.	BEREKEND PROC. GEHALTE AAN	
						N.	O.
APRIL. 10.	12 u. voorm. Een kleine Cypres in de klok gebragt, de stan op gemelde wijze gecementeerd.	0.	0.	81.0.	2.	79.0.	21.0.
	6 u. nam. Een bewolkte dag, nu en dan een zonnestraal.....	0.	0.	81.0.	2.	79.0.	21.0.
".....11.	8 u. voorm.....	0.	0.	79.0.	2.	77.0.	23.0.
	8½ u. ".....	8.	8.				
"....12.	5 u. nam. Stormachtig en bewolkt weder, even als den vorigen dag.....	0.	0.	79.5.	2.	77.5.	22.5.
	12 u. voorm. Geen zon des morgens, maar voortdurend een zachte regen.....	0.	0.	81.5.	2.	79.5.	20.5.
	1 u. nam.....	4.	4.				
".....13.	8 " voorm.....	0.	0.	82.0.	2.	80.0.	20.0.
	12 u. voorm. Heldere dag, nu en dan stormachtig.....	3.	3.				
".....14.	4 u. nam..... Van wege het ongunstige weder de proef geëindigd.	0.	1.	79.0.	2.	77.0.	23.0.

Deze proeven leeren, dat de plant soms eene groote hoeveelheid CO² opneemt, die zij niet ontleedt, voor dat het weder gunstig is.

¹ Hij erkent zelf, dat hij op deze wijze veel sprekender uitkomst verkreeg, doch schijnt de oorzaak daarvan niet te gissen.

PROEF 2. (N^o. 8 VAN DAUBENY).

DATUM.	BIJZONDERHEDEN VAN DE P R O E F.	PROC. HOEVEELHEID CO ² BIJGEVOEGD.	PROCENT. ABSORPTIE DOOR KALLOOG.	PROCENT. OVERSCHOT NA VERBRAND. MET PHOSPHORUS.	AF TE TREKKEN VOOR PHOSPH. DAMP.	BEREKEND PROC. GEHALTE AAN	
						N.	O.
MEI...13.	2 u. nam. Den geheelen dag heldere zonneshijn. Een jonge struik van Syringa vulgaris werd onder de klok gebragt, tot onder aan den stam.....	8.0.	3.00.	81.00.	2.	79.00.	21.00.
"...14.	7½ u. nam.....	0.0.	0.05.	82.50.	2.	80.50.	19.50.
"...14.	8 " voorm.....	0.0.	6.00.	niet onderzocht.			
"...14.	8½ " " Weder, als den vorigen dag.....	2.0.	8.00.				
"...15.	8 u. nam.....	0.0.	2.00.	73.50.	2.	73.50.	26.50.
"...15.	9 " " De klok in het begin van den morgen met een scherm bedekt.....	0.0.	3.50.	76.00.	2.	74.00.	26.00.
"...15.	9½ u. voorm.....	6.5.	10.00.				
"...15.	2 " nam.....	0.0.	3.00.	72.25.	2.	70.25.	29.75.
"...15.	8½ " ".....	0.0.	0.00.	72.00.	2.	70.00.	30.00.
"...16.	8 " voorm. De klok was het vorige deel van den morgen bedekt. Daar de plant begon te kwijnen, werd de proef geëindigd.	0.0.	2.75.	72.50.	2.	70.50.	29.50.

PROEF 3. (N^o. 9 VAN DAUBENY).

MEI...20.	4 u. nam. Een donkere dag, doch vrij van regen, des avonds een weinig zonneshijn. Tak van Syringa vulgaris, met ongeveer 50 gezonde bladeren (ter gezamenlijke oppervlakte van 300 vierk. Eng. duimen).....	5.0.	5.00.	81.00.	2.	79.00.	21.00.
"...21.	7 u. nam.....	0.0.	3.30.	80.75.	2.	78.75.	21.25.
"...21.	7½ " voorm. Het vorige deel van den morgen was de klok bedekt.....	0.0.	2.25.	80.00.	2.	78.00.	22.00.
"...22.	11½ u. voorm. Heldere zonnige dag. Therm. 64° F.....	0.0.	2.25.	79.50.	2.	77.50.	22.50.
"...22.	3½ u. nam.....	0.0.	0.00.	77.00.	2.	75.00.	25.00.
"...22.	8 " voorm. Vóór het ontdekken der klok.....	0.0.	0.50.	79.75.	2.	77.75.	22.25.
"...23.	9 u. voorm. Heldere, onbewolkte dag. Therm. 68° F.....	8.5.	9.00.				
"...23.	1½ u. nam.....	0.0.	6.00.	75.75.	2.	73.75.	26.25.
"...23.	5 " ".....	0.0.	3.00.	74.50.	2.	72.50.	27.50.
"...23.	8 " voorm. Vóór het wegnemen van het scherm.....	0.0.	2.00.	75.00.	2.	73.00.	27.00.
"...24.	8 u. nam. Na een helderen dag.	0.0.	0.00.	76.00.	2.	74.00.	26.00.
"...24.	8 " voorm. Vóór het wegnemen van het scherm.....	0.0.	0.00.	75.50.	2.	73.50.	26.50.
"...25.	4 u. nam. Na een helderen dag.	0.0.	0.00.	76.50.	2.	74.50.	25.50.
"...25.	8 " voorm. Vóór het wegnemen van het scherm.....	0.0.	2.00.	76.75.	2.	74.75.	25.25.
"...27.	6 u. nam. Heldere dag, als te voren.....	0.0.	0.00.	77.25.	2.	75.25.	24.75.
"...27.	10 u. voorm.....	0.0.	1.00.	80.75.	2.	78.75.	21.25.

De proef werd afgebroken, daar de meeste bladeren afgevallen, en de andere kwijnende waren. Dat kwijnen begon den 24sten Mei, na welken tijd ook de hoeveelheid O verminderde.

Deze proeven leeren, hoezeer men zich bedriegen kan in de nitkomst, wanneer men de lucht eerst na eenige dagen onderzoekt, en hoe snel eene besloten ruimte nadeelig werkt op de ingesloten plant.

DAUBENY heeft verschillende planten in deze opzigten onderzocht, en bij allen hetzelfde verschijnsel waargenomen, bij monocotyledonen zoowel als bij dicotyledonen; bij waterplanten zoowel als bij landplanten; bij groene cryptogamen (Varens en Algen) zoowel als bij hooger georganiseerde.

Alle groen gekleurde plantendeelen ontwikkelden zuurstof, wanneer zij in gezonden toestand aan de zonnestralen werden blootgesteld, en namen CO^2 op; daarbij was, zoo als ook DE SAUSSURE gevonden had, de hoeveelheid opgenomen CO^2 grooter dan die der ontwikkelde zuurstof; zelfs wanneer men de geringe hoeveelheid CO^2 , die in het laagje water op het kwik kon opgelost zijn, in rekening brengt.

Over het geheel onderscheiden de laatste proeven van DAUBENY zich gunstig van die zijner voorgangers, door de wijze waarop zij genomen zijn, en door de uitvoerige mededeeling der uitkomsten. Doch het gebruik van ijzeren vaten in eene warme, vochtige en CO^2 houdende lucht is niet aan te raden, daar deze zich spoedig oxyderen, en daardoor een storenden invloed op de beslotene lucht uitoefenen.

In het volgende jaar zag een stuk van DUTROCHET ¹, over de ademhaling der planten het licht. Het vraagstuk is hier echter uit een eenigzins ander oogpunt behandeld, en men vindt meer een onderzoek naar de wijze, waarop zich de lucht uit de bladeren ontwikkelt en de wegen, die zij daarbij volgt, dan wel eene beschouwing van de werking der planten op de omringende dampkringslucht. DUTROCHET beschouwt de stomata aan de ondervlakte der bladeren als de ademhalingsholten der planten, en neemt aan, dat in deze het in het duister door de plant gevormde CO^2 , onder den invloed van het licht, ontleed wordt, zoodat aldaar eene zeer zuurstofrijke lucht aanwezig is. Deze lucht wordt nu in de natuur, volgens DUTROCHET, ten deele uitgedemd, ten deele teruggevoerd in het inwendig weefsel der plant, en

¹ *Mémoires sur les végétaux et les animaux*. Paris, 1837, I, p. 302—364.

daar verbruikt tot vele oxydatie-processen. Hij meent dit op grond van de volgende proef:

Hij bragt de drijvende bladeren, den stengel en de wortels van *Nymphaea lutea* onder een met water gevuld glas, dat omgekeerd was in een ander vat met water, en verzamelde nu door middel der luchtpomp de lucht uit deze plantendeelen. Bij onderzoek bestond de lucht der:

	O.	N.
bladeren uit.	18	82.
stengels »	16	84.
wortels »	8	92.

Het zuurstofgehalte neemt dus af, hoe dieper de lucht in de plant dringt.

Dat er eene doorlopende gemeenschap is voor de luchtsoorten in het inwendige der plant, blijkt uit deze proeven:

Wordt een blad van *Nymphaea* onder water gehouden, zoo sluiten zich de stomata van de bovenzijde, en brengt men dit blad in het zonlicht, zoo kan de in het blad ontwikkelde lucht niet anders ontsnappen, dan door de luchtvoerende vaten, die uitkomen aan den afgesneden bladsteel; hetgeen ook werkelijk geschiedt. Laat men daarentegen het blad op het water drijven, zoo komen er geene bellen uit den bladsteel, omdat nu de lucht door de geopende stomata vrij ontwijken kan. Bij de bladeren van landplanten vond hij hetzelfde, wanneer hunne stomata de eigenschap hadden, om zich onder water te sluiten. Ook de rigting van het blad is van belang voor de gasontwikkeling; een blad van *Nymphaea alba* met de bovenzijde naar het licht gekeerd, gaf in eene minuut gemiddeld 24 gasbellen, met de ondervlakte naar het licht toegewend, slechts 10 bellen.

Deze feiten, die op zich zelve niet onbelangrijk zijn, leiden echter te ver af van ons onderwerp, dan dat wij ons langer daarbij zullen ophouden, te meer, omdat alle proeven van DUTROCHET ten doel hebben, om aan te toonen, dat de

ademhaling der planten overeenkomstig is met die der dieren. Om dezelfde reden vermelden wij onder ook niet de proeven van RAFFINEAU DELILE ¹, over de wijze van ademen der bladeren van *Nelumbium*, en den strijd tusschen hem en DUTROCHET over dit onderwerp. Een inspuiten der vaten van het blad met metaal-oplossingen, en een beschouwen der ontwijkende lucht als men in den bladsteel blaast, mogen voor de anatomie van het blad van belang kunnen zijn: tot opheldering der levensverrigtingen van de gezonde plant zijn zij minder geschikt, daar men niet verzekerd is, dat, ten gevolge van het geweld den bladeren aangedaan, niet eenige teedere celvliesjes verbroken zijn, zoodat men openingen meent te ontdekken, waar die in het gezonde blad niet bestaan.

Overigens levert het tijdsbestek van 1836 tot 1840, geene opzettelijke reeks van proeven over de betrekking tusschen de planten en het CO² der atmosfeer, doch wij vinden eenige bijzondere feiten opgeteekend, die over dit onderwerp licht verspreiden kunnen en dus eene korte vermelding behoeven.

Vooreerst moeten hier de hoogst belangrijke verslagen genoemd worden over de waarde der handelwijze van WARD, die boven bl. 63 beschreven is ². WARD zelf geeft hier eene beschrijving van de door hem gebezigde kisten, en vermeldt tevens de uitkomst zijner onderzoekingen daarmede. Zij is deze, dat men sommige planten een geruimen tijd in eene dergelijke glazen kist kan laten, zonder dat zij gebrek aan water hebben, andere planten daarentegen moeten van tijd tot tijd bevochtigd worden, waartoe in de kisten daarvoor openingen zijn aangebragt. Hij waarschuwt in het algemeen, dat men de planten zoo weinig mogelijk uit haren natuurlijken toestand moet brengen, want hij is volkomen overtuigd van de waarheid der spreuk, dat men: "de natuur slechts bevelen

¹ Ann. des Sc. Nat., 3^e Ser., XVI, 328. (1841.)

² Report of the Brit. Assoc. 1837, p. 501 sqq.

“kan geven, door aan hare wetten te gehoorzamen.” Verder bespeurde hij, dat de vaatplanten grooter luchtwisseling behoeven dan de celplanten, waaraan men voldoet, door ze met een grooter volumen lucht te omringen; terwijl het eindelijk van het hoogste belang is, dat de plant van alle zijden aan het licht worde blootgesteld. De waarheid dezer opmerkingen bewijst WARD uit eenige hoogst gewigtige feiten, betreffende de overbrenging van teedere gewassen uit vreemde gewesten, waarbij zich het vreemde verschijnsel openbaart, dat de planten in zulk eene besloten ruimte eene veel grootere afwisseling van temperatuur kunnen verdragen, dan in de vrije lucht.

Niet minder belangrijk is het verslag door JAMES YATES uitgebragt, als lid der door de British Association benoemde commissie tot onderzoek der waarde van den toestel van WARD. Deze commissie heeft te dien einde op eene uitgebreide schaal proeven genomen, en eene groote kist doen vervaardigen, waarin niet minder dan 80 plantensoorten groeiden, die meest alle levend en gezond zijn gebleven, terwijl vele gebloeid en enkele zelfs vruchten gedragen hebben. Ook in Londen, waar men in de vrije lucht geene planten alzoo kweeken kan, zijn dergelijke proeven door YATES genomen. Eene plant van *Lycopodium denticulatum* groeide in een glas met geslepen stop een jaar lang zeer goed, en zaden, die toevallig in de aarde waren, zijn daarin opgekomen. In een hollen glazen bol van 18 Eng. duimen middellijn met slechts ééne opening bragt hij *Varens* en *Lycopodium*soorten met vochtige aarde; waarna hij de opening sloot met caoutchouc, dat luchtdigt aan het glas was bevestigd, zoodat de versche lucht nergens in het glas kon indringen, tenzij het stuk caoutchouc, dat hol of bol stond, naar mate van de meerdere of mindere spanning der buiten- of binnenlucht, langzamerhand eenige lucht doorliet. De planten groeiden even goed, als zij waarschijnlijk in eene broeikas zouden gedaan hebben. Bij dit verslag voegt DAUBENY, die ook lid der commissie was, nog de opgave van

eenige onderzoekingen omtrent de in de kisten besloten lucht. Na 10 dagen vond hij in de lucht van drie zulke glazen kisten een grooter zuurstofgehalte, dan in de dampkringslucht (van 2^o/_o tot 4^o/_o meer). Dit verschil verminderde echter langzamerhand, zoodat zelfs in sommige kisten de lucht na een paar maanden minder dan de gewone hoeveelheid zuurstof bevatte. Eindelijk heeft DAUBENY nog de snelheid van diffusie hierbij bepaald en gevonden, dat zoo hij in een ledigen glazen ballon van 1 gallon inhoud, met eene opening, die gesloten was met eene blaas van 3 duim middellijn, eene lucht bragt, die 77^o/_o O bevatte, deze na vijf dagen de samenstelling der omringende dampkringslucht had.

Vervolgens heeft SCHLEIDEN ¹ de belangrijke waarneming gedaan, dat het vrije CO² in bronwateren hoogst gunstig is voor den plantengroei. Het dal van Göttingen, dat, gelijk bekend is, bijna geheel uit schelpkalkbergen wordt gevormd, bevat vele bronnen, die ten deele uit den schelpkalk zelfen, ten deele uit den bonten zandsteen ontspringen. De wateren dezer bronnen nu bezitten eene groote hoeveelheid vrij CO², en houden dien ten gevolge eene aanzienlijke hoeveelheid koolzuren kalk opgelost, die zich verder afzet, en zelfs tot bouwsteen wordt gebruikt. Bij een der bassins, die het water vormt, schijnt dit bijna te koken van wege de sterke ontwikkeling van CO², en een ieder, die derwaarts zijne schreden rigt, valt de weelderige plantengroei in het oog, die zoowel in het water, als in den onmiddellijken omtrek daarvan zich bevindt. De vegetatie aldaar is die op andere plaatsen in het voorjaar geheele weken vooruit, en duurt in den herfst langer dan ergens elders. Wij zien hier dus in de vrije natuur volkomen bevestigd, wat de talrijke proeven met waterplanten omtrent den invloed van het CO² geleerd hebben.

¹ *Beiträge zur Botanik*, Leipzig, 1844. Bd. I, S. 1. (Overgedrukt uit WIEGMANN'S Archiv, 1837. Bd. I, S. 279.)

Verder voedde COLIN¹ erwten, boonen en eene plant van *Polygonum tinctorium* met zuiver water en lucht, en bespeurde, dat deze planten bloeiden en rijpe vruchten voortbragten; een bewijs alzoo, dat er bij den groei CO_2 uit de lucht was vastgelegd.

REIMERS gaf eene: *Respirationis plantarum explicatio*, Kiliae, 1839; van welk werk ik echter slechts den titel ken.

In het jaar 1840 verscheen JUSTUS LIEBIG's *Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. Dit werk, hoewel het geene nieuwe proefnemingen bevatte, gaf toch een nieuw leven aan het vraagstuk van de ademhaling der planten door den strijd, dien het uitlokte. In lewendigen, boeienden stijl geschreven, verklaarde het de voeding der planten op eene eigene wijze. "Wat de plant aan koolstof "ontvangt," zegt LIEBIG, "verkrijgt zij uit de atmosfeer; want, "zoo men de rekening opmaakt van hetgeen een bunder gronds "aan koolstof in den plantengroei oplevert, en daarmede ver- "gelijkt het koolstofgehalte van den bodem vóór en na den "wasdom der plant, dan blijkt het, dat de koolstof, die de "grond kan leveren, slechts eene niet noembaar kleine breuk "is van de hoeveelheid, die de dampkring aanbiedt."

Wat nu de wijze betreft, waarop de planten zich die koolstof toeigenen, zij is volgens LIEBIG deze: De bladeren der planten, de wortels en takken zuigen voortdurend CO_2 in, dat door de groene plantendeelen onder den invloed van het zonnelicht ontleed wordt. Deze werking bepaalt zich echter niet tot den directen invloed der zonnestralen; zij heeft, hoewel minder krachtig, evenzeer plaats in het diffuse licht, gelijk alle scheikundige werkingen der zonnestralen in het diffuse licht met mindere snelheid even zoo plaats hebben. Des nachts echter geschiedt die ontleding van CO_2 niet; dan

¹ Comptes Rendus, 1838, II, p. 979.

wordt er door de plant O opgenomen, en eenig CO^2 afgegeven. Deze verrigting heeft met het leven der plant niets gemeen; zij is eene zuiver scheikundige werking, ten gevolge der inwerking van de zuurstof der lucht op de bestanddeelen der bladeren, bloemen en vruchten, en hangt geheel af van de samenstelling van deze. Het CO^2 , dat onder deze omstandigheden wordt ontwikkeld, is evenzeer onafhankelijk van de levensverrigtingen der plant; het wordt met het verdampende water der plant in den dampkring ontlast. Waren de planten-physiologen meer scheikundigen geweest, zoodat voor hen CO^2 en O meer dan klanken, dan woorden zonder zin, betekenden, zoo ware er niet zoo lang over het luchtverbeterend vermogen der planten gestreden. Men had dan ingezien, dat de plantengroei eene voorwaarde is van het dierlijk leven; men had bespeurd, dat het tweede rijk het groote middel is in de hand der Natuur, om aan den dampkring zijne voortdurende gelijkheid van samenstelling te geven; men had ontdekt, dat de weelderige groei onder de keerkringszon de voorraadschuur is van zuurstof, die door de Z. W. winden naar de gematigde luchtstreken wordt gevoerd, terwijl omgekeerd de terugkeerende luchtstroom de keerkringsplanten van CO^2 voorziet.

Ziedaar in korte trekken den inhoud van het werk van LIEBIG. Geen boek welligt, dat toen in de wetenschappelijke wereld meer opgang maakte; geen boek ook welligt, waartegen meer stemmen zich verheven hebben ¹. De aanval tegen de planten-physiologen werd krachtig afgeweerd door SCHLEIDEN en MOHL, en de onkunde van LIEBIG in vele opzigten bewezen; de waarde van de organische stoffen van den bodem, als voedingsmiddelen der plant, werd verdedigd en met bewijzen gestaafd door vele wetenschappelijke land-

¹ Men vindt eene opgave van de meeste stukken, tegen het boek van LIEBIG geschreven, in WOLFF'S *Chemische Forschungen auf dem Gebiete der Agri-cultur und Pflanzenphysiologie*. Leipzig, 1847, S. 208 en 209.

bouwers; door allen werd de aandacht der natuurkundigen op de oorzaken van voeding der plant gerigt.

Wij zullen ons bij dien strijd niet ophouden, daar uit eene beschouwing der in dit geschiedkundig overzicht opgeteekende proeven, de waarde van vele der uitspraken van **LIEBIG** ligtelijk beoordeeld kan worden. Wij wagen het ook niet, een oordeel te vellen over de strijdende partijen, maar mogen ten slotte onzer beschouwing de volgende opmerking niet terughouden:

In een wetenschappelijk werk door stoute verklaring voor zekerheid uit te maken, wat na talrijke nasporingen nog twijfelachtig bleef; en wederom, eigenmagtig te veroordeelen, wat door schrandere natuuronderzoekers met veel zorg en moeite als kennis is verkregen; dit moge door den uitgelokten strijd in zijne gevolgen nuttig zijn, voor den wetenschappelijken zin van den schrijver is het een ongunstig getuigenis.

De eerste proeven, die thans eene vermelding behoeven, zijn die van **DRAPER**, over den invloed van de verschillende lichtstralen op de CO_2 ontleding, en over de ontleding van carbonaten door de plant. Reeds drie jaren vroeger (in 1840) had **DRAPER**¹ aangetoond, dat plantenbladeren in CO_2 houdend water gedompeld, en op de wijze van **DAUBENY** aan gekleurd licht blootgesteld, zuurstof ontwikkelden, wanneer het licht door eene oplossing van bi-chromas potassae, van rhodaan-ijzer of van sulphas cupri et ammoniae was gegaan. En **HUNT**² had dit verklaard, door met het prisma aan te toonen, welke lichtstralen nog door die middenstoffen doorge laten werden. Thans deelt **DRAPER** den uitslag van proeven mede, die eene bevestiging van die van **DAUBENY** en eene voortzetting van zijne vroegere onderzoekingen zijn.

Daarlatende wat door **DRAPER** wordt gezegd, omtrent eene vermeende eigen soort van stralen van het zonnespce-

¹ Phil. Mag., XVI, 82.

² T. a. pl., bl. 273.

trum, door hem tithonische stralen genoemd, zullen wij hier alleen de verschillende werking der enkelvoudige stralen op de ontwikkeling van O uit groene plantendeelen vermelden ¹.

Hij verschaft zich door herhaald koken geheel lucht vrij water, verzadigt dit met CO², en brengt het in zeven glazen buizen, die elke eene middellijn van 13 mm. en eene lengte van 18 centim. hebben. Boven in elke buis brengt hij een gelijk aantal grashalmen, die vooraf, door ze in CO² houdend water te leggen, van alle aanhangende lucht zorgvuldig bevrijd waren. Alle buizen werden nu omgekeerd, en naast elkander op eene kleine porceleinen pneumatische tobbe geplaatst, en deze zoo gesteld, dat een horizontaal zonnenspectrum, door een prisma verstrooid en door een heliostaat onveranderlijk gehouden, op de buizen viel. DRAPER verkiest te regt deze wijze van werken, boven het gebruik van gekleurde oplossingen, daar deze de verschillende stralen te gelijk doorlaten, en dus eene zamengestelde uitkomst geven. Bovendien kon hij nu door eene kleine verplaatsing van het prisma de verschillend gekleurde stralen naar willekeur op de grashalmen laten vallen.

Na 1½ uur was in de buizen, die door het oranje, gele en groene licht beschonen werden, eene meetbare hoeveelheid gas ontwikkeld; dit werd in een ander glas overgebracht en gemeten, en daarna de tobbe met al de buizen in het vrije zonnelicht geplaatst, om de normale werking in elke buis te leeren kennen. Hierdoor kon hij ook rekenschap houden van het kleine verschil in werking van de grashalmen in de verschillende buizen. De uitkomst der proef is bevat in deze

¹ Zie Phil. Mag., XXIII, 161—176. Ann. de Chim. et de Phys., 3^e Ser., XI, 214—228.

TAFEL VAN GASONTWIKKELING IN VERSCHILLEND
GEKLEURD LICHT.

PROEF N ^o . 1.		PROEF N ^o . 2.	
N A A M VAN DEN LICHTSTRAAL.	GASVOLUMEN.	N A A M VAN DEN LICHTSTRAAL.	GASVOLUMEN.
Uiterste rood.....	0.33.	Uiterste rood en rood	0.00.
Rood en oranje....	20.00.	Rood en oranje....	24.75.
Geel en groen.....	36.00.	Geel en groen.....	43.75.
Groen en blaauw...	0.10.	Groen en blaauw...	4.10.
Blaauw.....	0.00.	Blaauw.....	1.00.
Indigo.....	0.00.	Indigo.....	0.00.
Violet.....	0.00.	Violet.....	0.00.

Hieruit volgt, dat de stralen, die de gasontwikkeling te weeg brengen, dezelfde plaats in het spectrum innemen, als de oranje, gele en groene stralen. Eene oplossing alzoo, die het rood, blaauw, indigo en violet absorbeert, moet de werking van het licht op de bladeren bijna niet verzwakken. Met bichromas potassae, dat juist in dat geval verkeert, nam DRAPER de proef op de (bl. 106) beschrevene wijze, en vergeleek daarmede de werking van sulphas cupri et ammoniac, en die van het vrije zonnelicht. Hij verkreeg deze uitkomst:

Met vrij zonnelicht.	^{GAS.} 4.75.
" 2 CrO ³ KO.	4.25.
" SO ³ CuO en NH ⁴ O. . . .	0.75.

welke zijne verwachting volkomen bevestigde.

Wat de samenstelling der ontwikkelde lucht betreft, zij bestond in al zijne proeven in O, N en CO² in afwisselende

hoeveelheden. Bij sommige bladeren scheen eene eenvoudige verhouding te bestaan tusschen de hoeveelheid O en N in het gas, bij anderen echter weder niet, zoo als blijkt uit de volgende cijfers:

	O.	N.
Pinus taeda.	16.16.	8.34.
" "	27.16.	13.84.
" "	22.33.	21.67.
Poa annua.	90.00.	10.00.
" "	77.90.	22.10.

DRAPER komt door dit alles tot het besluit, dat het vermogen, om in CO^2 houdend water geplaatste bladeren zuurstof te doen ontwikkelen, toekomt aan de lichtende stralen van het zonnenspectrum, daar: 1^o. het maximum van werking zamenvalt met het maximum van licht; 2^o. op het maximum van warmte (buiten het rood) geene ontleding plaats heeft. Donkere warmte kon ook het verschijnsel niet te weeg brengen, want, wanneer hij een glas met bladeren in CO^2 houdend water bracht in het brandpunt van een' grooten koperen brandspiegel, die aan de warmtestralen van een houtvuur blootgesteld was, zoo verscheen er wel eenig gas, doch dit was nagenoeg zuiver CO^2 , uit het water ontwikkeld; er kwam geen zuurstof, dus was er geen CO^2 ontleed.

Deze ontleding van het CO^2 door de bladeren in den zonnenschijn is, volgens DRAPER, slechts een deel van eene groote reeks van dergelijke werkingen. Zoo men het luchtvrĳe water niet met CO^2 , maar met bi-carbonas sodae bedeeft, en hierin nu de bladeren brengt, zoo bespeurt men in den zonnenschijn even zoo eene zuurstofontwikkeling. Ja zelfs de ontleding van het zout bepaalt zich niet bij het tweede equivalent CO^2 , ook de onzijdige carbonaten worden op die wijze door de planten ontleed, en de lucht, die uit de bladeren zich ontwikkelt, is zeer rijk aan zuurstof.

Tegen deze laatste proeven zijn echter later bedenkingen geopperd, die wij hier laten volgen, hoewel zij eerst in 1845

het licht zagen, opdat men door onmiddellijke vergelijking beter in staat zij, beide uitkomsten te beoordeelen. GRISCHOW¹, dezelfde natuurkundige, van wien wij reeds boven gewag maakten, heeft de proeven van DRAPER herhaald met eene geheel andere uitkomst.

Hij verschaftte zich zoo veel mogelijk lucht vrij water, door gedestilleerd water, na een half uur hard kookens, nog kookend heet te gieten in eene glazen kolf, en deze geheel gevuld met hare opening terstond in een vat met kwikzilver te plaatsen, en daarin te laten bekoelen. Bij zulk water werd $\frac{1}{2000}$ koolzure soda gevoegd, en nu daarin bladeren en bebladerde takken van verschillende planten gebragt, terwijl ook hier wederom de grootste voorzorg genomen werd, om het toetreden der lucht tot het water te beletten. Deze toestel aan de zonnestralen blootgesteld, gaf na eenige uren geene luchtontwikkeling; in den loop van den dag vertoonde zich hier en daar eene luchtbel, doch dit was dampkringslucht, die, niettegenstaande alle voorzorgen, niet verwijderd was geworden. Aan de bladeren, die door water nat gemaakt worden, vertoonde zich geene enkele gasbel.

Op dezelfde wijze werd de proef genomen met water, waarin $\frac{4}{500}$ bi-carbonas sodae, $\frac{4}{1000}$ bi-carbonas potassae, of $\frac{4}{800}$ sesquicarbonas ammoniac was opgelost; doch met hetzelfde ontkenkende gevolg. Bragt GRISCHOW daarentegen in zulk water een weinig wijnsteenzuur, waardoor het CO² werd vrijgemaakt, dan ontwikkelden de bladeren (die 1.2 C.C. ruimte innamen) terstond gasbellen, zoodat er des avonds 3 C.C. gas gevormd was, dat slechts 22% N bevatte. Hieruit besluit GRISCHOW, dat het gas, door DRAPER bij gebruik van carbonaten verkregen, ontstond ten gevolge van ongenoegzame voorzorgen, om het water van lucht te bevrijden; en dat alzoo de bladeren alleen O ontwikkelen, wanneer in het water vrij CO²

¹ ERDMANN und MARCHAND, Journ. f. pract. Chemie, XXXIV, S. 170. (Jan. 1845.)

aanwezig is. Men ziet dus, dat de ontleding der carbonaten door plantendeelen nog geenszins bewezen is, en dat nadere proefnemingen vereischt worden, om dit twistpunt behoorlijk uit te maken; hoewel het niet te ontkennen valt, dat de handelwijze van GRISCHOW in naauwkeurigheid boven die van DRAPER staat.

Ongeveer te gelijker tijd met DRAPER, heeft DR. GARDNER¹ proeven genomen over den invloed der verschillende lichtstralen op de groene kleur en de rigting der planten. Hij bevestigt de uitkomst van genen, dat de groei het krachtigst plaats heeft in het gele licht, wanneer de planten even groen blijven als in gewone omstandigheden. En zijne onderzoekingen vereenigende met die van DRAPER over de CO_2 ontleding, en die van W. HERSCHEL over de lichtsterkte, en bij allen de maxima van werking = 1 stellende, komt hij tot de hoogst belangrijke overeenkomst, die uitgedrukt is in de volgende

¹ Phil. Mag., XXIV, 1—15.

T A F E L.

PLAATSEN VAN HET SPECTRUM.	VORMING VAN CHLOROPHYLL. (GARDNER.)	ONTLEDING VAN CO ² . (DRAPER.)	LICHTEND VERMOGEN. (HERSCHEL.)
Uiterste rood.....	0.000.	0.0000.	0.0000.
Streep B (v. FRAUNHOFER).		0.0091.	0.0320.
Streep C.....			0.0940.
Begin van oranje.....		0.5550.	
Streep D.....			0.6400.
Midden van oranje.....	0.777.		
Midden van geel.....	1.000.	1.0000.	1.0000.
Streep E.....			0.4800.
Midden van groen.....	0.583.		
Streep F.....			0.1700.
Midden van blaauw.....	0.100.		
Einde van blaauw.....		0.0027.	
Streep G.....	0.000.	0.0000.	0.0310.
Streep H.....	0.000.	0.0000.	0.0056.

Het blijkt hieruit, dat de gele straal het gunstigst is voor den groei der planten, en dat alzoo de door HUNT ¹ bevestigde meening van SENEBIER ², volgens welke de blaauwe en violette stralen de krachtigste werking zouden vertoonen, minder juist mag geacht worden.

Belangrijk is echter de eigenschap dezer laatste stralen om de rigting te bepalen, waarin de planten groeijen, zoo als

¹ Phil. Mag., XVI, 273.

² *Physiol. végét.*, III, 276.

GARDNER uit eene reeks van proeven ontdekte. "Zou daaruit," vraagt hij ten slotte, "niet kunnen afgeleid worden, dat de blaauwe kleur des hemels in zekere mate de oorzaak is, waarom de planten altijd regt op groeijen?"

Ook over de gassen, die zich uit de bladeren van *zeeplanten* ontwikkelen, zijn in dezen tijd eenige waarnemingen gedaan, die van belang zijn. AIMÉ¹ zag aan de kusten van Algiers de zeeplanten gewoonlijk met eene groote hoeveelheid gasbellen bedekt, zoodat zich op sommige plaatsen van het water een schuim vormde, niet ongelijk aan dat, wat meestal op stilstaand zoet water wordt gezien. Die ontwikkeling der gasbellen duurt het geheele jaar door en schijnt alleen van het licht af te hangen; des morgens verkrijgt men weinig gas, maar des avonds na een zonnigen dag eene groote hoeveelheid, zoodat AIMÉ dan dikwijls 1 liter gas kon verzamelen, door in het water, waar de bladeren der zeeplanten zich bevinden, over eene oppervlakte van 5 à 6 vierkante voeten te roeren.

Alle zeeplanten vertoonen dan gasbellen aan hare oppervlakte; maar bovendien bevatten de Ulven en Conferven nog inwendige gasbellen, die door den invloed van het licht grooter worden, zoodat zij soms het blad doen scheuren, en des nachts inkrimpen, zonder echter immer geheel te verdwijnen. Het onderzoek dier gassoorten leerde AIMÉ, dat zij bevatteden:

	INWENDIGE GASBELLEN.		UITWENDIGE GASBELLEN.	
	DES MORGENS.	DES AVONDS.	DES MORGENS.	DES AVONDS.
O.	17.	36.	21.	55.
N.	83.	64.	79.	45.

¹ Ann. de Chim. et de Phys., 3^e Ser., II, 535—539.

Daar hij vermoedde, dat het in het water opgeloste CO^2 hierbij eene groote rol zoude spelen, bragt hij eenige der planten, in eene gesloten flesch met zeewater gevuld, 12 uren in het duister; het water bevatte na dien tijd eene aanzienlijke hoeveelheid CO^2 . En omgekeerd, zoo hij de planten in CO^2 houdend water aan de zonnestralen blootstelde, nam de gasontwikkeling zeer toe, en een deel van het CO^2 werd in O veranderd. Wij zien hier dus volkomen bevestigd, wat de talrijke vroegere onderzoekingen omtrent de werking van zoet-waterplanten geleerd hebben.

Gelijk in het begin van dit hoofdstuk gezegd is, werd er een geruimen tijd na de proeven van DE SAUSSURE weinig belangrijks omtrent ons vraagstuk gevonden, en de aandacht der natuurkundigen was in dit tijdvak weinig hierop gericht. Van hier dan ook, dat wij in dit twintigtal jaren over het algemeen een geringen vooruitgang in kennis bespeuren.

Omtrent de opneming van het CO^2 door de groene plantendeelen werden de proeven van DE SAUSSURE door COUVERCHEL bevestigd, wat de groene vruchten betreft, terwijl de onderzoekingen van DAUBENY en van anderen die opneming voor de geheele plant bewezen. Doch hoe voortreffelijk deze proeven waren, zij openden geene nieuwe gezigtspunten voor de kennis aangaande de levensverrigtingen der plant. Deze verdienste komt daarentegen LIEBIG toe, hoewel zijne meeningen ten deele onjuist waren; hij wekte de belangstelling wederom op, waarvan wij in het volgende hoofdstuk de schoone gevolgen zullen zien. De ontwikkeling van zuurstof door de groene plantendeelen is door DAUBENY bewezen, zoo de planten omringd zijn van een dampkring, die rijker aan CO^2 is, dan de gewone lucht, en een enkele maal is zij waargenomen in de kisten van WARD. Hier zijn dus wederom de proeven van DE SAUSSURE bevestigd, doch men ontving, behalve de uitbreiding van het verschijnsel op zeeplanten, geene nieuwe gezigtspunten, want de meening van DRAPER,

dat de planten uit eene menigte van stoffen de zuurstof zouden afscheiden, is door GRISCHOW zeer onwaarschijnlijk gemaakt. Verre weg het belangrijkste was in dit tijdvak de behandeling van onze derde vraag. DAUBENY nam het eerst eene uitvoerige reeks van proeven over den invloed der enkelvoudige lichtstralen op de bekende werking der groene plantendeelen, en zijne uitkomst, dat de *lichtende* stralen van het zonnenspectrum hierbij de hoofdrol spelen, werd bevestigd door de proeven van DRAPER, die de plaats der werkzame stralen nog nader aanwezen, en als zoodanig de oranje, gele en groene noemden. Dit alles eindelijk werd door GARDNER in een schoon verband gebragt met zijne proeven over de vorming van het bladgroen, en met die van HERSCHEL over de lichtsterkte der verschillend gekleurde stralen.

HOOFDSTUK IV.

VAN BOUSSINGAULT TOT AAN DE PROEVEN DER LAATSTE JAREN (1843—1850).

Tot nu toe was men altijd op de oude wijze te werk gegaan bij de proefnemingen met planten. Men had geheele planten, of gedeelten daarvan, in eene besloten ruimte, die met lucht of water gevuld was, aan den invloed van licht en duisternis blootgesteld en de gevolgen daarvan opgeteekend. De talrijke onderzoekers van vroegeren tijd hadden de verschijnselen, daarbij te weeg gebragt, uitvoerig nagegaan, zoodat het niet te verwachten was, dat men op die wijze veel verder in de geheimen van het leven der plant zoude indringen. Te meer, omdat de planten daardoor in geheel bui-

tengewone omstandigheden gebragt werden, zoo als men meer en meer begon in te zien, en dus de verrigtingen ook niet anders dan buitengewoon konden zijn. Men vindt dan ook in dezen tijd weinig nieuwe proeven in dezen zin genomen, en de laatste onderzoekingen hadden meer ten doel, de werking van het licht na te sporen, dan wel, den invloed der planten op de dampkringslucht nader te onderzoeken.

Echter was de opneming van het koolzuur der lucht door de planten, die in een' natuurlijken toestand verkeerden, nog nimmer onmiddelijk bewezen. De eer dezer ontdekking was aan BOUSSINGAULT voorbehouden, die, hoewel waarschijnlijk onbewust van hetgeen BISCHOF reeds in 1819 had voorgeslagen, door eene gelukkige vereeniging van hetzelfde beginsel met de handelwijze van DE SAUSSURE, het vraagstuk oploste, en uit eene eenvoudige en fraaije proef het feit der CO^2 opneming voldingend bewees.

In den zomer van 1840¹ bragt BOUSSINGAULT in een' ballon met 3 halzen van 15 liters inhoud, een' tak van een' wijnstok, die in vollen groei was, en ongeveer 20 bladeren bevatte; hij bevestigde den tak met eene buis van caoutchouc luchtdigt aan den ondersten hals van den ballon. Door de bovenste opening van dezen ging eene uitgetrokken glazen buis, die diende om den ballon in gemeenschap met de buitenlucht te stellen. De derde hals eindelijk had gemeenschap met een' toestel, om zeer nauwkeurig het CO^2 te bepalen, welke toestel echter niet nader beschreven wordt.

Er werd nu door middel van een BRUNNER'schen adspirator, die met water gevuld was, een luchtstroom aangebragt, die door de uitgetrokken buis intredende in den ballon, waarin de wijnstokkrank groeide, eindelijk in den toestel ter opneming van het CO^2 kwam, en daar zijn gehalte aan CO^2 afgaf. Te ge-

¹ Deze proef, in 1840 genomen, is echter eerst in 1843 bekend gemaakt in BOUSSINGAULT's *Economie rurale*. Paris, 1843—1844, Vol. I, pag. 66, waarom ze eerst hier vermeld wordt.

lijker tijd werd op dezelfde plaats eene dergelijke inrigting, maar zonder plant, in werking gebragt, om het CO^2 gehalte der omringende lucht te bepalen.

Bij eene proef, die van 11 tot 3 ure duurde, en waarbij in het uur 12 liters lucht werden doorgevoerd, bevatte de lucht, die in den ballon met de plant vertoefd had, 0.0002 van haar volumen aan CO^2 , en de lucht van de plaats der proefneming 0,00045 CO^2 .

Bij eene tweede proef werd in de lucht, die over de plant gestreken had, 0.0001 CO^2 , en in de buitenlucht 0.0004 CO^2 gevonden. De plant had dus in het eerste geval ruim de helft, in het tweede $\frac{3}{4}$ van het aanwezige CO^2 der lucht opgenomen, terwijl zij aan de zonnestrallen was blootgesteld.

Bragt BOUSSINGAULT den toestel des nachts in werking, zoo verkreeg hij eene tegengestelde uitkomst: de lucht, die met de plant in aanraking was geweest, bevatte dan ongeveer de dubbele hoeveelheid CO^2 van de buitenlucht. Hiermede was nu het sprekend bewijs geleverd van de opneming van het CO^2 door de planten. Om echter den invloed dier werking op de plant en op de omringende lucht nader te leeren kennen, was het, zoo als BOUSSINGAULT zelf opmerkt, noodig, dat gedurende een geruimen tijd op deze wijze de veranderingen der lucht werden nagegaan. Men zoude, om met zekerheid te kunnen beoordeelen, of de planten werkelijk in de huis-houding der natuur bestemd zijn, om de dampkringslucht hare standvastige samenstelling te doen behouden, vele planten gedurende hare geheele ontwikkeling aldus moeten bespieden. Dit werk, hoe nuttig en wenschelijk ook, is echter tot op den huidigen dag niet volvoerd.

Aan de uitkomst van BOUSSINGAULT sluit zich eene analyse van LE BLANC ¹ in 1842, die, hoewel met een ander doel volvoerd, hier toch eene plaats verdient. Gebruik makende van den toestel van DUMAS en BOUSSINGAULT, om

¹ Annal. de Chim. et de Phys., 3^e Sér., V, 232.

de samenstelling der lucht te bepalen¹, heeft LE BLANC de lucht uit verschillende besloten ruimten geanalyseerd, en ook het onderzoek van die eener gesloten broeikas met keerkringsplanten bekend gemaakt.

Eene proef der lucht, den 9den Febr. 1842 des avonds te 6 ure genomen, nadat de planten gedurende $\frac{2}{3}$ van den dag door de zon beschenen waren en de kas 12 uren gesloten was geweest, bleek geen CO^2 en 23.01% O in gewigt te bevatten. Den volgenden morgen te 8 ure werd de lucht weder onderzocht, en bestond nu uit:

CO^2	0.01.
O	22.96.
N	77.03.
	<hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/>
	100.00.

Zij had alzoo nagenoeg dezelfde samenstelling als den vorigen avond, want de kleine verschillen in het zuurstofgehalte liggen geheel binnen de fouten der analyse. Deze proef bewijst dus niets voor de ontwikkeling van zuurstof, maar des te meer voor de opneming van het koolzuur. De krachtige groei der keerkringsplanten heeft hier al het CO^2 der lucht uit de kas doen verdwijnen, zoodat LE BLANC niet ten onrechte vermoedt, dat de kasplanten, die dicht op een gehoopt staan, wel eens gebrek aan CO^2 kunnen hebben.

Eene waardige plaats, naast de proeven van BOUSSINGAULT, bekleeden die van PEPYS². Had de eerste de opneming van het CO^2 der dampkringslucht door de planten bewezen, PEPYS toonde hetzelfde aan voor eene lucht, die grooter gehalte aan CO^2 bevatte.

De groote en kostbare toestellen, welke door ALLEN en PEPYS reeds in 1808³, later in 1829, gebruikt waren bij

¹ Beschreven in Ann. de Chim. et de Phys., 3^e Sér., III, 257.

² Philos. Trans. 1843, p. 329, alwaar eene afbeelding van den toestel voorkomt. Vergelijk daarmede de plaat in Philos. Trans. 1808, p. 280.

³ Zie Philos. Trans. 1808, p. 250, en 1809, p. 412.

hunne belangrijke proeven over de ademhaling der dieren, werden nu dienstbaar gemaakt aan het onderzoek van de werking der planten op de omringende lucht. Zonder in eene wijdoopige beschrijving dier toestellen te willen treden, achten wij toch het volgende tot regt verstand der wijze van proefneming niet overbodig.

Een groote gazometer, met kwikzilver afgesloten, stond in verband met twee kleinere kwik-gazometers, welke uit den eersten gevuld, en daarna van dien afgesloten konden worden. Tusschen deze twee gazometers was de toestel gebragt, waarin de plant of de bladeren besloten moesten worden, terwijl een dezer gazometers zoodanig was ingerigt, dat uit dezen een weinig lucht, zoo dikwijls men wilde, kon genomen en onderzocht worden. De toestel, waarin de plant gebragt werd, bestond uit twee groote concave glazen of hemispheren, welke tegen elkander geplaatst, een eenigzins plat sphaeroid vormden. Deze waren gezet in sterke koperen randen, die, goed op elkander passend gemaakt, en, opdat zij gedurende de proef niet van een wijken zouden, met acht koperen schroeven aan elkander bevestigd waren. Slechts drie openingen waren in de randen gelaten, twee tegen elkander overstaande voor de gemeenschap met de twee gazometers, en de derde, om de plant of het blad daarvan door te laten, dat aan de proef onderworpen zoude worden. Dit laatste geschiedde met veel zorg; eene kurk werd in tweeën gespleten, en in elk deel eene insnijding gemaakt, om den tak door te laten, waarna, door de beide helften, de opening gesloten, en het geheel nog met eene dikke oplossing van arabische gom overdekt werd, zoodat de toestel luchtdigt gesloten was en de plant toch niets geleden had. Eindelijk had PEPYS nog de voorzorg genomen, om hiervoor vijgenboomen en wijnstokken te nemen, die sedert verscheidene jaren onder glas gekweekt waren, en dus van die opsluiting geen letsel ondervonden. De proefneming met genoemden toestel geschiedde op de volgende wijze:

Den 19^{den} Julij 1838 voerde hij 100 cub. Eng. duimen (1638 C. C.) uitgeademde lucht uit den grooten gazometer, door de twee glazen hemisferen, waarin op gemelde wijze een vijgenblad (nog aan de plant gehecht) geplaatst was, in een der kleine gazometers, en liet die lucht daaruit ontsnappen, doch niet zonder een weinig daarvan onderzocht te hebben, hetwelk 8% CO² bevatte. Daarop bragt hij in een der kleine gazometers 53 cub. Eng. duimen (867 C. C.) uitgeademde lucht, en voerde die door de hemisferen in den anderen kleinen gazometer; van dezen weder terug in den eersten, waarop de lucht 8% CO² bevatte. Die lucht werd nu herhaaldelijk over en weer, van den eenen gazometer in den anderen, altijd door de hemisferen met het vijgenblad gevoerd, waarbij voor iederen overgang 5 minuten besteed werden. Nadat dit 10 malen herhaald was, onderzocht PEPYS de lucht en vond daarin 6% CO². Voor dit onderzoek waren 8 cub. duimen (131 C. C.) lucht verbruikt; er bleven dus 45 cub. duimen (736 C. C.) over, die op dezelfde wijze weder 10 maal heen en weder gevoerd werden, en daarna 5% CO² bevatteden. De overblijvende lucht werd nu in de gazometers en in de glazen hemisferen gelaten tot den volgenden morgen 11 ure, toen daarin slechts 3% CO² bleek te zijn. Vele dergelijke proeven gaven in dat zelfde jaar nagenoeg dezelfde uitkomsten.

In de volgende jaren heeft PEPYS die proeven op dezelfde wijze herhaald met uitgeademde en met gewone lucht; terwijl hij ook eenmaal het zuurstofgehalte der lucht met eene oplossing van sulphas protoxydi ferri en ac. nitrosum onderzocht, en eene overeenkomstige hoeveelheid zuurstof in plaats van het verdwenen CO² vond. Wat de planten betreft, de gebruikte vijgenbladeren bleven even gezond als de anderen; zij werden na de proef gemerkt, en dikwijls later voor eene volgende proef weder gebruikt. De uitkomsten dier latere proeven staan met die der beschrevene proef kortelijk opgteekend in de volgende:

TAFEL.

PROEFNEMINGEN VAN **PEPYS**, OVER DE OPNEMING VAN CO^2 DOOR DE PLANTEN
IN EENE KOOLZUUR-RIJKE LUCHT.

NAAM VAN HET BLAD.	DATUM DER PROEF.	BAROMETERSTAND IN MM.	THERMOMETERSTAND.	HOEVEELHEID CO^2 DER LUCHT IN 100 VOLUMEN DEELEN.				AANMERKINGEN.
				BIJ INVOERING IN DEN TOESTEL.	NA HET HEEN EN WE- DER VORREN.	NA DEZE HR- WERKING VOOR DE TWEEDE MAAL.	DEN VOLGENDEN MORGEN.	
VIJGENBLAD.....	19 Julij 1838.	767.5.	72° F.	8.	6.0.	5.0.	3.0.	(1) Sneller dan anders doorgevoerd, 10 m. in 25' (anders in 50'). (2) 50 m. heen en weder in 2 uren. (3) 2 uren lang du en dan heen en weder gevoerd.
idem.....	4 " 1839.	767.0.	74° "	8.	6.0.	4.5.	2.5.	
idem.....	14 " 1840.	769.6.	59° "	8.	6.0.	5.0.(1)	2.0.	
WIJNSTOKBLAD.....	14 " 1840.	769.6.	59° "	7.	5.0.(2)			
VIJGENBLAD.....	21 April 1842.	766.5.	62° "	8.	6.5.	4.0.(3)	3.0.	
idem.....	25 Julij 1842.	760.7.	71° "	8.		4.5.	2.0.	

De proeven, die PEPYS met het overvoeren van gewone lucht over de bladeren nam, toonden geene verandering in die lucht ten gevolge van dien, en vooral niet bij de wijnstokbladeren, die minder krachtig schenen te werken dan de vijgenbladeren. Een belangrijk gevolg, door PEPYS uit die proeven afgeleid, is, dat de planten in die atmosfeer ook des nachts het CO^2 schijnen op te nemen. Dit zoude in tegenspraak zijn met hetgeen uit al de vorige proeven gebleken is; doch, hoezeer wij volstrekt niet de uitkomst betwisten, dat den anderen morgen de hoeveelheid CO^2 der lucht verminderd is, zoo vragen wij toch met bescheidenheid, of PEPYS regt heeft, zijn besluit uit de medegedeelde feiten af te leiden? Immers men behoeft daartoe de nachtelijke werking niet in te roepen, die vermindering kan zeer goed ten gevolge der werking van het morgen- en avondlicht hebben plaats gehad, daar PEPYS niet opgeeft, hoe laat zijne dagproef eindigde, en slechts eenmaal zegt, dat

hij het gas ten 11 ure des morgens heeft onderzocht, dus slechts één uur vóór den middag!

Langs een geheel anderen weg kwam CHEVANDIER tot het bewijs, dat het koolzuur der dampkringslucht door de planten wordt opgenomen en vastgelegd. CHEVANDIER ¹ deelt in 1844 aan de Fransche academie een onderzoek mede over de opbrengst en zamenstelling van het hout van de bosschen van Feschés en Sandwoech, waartoe hij door zijne stelling als opzigter aldaar bijzondere gelegenheid had. Uit de opbrengst van die bosschen van bepaalde uitgestrektheid, in een bepaalden tijd, en uit de door hem onderzochte zamenstelling van het hout, komt hij tot de uitkomst, dat 1 hectare of bunder gronds in één jaar oplevert:

	C.	H.	O.	N.	ASCH.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Voor de Feschés.....	1754.	213.	1507.	33.	48.
" " Sandwoech.....	1854.	225.	1586.	36.	53.

Zoodat men als gemiddelde hieruit mag aannemen, dat jaarlijks van 1 bunder gronds aldaar weggevoerd worden 1800 kilogrammen koolstof, daar, gelijk bekend is, deze bosschen nimmer gemest worden.

Van waar nu die koolstof? Uit de lucht, of uit den bodem, of uit beide? Van den bodem alleen kan zij niet komen, want dan moest die armer worden aan koolstof, terwijl integendeel het koolstofgehalte daarvan zich door den plantengroei telkens vermeerdert. Al die koolstof, hetzij uit de atmosfeer, hetzij uit den bodem afkomstig, kan ook niet door het regenwater aangevoerd en door den grond aan de planten aangeboden zijn; want, zoo als onze hooggeschatte leermeester Prof. G. J. MULDER ² berekend heeft,

¹ Ann. de Chim. et de Phys., 3e Sér., X, 129—162.

² Proeve eener Physiologische Scheik., bl. 765 en volg. Men vindt hier verschillende bepalingen van CO² in het regenwater opgeteekend. Die van water, te Utrecht in 1823 opgevangen, gaven Prof. MULDER, in 1 liter water, 0.0037 gr. koolzuur, zuurstof en stikstof; dus naauwelijks 2 C. C. CO² in 1 liter water. Latere bepalingen van Prof. VON BAUMHAUER, in Julij 1845

het regenwater bevat slechts kleine hoeveelheden CO_2 . Stelt men, dat in 1 liter regenwater 10 C. C. CO_2 zijn, (dat stellig te veel is), zoo bevatten 100 liters 1.98 gr. CO_2 of 0.54749 koolstof. Er zoude dus, om 1800 kilo's koolstof te leveren, eene hoeveelheid van 330.000.000 kilogr. regenwater op 1 bunder gronds moeten vallen; terwijl echter opzettelijke waarnemingen geleerd hebben, dat er per hectare in het binnenland van Frankrijk slechts 6.500.000 kilogr. water jaarlijks valt. Hieruit volgt, dat de boomen niet meer dan $\frac{1}{50}$ der benoodigde koolstof op die wijze zouden kunnen verkrijgen, want men mag veilig stellen, dat het hier niet in aanmerking genomen CO_2 van het opgezogen water, dat den grond doordringt, rijkelijk wordt opgewogen door de evenzeer niet medegerekende koolstof van de afvallende bladeren en van het uitgedemde CO_2 .

Maar levert de dampkringslucht, met haar gering gehalte aan koolzuur, koolstof genoeg, om voortdurend zulk een jaarlijkschen aanwas van hout te veroorloven? CHEVANDIER heeft dit berekend, en aannemende, dat de lucht zes tienduizendste deelen CO_2 bevat, gevonden, dat de hoeveelheid CO_2 van een prisma lucht, hetwelk 1 bunder gronds tot basis en de geheele dikte der atmosfeer tot hoogte heeft, staat tot de 1800 kilogr. CO_2 , voor den plantengroei benoodigd, als 9:1. Zoo dus de aarde met zulke bosschen bedekt was, en er geene voortdurende bronnen van CO_2 voor de atmosfeer waren, zou de hoeveelheid CO_2 der dampkringslucht in 9 jaren uitgeput zijn.

Nu begint echter de groei in genoemde bosschen eerst aan het einde van April en houdt op met het laatst van September, zoodat men daarvoor slechts 5 maanden rekenen

te Utrecht gedaan, gaven bij 0° en 760 mm. in 1000 gr. van vijf soorten van regenwater, dat eenigen tijd aan de lucht blootgesteld was geweest, de volgende hoeveelheden CO_2 in C. C.:

4.70. 4.24. 7.93. 8.58. 9.09.

Wanneer men dus 10 C. C. CO_2 in 1 liter water stelt, is dit zeker ruim genomen.

kan. In dit tijdperk van 150 dagen nemen dus de boomen dagelijks, tusschen den op- en ondergang der zon, gemiddeld aan CO^2 op: $\frac{1800}{150} = 12$ kilogr.

Denkt men zich nu een prisma lucht van dezelfde basis en hoogte als de boomen (1 bunder basis en 20 meters hoogte), dan zal de hoeveelheid CO^2 daarin = 32 kilogr. wezen, wanneer men $\frac{1}{4}$ der ruimte aftrekt voor de plaats, door de boomen zelve ingenomen. Zonder luchtwisseling zoude alzoo het prisma lucht om de boomen in éénen dag $\frac{12}{32}$ of $\frac{3}{8}$ van zijn CO^2 verliezen; waaruit blijkt, van hoeveel belang het voor den groei der boomen is, dat de lucht er vrij tusschen spelen kunne, en hoe heilzaam ook in dit opzigt de dikwijls zoo gevreesde winden zijn.

Kort daarna (1844) bewezen CALVERT en FERRAND de opneming van het CO^2 op eene geheel nieuwe wijze in een hoogst belangrijk stuk over de zamenstelling der in de planten besloten lucht, op verschillende tijden van den dag. Vóór dat wij echter tot de beschrijving van die proeven overgaan, zullen wij kortelijk gewagen van eenige vroegere proefnemingen, die hier eene meer geschikte plaats vinden, dan boven, waar zij als op zich zelve staande feiten minder gevaardcerd zouden geworden zijn.

Men vindt in het inwendige der planten verscheidene ruimten, die met lucht gevuld zijn. Deze zijn, volgens Prof. G. J. MULDER ¹, tweederlei. Ten deele *luchtkanalen*, die reeds in jeugdige planten ontstaan door het uit elkander wijken van cellenrijen, waardoor verschillend gekronkelde wegen gevormd worden; ten deele *luchtholten*, die bij oudere planten ontstaan door verwoesting van het celweefsel. Het onderzoek nu van de lucht, in die ruimten bevat, is van het grootste belang, wanneer zij niet met de buitenlucht in open gemeenschap staat; dit kan tot gewigtige gevolgen voor de kennis der zoogenaamde ademha-

¹ *Proeve eener physiol. scheik.* bl. 864.

lingsverrigtingen der plant aanleiding geven. Daarbij is het noodig, de lucht der luchtholten, zoowel als die der luchtkanalen te onderzoeken, want uit de samenstelling van die der bloot passieve luchtholten, kan men, zoo als Prof. MULDER t. a. pl. opmerkt, geene gevolgen afleiden omtrent den aard der gassen in de luchtkanalen besloten.

Deze onderzoekingen zijn echter hoogst moeilijk, en van daar welligt ook zoo weinig in het werk gesteld. Wanneer men de oudere proeven van INGENHOUSZ, SENEBIER en anderen daarlaat, die slechts aangeven, dat de lucht in holten der planten nagenoeg even zuiver, of iets zuiverder dan de dampkringslucht is, en uit ons oogpunt hier van weinig belang zijn, dan is, zoo verre ons bekend is, ALEX. VON HUMBOLDT de eerste, die dergelijk onderzoek heeft uitgevoerd. In een' brief aan FOURCROY ¹ deelt de Nestor der natuurkundigen mede, dat hij in 1801 de lucht in de vaten van *Clusea rosacea* heeft onderzocht, en daarin tot 35% O heeft gevonden. Daarentegen bleek hem de lucht in de peulen en zaaddoozen van vele keerkringsplanten 25 tot 15% O te bevatten, waaruit hij besluit, dat de in de planten rondstroomende lucht steeds reiner, de in blazen en zaaddoozen besloten lucht steeds minder rein is dan de dampkringslucht (welke volgens hem 30.5% O bevatte). Deze luchtanalyses kunnen thans wel op geene nauwkeurigheid aanspraak maken, vooral als men voor het zuurstofgehalte der dampkringslucht 30% vindt; doch de algemeene uitkomst is toch belangrijk, daar deze volkomen bevestigd wordt door de latere proeven.

Zoo vond in 1829 L. W. TH. BISCHOF ² in 100 volumina lucht der spiraalvaten van *Malva arborea* 27.9 O, van *Cucurbita pepo* 29.8 O, en van een ander exemplaar derzelfde

¹ GILB. Ann., VII, 334 (1801).

² *De vera vasorum plantarum spiraliū structura et functione.* Bonnae, 1829, p. 83.

soort 27.9 O. En vier jaren later trad ook FOCKE ¹ op met een onderzoek van de structuur en verrigtingen der spiraalvaten. Deze, die tot hetzelfde besluit als BISCHOF kwam, dat die vaten luchthoudend zijn, heeft het eerst het vermoeden geuit, dat zij welligt in verband met de zoogenaamde ademhaling der planten zouden staan. Hij heeft daarom de lucht der spiraalvaten na affloop van den nacht onderzocht, en, even als BISCHOF, de internodia van Cucurbita pepo afgesneden en die, van wege de luchtholte in het midden, overlans gespleten, waarna hij ze dompelde in een vat met uitgekookt en nog niet bekoeld water, dat omgekeerd was in een dergelijk vat, evenzeer met uitgekookt water gevuld. Deze toestel werd onder de klok der luchtpomp gebragt, en de lucht uitgepompt, waardoor de lucht uit de spiraalvaten zich boven in het omgekeerde vat verzamelde. Daarna werd de lucht weder ingelaten, en het omgekeerde vat weder overgebragt op eene pneumatische tobbe met kwik, waarna de verzamelde lucht, met kaliloog en sulphuretum potassii onderzocht, bleek 0.013 CO² en geen O te bevatten. Deze uitkomst, vergeleken met die van VON HUMBOLDT en BISCHOF, zoude met zijn vermoeden overeenkomen, dat de lucht der spiraalvaten over dag meer O, des nachts meer CO² bevatte, doch zij is, gelijk de schrijver zelf erkent, niet geheel te vertrouwen, daar het lucht vrij water natuurlijk veel CO² en ook eenig O van de uit de spiraalvaten verkregen lucht heeft opgenomen, die beide aan het onderzoek zijn ontsnapt. Eene herhaling van dit onderzoek ware dus hoogst wenschelijk, doch zij kan alleen tot eene goede uitkomst leiden, wannecr men daarbij geen water, maar kwikzilver als afsluitingsmiddel bezigt.

Al deze proeven zijn alzoo, deels door hare onvolledigheid, deels door de weinige naauwkeurigheid der analyses, van geen invloed geweest op de leer van de ademhaling der plan-

¹ *De respiratione vegetabilium*. Heidelbergae, 1833.

ten. Zij staan verre achter de onderzoekingen van CALVERT en FERRAND ¹, die tot de beste proeven van de latere jaren behooren, en van het grootste belang zijn voor de kennis van de levensverrigtingen der plant.

CALVERT en FERRAND werpen, vóór de mededeeling hunner proeven, een kritischen blik op die hunner voorgangers. Zij merken daarbij twee hoofdfeiten op: 1^o. dat, zoo de snelle opsorping van het CO² door de bladeren geheel bewezen is door de proef van BOUSSINGAULT, de volkomene ontleding van het CO² door niet ééne proef is aangetoond; 2^o. dat sedert PRIESTLEY tot op hunnen tijd geene enkele reeks van proeven is opgeteekend, die het bewijs met zich voert eener ontleding, welke altijd evenredig is aan de sterkte van het licht. (Dit laatste mag thans minder juist genoemd worden, na de bekendmaking der proeven van DAUBENY, DRAPER en GARDNER, die dit verband duidelijk hebben aangetoond.) Verder tellen zij de ongunstige omstandigheden op, waarin men zich plaatst, door eene plant onder eene klok af te sluiten, en nog meer, wanneer men werkt met afgesneden bladeren. Wij zullen die allezins juiste beschouwingen thans niet volgen, omdat wij later daarop terugkomen, maar nu overgaan tot het verslag van hunne proeven, die eene wederlegging zijn der uitkomst van BÉRARD, volgens welke het pericarpium van vele vruchten voor de lucht geheel doordringbaar zijn zoude.

CALVERT en FERRAND zijn begonnen met het onderzoek van het gas in vruchten besloten, en hebben als voorbeeld van deze genomen de peulen van *Collutea arborescens*, welke zij van de moederplant afplukten, onmiddellijk vóór dat zij ze onder kwik in klokken openbraken.

De keuze dier vruchten stelde hen in staat, om de werking van het licht naar zijne intensiteit, en den invloed van den verschillenden graad van rijpheid der vruchten op de za-

¹ Ann. d. Chim. et de Phys., 3^e Sér., XI, 477—502.

menstelling van de ingesloten lucht na te gaan. Zij hebben alzoo bewolkte en zonnige dagen uitgezocht, en onder beide omstandigheden, vruchten geplukt op bepaalde en altijd dezelfde uren: te 7 ure des morgens, 12 ure, 4 ure en 11 ure des avonds.

Daar de peulen van *Collutea arborescens* ongeveer eene maand noodig hebben, om rijp te worden, konden zij drie ontwikkelings-tijdperken zeer duidelijk onderscheiden, zoodat zij afzonderlijke proeven namen met:

- 1^o. De peulen, die zich beginnen te ontwikkelen, sedert hoogstens eene week. Zij noemen die jeugdige (*jeunes*).
- 2^o. Die, welke na 2 à 3 weken hare volle grootte bereikt hebben, maar waarvan het pericarpium en de vrucht nog groen zijn (van middelbaren ouderdom, *intermédiaires*).
- 3^o. Die, welke even voor het afvallen, doorschijnend zijn en droog, en wier zaden zich kleuren (oude, *vieilles*).

Wat het onderzoek der verzamelde gassen betreft, zij droogden ze eerst, door ze te laten strijken door eene wijde, 1 meter lange buis, gevuld met gebranden puimsteen, die met sterk zwavelzuur bevochtigd was; daarna werd het drooge gas in nagenoeg gelijke deelen (van 100 à 150 C.C.) verdeeld in gegradueerde klokken, die met kwik afgesloten waren, en aldaar 24 à 48 uren in aanraking gelaten met kaustieke potasch in pijpjes, welke onder dien vorm het voordeel gaf, van altijd stukken van dezelfde grootte te kunnen nemen. Het van vochtigheid en CO^2 beroofde gas werd daarna vermengd met H, en, na het doorgaan der electriche vonk, werd het overblijvend mengsel tot den volgenden morgen in aanraking gelaten met cilindertjes van kaustieke potasch van dezelfde oppervlakte; zij rekenden dan $\frac{1}{3}$ van het verdwenen gas als O. Bovendien hielden zij bij elke meting rekenschap van temperatuur en drukking.

Hoewel deze handelwijze voor het grootste gedeelte de bij luchtonderzoekingen thans meest gebruikelijke is, zoo hebben CALVERT en FERRAND zich echter veel moeite op den hals

gehaald, door de gassen altijd eerst te droogen, en wij twijfelen zeer, of zij daardoor de naauwkeurigheid van hun onderzoek bevorderd hebben. Eigenlijk is die geheele droogingswijze ons uit hunne verhandeling niet regt duidelijk geworden, want de lange buis met puimsteen en zwavelzuur bevatte toch lucht, die zich moest vermengen met het verzamelde gas, tenzij zij die lucht vooraf door een indifferent gas (welligt door H, dat later toch bijgevoegd moest worden) verjaagd hebben, waarvan echter met geen woord gerept wordt. Wij zullen dit laatste aannemen, want de onderzoekingen dragen overigens zulke blijken van naauwkeurigheid, en komen zoo wel met elkander overeen, dat het niet te verwachten is, dat zij aan zulk eene voorname fout niet zouden gedacht hebben. Men bespeurt dit duidelijk uit de volgende tafels, die de uitkomsten van hun onderzoek bevatten.

TAFEL I. BEPALING VAN HET CO² IN VOLUMEN, IN DE JONGE, MIDDELBARE EN OUDE PEULEN. (TAPEL 1, 2 EN 3 VAN CALVERT EN FERRAND.)

UREN DER PROEF. STAAT VAN HET WEDER.	JONGE PEULEN.		PEULEN VAN MIDDELBARENOUDER- DOM.		OUDE PEULEN.	
	HOEVEELH. CO ² PER 100.	GEMIDDELD	HOEVEELH. CO ² PER 100.	GEMIDDELD	HOEVEELH. CO ² PER 100.	GEMIDDELD
11 ure des av. Nacht...	2.715.	} 2.639.	2.970.	} 2.746.	2.942.	} 2.942.
id.....	2.564.		2.521.		2.942.	
7 " desmorg. Bewolkt.	2.587.	} 2.605.	2.603.	} 2.610.	2.564.	} 2.609.
id.....	2.623.		2.632.		2.654.	
12 " des midd. Bewolkt.	2.500.	} 2.446.	2.419.	} 2.429.	2.465.	} 2.461.
id.....	2.392.		2.439.		2.457.	
4 " des av. Bewolkt...	2.483.	} 2.475.	2.534.	} 2.482.	2.489.	} 2.475.
id.....	2.467.		2.427.		2.461.	
7 " des morg. Zon...	1.945.	} 1.934.	1.887.	} 1.903.	2.337.	} 2.316.
id.....	1.923.		1.919.		2.294.	
12 " des midd. Zon....	1.769.	} 1.762.	1.409.	} 1.419.	2.073.	} 2.106.
id.....	1.755.		1.429.		2.198.	
4 " des av. Zon.....	2.101.	} 2.093.	1.439.	} 1.438.	2.114.	} 2.107.
id.....	2.084.		1.437.		2.099.	

Deze tafel bewijst:

1^o. dat in de lucht der peulen eene groote hoeveelheid CO² bevat is, verre verwijderd van 4 à 6 per 10000, zoo als in de dampkringslucht.

2^o. dat de som van het CO² des nachts grooter is dan des daags, zoo zelfs, dat wanneer men b. v. bij de middelsoort der peulen de twee uiterste voorbeelden neemt, dat van 11 ure des avonds (2.746) en dat van het oogenblik, waarop het

TAFEL II. BEPALING DER HOEVEELHEDEN ZUURSTOF IN VOLUMEN, GEVONDEN IN DE
LUCHT VAN JONGE, MIDDELBARE EN OUDE PEULEN.

UREN DER PROEF. STAAT VAN HET WEDER.	JONGE PEULEN.		PEULEN VAN MIDDELBAREN OUDER- DOM.		OUDE PEULEN.	
	HOEVEELH. O PER 100.	GEMIDDELD.	HOEVEELH. O PER 100.	GEMIDDELD.	HOEVEELH. O PER 100.	GEMIDDELD.
11 ure des av. Nacht...	20.473.	} 20.583.	20.347.	} 20.496.	19.416.	} 19.297.
id.....	20.693.		20.645.		19.178.	
7 " des morg. Bewolkt	20.723.	} 20.626.	20.697.	} 20.673.	20.171.	} 20.166.
id.....	20.683.		20.648.		20.160.	
id.....	20.473.					
12 " des midd. Bewolkt	20.793.	} 20.766.	20.934.	} 20.908.	20.632.	} 20.626.
id.....	20.738.		20.881.		20.621.	
id.....					20.625.	
4 " des av. Bewolkt...	20.704.	} 20.743.	20.900.	} 20.902.	20.602.	} 20.595.
id.....	20.782.		20.901.		20.588.	
7 " des morg. Zon...	20.953.	} 20.844.	21.232.	} 21.086.	21.117.	} 21.139.
id.....	20.726.		20.940.		21.160.	
12 " des midd. Zon....	21.000.	} 21.032.	21.235.	} 21.293.	21.159.	} 21.246.
id.....	21.064.		21.351.		21.333.	
4 " des av. Zon.....	21.218.	} 21.246.	21.186.	} 21.176.	20.625.	} 20.676.
id.....	21.274.		21.209.		20.726.	
id.....			21.118.			
id.....			21.192.			

Uit bovenstaande cijfers, in verband met die der vorige
tafel, blijkt dat:

1°. de hoeveelheid zuurstof toeneemt met het licht, en
bijna in dezelfde maat, waarin het CO² onder die omstandig-

heden afneemt. Zoodat, wanneer men voor dezelfde lucht de hoeveelheden O en CO² optelt, men bijna altijd dezelfde som verkrijgt. Men ziet dit uit het volgende:

TAFEL III. SOM DER HOEVEELHEDEN O EN CO², IN DE VORIGE TAFELS GEGEVEN.

UREN DER PROEF. STAAT VAN HET WEDER.	SOM DER HOEVEELHEDEN O EN CO ² IN DE		
	JONGE PEULEN.	PEULEN VAN MIDDELBAREN OUDERDOM.	OUDE PEULEN.
11 ure des av. Nacht...	23.222.	23.242.	22.239.
7 " desmorg. Bewolkt.	23.231.	23.291.	22.775.
12 " desmidd. Bewolkt.	23.012.	23.337.	23.087.
4 " des av. Bewolkt..	23.218.	23.383.	23.170.
7 " desmorg. Zon...	22.778.	22.989.	23.455.
12 " desmidd. "	22.794.	22.712.	23.342.
4 " des av. "	23.339.	22.614.	22.783.
Gemiddeld.....	23.085.	23.081.	22.979.

2°. de ontleding van het CO² neemt toe met de kracht van den groei; zoodat zij meer merkbaar is bij de peulen van middelbaren ouderdom dan bij de jonge, en bij de jonge meer dan bij de oude.

Eindelijk zijn al deze feiten zes malen bevestigd, door de herhaling der proeven met de drie soorten van peulen.

CALVERT en FERRAND hebben op dezelfde wijze de lucht verzameld uit de stengels van sommige planten en deze onderzocht. Zij kwamen ook daarbij tot hoogst belangrijke uitkomsten omtrent het verschil in samenstelling der lucht des daags en des nachts.

TAFEL IV. KOOLSTOFZUUR- EN ZUURSTOF-GEHALTE DER LUCHT UIT
HOLLE STENGELS.

NAAM DER PLANT.	CO ² IN VOLUMEN IN 100 D.			O IN VOLUMEN IN 100 D.		
	DES DAAGS.	DES NACHTS.	VERMEER- DERING DES NACHTS.	DES DAAGS.	DES NACHTS.	VEEMEER- DERING DES NACHTS.
ANGELICA ARCHANGELICA..	1.766.	2.581.	0.815.	19.784.	20.364.	0.580.
RICINUS COMMUNIS.....	2.721.	3.078.	0.347.	16.876.	18.658.	1.780.
DAHLIA VARIABILIS.....	2.881.	3.133.	0.252.	18.193.	18.691.	0.498.
LEYGESTERIA FORMOSA....	2.267.	2.879.	0.612.	18.703.	19.137.	0.434.
ARUNDO DONAX.....	4.407.	4.619.	0.212.	18.119.	18.823.	0.704.
SONCHUS VULGARIS.....	2.326.			17.971.	19.774.	1.803.
HERACLEUM SPONDYLUM..		1.408.		19.653.		

Deze proeven geven insgelijks als uitkomst, dat het CO² gehalte des nachts grooter is dan des daags, hoewel de verschillen niet zoo aanzienlijk zijn als bij de vruchten.

Een belangrijk verschijnsel is hierbij, dat ook de zuurstof des nachts toeneemt in de besloten lucht, terwijl bij de peulen daarentegen die hoeveelheid verminderde met de toeneming van het CO². Dit feit, hoewel het nog niet genoegzaam onderzocht is, om daarop eene theorie te kunnen bouwen, toont toch met klaarheid, dat de ontwikkeling en opneming van zuurstof en koolzuur wel in verband staan met de kracht van den plantengroei, doch geenszins onafscheidelijk aan elkander gebonden zijn. Gewoonlijk wordt er aangenomen, dat de opneming van het CO² eene ontleding van dit zuur, en, ten gevolge der volkomene scheiding in C en O, eene ontwikkeling van O ten gevolge heeft. Het volumen der atmosfeer wordt daardoor niet veranderd, maar wat er aan CO² in volumen gemist wordt, wordt aan O teruggevonden.

Wanneer echter bij den plantengroei eene ontwikkeling van CO^2 en van O te gelijker tijd kan plaats hebben, zoo blijkt het, òf dat bovenstaande beschouwing (die ook door CALVERT en FERRAND voor de vruchten omhelsd wordt) onvolledig en veel meer zamengesteld is dan men denkt, òf dat de werking der stengels des nachts geheel anders is dan die der vruchten. CALVERT en FERRAND gelooven het laatste, wij houden het eerste voor waarschijnlijk.

In den aanvang hunner verhandeling zeggen CALVERT en FERRAND, dat de proef van BOUSSINGAULT wel een treffend bewijs is van de opneming van het CO^2 door de groene plantendeelen, maar geenszins de ontleding van dit gas aantoont; hetgeen volkomen juist is. Bij hunne proeven echter, die alleen aantoonen, dat met de opneming van het CO^2 de hoeveelheid O in de besloten lucht vermeerdert, spreken zij voortdurend van eene ontleding van het CO^2 , alsof die daardoor bewezen ware. Zij gaan hierin, naar ons oordeel te ver; zulke proeven kunnen die ontleding niet aantoonen, dan als eene waarschijnlijke uitkomst door besluiten uit de verschijnselen der proef verkregen. En daar wij ons met eene dergelijke uitkomst zullen moeten te vreden stellen, zouden wij die liever afleiden uit de berekeningen van CHEVANDIER, dan uit de proeven van BOUSSINGAULT en van CALVERT en FERRAND; doch het liefst uit beiden, in verband met elkander. De groote verdienste der onderzoekingen van de laatsten ligt voor ons in de nadere kennis, die zij schenken van de werking van het licht, en daarin, dat zij de planten geen geweld aangedaan, maar die in bepaalde tijdperken van hare ontwikkeling bespied hebben.

Over het rijpen der vruchten heeft FREMY ¹ den 21^{sten} Oct. 1844 een opstel aan de Fransche Academie aangeboden, waarin hij zegt, vele proeven over de ademhaling dier vruchten gedaan, en even als BÉRARD gevonden te hebben, dat

¹ Comptes Rendus, XIX, 784.

afgeplukte vruchten in dampkringslucht geplaatst, altijd snel de zuurstof van deze in CO^2 veranderden. Hij rekende het echter van belang, om ook de lucht, in de vruchten besloten, ten opzichte van hare samenstelling op verschillende tijden te onderzoeken. Daartoe heeft hij de stukgesneden vruchten gebragt in water, met keukenzout verzadigd, en vervolgens door kooking de lucht uit de vruchten verdreven. Bij het onderzoek bleek het, dat de lucht uit de groene vruchten meer zuurstof bevatte, dan die der rijpe; hoewel beide luchtsoorten toch voor het grootste gedeelte uit CO^2 bestonden.

Hiertegen heeft COUVERCHEL¹ te regt aangevoerd, dat men wel onderscheid moet maken tusschen den tijd, waarin de vrucht zich ontwikkelt en grooter wordt, en dien, waarin zij tot rijpheid komt; FREMY heeft dit onderscheid eenigzins uit het oog verloren en zijne uitkomsten verkeerdelijk toegepast, want, dat in de laatste tijdperken van ontwikkeling de vruchten denzelfden invloed op de omringende lucht zouden uitoefenen als de bladeren, heeft niemand ooit beweerd. Overigens handelen beide opstellen meer over de scheikundige omzettingen, die bij het rijpen der vruchten plaats hebben, dan over de zoogenaamde ademhaling.

Door het vroeger genoemde werk van LIEBIG gevoelde ook HOFFMANN² zich opgewekt, om nadere proeven te nemen, over de werking der planten op de omringende lucht. Hij bepaalde zich grootendeels bij het onderzoek der Fungi, nam echter ook eenige proeven met groene planten, die hier vermeld moeten worden.

De wijze, waarop HOFFMANN te werk ging, was deze, dat hij de planten in den tijd van haren weelderigsten groei, zoo dicht mogelijk aan den wortel afsneed, dan vrij van aarde bragt in een bekersglas, hetwelk met eene glasplaat bedekt en dichtgemaakt werd. Over het plantendeel werd een luchtstroom

¹ Comptes Rendus, XIX, 1114.

² LIEBIG's Ann. d. Chem. u. Pharm., LIII, 243.

gevoerd, waarbij de intredende lucht van vocht en CO^2 beroofd was, door te strijken over chloorcalcium en door kali-loog, terwijl de uittredende lucht den toestel verliet door eene buis, die tot aan den bodem van het glas reikte, en daarna geleid werd over een droogingstoestel met choorcalcium, en in een dubbel kali-apparaat, het eerste met kaliloog, het tweede met stukjes kali gevuld. Het verschil in gewigt van deze kali-apparaten vóór en na de proef gaf de hoeveelheid van het uitgeademde koolzuur aan. Hoezeer wij deze handelwijze, om een luchtstroom over de planten te voeren en de veranderingen der lucht na aanraking met de planten te bepalen, voor de beste houden bij dergelijke proeven, zoo gelooven wij echter, dat de proeven van HOFFMANN met twee fouten behebt zijn, welke hare waarde zeer verminderen. De eerste fout is, dat hij *afgesneden* plantendeelen gebruikt heeft, die bij sommigen reeds een geruimen tijd van de moederplant gescheiden waren, vóór dat zij aan de proef onderworpen werden; de tweede is, dat hij over de planten drooge koolzuurvrije lucht heeft gevoerd, waardoor, zooals Prof. MULDER¹ opmerkt, de natuurlijke verrigting der plant geenszins wordt aangetoond, want in den droogen luchtstroom moet natuurlijk koolzuurhoudend water der plant verdampen, waarvan het CO^2 in de potasch wordt opgenomen; en deze werking moet over dag in den zonneshijn veel aanzienlijker zijn dan des nachts, wanneer de uitwaseming geringer is. De uitkomsten van HOFFMANN bewijzen dit ook², want hij

¹ *Proeve eener Physiol. Scheik.*, bl. 876.

² De bezwaren, door ons tegen de onderzoekingsmethode van HOFFMANN ingebracht, zouden welligt ook de andere zijner besluiten wankelbaar kunnen maken. Zoo ook de uitkomst, dat de Fungi voortdurend CO^2 van zich geven, en wel des daags nog meer dan des nachts. Vele andere proeven hebben echter geleerd, dat niet-groene planten en plantendeelen voortdurend CO^2 ontwikkelen; en dat nu in het zonlicht bij verhoogde temperatuur, wanneer de verdamping grooter en de werking der plant krachtiger is, die hoeveelheid aanzienlijker moet zijn, zal wel niemand betwijfelen. De uitkomst moest dus hier, ook buiten de omstandigheden door HOFFMANN ingevoerd, in denzelfden zin uitvallen, en zijne fouten konden niet anders dan die uitkomst nog

vond voor de ontwikkeling van koolzuur door 100 gr. planten in 100 minuten, in den zonschijn, en des avonds in het duister de volgende cijfers:

een weinig sprekender maken. Dit a priori opgemaakte besluit, kunnen wij bovendien door een paar proeven bevestigen. Tijdens onze proefnemingen over de opneming van het CO² door de planten, zijn wij in staat geweest, om die ontwikkeling van CO² bij een Agaricus na te gaan. Op den bodem, waar de plant groeide, werden om den stengel twee aan elkander sluitende halfeirkelvormige glazen platen gelegd, welke elk eene insnijding hadden, om den voet van den stengel door te laten. De platen werden luchtdigt aan elkander en aan de plant gecementceerd met emplastrum gratia Dei viridum, dat ook de glazen klok, die daarop over de plant gezet werd, luchtdigt aan de platen verbond. Deze klok was van boven gesloten met eene doorboorde kurk, waardoor twee buizen gingen, beide eindigende boven in de klok, maar aan de eene buis was luchtdigt eene buis van caoutchouc verbonden, die tot onder in de klok reikte. Nu werd door middel van een' aspirator, met water gevuld, een luchtstroom over den Agaricus gevoerd, die door de caoutchouc-buis intrad, en door de andere glazen buis zich verwijderende, in een toestel ter drooging van de lucht en ter opneming van het CO² gevoerd werd, welke geheel dezelfde was als die, welke onder in het zesde hoofdstuk uitvoerig beschreven, en op de bijgevoegde plaat afgebeeld is. Te gelijker tijd werd in een dergelijken toestel het koolzuurgehalte der intredende lucht bepaald. Deze proef werd twee dagen en éénen nacht voortgezet, waarbij de Agaricus, die eene hoogte van ongeveer 20 centimeters had, aanmerkelijk groeide, en den tweeden dag, door het uitspreiden van den hoed, dezen eene middellijn gaf van ongeveer 15 centimeters. De overige bijzonderheden der proef vindt men in de volgende cijfers, die wel geene nadere verklaring behoeven:

DATUM.	DUUR DER PROEF IN UREN.	TEMPERATUUR C.	HOEVEELHEID LUCHTOVERGEVOERD, IN LITERS.	HOEVEELHEID CO ² IN GRAMMEN.				WIERSGESTELDHEID.
				GEVONDEN NA DE PROEF.	BEVAT IN DE INGEVOERDE LUCHT.	ALZOO DOOR DE PLANT ONTWIKKELD.	BEREKEND OP 100 LITERS LUCHT BIJ 0° EN 760 MM.	
22 Aug.	11½—6½.	26°.8.	37.6.	0.6610.	0.0176.	0.6434.	1.932.	Felle zonschijn.
23 "	10½—6½.	22°.0.	33.6.	0.3719.	0.0166.	0.3553.	1.165.	Des morg. zon, nam. bewolkt.
23 "	10—5.	14°.5.	14.2.	0.0929.	0.0130.	0.0799.	0.596.	Nacht.

Het blijkt dus ook hieruit, dat genoemde Agaricus over dag meer CO² heeft uitgestooten dan des nachts, en in den fellen zonschijn meer dan bij een gedeeltelijk bewolkt hemel.

	IN DEN ZONNESCHIJN.	DES AVONDS IN HET DUISTER.	
HYPNUM TRIQUETRUM	0.210 gr. CO ² .	0.084 gr. CO ² .	De plant was 16 uren geleden geplukt.
HYPNUM TAMARISCINUM	0.087 " "	0.087 " "	De plant had eenige dagen in eene blikken doos gelegen.

De meerdere CO² ontwikkeling des daags bij deze mossen kan, behalve aan een begin van ontleding door het lange bewaren, nadat de plant afgesneden was, voor een groot deel worden toegeschreven aan de grootere verdamping van CO² houdend water in den zonnenschijn. Bij andere planten, die veel krachtiger groeiden, kon HOFFMANN des daags niet zoo veel CO² verkrijgen als des nachts, waarschijnlijk omdat de levensverrigting der plant overwegende was boven de tegengestelde werking der verdamping. Zoo gaven in 100 minuten 100 grammen van:

	IN DEN ZONNESCHIJN.	DES AVONDS IN HET DUISTER.
URTICA URENS.....	0.048 gr. CO ² .	0.108 gr. CO ² .
CICHOREUM ENDIVIA.....	0.023 " "	0.103 " "

Nog ongunstiger verhouden zich de proeven van D^r. C. H. SCHULTZ, die in het jaar 1844 bekend gemaakt werden ¹. Deze komt op tegen het verband, dat men meende op te merken, tusschen de opneming van CO² en de ontwikkeling van O door de plantenbladeren. Hij beschouwt die verrigtingen als geheel van elkander onafhankelijk, en wijst op de proef, dat bladeren, die hem bleken geen CO² in hun parenchym te bevatten, in stikstof aan het licht blootgesteld, toch zuurstof ontwikkelen. Volgens SCHULTZ kan de bron van de gevormde zuurstof niet het CO², althans niet het CO² alleen zijn, maar ziende, dat de door hem zoogenaamde levenssappen der plant altijd zuur zijn, doch nooit van vrij CO², zoo vermoedt hij een verband tusschen de zuren in de plant bevat en de ademhalingsverrigtingen. Dit vermoeden nu meent hij door zijne proeven tot zekerheid gebragt te hebben,

¹ In een afzonderlijk werkje, getiteld: *Die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung*, u. s. w. Berlin, 1844. Later zijn de daarin opgeteekende proeven door SCHULTZ medegedeeld in POGG. Ann., LXIV, 125—153.

daar hij gelooft te hebben bewezen, dat de planten de meeste plantenzuren en ook vele zouten ontleden en daarbij zuurstof ontwikkelen, terwijl dan in het gewone leven der plant weinig of geen CO^2 zoude ontleed worden.

Deze proeven werden zoodanig genomen, dat hij de te onderzoeken stoffen in eene groote hoeveelheid uitgekookt of gedestilleerd water oploste, en afgesneden bladeren onder glazen klokken in dit water afsloot, en aan de zonnestralen blootstelde. De in deze toestellen ontwikkelde lucht onderzocht hij, door ze in verdeelde glazen buizen te brengen, die met kalkwater gevuld waren, en dan de vermindering in volumen op te teekenen als koolzuur. Het zuurstofgehalte bepaalde hij uit de helheid, waarmede een glimmende zwavelstok in de lucht ontbrandde, en uit den duur van dit branden. Door eenige oefening kon hij, volgens zijn zeggen, op deze wijze (die overigens noodzakelijk was, daar hij 15 à 20 proeven op éénen dag deed) het zuurstofgehalte der lucht tamelijk naauwkeurig schatten.

Hoe ruw en onbruikbaar echter deze handelwijze is, behoeft niet gezegd te worden. Het is waarlijk vreemd, hoe men in 1844 aldus luchtanalyses durft te doen, en die voor een wetenschappelijk onderzoek laten doorgaan. Te regt noemt MARCHAND ¹ dit spottenderwijze eene *eigendommelijke* eudiometrische methode, waarop hij de scheikundigen opmerkzaam maakt; en evenzeer te regt wijst hij op de fout, waaraan SCHULTZ niet eens gedacht schijnt te hebben, dat het afsluitingswater onder gewone omstandigheden zijn volumen aan CO^2 opneemt, en dus eene hoeveelheids-bepaling van boven water opgevangen koolzuur hier geene waarde kan hebben.

Na het bovenstaande zouden wij ons van de opgave der uitkomsten van SCHULTZ kunnen onthouden. Doch wij willen hier volledigheidshalve eenige proeven laten volgen, daar, hoewel de analyse geene waarde heeft, echter de gasontwik-

¹ ERDMANN und MARCHAND, Journ. f. pract. Chem. XXXIV, 507.

keling, door hem waargenomen, van belang is, en tot vele andere proeven heeft aanleiding gegeven.

Om herhaling te vermijden, zullen wij de namen der gebezigde planten door cijfers aanduiden, en bedoelen dan daarmede de volgende

P L A N T E N :

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. Salix pentandra. | 5. Quercus robur. |
| 2. Acer dasycarpum. | 6. Cytisus Liburnum. |
| 3. Vitis vinifera. | 7. Ribes aureum. |
| 4. Polygonum bistorta. | |

NAAM DER STOF IN GEKOOKT, GEDESTILLEERD WATER OPGELOST.	DUUR DER PROEF IN UREN.	HOEFVELHEID GAS VERREGEN, IN CUB. DUIM.	KOOLZUUR DAARIN, IN CUB. DUIM.	ZURSTOF DAARIN, IN CUB. DUIM.	STIKSTOF DAARIN, IN CUB. DUIM.	STAAT VAN HET WEDER.	NUMMERS VAN DE PLANTEN WIER BLADEN 1 A 14 GEBRUIKT TOE DE PROEF.
Azijnzuur 1 0/0.		0.00.				zonneshijn.	1, 2, 3.
dito 0.5 0/0.	10.	7.00.	0.10.	6.90.		dito.	5.
Neutrale azijnz. potasch . . . 1 0/0.		0.00.				dito.	1, 2, 3.
dito, met eenig azijnzuur . . .	8.	5.00.		bijna 5.		dito.	dezelfde.
Wijnsteen 0.5 en 0.25 0/0.	10.	6.70.	0.30.	6.40.		dito.	2, 4, 6.
dito 0.5 0/0.	12.	8.00.	0.30.	7.20.	0.50.	dito.	3.
dito 0.5 0/0.		3.25.	0.40.	2.85.		betrokken lucht.	3.
Appelzuur 0.5 0/0.	10.	5.50.	0.20.	5.30.		zonneshijn.	2, 6.
Neutr. appelz. potasch . . . 0.5 0/0.		0.00.				dito.	1, 2, 4.
dito met 0.25 0/0 appelz.	10.	7.75.	spoor.			dito.	dezelfde.
Citroenzuur 0.5 0/0.	10.	5.50.	spoor.			dito.	2, 6.
Neutr. citroenz. potasch . . . 0.5 0/0.		0.00.				dito.	2, 6, 7.
dito met eenig citroenz.	9.	6.75.	spoor.			dito.	2, 6.
Melkzuur 0.25 0/0.	10.	4.75.	0.30.	4.45.		betrokken lucht.	2, 5.
Gefiltreerde zure wei	9.	7.00.	0.10.	6.90.		zonneshijn.	2, 5, 6.
dito	9.	6.00.	0.30.	5.70.		betrokken.	dezelfde.
Looijerswater (Jusée)	4.	4.30.	weinig.			zonneshijn.	2, 5.
Vloeistof v. groene mont, gefiltreerd	8.	6.10.	0.00.	6.10.		dito.	2.
Zuringzuur 0.25 0/0.	9.	4.25.	weinig.			dito.	2.
dito	9.	2.30.	0.07.	1.54.	0.69.	bewolkt.	2.
Galluszuur 0.5 0/0.		2.75.	weinig.			zonneshijn.	1.
MINERAALZUREN.							
PhO ⁵ 1/500.	10.	3.70.	spoor.	3.70.		weinig helder.	2, 3.
id.	10.	5.20.		5.20.		zeer helder.	2, 3, 6.
NO ³ 1/500.	10.	1.90.	0.60.	1.30.		nu en dan zon.	2, 5, 6.
ClH.	11.	3.60.	0.20.	3.40.		bewolkt.	3, 6, 6.
id.	11.	5.80.		5.80.		helder.	dezelfde.
SO ³	11.	2.35.	0.10.	2.25.		bewolkt, nu en dan.	2, 5, 6.
Gefiltr. neutr. aardaftreksel . . .	11.	5.90.	0.20.	5.70.		zonneshijn.	2, 3, 7.
dito	8.	2.60.	0.50.	2.10.		bewolkt.	4, 5, 6.
Druivensuiker	9.	2.85.	0.30.	2.55.		zonneshijn.	2, 5, 5.
Rietsuiker	10.	2.70.	spoor.	2.70.		dito.	2, 3.
Melksuiker	10.	7.80.	spoor.			dito.	2.
id.	10.	4.50.	0.40.	2.00.	2.10.	betrokken.	2.

SCHULTZ merkt hierbij op, dat het zuur van het water verdwijnt, naar mate de zuurstof zich ontwikkelt. Bleef er na eene eerste proef nog zuur in het water, zoo kon hij dit, door versehe bladeren daarin te brengen, doen verdwijnen, en daarna ontstond ook uit de bladeren geen zuurstof meer.

Dat nu bij de meeste dier voorbeelden het verkregen gas uit CO^2 ontstaan is, dat òf niet uit het water verwijderd, òf door cenige scheikundige werking daarin gevormd, òf uit de lucht opgenomen was, lijdt geen twijfel. Vele natuurkundigen hebben zich echter de moeite getroost, om door opzettelijke proeven de uitkomsten van SCHULTZ te wederleggen. Wij zullen deze hier vermelden, opdat een ieder oordeelen moge, wat er van de vermeende zuurstofontwikkeling uit allerlei stoffen te denken zij.

Vooreerst heeft BOUSSINGAULT ¹ die proeven herhaald. Hij bragt den 27^{sten} September perzikbladeren (die elk ongeveer 1, 2 gr. wogen) in versch gedestilleerd water, met eene kleine hoeveelheid van verschillende stoffen bedeed, en stelde die gedurende een zeer helderen dag van 9 tot 4 ure aan de zonnestralen bloot. Hij vond daarbij het volgende:

	C.C.
1 blad in water met 0.0050 gr. druivenzuur gaf aan gas.	0.3.
1 " " " " 0.0025 " zuringzuur " " "...	0.2. (Het blad was geel geworden.)
1 " " " " 0.0200 " boraxzuur " " "...	0.4.
1 " " " " 0.0005 " zwavelzuur " " "...	0.1. (Blad geel geworden.)
1 " " zuiver water.....	" " "....0.3.
10 bladeren in zuiver water gaven aan gas.....	3.1. (onzuiver O)
10 " " water met 0.005 gr. suiker gaven.....	3.2. " "
10 " " " " koolzuur ".....	45.0. O
20 " " " " " ".....	87.0. "

Den 1^{sten} October stelde hij op dezelfde wijze, gedurende 4 uren, 24 gr. bladeren van *Daucus carota* aan het zonnelicht bloot, en verkreeg in:

¹ Comptes Rendus, XIX, 945. (11 Nov. 1844.)

	C.C.
Zuiver water gaf.....	0.3. (onzuiver O)
Water met 0.008 suiker gaf.....	0.2. " "
Water met CO ² gaf.....	20.5. O
12 gr. perzikbladeren in water met CO ² gaven.....	51.5. "

Waaruit blijkt, dat alleen in water, met vrij CO² bedeed, eene aanmerkelijke gasontwikkeling plaats heeft.

Tegen deze proeven is SCHULTZ ¹ opgekomen, en heeft aan BOUSSINGAULT verweten, dat hij den graad van concentratie zijner oplossingen niet heeft opgegeven; dat hij de proef niet heeft genomen met die stoffen, welke de sterkste zuurstofontwikkeling geven, en dat hij de onderzoekingen met suikerwater veel te kort heeft laten duren, zoodat deze proeven tegenover de zijne niet kunnen gesteld worden.

Hoewel nu de proeven van BOUSSINGAULT niet zoo talrijk en uitvoerig zijn, als wel gewenscht had kunnen worden, hierin heeft hij voorzeker gelijk, dat hij de proef zoo spoedig mogelijk eindigt, daar anders de afgesneden plantendeelen ligtelijk eene ontleding ondergaan, die storend op de uitkomst inwerkt. Bovendien zijn de proeven van BOUSSINGAULT te Jena, in den tuin van het scheikundig Laboratorium, in het groot herhaald ², met hetzelfde gevolg. Zij werden daar zoodanig in het groot genomen, dat men in acht dagen uit CO² houdend water, dat met frissche plantenbladeren in aanraking was geweest, meer dan $\frac{1}{2}$ cub. voet zuurstof verkreeg. Het schijnt daaruit te blijken, dat de door groene plantenbladeren ontwikkelde zuurstof van opgenomen CO² afkomstig is.

Behalve dit alles vinden de meeningen van SCHULTZ nog tegenstand genoeg in de proeven van GRISCHOW, GRISEBACH en GOLDMANN.

GRISCHOW heeft in hetzelfde stuk ³, waarvan wij reeds bij de proeven van DRAPER melding gemaakt hebben (bl. 125),

¹ Pogg, Ann., LXIV, 626.

² Bot. Zeit. von MOHL u. SCHLECHTENDAL, 1845, p. 296.

³ ERDMANN u. MARCHAND, Journ. f. pr. Chem., XXXIV, 163.

ook de uitkomst van SCHULTZ bestreden, en nieuwe proeven daartegenover gesteld, "omdat die uitkomsten, zoo ze waar zijn, het hoogste belang inboezemen, zoo ze onwaar zijn, "niet te spoedig omvergeworpen kunnen worden."

Nadat GRISCHOW zich op de bl. 125 vermelde wijze zoo veel mogelijk lucht vrij water heeft verschaft, vult hij daarmede eene dunwandige glazen klok, voegt er bij $\frac{1}{500}$ zeezoutzuur, en brengt daarin bladeren van *Ligustrum vulgare*, *Syringa vulgaris*, *Cytisus liburnum*, *Polygonum persicaria* en anderen, die een half uur in dergelijk lucht vrij water hadden gelegen en van alle aanhangende lucht bevrijd waren. Deze klok, voorzigtig omgekeerd en geplaatst in een' bak met gedestilleerd water, werd den geheelen dag aan het zonnelicht blootgesteld, doch eerst na verscheidene uren vertoonden zich enige luchtballen aan de oppervlakte der bladeren van *Polygonum persicaria* die, zoo als duidelijk aan de kleur te zien was, uit het blad kwamen, omdat het zure water daarin drong ¹. Het gezamenlijk volumen dier gasballen bedroeg naauwelijks $\frac{1}{12}$ van het volumen der bladeren, en bleek bij mikrochemisch onderzoek te bestaan uit N met eenige procenten O. Des avonds hadden deze bladeren hier en daar gele vlekken, en den volgenden dag weder in de zon gezet, waren zij des avonds vaalgeel geworden en dood. Daarbij had zich uit de onderzijde der bladeren meer lucht ontwikkeld, dan den vorigen dag, doch te zamen niet meer dan $\frac{1}{4}$ van het volumen der bladeren, en ook dit gas was zeer arm aan zuurstof.

Even zoo werden 95 grein rietsuiker en 75 grein salmiak

¹ Dit indringen der vloeistof in het blad bewees hij bovendien aldus: Verscheidene bladeren werden des avonds uit het zure water genomen, en zoo lang zorgvuldig met zuiver water afgewassen, tot het waschwater door nitras argenti niet meer troebel werd. Nadat zij nu met zuiver gedestilleerd water den geheelen nacht gestaan hadden, werd dit water den volgenden morgen door bijvoeging van $\text{NO}^5.\text{AgO}$ zeer sterk troebel; terwijl versch geplukte bladeren, evenzoo eenen nacht onder water gezet, deze eigenschap aan het water niet mededeelden.

in 33 oncen van dat zuivere water opgelost, en onder genoemde voorzorgen daarin 1 lood plantenbladeren gebragt. Nadat de toestel den geheelen dag in de zon gestaan had, kwam er geene enkele luchtbel; eerst den volgenden dag verschenen er eenigen, ten gevolge van het indringen van het water in het weefsel van het blad. Dezelfde was de uitkomst van eene proef met water en rietsuiker alleen, waarin bladeren van *Quercus robur* en *Acer tartaricum* gebragt waren. Na twee dagen verscheen geene enkele luchtbel, hoewel de bladeren nog volkomen gezond schenen te zijn.

Uit dit alles besluit GRISCHOW te regt, dat de uitkomsten van SCHULTZ ten eenenmale onjuist zijn, en toegeschreven moeten worden aan nevenomstandigheden, die door gebrek aan kennis, of gemis aan voorzorg, niet weggenomen zijn geworden. Zoodat nog thans de stelling waar is, *dat plantenbladeren in het licht slechts dan zuurstof ontwikkelen, wanneer zich vrij CO² in hunne omgeving bevindt.*

Ook Dr. GRISEBACH ¹ heeft in het laboratorium van WÖHLER eenige proeven van SCHULTZ herhaald, en is insgelijks tot een tegengesteld besluit gekomen. Hij vond daarbij het volgende:

1°. Bladeren van *Vitis vinifera* ontwikkelden in zure weiden eersten dag geen gas, den tweeden eene vrij groote hoeveelheid CO². Maar toen waren de bladeren ontkleurd, en dit CO² kon, óf van de ontleding der bladeren, óf van de gisting der wei ontstaan zijn.

2°. Dezelfde bladeren gaven in wijnsteen-oplossing eene groote hoeveelheid zuurstof. Deze uitkomst, die gelijkvormig is met die van SCHULTZ, verliest echter hare beteekenis door de proef, dat:

3°. Dezelfde bladeren in zuiver uitgekookt water een even groot volumen O gaven. De gasontwikkeling begon in beide gevallen zeer laat, en is dus waarschijnlijk toe te schrijven

¹ Pogg, Ann., LXIV, 630.

aan intusschen door het water uit de lucht opgenomen CO^2 ; te meer daar dezelfde bladeren in CO^2 houdend bronwater eene veel grootere hoeveelheid O gaven. Sommige bladeren, als van *Acer montanum*, *Cytisus elongatus*, enz. ontwikkelden in wijnsteen-oplossing eene kleine hoeveelheid koolzuur; anderen, zoo als van *Tropaeolum majus*, gaven geen gas. Waarschijnlijk kwam nu het gas, dat zich eerst zeer laat vertoonde, van eene aanvankelijke ontleding der bladeren.

Eindelijk heeft nog Dr. GOLDMANN ¹ in 1846 de proeven van SCHULTZ getoetst, en de meeste daarvan niet bewaarheid gevonden.

Van verschillende planten nam hij 200 gr. bladeren, welke hij onder uitgekookt water door zacht borstelen van alle ahangende lucht bevrijdde, en daarna bragt in de oplossingen van zuren, zouten, enz. van denzelfden graad van concentratie, als SCHULTZ dit had opgegeven. Gelijkzeitig werd eene gelijke hoeveelheid bladeren van dezelfde plant in bronwater, of in CO^2 houdend bronwater, aan het licht blootgesteld, zoodat uit de verschillende uitkomst het verschil in werking der beide vloeistoffen te zien was. Van het verkregen gas bepaalde hij het CO^2 met kalkwater in eene bijzondere soort van eudiometer ²; daar

¹ Pogg. Ann., LXVII, 125.

² Deze eudiometer van GOLDMANN (beschreven en afgebeeld in Pogg. Ann., LXVII, 293) bestaat uit eene verdeelde glazen buis, die door eene kraan met dubbele doorboring met eene tweede glazen buis verbonden is, aan welke uiteinde een trechter geplaatst kan worden. De gezegde kraan is eens regt doorboord, zoodat men de twee buizen daardoor in gemeenschap met elkander brengt, en eens regthoekig, waardoor de onderste buis met de buitenlucht in verband kan komen, terwijl de bovenste van beide afgesloten blijft. Deze laatste dient, om alle lucht uit het onderste van den toestel te verwijderen, wanneer deze in water geplaatst wordt. Om het gas te verzamelen en te meten, en later om het CO^2 door kalkwater te laten absorberen, worden natuurlijk beide buizen met elkander in gemeenschap gebragt en van de buitenlucht afgesloten. Eene meer uitvoerige beschrijving van dezen eudiometer, die overigens tamelijk omslagtig en bijna niet in gebruik gekomen is, vindt men ter aangehaelder plaatse.

de handelwijze van SCHULTZ hem niet geschikt voorkwam; doch het overblijvende gas hield hij, even ruw als SCHULTZ, voor nagenoeg zuivere zuurstof, zoo een glimmende zwavelstok daarin ontbrandde.

De uitkomsten dier proeven staan opgeteekend in de volgende:

TAFEL.

NAAM DER PLANT, WIER BLADEREN GEBRUIKT WERDEN.	NAAM VAN HET ZUUR, ZOUT, ENZ.	DUUR DER PROEF, IN UREN.	HOEVEELHEID GAS VERKREGEN, IN C.C.	KOOLZUUR DAARIN, IN C.C.	TEGENPROEF MET			
					BRONWATER.		CO ² HOUDEND BRONWATER.	
					HOEVEELH. GAS, IN C.C.	KOOLZUUR DAARIN, IN C.C.	HOEVEELH. GAS, IN C.C.	KOOLZUUR DAARIN, IN C.C.
JUGLANS REGIA...	Wijnsteenoploss. 0.5 %	8.	11.	1.	67.	4.0.		
DATURA STRAMO- NIUM.....	id.....	4.	8.	1.	26.	1.0.		
VITIS VINIFERA...	id.....	8.	12.	2.				
id.....	id. (aandelucht bekoeld).....	8.	50.	1.	58.	1.0.		
PYRUS MALUS.....	id. id.....	8.	47.	1.	50.	1.0.		
QUERCUS ROBUR...	Wijnsteenzuur (aan de lucht bekoeld)	8.	8.	2.	17.	3.0.	22.	3.
VITIS VINIFERA...	id. id....	8.	20.	5.	28.	3.0.	39.	3.
ACER DASYCARPUM.	Citroenzuur	8.	4.	0.	34.	1.5.	53.	4.
VITIS VINIFERA....	id. (met water, aan de lucht bekoeld).	8.	16.	2.	40.	3.0.	62.	5.
JUGLANS REGIA ...	Rietsuiker	8.	9.	3.	37.	2.0.		
VITIS VINIFERA...	id.....	8.	9.		40.	3.0.		

GOLDMANN besluit hieruit, dat:

- 1^o. groene bladeren in CO² houdend bronwater meer zuurstof ontwikkelen, dan in oplossingen van zuren, zouten, enz.
- 2^o. de hoeveelheid O des te grooter is, naar mate er meer CO² in het water voorhanden is.
- 3^o. de groene bladeren in het licht in staat zijn, om be-

werktuigde zuren, suiker, enz. te ontlede en ten gevolge daarvan zuurstof te ontwikkelen.

Dit laatste besluit bestrijdt echter GOLDMANN zelf eenige regelen verder, wanneer hij opmerkt, dat hiertegen strijdt de kleinere hoeveelheid O, die men verkrijgt, wanneer het ter oplossing gebezigde regen- of bronwater, na uitkooking buiten toetreding der lucht is bekoeld, zoodat hij zelf wederom aanneemt, dat de ontwikkelde zuurstof toe te schrijven is aan CO², dat door het water onder het bekoelen en gedurende de proef uit de lucht is opgenomen. De uitkomst van GOLDMANN is dus niet beslissend. Hierom, en vooral om de toen reeds bekende proeven van BOUSSINGAULT, GRISCHOW en GRISEBACH, moeten wij zijne proeven overtollig achten, te meer daar zij in nauwkeurigheid bij deze verre achterstaan, en niets dan reeds bekende zaken opleveren.

Wij stappen alzoo van de beschouwing der proeven van SCHULTZ en zijne tegenstanders af met de opmerking, dat deze geheele strijd eigenlijk niets nieuws geleerd heeft, dan dat de uitkomsten van SCHULTZ onwaar zijn. Integendeel is die strijd voor de ontwikkeling van ons vraagstuk nadeelig geweest, daar de aandacht van de juiste wijze van proefnemen werd afgeleid, en er onderzoekingen gedaan werden, die van wege hare ruwheid en onvolledigheid, eerder in den tijd van PRIESTLEY dan in 1845 te huis behoorden.

Deze onvolledigheid valt nog te meer in het oog, wanneer wij hicrop eenige analyses laten volgen van LEWY, den beroemden lucht-onderzoeker, die sedert 1841, en ook nog in de laatste jaren, onze kennis aan den aard der in de natuur voorkomende luchtmengsels zoo aanzienlijk heeft vermeerderd. In 1846 heeft LEWY ¹ een onderzoek bekend gemaakt van de zamenstelling van het gas, dat op verschillende tijden van den dag in het zeewater is opgelost, en deze ook bepaald van de lucht der zoogenaamde *flaques*, of ondiepte aan het strand,

¹ Ann. de Chim. et de Phys., 3^e Sér., XVII, 5—23.

waarin bij het afgaan van den vloed eenig water blijft staan, dat ten gevolge van eb en vloed alle 24 uren ververscht wordt. Naar mate nu deze ondiepten groene of bruine algen, of geen van beide bevatten, is de daarin opgeloste lucht verschillend van zamenstelling, zoo als blijkt uit de volgende

TAFEL

DER UITKOMSTEN VAN HET ONDERZOEK DER LUCHT UIT HET WATER DER FLAQUES.

FLAQUE, WAARUIT HET WATER GENOMEN WERD.	DATUM. 1845.	UUR VAN DEN DAG.	STAAT VAN HET WEDER.	WIND.	ZAMENSTELL. DER LUCHT IN 100 DEELEN.		N.
					CO ² .	O.	
Flaque, welke noch planten, noch dieren bevatte.	13 Sept.	3 u. 35' d. avonds.	onbedekt.	N. W.	16.9	32.7	50.1
	14 "	3 " 40' des morg.	bedekt.	stilte.	17.4	32.4	50.2
	16 "	5 " 10' d. avonds.	"	N. O.	16.1	33.4	50.3
	17 "	5 " 10' des morg.	"	O. Z. O.	16.4	33.2	50.4
	— "	5 " 15' d. avonds.	onbedekt.	Z. O.	15.9	33.5	50.5
	19 "	5 " 10' des morg.	regen.	O. Z. O.	16.1	33.0	50.6
Flaque, welke groene algen be- vatte.	— "	5 " 15' d. avonds.	zeer schoon.	O.	15.7	33.6	50.7
	16 "	5 " 0' des avonds.	bedekt.	N. O.	11.3	36.4	52.8
	17 "	5 " des morgens.	"	O. Z. O.	18.2	31.3	50.9
Flaque, welke bruine algen be- vatte.	— "	5 " des avonds.	onbedekt.	Z. O.	9.6	38.0	53.1
	18 "	5 " 35' des morg.	schoon.	Z. O.	17.4	35.6	47.0
	— "	5 " 30' d. avonds.	onbedekt.	"	15.3	37.0	47.6
	20 "	5 " 45' des morg.	"	Z. W.	17.9	35.1	47.0
— "	5 " 45' d. avonds.	zeer schoon.	"	15.1	37.2	47.7	

Wanneer men de zamenstelling der lucht uit de drie soorten van flaques vergelijkt, dan ziet men duidelijk het groote verschil, dat door de groene algen te weeg gebragt is; de zuurstof is over dag tot bijna 7% toegenomen, en het koolzuur ongeveer even zoo veel afgenomen. Dit sluit zich aan hetgeen door AIMÉ is waargenomen (zie boven bl. 129), en evenzeer aan de onderzoekingen van MORREN ¹, volgens

¹ Ann. de Chim. et de Phys., 3^e Sér., XII, 5—56, 1844.

welke het zuurstofgehalte der in het water van dergelijke ondiepten opgeloste lucht zich over dag bij helderen zonneshijn aanzienlijk kon vermeederen, wanneer het water bedekt was met een weelderigen plantengroei. Naar MORREN zoude dit zuurstofgehalte soms kunnen rijzen tot 61%, en, bij rustig, helder weder en fraaijen zonneshijn, moet de ontwikkeling van zuurstof soms zoo aanzienlijk zijn, dat men in de lucht, nabij de oppervlakte van het water, met den eudiometer van VOLTA eene grootere hoeveelheid zuurstof kan ontdekken dan elders; want zij bedraagt soms tot 23% à 24% in volumen. Dit laatste komt ons echter wat overdreven voor, want luchtstroomen en diffusie zijn steeds daar, om dit verschil, zoo het al een oogenblik bestond, aanstonds te doen verdwijnen. Doch hoe dit zij, uit al deze onderzoekingen blijkt genoegzaam, dat de groene waterplanten in het licht eene groote hoeveelheid zuurstof ontwikkelen.

Van het in 1846 bekend gemaakte stuk van Dr. GARDNER, over de levensverrigtingen der plant², moet een gedeelte hier vermeld worden. Van levenskracht wil de schrijver niets weten, maar hij beschouwt de plant als een poreus systeem, dat inwendig een mengsel van gassen bevat, en dat in verband staat aan de eene zijde met de omringende dampkringslucht, aan den anderen kant met de gassen, in het water van den bodem opgelost. In het onderhavige stuk tracht nu GARDNER te bewijzen, dat de in de plant besloten lucht van veranderlijken aard is, en alleen afhangt van de scheikundige werking, die in de plant plaats heeft, en dat evenzoo de aard en hoeveelheid der door bladeren of wortels opgenomen luchtsoorten bepaald wordt door de tijdelijke zamenstelling der inwendige plant-atmospheer.

Om dit te bewijzen, verdeelt GARDNER zijn opstel in vijf hoofdstukken, en behandelt achtereenvolgens:

10. de poreusheid der opperhuid van de planten;

¹ Phil. Mag. XXVIII, 425—432, waarvan een uittreksel in Suppl. à la bibl. univ. de Genève, III, 92—95.

- 2^o. de samenstelling van het inwendig gas der planten;
- 3^o. de werking der wortels op de gassen, in het water van den bodem opgelost;
- 4^o. de opslorping der gassen door de plant, als een gevolg van hare poreusheid;
- 5^o. de werking der planten op kunstmatige luchtmengsels.

Van deze hoofdstukken behoeft alleen het tweede eene vermelding in dit overzicht, de anderen liggen buiten ons onderwerp. De boven opgeteekende proeven van CALVERT en FERRAND worden door GARDNER verworpen, omdat het hier niet te doen is om het gas eener holte in de plant, maar om de samenstelling van die lucht, welke het inwendige der plant doorstroomt, wanneer zij krachtig groeit in het zonnelicht. Echter meenen wij, dat de lucht in de holte der peulen, welke door CALVERT en FERRAND onderzocht is, eerder dan de lucht, in de luchtkanalen besloten, geschikt was om, bij den tegenwoordigen staat onzer kennis van de levensverrigtingen der plant, licht over dit vraagstuk te verspreiden. Want, wanneer men te doen heeft met zulk een zamengesteld gevolg van werkingen, als plaats hebben bij de plant, en men daarmede nog zoo weinig bekend is, dan moet men eerst trachten, de verschijnselen zoo veel mogelijk te scheiden en afzonderlijk te onderzoeken, om later, met de kennis hiervan toegerust, de meer zamengestelde werkingen na te gaan. Uit dien hoofde is het gas der peulen, dat alleen een gevolg is der luchtvormige uitscheidingen van de vrucht, een uitmuntend voorwerp van onderzoek in dit opzigt, zoo als CALVERT en FERRAND te regt hebben begrepen, en veel beter dan de lucht der luchtkanalen, die welligt in verschillende deelen der plant verschillende veranderingen ondergaat. Doch keeren wij tot de proeven van GARDNER terug.

Hij bragt in Mei 1845 een aantal planten van *Datura stramonium* en van *Poa pratensis* in bierglazen en liet ze daarin verscheidene weken groeijen. De planten werden nu voor het gebruik op de beste wijze verkregen, door het bierglas

uit te storten in een bak met water, en de tuinaarde door schudden van de wortels af te spoelen. Daarna werd de plant gebragt in eene pneumatische tobbe, van aanhangende lucht zorgvuldig bevrijd, en onder een' kleinen ontvanger gebroken. Dit geschiedde altijd te 11 ure voorm., en zoo snel mogelijk, waarna het verkregen gas terstond onderzocht werd.

Zes analyses van het inwendig gas van *Datura stramonium* gaven op die wijze als gemiddelde eene samenstelling van

N. 87.5.

O. 12.5.

in 100 volumen deelen. En uit vier proeven vond hij het gas van *Poa pratensis*, bestaande uit:

N. 86.1.

O. 13.9.

N. . . . 86.75.

Als gemiddelde uit beiden, alzoo . . . O. . . 13.25,

terwijl hij in beide gevallen geen spoor CO_2 daarin kon ontdekken. Doch deze uitkomst is, zoo als GARDNER opmerkt, slechts geldig voor een bepaalden tijd en plaats; hij had op andere tijden meermalen CO_2 in het gas der planten gevonden, even als ook CALVERT en FERRAND dit des nachts in de lucht van den stengel van *Phytolacca decandra* ontdekt hadden.

Het besluit, waartoe GARDNER na zijn onderzoek komt, is, dat de plant als poreus ligchaam geplaatst is tusschen twee gasvormige middenstoffen en zelve een zeker mengsel van gassen bevat. Deze gassen zijn:

	GEWONE LUCHT.	GAS DER PLANT.	GAS IN HET WATER VAN DEN BODEM.
CO_2 .	0.05.	0.00.	30.00 ¹
O.	20.80.	13.25.	22.00
N.	79.15.	86.75.	48.00
	<u>100.00.</u>	<u>100.00.</u>	<u>100.00</u>

¹ Deze samenstelling komt ons vreemd voor, vooral zoo wij bedenken, dat er voortdurend O verbruikt wordt.

Wanneer nu het middelste gas niet in de plant, maar in eene blaas bevat was, en omringd door de twee andere luchtsoorten, zoo zoude het gas der blaas spoedig veranderd worden in samenstelling: N zou worden uitgelaten, O en CO² worden opgenomen. De snelheid dezer werking zoude afhangen van het gas en van den aard der blaas.

Dit zelfde nu heeft, volgens GARDNER, plaats in de plant over dag; vooral bij de bladeren is de wederkeerige werking der binnen- en buiten-atmosfeer zeer duidelijk, die daarentegen daar, waar het gas eerst verscheidene vochten moet doordringen, eenigermate vertraagd wordt. Het streven dier opneming van gassen is, om de besloten lucht in evenwigt met de buitenlucht te brengen. Maar dit kan in het zonnelicht niet plaats vinden, omdat dan O en CO² door de plant sneller worden verwerkt, dan zij in het weefsel indringen. Van daar dat de opneming over dag voortduurt. Des nachts echter houdt die stroom op; CO² wordt uitgestooten, een deel O wordt voor scheikundige werkingen der plant verbruikt en het overige uitgewisseld, zoodat de besloten lucht meer en meer in samenstelling nadert tot de dampkringslucht. Zoodra wederom het daglicht verschijnt, stoort de ontleding van het CO² in de plant het evenwigt, en de stroom hernieuwt zich.

Alzoo, zegt GARDNER ten slotte, is de physische aard der planten, die van een poreus systeem, onderworpen aan de wetten van diffusie der gassen, en begaafd met geene andere levenskracht, dan met het vermogen, om cytoblasten te vormen en de cellen naar eene bepaalde type te rangschikken.

Wie met deze verklaring tevreden zijn moge, wij niet. Immers, wat behoort er meer onder het begrip van zoogenaamde levenskracht, dan het vermogen van voortbrenging en bewaren van de soort, door standvastigheid van vormen en verrigtingen?

GARDNER'S betoog is, naar ons inzien, mislukt; tenzij hij enkel heeft willen bewijzen, dat de plantaardige vliezen poreus zijn en onderworpen aan de algemeene wet der diffusie, in welk geval zijn betoog overtollig is, daar niemand hieraan

thans meer twijfelt. Het laatste besluit is bovendien in tegenpraak met het vroeger verdedigde, dat de plant, besloten tusschen twee middenstoffen, evenzoo werken zoude als eene poreuse blaas met gas daartusschen geplaatst. Want die blaas vormt geene cytoblasten en is niet aan bepaalden celvorm gebonden. Dat nu de uitwisseling der luchtsoorten in en buiten de plant door diffusie plaats heeft, gelooven wij met GARDNER, want ademhaling, zoo als bij dieren, kan men bij de planten, waar men nergens werktuigen vindt, om dien *adem te halen*, toch niet wel aannemen ¹. Doch aan de andere zijde mag niet worden vergeten, dat bij den plantengroei eene eigen werking plaats heeft, die (men moge ze aan levenskracht of aan eigenschappen der stof toeschrijven) thans nog niet verklaard is. Deze werking wordt wel gewijzigd door de invloeden van buiten, doch vertoont echter een zelfstandig karakter, zoodat men de verschijnselen, die bij de zoogenaamde ademhaling der planten plaats grijpen, naar ons oordeel, moet toeschrijven aan twee afzonderlijke oorzaken. Deze oorzaken, die wel onderscheiden moeten worden, zijn:

1^o. de uitingen der levensverrigtingen van de plant, waardoor verschillende scheikundige omzettingen plaats hebben, en ook luchtvormige vloeistoffen worden opgenomen en uitgestooten;

2^o. de veranderingen, die de in de plant besloten lucht ondergaat, volgens de gewone wet van diffusie, door de inwerking van de dampkringslucht, waarvan zij slechts door poreuse weefsels gescheiden is.

Het verschijnsel der zoogenaamde ademhaling is welligt ook daarom zoo zamengesteld, omdat het een gevolg is, niet alleen van de levenswerking der plant, maar ook van de veranderingen, daarbij door diffusie te weeg gebragt.

Na deze uitweiding keeren wij tot ons geschiedverhaal terug, en vinden hier vooreerst de proeven van MATTEUCCI

¹ Verg. Prof. MULDER, *Proeve eener Physiol. Scheik.*, bl. 871.

te vermelden, die zich aan die van GARDNER aansluiten, in zooverre als zij ook een onderzoek van in de plant besloten gassen bevatten.

Na bewezen te hebben, dat de planten, in onnatuurlijken toestand gebragt, of ten deele ontleed, de eigenschap niet meer hebben, om zuurstof aan de lucht af te staan, komt MATTEUCCI, in het tweede deel van zijn opstel¹, tot het genoemde onderzoek, waarvan de uitkomsten de volgende zijn:

NAAM DER PLANT.	DES MORGENS VÓÓR ZONSOPGANG.		OVER DAG NA EENIGE UREN ZONNESCHIJN.	
	GASMENG- SEL C.C.	O DAARIN P. 100.	GASMENG- SEL C.C.	O DAARIN P. 100.
CITROENBLADEREN.....	5.2.	11.80.	4.30.	8.50.
BLADEREN VAN HORTENSIA	9.3.	13.70.	5.40.	5.40.
id.....	7.0.	13.80.	9.20.	9.90.
id. v. CORNUS SANGUINEA	5.2.	7.20.	9.00.	5.60.
id. v. ABRIKOZEN.....	9.4.	16.38.	8.40.	9.80.

Hoe MATTEUCCI de lucht uit die bladeren verkregen en onderzocht heeft, wordt in het uittreksel, dat wij gezien hebben, niet vermeld. Alleenlijk staat daar opgeteekend, dat hij altoos op dezelfde wijze en met hetzelfde aantal bladeren werkte, terwijl hij zich vrijwaarde tegen de in het water opgeloste lucht.

Er blijkt echter uit de opgegeven cijfers, dat de hoeveelheid zuurstof, in de bladeren bevat, des morgens vóór zonsopgang een maximum bereikt, en over dag vermindert; bij de vleezige planten was dit juist omgekeerd. Doch hoe MATTEUCCI uit de genoemde bladeren, zonder ze geweld aan te

¹ Suppl. à la Bibl. univ. de Genève, III, 115—119. (Dit is echter slechts een uittreksel uit Act. Acad. del Cimento, Julij en Aug. 1846.)

doen, zoo veel lucht kon verkrijgen, dat hij daaraan genoeg had voor zijn onderzoek, blijft ons vreemd voorkomen.

Ook het gas, in holle stengels bevat, is door hem onderzocht, en van de volgende zamenstelling gevonden:

NAAM DER PLANT.	ZUURSTOF IN 100 DEELEN.	
	DES MORGENS.	NA ZONNESCHIJN.
ARUNDO DONAX (bovenste gedeelte van den stengel).	17.6.	16.0.
id. (middelste gedeelte).	17.5.	
	19.0.	18.8.
	18.1.	17.6.

Deze proeven zijn niet sprekend, daar de verschillen, vooral bij de laatste cijfers, waarschijnlijk binnen de fouten van het onderzoek liggen. Geheel anders zijn de uitkomsten met de lucht in den stengel van Zucca; hij vond daar aan zuurstof:

DES MORGENS.	NA ZONNESCHIJN.
19.00.	22.50.
18.50.	22.60.
17.60.	22.40.
18.70.	23.20.
19.00.	24.40.

in 100 (gewigts of volumen^p) deelen. De zuurstof neemt daar bij zonnenschijn toe, en dan kon hij ook geen sporen van CO² in dat gas ontdekken, terwijl des morgens soms van 4% tot 7% CO² gevonden werd. Dit stemt eenigermate met de proeven van CALVERT en FERRAND overeen, doch de feiten staan overigens nog te veel op zich zelve en zijn nog te onvolledig bestudeerd, dan dat men thans reeds de verklaring dier afwijkingen zoude kunnen vinden.

Het derde deel van het opstel van MATTEUCCI bevat eene wederlegging der proeven van SCHULTZ. Daar echter hiervan in het ons bekende uittreksel geene opgave van hoeveelheden voorkomt en wij bovendien genoemden strijd reeds vroeger genoegzaam toegelicht meenen te hebben, zoo zullen wij dit verslag besluiten met een paar opmerkingen van MATTEUCCI over de vereischten van die proeven, welke ons toeschijnen zeer waar te zijn.

Wanneer men met alle zorg de proeven van SCHULTZ herhaalt, zal men vinden, dat de bladeren geene zuurstof ontwikkelen met oplossingen van minerale of bewerktuigde zuren, zouten, enz., maar dan moet men voldoen aan eenige voorwaarden. Men moet het water vóór het gebruik zeer lang koken en vooraf destilleren in toestellen, waarin zich geen spoor van organische stof bevindt, die gisten kan; de bladeren moeten vóór de proef eenigen tijd in andere flesschen met het zure water bewaard, en herhaaldelijk in deze oplossing geschud en afgespoeld worden. Bij de bladeren van vleezige planten eindelijk zijn al deze voorzorgen nog niet voldoende, want zij geven in den zonneshijn altijd zuurstof, doch gelukkig ook in zuiver water, dat geene vreemde stoffen opgelost houdt. Want de groote hoeveelheid CO^2 , die in deze bladeren bevat is, laat zich daaruit zeer moeijelijk verwijderen, zoo als reeds DE SAUSSURE heeft aangetoond.

Vóór de vermelding der proeven van de latere jaren, moet nog met een woord gewaagd worden van eene dissertatie van HEINRICH BYCZKOWSKI¹, waarin geene proeven, maar eene beknopte en duidelijke uiteenzetting van de oorzaken voorkomen, die den evenwigtstoestand der dampkringslucht verstoren en herstellen. Dit stuk geeft een klaar en, naar wij meenen, juist denkbeeld van de verschillende werkingen, die eene kleine verandering in den dampkring trachten te weeg te brengen, waartegen andere processen worden overgesteld, die veroorza-

¹ *Das Verhältniss der Pflanzen zur Atmosphäre.* Dorpat. 1846.

ken, dat die veranderingen telkens tot een evenwigtstoestand terugkeeren, en zoo gering zijn, dat zij door de fijnste proefnemingen slechts met moeite bespeurd worden.

Men zal zich herinneren, dat wij vroeger gesproken hebben van den strijd tusschen HUNT en DRAPER, waarin de eerste, even als SENEBIER, den violetten straal voor den krachtigst werkende verklaart, terwijl DRAPER met DAUBENY en GARDNER daarvoor den gelen straal houdt. Thans heeft nu HUNT, na in eene reeks van opstellen de zaak reeds stuksgewijze behandeld te hebben ¹, eene nadere ontwikkeling en uitbreiding zijner vroegere proeven bekend gemaakt ², waarin hij deels zijne vroegere bewering opgeeft, deels eene onderscheiding maakt, waardoor zij eenigermate hare waarde behoudt.

Even als DRAPER onderscheidt HUNT drie soorten van lichtstralen: lichtende, warmtegevende en actinische of scheikundige (dit zijn de tithonische van DRAPER), wier sterkte hij even zoo bepaalt, als DAUBENY dit gedaan had (zie bl. 105), behalve dat hij in lateren tijd de scheikundige werking bepaalde met zilverzouten, met gekleurde plantensappen, en met verbindingen van organische en anorganische stoffen. Bij alle stralen drukte hij de intensiteit uit door cijfers, waarbij die van gewoon wit, niet geabsorbeerd licht = 100 gesteld werd. Deze verschillende stralen nu werken verschillend op verschillende planten, en op dezelfde planten van verschillende ouderdom. Ziedaar de stelling, die HUNT tracht te bewijzen, en waarin hij de verklaring zoekt, zoowel der proeven van DRAPER en GARDNER, als van de zijne.

Wanneer de planten voortdurend groeijen onder den invloed der stralen, welke door de blaauwe middenstof, die hij gebruikt, zijn doorgelaten, dan vertoonen zij na eenigen tijd

¹ Zie Report of the British Assoc. 1842, p. 75; 1844, p. 29; 1846, p. 33.

² Report of the British Assoc. 1847, p. 17—30.

een krachtig en gezond uiterlijk, en de bladeren zijn donkerder groen, dan onder den invloed van andere lichtstralen. Echter vindt men in het eerste tijdvak van groei, dat de planten, die in den onbedekten zonneshijn, of onder geel of rood licht groeijen, eene grootere hoeveelheid houtvezelen, en minder water bevatten, dan die, welke door de zoogenoemde actinische stralen beschenen worden. Want de houtvorming ontstaat door vastlegging van koolstof in de plant, uit het opgenomen en met behulp van het licht ontleed CO^2 . Daarentegen zijn de blaauwe stralen weder meer bevorderlijk voor den groei der wortels; van daar, dat zij zoo gunstig zijn voor jeugdige stekken, gelijk de ondervinding van vele tuiniers bewezen heeft. HUNT meent deze werking niet alleen aan den geringen graad van licht, maar vooral aan de bijzondere eigenschappen dier stralen te moeten toeschrijven.

Wat nu de ontleding van het koolzuur betreft, deze is, volgens HUNT, geene zuiver scheikundige werking, maar hangt grootendeels af van de eigene kracht van het leven der plant. Het bewijs hiervoor vindt hij, behalve in de proeven van DE SAUSSURE en MATTEUCCI, die uit een fijn gestamp-ten Cactus en uit gebroken bladeren geene zuurstof in het zonnelicht zagen ontwikkelen, vooral in de onderstaande uitkomst van zijne proeven. Hierbij stelde hij verschillende planten onder verschillend gekleurde middenstoffen (wier doorlatend vermogen daarbij aangegeven is) aan het zonnelicht bloot, en teekende de hoeveelheden van het ontwikkelde gas op, in deelen van de maat gas, verkregen, wanneer de planten onder den directen invloed der zonnestrallen stonden, welke maat hij altijd = 100 stelde:

TAFEL DER GASONTWIKKELING VAN BLADEREN ONDER VERSCHILLENDE GEKLEURDE MIDDENSTOFFEN.

KLEUR VAN DE MIDDENSTOF.	HOEVEELH. DOORGELATEN STRALEN.			N ^o . DER PROEF.	GAS, VERKREGEN UIT DEZE PLANTEN :			
	LICHTENDE.	WARME GEVENDE.	SCHIEKUNDIGE.		MENTHA VIRIDIS.	BRASSICA OLERACEA.	MATHIOLA INCANA.	SALVIA OFFICINALIS.
GEEL.....	90.	82.	20.	I.	64.	79.	63.	59.
				II.	70.	81.	62.	62.
				III.	68.	73.	67.	57.
				IV.	71.			60.
				—				
ROOD.....	56.	84.	29.	I.	50.	66.	60.	51.
				II.	56.	71.	59.	58.
				III.	56.	60.	63.	51.
				IV.	55.			56.
				—				
BLAAUW..	51.	60.	94.	I.	47.	37.	58.	48.
				II.	51.	44.	55.	52.
				III.	52.	42.	60.	46.
				IV.	49.			50.
				—				

Het blijkt hieruit, dat de bladeren van Brassica meer gas dan de andere geven onder den invloed der lichtende stralen, maar veel minder onder dien der scheikundige stralen. Daarentegen geven de beide laatste planten minder gas dan de anderen bij de lichtende stralen, maar betrekkelijk eene veel grootere hoeveelheid onder den gezamentlijken invloed van lichtende en scheikundige stralen.

HUNT besluit alzoo, dat verschillende planten in verschillende mate gevoelig zijn voor het licht. Ook met de enkelvoudige stralen van het zonnenspectrum heeft HUNT vele proeven genomen, doch daarbij verkreeg hij telkens andere uitkomsten. Zoo gaf b. v. een tak met bladeren van Mentha het meeste gas onder een der stralen, en de bladeren alleen het meeste gas onder een' anderen straal. Geene twee gelijke planten geven dezelfde hoeveelheid zuurstof, in denzelfden tijd onder dezelfde omstandigheden, zoodat men eerst uit een groot

aantal onderzoekingen tot eene gemiddelde uitkomst kan komen.

Bij herhaling van de belangrijke proeven van GARDNER over de vorming van het chlorophyll (zie boven bl. 127), bespeurde hij, dat alle lichtgevende stralen deze werking vertoonen, doch dat zij het krachtigst plaats heeft tusschen het middelste rood en het middelste blaauw. Zoo men echter in een' der stralen het maximum van werking wil zoeken, dan is het stellig in den groenen straal, waarin geëtiolerde planten bij de meeste zijner proeven het eerst groen werden, en gezonde planten het langst frisch en gezond bleven groeijen. HUNT besluit uit zijne proeven met gekleurde middenstoffen, en met de enkelvoudige stralen van het spectrum, dat de eerste de zuiverste handelwijze aanbieden, omdat in alle stralen van het spectrum ook warmtegevende en scheikundige stralen voorkomen, terwijl men daarentegen de gekleurde middenstoffen zoodanig kiezen kan, dat eene der werkingen een maximum van sterkte verkrijgt, en de beide andere tot een minimum herleid worden. Bovendien kan men dit door de dikte van de middenstof nog nader regelen.

Hoe krachtig de planten ook groeiden onder de weinig warmtegevende stralen, zoo als onder intensief geel, donker blaauw of groen, zelden bloeiden zij daaronder. Dit wijst HUNT op de noodzakelijkheid, dat sommige scheikundige werkingen onderdrukt worden, die vooral van licht en actinisme afhangen, en die de planten uitputten in de vorming van hout en van sappen, welke noodzakelijk waren voor de ontwikkeling der voortbrengings-organen. Merkwaardig is het, dat de proef dit besluit schijnt te wettigen, want brengt men de plant uit genoemden toestand onder andere invloeden, waarin zij meer aan de warmtestralen wordt blootgesteld, dan ontstaan weldra bloemen en vruchten. Deze werking is echter niet die van warmte alleen, al hebben die stralen den meesten invloed op den stand eens thermometers; het is eene bijzondere eigenschap, die aan deze stralen toekomt, zoo zelfs, dat wan-

neer de roode stralen daarbij niet aanwezig zijn, er geene bloemen komen.

Welligt heeft men eenig regt, volgens HUNT, om dit in verband te brengen met de onderzoekingen van JOHN HERSCHEL en CLAUDET, waaruit blijken zoude, dat de roode stralen het vermogen bezitten, om de scheikundige verbindingen hechter en duurzamer te maken.

Volgens HUNT alzoo moet men ten slotte drie werkingen van het licht op de planten aannemen, die verschillen naar de jaargetijden, en dus overeenkomen met den verschillende ouderdom en de daarvan afhingende verrigtingen der plant:

- 1°. In de lente is het scheikundig beginsel het krachtigst, wanneer ook de zaden zich ontwikkelen.
- 2°. In den zomer neemt de graad van licht en hitte toe, waarbij veel CO^2 ontleed, en alzoo veel hout gevormd wordt.
- 3°. In den herfst nemen licht en actinisme af, en de werking der warmtestralen treedt op den voorgrond, waardoor de bloem- en vruchtvorming begunstigd wordt.

Hoewel wij nu gaarne aan HUNT toestemmen, dat tot nog toe veel te weinig acht is geslagen op de verschillende werking van het licht op de planten in hare verschillende tijdperken van ontwikkeling; hoewel wij met hem den aard en duur van den zonnenschijn, de geheele gesteldheid van het jaargetijde in aanmerking willen nemen; zoo kunnen wij echter zijne beschouwing van de verschillende soorten van lichtstralen niet goedkeuren.

De gronden vóór en tegen die beschouwing in het breede te bespreken, ligt buiten ons onderwerp. Doch de volgende opmerkingen mogen als verdediging van ons gevoelen hier eene plaats vinden. De theorie van HUNT en DRAPER moeten wij voor ongegrond houden, omdat het *licht geven* een geheel subjectief verschijnsel is. Lichtgevende stralen zijn die trillingen des ethers, welke in elk goed gevormd oog den indruk van licht te weeg brengen. Zonder oog alzoo geen licht.

Warmte en chemisme mogen in de zonnestralen, naar mate van hunne breekbaarheid, eenigzins in sterkte verschillen: beide werkingen zijn niet gescheiden, want, gelijk HUNT zelf verklaart, alle zonnestralen vertoonen zoowel warmtegevende als scheikundige werking. Men heeft even weinig regt, om van verschillende soorten van lichtstralen te spreken, als om verschillende soorten van galvanische stroomen aan te nemen, daar men physiologische, scheikundige, warmtegevende, magnetische en lichtende werkingen van den stroom kent. En vervalt nu die theorie, dan vervalt daarmede ook de grond van den voorkeur door HUNT aan de doorschijnende, gekleurde middenstoffen, boven het prisma, als analytische middelen toegekend. Want het is veel redelijker, om uit de dispersie (de natuurlijke uiteenlegging, als ik het zoo noemen mag, der stralen) de verschillende eigenschappen, die met de breekbaarheid samenhangen, af te leiden, dan zich afhankelijk te maken van de zamengestelde werkingen, die bij opslorping en doorlating door gekleurde middenstoffen plaats hebben, daar de kleuren van deze toch meestal zamengesteld zijn.

Eene belangrijke toepassing van al deze onderzoekingen omtrent de werking van het licht op de planten, mag de inrigting van de groote broeikas voor palmboomen in den botanischen tuin te Kew in Engeland genoemd worden ¹.

Men had reeds lang in broeikassen den nadeeligen invloed der uitdroogende zonnestralen ondervonden, en dit meermalen door gordijnen getracht te verhelpen. Bij de groote afmetingen van de nieuwe broeikas te Kew (109 met. lengte, 80 met. breedte en 19 met. hoogte) was zulk eene inrigting echter niet aanwendbaar, en men zag belangstellend uit naar eenig gekleurd glas, dat de dienst der gordijnen zou kunnen vervullen, zonder veel licht op te slorpen. Het onderzoek van deze zaak werd aan HUNT opgedragen, die een groot aantal ge-

¹ Zie Report of the British Assoc. 1847. Trans. of the sections, p. 51. — DINGLER'S Polytechn. Journ. CVI, p. 307.

kleurde glassoorten op boven vermelde wijze in drie opzigten onderzocht, maar vooral hun opslorpend vermogen ten opzigte der warmtestralen bestudeerde, met de inrigting van JOHN HERSCHEL¹. Het besluit waartoe hij kwam is, dat een zeer bleek geelgroen glas (met koperoxyde verkregen) het best aan het oogmerk voldoet, daar dit zeer weinig licht opslorpt, en toch een groot gedeelte der donkere warmtestralen terughoudt. Het door dit glas doorgelaten licht met het prisma onderzoekende, ziet men, dat alleen het geel iets aan intensiteit verloren heeft, terwijl de uitgebreidheid van het rood verminderd is, daar het onderste gedeelte daarvan is opgeslorpt. Hierdoor is het glas nu juist zeer geschikt voor eene broeikas, want het absorbeert alle donkere warmtestralen, die onder en in het punt liggen, dat door HERSCHEL en anderen als het maximum van warmte is aangegeven (even buiten het rood); zoodat er alle vermoeden bestaat, dat dit glas ten hoogste aan de verwachting zal voldoen, en veel beter bevonden zal worden dan het witte vensterglas, waarvan men thans bijna uitsluitend gebruik maakt in de broeikassen.

In 1848 maakte MACAIRE, Prof. te Genève, een onderzoek bekend² over de rigting, die de planten aannemen, waarin aan het slot ook eenige proefnemingen omtrent de ontleding van het CO² door de bladeren voorkomen. Nadat hij de uitkomst van GARDNER had bevestigd, dat de blaauwe stralen het meest de rigting der bladeren bepalen, en gevonden had, dat de uitwaseming der bladeren veel aanzienlijker wordt, wanneer men deze met de onderzijde naar het licht

¹ Deze inrigting bestaat daarin, dat men ongelijnd papier op een raam spant, en de eene zijde boven eene rookende vlam zwart maakt. Op het oogenblik, dat men op deze zijde het zonnelicht laat vallen, wordt de andere oppervlakte met zwavel-ether bevochtigd. De punten, waarop de warmtestralen inwerken, worden nu zeer gemakkelijk herkend, dewijl de ether daar veel sneller verdampt en reeds duidelijk drooge kringen achterlaat, eer de andere plaatsen slechts een schijn van opdrooging vertoonen.

² Phil. Trans. 1848. Part. II, p. 272.

toekeert, onderzocht hij ook het verschil, dat tusschen de twee blad-oppervlakten met betrekking tot de ontwikkeling van zuurstof bestaat.

Hiertoe nam hij twee bladeren van dezelfde plant, zoo gelijk mogelijk in gewigt en volumen, en bragt ze in twee gelijke glazen, met dezelfde zwakke oplossing van CO_2 , of met hetzelfde bronwater gevuld, maar plaatste de bladeren zoodanig, dat het eene zijne onder-, het andere zijne bovenzvlakte naar het zonnelicht toekeerde, terwijl de andere zijde van het glas met zwart papier bedekt was. Uit een groot aantal dergelijke proeven, waarvan hij de bijzonderheden niet mededeelt, komt hij tot het besluit, dat de bladeren in hunne natuurlijke stelling aan het licht blootgesteld, in denzelfden tijd ongeveer 2 à 3 malen zoo veel gas ontwikkelen als die, welke met de ondervlakte naar het licht toegekeerd zijn. En dit verschil neemt voortdurend toe, daar de gasontwikkeling in het laatste geval langzamerhand vermindert.

De opmerking, die ook DUTROCHET reeds gemaakt had, dat uit een blad van *Camellia japonica*, in water aan het zonnelicht blootgesteld, de gasbellen zich niet uit de stomata ontwikkelen, maar uit den afgesneden bladsteel, gaf hem een middel aan de hand, om dit verschil in werking van het licht op de beide oppervlakten van hetzelfde blad aan te toonen. Daartoe bragt hij in twee wijde buizen met bronwater gevuld, twee gelijke bladeren van *Camellia japonica*, beide met den bladsteel naar boven gerigt, en stelde bij het eene blad de bovenzvlakte, bij het andere de ondervlakte aan het diffuse licht bloot, nadat beide zes uren in het duister hadden gestaan. De gasontwikkeling begon bij het eerste na 20 min., bij het tweede na een half uur, en eindigde bij beiden te gelijker tijd; bij het eerste waren de bellen niet te tellen, bij het tweede zeer goed. De geheele hoeveelheid gas was in het eerste geval driemaal die van het andere. Wanneer hij daarop de bladeren weder in het duister bragt, dan kon hij na eenigen tijd weder de gasontwikkeling in het licht doen aanvan-

gen, en dit tot 7 à 8 malen toe, waarbij hij altijd dezelfde verhouding waarnam, tusschen de verschijnselen van het blad met de bovenzijde naar het licht toegekeerd, en die van het andere blad, welk der beide hij daartoe ook nam.

Het besluit van deze proeven is dus, dat de bladeren in hunne natuurlijke stelling ongeveer 2 à 3 maal zoo veel gas in het licht ontwikkelen, dan wanneer hunne ondervlakte naar boven is gekeerd.

In 1847 was op de jaarlijksche algemeene vergadering der British Association for the advancement of science eene commissie benoemd (waarin onder anderen de beroemde geoloog DE LA BÈCHE, en de reeds meermalen genoemde natuurkundigen DAUBENY en HUNT gezeten waren), om den invloed van het koolzuur op de gezondheid en den groei der planten te onderzoeken, en wel inzonderheid van die planten, welke overeenkomstig zijn met degenen, wier overblijfselen in de steenkolengroep gevonden worden.

Ten gevolge van dien deelt DAUBENY¹ in de meeting van 1849 den uitslag mede van eenige, ook voor onze geschiedenis belangrijke, proeven over den groei van Varens in eene CO² houdende lucht.

DAUBENY nam daartoe 2 groote klokken, die elk ongeveer 45 liters lucht konden bevatten, en bragt de afgeslepen randen daarvan op eene gladde leijen tafel, met twee cirkelvormige openingen, in ieder van welke een pot stond met de planten, die aan de proef onderworpen zouden worden. De toestel werd zoo veel mogelijk luchtdigt gemaakt, door de tafel en de randen der klok met vet te besmeren, en op elkander te drukken. De andere wijze door DAUBENY gebruikt was deze, dat hij de genoemde klokken plaatste op ijzeren schotels met een dubbelen opstaanden rand, waarin 2.5 centim. diep water stond, dat met eene laag olie bedekt was. Wanneer nu de randen der klok in dit vocht dompelden,

¹ Report of the British Assoc. 1849, p. 56—63.

was de toestel zoodanig afgesloten, dat hij nergens een lek kon bespeuren.

Den 14^{den} Mei 1849 werden 5 gezonde Varens, *Nephrodium molle*, *Adiantum cuneatum*, *Gymnogramma chrysophylla* en twee soorten van *Pteris* (*longifolia* en *serrulata*) onder den laatst beschreven toestel gebragt, waarin eene hoeveelheid CO^2 was ingevoerd, die gelijk was aan 5% van het volumen der klok.

Daar de planten niet veranderd werden, zoo bragt hij den 17^{den} Mei de hoeveelheid CO^2 tot 10% en hield ze daarop, door achtereenvolgende bijvoeging, tot den 27^{sten} Mei daaraanvolgende.

Tien dagen daarna was er nog geen verschil te bespeuren in het voorkomen der Varens, noch met betrekking tot hunnen vroegeren toestand, noch ten aanzien van den toestand van vijf dergelijke Varens, die gedurende denzelfden tijd onder de andere klok geplaatst waren, zonder eenige bijvoeging van CO^2 . De proef werd voortgezet tot 21 Junij, waarna de bladeren van *Pteris longifolia* en van *Nephrodium molle* ontkleurd waren, doch de anderen bevonden zich nog in denzelfden toestand.

Dezelfde uitkomst verkreeg hij met eene *Pelargonium* soort, die hij 27 dagen aan den invloed van 10% CO^2 blootstelde, en welke zich na dien tijd in denzelfden toestand bevond als eene dergelijke plant, welke gedurende dien tijd zonder een overvloed van CO^2 was opgesloten geweest.

DAUBENY leidt uit deze proeven het besluit af, dat de planten in het algemeen eene grootere hoeveelheid CO^2 kunnen verdragen dan die, welke thans in den dampkring voorkomt; maar dat hieruit geenszins volgt, dat de hoeveelheid CO^2 die ontleed, en evenzeer de hoeveelheid O die ontwikkeld wordt, in één woord, dat de geheele wasdom der planten in dat geval ook grooter is.

Zoo als men ziet, bevestigen deze proeven, die van DE SAUSURE boven bl. 48 en volg. medegedeeld, doch de planten zijn,

naar ons inzien, door die lange opsluiting in zeer ongunstige omstandigheden geplaatst, daar toch uit de ervaring zoowel als uit de vele vroegere proeven genoegzaam gebleken is, dat luchtwisseling voor alle planten van het hoogste gewigt is te achten. De proeven van DAUBENY zouden veel meer afdoende geweest zijn, zoo hij de planten in een stroom van CO^2 houdende lucht gebragt had, zoo als PERCIVAL reeds in 1777 met de destijds onvolledige middelen beproefd heeft, (zie boven bl. 32), doch waartoe thans de scheikunde genoegzaam is toegerust.

DAUBENY trachtte evenzeer te bepalen, of de hoeveelheid zuurstof, in die kunstmatige atmosfeer ontwikkeld, ook grooter was, dan onder gewone omstandigheden. Daar hij die echter in de lucht zijner klokken niet vond, beproefde hij, bladeren in water met verschillende hoeveelheden CO^2 aan het licht bloot te stellen, en ontdekte nu, dat met de hoeveelheid CO^2 niet die van het gevormde O toeneemt; waaruit hij besluit, dat òf die groote hoeveelheid CO^2 schadelijk was voor de plantenbladeren, òf dat welligt de proeven van RUMFORDT (zie boven bl. 36) waar konden zijn, en alzoo de ontwikkeling van zuurstof geen gevolg van de levensverrigtingen der bladeren ware. Na herhaling van deze proeven met eene ontkennende uitkomst, (welke moeite hij, bij eenige kennis van de litteratuur over dit onderwerp, zich had kunnen besparen), onderzocht hij nu met meer vertrouwen, of ook eene grootere hoeveelheid CO^2 in de atmosfeer dan 10% schadelijk was voor de Varens. En, door op gemelde wijze 20% CO^2 (hetzij in eens, hetzij bij gedeelten) in de klok met genoemde planten te brengen, zag hij, dat alle soorten na 14 dagen meer of min daardoor geleden hadden, ja dat van sommigen alle bladeren dood waren, terwijl echter stam en wortels nog leefden.

Aan het einde van zijn verslag, dat ook proefnemingen bevat over het vermogen van sommige visschen, om in water met meer CO^2 te leven, besluit DAUBENY, dat er geene re-

denen zijn, om aan te nemen, dat, zoo de atmosfeer in vroegere tijdperken der aarde, meer CO^2 bevat moge hebben, deze hoeveelheid tot zekere grens schadelijk zij geweest voor planten en dieren. Hij erkent echter, dat er meerdere en vollediger proeven vereischt worden, om dit punt behoorlijk toe te lichten, en hoopt een volgend jaar daarover meer te kunnen berigten. Doch deze verwachting heeft hij eenigermate teleurgesteld, daar zijn verslag hierover in 1850¹ van weinig belang is.

De ontwikkeling, die de kennis aangaande ons vraagstuk in het afgelopen tijdperk heeft ontvangen, was buitengewoon groot; en wij durven bijna dezen tijd den belangrijkste uit onze geschiedenis noemen. De uitstooting van O door de groene plantendeelen is op geheel nieuwe wijze aangetoond door CALVERT en FERRAND, die daaraan een onderzoek van het gas der luchtholten uit de plant hebben dienstbaar gemaakt; en voor de waterplanten is zulks bewezen door LEWY, die uit zijne naauwkeurige onderzoekingen heeft doen zien, dat met de groene kleur ook die ontwikkeling van O toeneemt. Men heeft ook getracht die verrigting als geheel onafhankelijk van de opneming van CO^2 te beschouwen, en gesteld, dat de planten uit allerlei lichamen O konden bereiden, doch ten onregte, want talrijke en naauwkeurige proeven hebben de onjuistheid dezer meening aangetoond en het verband tusschen beide verrigtingen weder in het licht gesteld.

Nog belangrijker bijna was de vermeerdering onzer kennis omtrent de opneming van CO^2 door de planten. De proeven van BOUSSINGAULT, waarmede dit tijdperk aanvangt, zijn de eerste, welke genoemde verrigting onmiddellijk hebben bewezen; en terwijl PEPYS hetzelfde deed voor eene meer CO^2 houdende lucht, hebben LE BLANC, CHEVANDIER en CALVERT

¹ Report of the British Assoc. 1850, p. 159.

en FERRAND dit, ieder op eene afzonderlijke wijze, even sprekend aangetoond voor planten, die in den natuurlijken toestand verkeerden. Wij mogen dus zeggen, dat de vraag omtrent de opneming van CO^2 een geheel nieuw tijdperk van ontwikkeling is ingetreden, en dat men, op dat voetspoor voortgaande, eenmaal eene meer volkomene kennis van deze verrigting der plant zal verkrijgen.

De invloed van het licht bij de genoemde verschijnselen is, na den hierover in het vorige tijdvak gevoerden strijd, nader onderzocht door GARDNER en HUNT, vooral door den laatsten, die, door het opgeven zijner vroegere bewering, aan den strijd een einde heeft gemaakt; zoodat men thans het voor uitgemaakt mag houden, dat de lichtende stralen van het zonne-spectrum de werkzame zijn bij de uitstooting van O en opneming van CO^2 door de groene planten.

HOOFDSTUK V.

DE ONDERZOEKINGEN DER DRIE JONGST VERLOOPEN JAREN.

Met het jaar 1850 begon eene nieuwe reeks van proefnemingen op het vaste land, alwaar na de wederlegging der proeven van SCHULTZ nagenoeg geene onderzoekingen over ons vraagstuk waren in het werk gesteld.

Deze reeks wordt geopend door de proeven van MOROT en van GARREAU. De eerste heeft in zijn uitmuntend stuk over de vorming, ontwikkeling en samenstelling van het

Chlorophyll ¹ ook eenige proeven medegedeeld, over de werking van geëtiolceerde planten, met eene ruime hoeveelheid CO² aan het zonnelicht blootgesteld.

Hierbij hebben twee verschijnselen plaats: de wit en geel gekleurde deelen ontwikkelen CO², maar te gelijker tijd verhouden de deelen, die groen worden, zich omgekeerd, en ontledeu een deel van het gevormde CO². Zoo de planten te oud zijn, om spoedig groen te worden, wordt het CO² niet meer ten deele ontleed, en er wordt eene grootere hoeveelheid CO² ontwikkeld, dan in het diffuse licht. Zoo daarentegen de plant groen wordt, schijnt die ontwikkeling in het zonnelicht veel geringer, omdat de groene deelen dan het CO² opnemen en ontledeu. "Men ziet dit," zegt MOROT, "duidelijk uit de volgende cijfers, die de uitkomsten bevatten van proeven met graankorrels, die 5 dagen vóór de proef ontkiemd waren, en waarvan steeds een gewigt "van 8 gr. genomen is:"

¹ *Sur la coloration des végétaux.* Ann. d. Sc. Nat., 3^e Sér., XIII, 160—235. Wij treden hier niet in eene beschouwing van dit onderzoek, omdat het later, bij de behandeling van de vermoedelijke oorzaken der zuurstofontwikkeling, ter sprake zal komen.

VOLUMEN VAN HET GAS IN C.C.	VOLUMEN H. IN HET MENGSEL.	TIJD EN DUUR DER PROEF.	VOLUMEN CO ² IN HET MENGSEL.				BLOOTGESTELD AAN	KLEURING BIJ HET EINDE DER PROEF.
			vóór de proef, in 100 deelen.	na de proef, in 100 deelen.	bijgevoegd in C.C.	bijgevoegd voor 1 gr. planten in 10 u., in C.C.		
145.		8 ⁿ 30'—4 ⁿ 15'.	35.7.	37.2.	2.2.	0.35	Diffuus licht.	Geel.
136.		8 ⁿ 40'—6 ⁿ 30'.	34.3.	32.9.	-1.9.	-0.24	Duisternis.	dito.
130.		8 ⁿ 50'—5 ⁿ 45'.	29.4.	34.5.	6.6.	0.97	Zon.	Bruinachtig geel.
138.	62.	9 ⁿ —4 ⁿ 30'.		11.3.	15.6.	2.60	Diffuus licht.	Levendig groen.
130.	62.	9 ⁿ 10'—6 ⁿ		9.6.	11.5.	1.70	Duisternis.	Geel.
138.	62.	9 ⁿ 20'—5 ⁿ		0.0.	0.0.	0.00	Zon.	Donker groen.
177.		8 ⁿ 20'—4 ⁿ		8.1.	14.2.	2.30	Diffuus licht.	Geheel groen.
154.		10 ⁿ —6 ⁿ 15'.		9.4.	14.5.	2.20	Duisternis.	Geel.
145.		10 ⁿ —5 ⁿ 30'.		4.0.	5.8.	0.97	Zon.	Levendig groen.

GARREAU bepaalt ¹ na een uitvoerig onderzoek omtrent het endosmotisch vermogen der cuticula, de verhouding der beide oppervlakten der bladeren ten opzichte van het koolzuur in een eigen toestel, waarin hij ook de uitwaseming van beide had nagegaan. Deze toestel bestond uit twee glazen bekers in den vorm van trechters, die elk aan hunnen rand voorzien waren met eene kleine schijf van ondoordringbaar doek, dat daaraan luchtdigt gehecht was en besmeerd met eene pleister van was en vervolgens met eenig vet lichaam, dat bij eene ligte drukking zich gemakkelijk aan de oppervlakte van het blad hechtte. Elke trechtervormige beker was aan de punt gesloten met eene doorboorde kurk, waardoor eene kleine omgebogen buis ging, met een druppel olie daarin, om de buitenlucht af te sluiten. In elken beker

¹ Ann. d. Sc. Nat., 3^e Sér., XIII, 321—346.

bevond zich een schaaltje met kalkwater, om het gevormde CO^2 op te nemen. Wanneer dit alles gereed was, werd een gezond blad uitgezocht en zorgvuldig gemeten, waarna de eene beker op de bovenzijde, de andere op de ondervlakte van het blad gehecht werd, zoodanig dat de randen van beiden juist zamenvielen.

Op die wijze, meent GARREAU, kan men de betrekkelijke verhouding der beide bladoppervlakten onderzoeken, hoewel hij zich niet ontveinst, dat de volstreckte hoeveelheid uitgeademd gas hierdoor niet gekend kan worden, daar het blad in onnatuurlijken toestand is gebragt. De hoeveelheid verkregen CO^2 bepaalt hij met kalkwater, daar het carbonaat hiervan, een vliesje vormende, beter voor de weging geschikt is. Wanneer de hoeveelheid zeer gering is, neemt hij kleine strookjes papier, die onder eene klok met zwavelzuur gedroogd en naauwkeurig gewogen zijn, veegt daarmede het vliesje van het kalkwater, en brengt ze vervolgens weder 48 uren onder zijne klok met zwavelzuur. De vermeerdering in gewigt van deze papiertjes berekent GARREAU als $\text{CO}^2 \text{CaO}$; doch wij twifelen zeer, of hij niet daarbij gewogen heeft een weinig kalk van het kalkwater, dat het papier vochtig maakte, en waarvan het water grootendeels verdampt en door CO^2 uit de lucht der klok vervangen is. Hierdoor zoude dus ook het volstreckte cijfer onjuist worden, ware het dat niet reeds door den onnatuurlijken toestand van het blad. Dewijl echter GARREAU aan die cijfers slechts eene betrekkelijke waarde toekent, en de handelwijze voor het CO^2 , van beide oppervlakten verkregen, dezelfde was, zoo gelooven wij, dat, niettegenstaande deze fout, de uitkomsten toch uit dit oogpunt vertrouwen verdienen, en dat men het talent erkennen moet, dat in den kleinen, maar vernuftigen toestel ten toon gespreid is. Doch er is bij deze, gelijk bij de meeste der latere proeven van GARREAU een ander bezwaar, dat zijne proeven minder afdoende maakt. Het is de kunstmatige ontwikkeling van CO^2 , die hij te voorschijn geroepen heeft.

door het aanbrengen van eene CO² opslorpemde stof, welke voortdurend de lucht, die het blad omringt, van CO² bevrijdt; zoodat het in de plant besloten CO² daaruit door diffusie steeds ontwijkt. Wij komen op den invloed dier werking later uitvoeriger terug, en zullen dan in de gelegenheid zijn, die nadeelige werking uit de proeven van GARREAU zelve te bewijzen.

De uitkomsten, welke hij verkregen heeft, door, op gemelde wijze, nog aan de moederplant gehechte bladeren des daags en des nachts aan de proef te onderwerpen, zijn bevat in de volgende tafel:

AFGIETE VAN CO² DOOR ELKE DER OPPERVAKTEN VAN HET BLAD,
DES DAAGS EN DES NACHTS.

NAAM DER PLANTEN.	UITGEBREIDHEID VAN ELKE OPPERVAKTE.	DUUR DER PROEF.	WEERSGESTELDHEID.	HOVEELHEID CO ² CAO VERKREGEN BIJ DE		BETREKING TUSSCHEN BEIDE.
				BOVEN- VLAKTE.	ONDER- VLAKTE.	
DES DAAGS.						
Polygonum orientale...	MET. 0.040.	12 uren	Schaduw.....	0.000.	0.000.	
Rheum undulatum.....	0.075.	id.	id.....	0.000.	0.000.	
Nicotiana rustica.....	0.040.	id.	id.....	0.000.	0.000.	
Tropaeolum majus.....	0.040.	id.	id.....	0.000.	0.000.	
Asclepias syriaca.....	0.075.	6 uren	Felle zonneshijm 44°C.	0.005.	0.005.	1.0.
Tropaeolum majus.....	0.040.	8 "	id..... 44° C.	0.005.	0.010.	2.0.
Tilia europaea.....	0.075.	7 "	id..... 45° C.	sporen.	0.015.	15.0.?
Aralia racemosa (eind- blaadje).....	0.040.	6 "	id..... 46° C.	0.025.	0.010.	2.0.
Rheum undulatum.....	0.280.	5 "	id..... 44° C.		0.025.	
DES NACHTS.						
Plumbago europaea....	0.020.	12 uren		0.004.	0.030.	7.5.
Tilia europaea.....	0.020.	id.		0.001.	0.014.	14.0.
".....	0.075.	id.		0.002.	0.030.	15.0.
Aralia racemosa.....	0.040.	id.		0.005.	0.015.	3.0.
Polygonum orientale...	0.040.	id.		0.004.	0.010.	2.5.
Asclepias syriaca.....	0.075.	id.		0.030.	0.030.	1.0.
Tropaeolum majus.....	0.040.	id.		0.010.	0.040.	4.0.
Vitis vinifera.....	0.040.	id.		0.005.	0.030.	6.0.
Nicotiana rustica.....	0.040.	24 uren		0.050.	0.050.	1.0.
Tropaeolum majus.....	0.040.	id.		0.020.	0.060.	3.0.
Althaea officinalis.....	0.040.	id.		0.007.	0.015.	2.0.
Acer pseudo-platanus...	0.040.	id.		0.004.	0.016.	4.0.

Hieruit volgt, dat beide oppervlakten des nachts CO^2 uitstooten, en de ondervlakte meer dan de bovenvlakte. In verband met zijne proeven over de uitwaseming, merkt GARREAU op, dat de bladeren, die het meeste water doen verdampen, ook die zijn, welke het meeste CO^2 van zich geven. Verder bevestigen bovenstaande cijfers de reeds bekende uitkomst, dat gezonde bladeren over dag in de schaduw geen CO^2 uitstooten, en leeren bovendien dat, zoo de felle zonschijn van eene groote hitte ($44-46^\circ \text{C.}$) vergezeld gaat, eene kleine hoeveelheid CO^2 wordt uitgestooten, welke, volgens GARREAU, waarschijnlijk aan de ontledende werking van het licht ontsnapt.

Ten slotte komt GARREAU tot de, naar ons inzien, zeer waarschijnlijke meening, dat men verkeerdelijk twee tegengestelde verrigtingen bij de planten gedurende dag en nacht heeft ondersteld; dat integendeel de plant over dag, zoowel als des nachts ademhaalt (waardoor wij verstaan: van bestanddeelen wisselt met de omringende atmosfeer), maar dat over dag het CO^2 in de plant door de herleidende werking van het licht wordt ontleed, des nachts niet alzoo; zoodat de einduitkomst eene tegengestelde werking des nachts als des daags schijnt aan te duiden.

Deze proefnemingen zijn door vele gevolgd. Vooreerst hebben J. H. en M. G. GLADSTONE ¹ proeven genomen met planten in verschillende gassen geplaatst. Eene plant van *Viola tricolor* groeide 24 dagen in waterstof met 5% CO^2 bedeed, eene andere in lucht met die hoeveelheid CO^2 nog langer. Eene andere dergelijke plant werd geplaatst in een mengsel van waterstof en zuurstof, in rede om water te vormen, en daarbij gevoegd eenige vliegen met suiker gevoed, welke toestel de algemeene huishouding der natuur moest nabootsen. Na 14 dagen was de plant uiterlijk nog in

¹ Report of the Brit. Assoc. 1850. Transact. of the sections, p. 54. L'Institut 1850, p. 335.

goeden toestand. Zulke proeven met planten, opzettelijk in onnatuurlijke toestanden gebragt, komen ons voor, gelijk wij boven reeds meermalen gezegd hebben, tot geene gevolgtrekkingen omtrent de natuurlijke verrigtingen der plant te kunnen aanleiding geven. Bovendien zijn de uitkomsten hier zeer onvolledig medegedeeld, zoodat wij ons hierbij niet verder ophouden zullen.

In het voorjaar van 1851 maakte Dr. LUCK ¹ eene proef bekend, waaruit blijken zoude, dat het vermogen, om in het zonlicht CO^2 te ontleden en O te ontwikkelen, niet aan de groene plantendeelen alleen zoude toekomen. Hij heeft verschafte takken van *Viscum album*, onder uitgekookt water, met een stijf penseel van de aanhangende lucht bevrijd, en daarna in eene klok met evenzeer uitgekookt water gebragt; hierdoor een zwakken stroom CO^2 geleid, en vervolgens den toestel in den zonneshijn geplaatst. Na 2 uren waren uit de takken, die ongeveer 4 lood wogen, 20 C. C. gas ontwikkeld, dat bestond uit:

O.	61.5
CO^2	8.8
N.	29.7
	100.0

Hieruit volgt, zegt LUCK, dat ook eene echte parasietplant, die geene groene bladeren heeft, het vermogen bezit, om in het zonnelicht CO^2 te ontleden en zuurstof te ontwikkelen; zoodat alzoo ook deze planten, gelijk de beschouwing van LIEBIG aanneemt, haar voedsel putten uit den dampkring, en niet uit de sappen der planten, waarop zij groeijen, gelijk men gewoonlijk onderstelt. Zonder ons met de laatste vraag in te laten, gelooven wij echter, dat LUCK niet volkomen gerechtigd is, om de waargenomen werking op andere parasietplanten toe te passen. *Viscum album* toch onder-

¹ LIEBIG's Ann. d. Chem. u. Pharm., LXXVIII, 85.

scheidt zich van de meeste andere parasietplanten daardoor, dat zij *groen* is, op welk onderscheid LUCK niet genoegzaam acht heeft geslagen (hoewel hij zelf erkent, dat de plant groengeel is). Daarom meenen wij uit het vermelde feit, dat wij als waar aannemen, met meer regt een ander besluit te mogen trekken, dit namelijk, dat alle planten, zonder onderscheid, de hoogst bewerktuigde, zoowel als de laagst ontwikkelde, ééne zelfde werking vertoonen op de omringende dampkringslucht, *mits zij groen zijn*.

Nagenoeg gelijktijdig met deze onderzoekingen verscheen de uitkomst van hoogst belangrijke proeven, door CLOËZ en GRATIOLET over den groei van waterplanten genomen ¹, waarbij wij eenigzins uitvoerig moeten stilstaan.

CLOËZ en GRATIOLET hebben de gasontwikkeling uit waterplanten, die aan het zonlicht blootgesteld zijn, nader onderzocht. Zij bezigden daartoe eene flesch van helder wit glas, van 4 à 10 liters inhoud, welke gesloten was met eene doorboorde kurk, waardoor twee buizen gingen. De eene buis, die zeer lang was, reikte tot bijna aan den bodem, en diende om het water in de flesch te ververschen. De andere buis, die het ontwikkelde gas moest afleiden, was omgebogen en kwam juist tot aan het bovenste gedeelte van een' in de kurk uitgehouden afgeknotten kegel. Ten gevolge dezer inrigting konden de geringste hoeveelheden gas uit de flesch verwijderd worden, door water in de andere buis te gieten; het gas werd dan verzameld in eene groote klok en gemeten. Voor het onderzoek werd een bekend volumen van het gas gebragt in eene verdeelde buis, met zuivere kaliloog gevuld; het overblijvende werd, ter bepaling van de zuurstof, eenige uren in aanraking gelaten met eene koperplaat, met amianth omwoeld, die in verdund zoutzuur dompelde, op de wijze, zoo als GAY-LUSSAC dit heeft aangegeven.

Eene proef hiermede gedaan den 3den Sept. 1848 bij fraai

¹ Ann. de Chim. et de Phys., 3e. Sér. XXXII, 41—68.

weder, terwijl de thermometer in de schaduw 21° C. teekende, gaf de volgende uitkomst:

Zes versch geplukte stengels van *Potamogeton perfoliatum*, die te zamen eene lengte uitmaakten van 3,45 met., met 143 bladeren, die te zamen 160 C. C. volumen hadden, gaven in 10 uren 2,35 liters gas bij 15° C. en 761 mm. drukking, alzoo bijna 15 maal het volumen der planten. Het gas bestond uit:

Zuurstof	87.50.
Stikstof	11.25.
Koolzuur	1.25.
	<hr/>
	100.00.

Deze proef, die zij meermalen met hetzelfde gevolg herhaalden, wees hun verscheiden belangrijke feiten, welke zij daarop nauwkeuriger onderzocht hebben, als: 1^o. den invloed der lichtsterkte; 2^o. dien der temperatuur; 3^o. dien der omgevende middenstoffen. Ten gevolge van dit onderzoek trachtten zij den oorsprong der gasontwikkeling te ontdekken.

De invloed van het licht is zeer gemakkelijk te bespeuren, want zoo eene ligte wolk voor eenige oogenblikken de zon bedekt, vermindert terstond de gasontwikkeling, die ook tegelijk met het terugkomen der zonnestralen weder vermeerderd; door een scherm kan men dit insgelijks gemakkelijk aantoonen.

In het diffuse licht gaat de gasontwikkeling voort, doch is langzaam; in het duister heeft zij niet plaats. Zij vonden in het laatste geval echter geenszins, zoo als *INGENHOUSZ*, eene vorming van CO^2 . Wanneer hunne planten in eene gesloten flesch met CO^2 vrij water 24 uren in het duister hadden gestaan, gaf dit water met barytwater geene troebelheid.

Ook omtrent den invloed van het gekleurde licht op de ontwikkeling van gas hebben *CLOËZ* en *GRATIOLET* eene reeks van proeven genomen. Zij bezigden daartoe kasten van verschillend gekleurd gas, welke den vorm hadden van pris-

ma's met vierkante basis, en bragten deze over hunne toestellen, die gevuld waren met water, dat de helft van zijn volumen CO² bevatte. Hierbij hebben zij zorg gedragen, om in elke flesch evenveel bladeren te doen, van zooveel mogelijk dezelfde grootte en dezelfde groeikracht. Te dien einde namen zij een stengel van *Potamogeton perfoliatum*, met 20 gezonde bladeren, sneden daarvan het boven- en onderende af, zoodat zij een stuk met 6 nagenoeg even groote bladeren overhielden, hetwelk zij in zes gelijke deelen verdcelden. Zoo deden zij met 12 planten van *Potamogeton perfoliatum* en bragten nu in elke flesch een blad van elke plant. De toestellen, die op boven beschreven wijze waren ingerigt, werden in de zon gezet, en het gas opgevangen in buizen met water, waarop eene laag olijfolie lag, en daarna op gezegde wijze onderzocht. De uitkomsten waren deze:

TAFEL I.

GASONTWIKKELING UIT BLADEREN VAN POTAMOGETON PERFOLIATUM, ONDER GEKLEURDE EN KLEURLOOZE GLAZEN.

TIJD EN DUUR DER PROEVEN.	SOORT DER GLAZEN.	TEMP. VAN HET	VOLUMEN VAN HET VERKREGEN GAS BIJ 0° EN 760 MM. DRUKK. IN C. C.	ZAMENSTELLING HET GAS BIJ 100 VOLUMEN D.	
		WATER DER FLESSCHEN. C.		CO ² .	O.
29 Julij 1849. van 10 u. 45' tot 2 u.	Ongekleurd mat glas.	30.75	49	20.41	59.05
	Geel	31.00	45	17.77	60.00
	Ongekl. doorzigtig."	34.50	30	23.33	48.34
	Rood....."	30.75	22	20.45	43.19
	Groen....."	31.00	19	18.43	42.10
	Blaauw....."	29.50	16	15.63	37.50
2 Aug. 1849. van 10 u. 15' tot 2 u.	Ongekleurd mat glas.	35.00	62	14.53	66.13
	Geel	35.50	56	12.50	66.07
	Ongekl. doorzigtig."	42.00	35	15.71	57.15
	Rood....."	34.00	24	16.66	43.75
	Groen....."	34.70	22	15.91	43.15
	Blaauw....."	32.20	15	13.33	40.00
6 Aug. 1849. van 12 u. tot 3 u. 30'.	Ongekleurd mat glas.	35.80	110	10.91	70.00
	Geel	37.00	95	10.52	69.47
	Ongekl. doorzigtig."	44.60	86	10.46	54.65
	Rood....."	34.50	43	13.95	48.84
	Groen....."	36.20	30	16.66	43.34
	Blaauw....."	33.50	23	17.39	34.75

Het blijkt hieruit, dat de werking het krachtigst is onder ongekleurd mat glas, terwijl het gewone glas eerst in de derde plaats volgt. Tevens ziet men, dat het gas het rijkst aan zuurstof is, wanneer de ontwikkeling ook het levendigst is geweest, en dat eene zelfde hoeveelheid van dezelfde bladeren, in dezelfde omstandigheden geplaatst, toch telkens eene andere uitkomst geeft. Dat de temperatuur hierbij niet van grooten invloed is geweest, blijkt uit eene vergelijking van de cijfers der 3^{de} en 4^{de} kolom; want bij gewoon glas is de temperatuur altijd eenige graden hooger geweest dan bij de andere glassoorten, en toch vindt men daar nimmer het meeste gas. Overigens bevestigen deze proeven de uitkomst van die van DRAPER en anderen, dat van de verschillende kleuren het geel de meeste werking te weeg brengt, doch wij betreuren het, dat deze proeven, die anders alle blijken van naauwkeurigheid dragen, met gekleurde glazen en niet met de enkelvoudige stralen van het spectrum genomen zijn, welke handelwijze wij boven als de beste hebben aangetoond. En mogen ook al de groote kosten hen daarvan afschrikt hebben (gelijk CLOËZ en GRATIOLET erkennen), dan hadden wij toch stellig eene nadere bepaling van het opslorpend vermogen der gebruikte glazen voor de verschillend gekleurde stralen hier wenschelijk geacht.

Den invloed der temperatuur op de gasontwikkeling hebben CLOËZ en GRATIOLET onderzocht, door hunnen toestel te brengen in een vat met water, dat men door bijvoeging van ijs gemakkelijk verkoelen kon, terwijl een daarin geplaatste thermometer de geringste veranderingen aanwees. Het bleek hun daarbij, dat bij klimmenden warmtegraad de gasontwikkeling een aanvang nam, als de thermometer 15° C. teekende, en bij 30° een maximum scheen te bereiken; bij dalende temperatuur ging de gasontwikkeling bij 15° nog krachtig voort en hield eerst op bij 10°. Dit feit kan van belang zijn voor de leer der sabbeweging in de plant.

Wat nu den invloed der omgevende middenstoffen betreft,

zoo is vooreerst wel het aanwezen van vrij CO^2 een onmisbaar vereischte voor den groei. Uitgaande van dit thans goed gevestigde feit, hebben GLOËZ en GRATIOLET aan hunne waterplanten altijd CO^2 aangeboden, maar de aard van het water, waarin dit opgelost was, werd telkens gewijzigd, om hieruit het verschijnsel meer in zijne bijzonderheden te leeren kennen. Zij bragten hunne planten, 1^o. in natuurlijk rivierwater, waarin, behalve CO^2 , gassen en zouten opgelost zijn; 2^o. in rivierwater, bevrijd van gassen door uitkooking, maar met zijne zouten, en waarbij men CO^2 voegt; 3^o. in luchthoudend gedestilleerd water, waarin een weinig CO^2 is opgelost; eindelijk 4^o. in lucht vrij gedestilleerd water, waarin alleen een weinig CO^2 werd gevoerd.

De proeven met natuurlijk rivierwater werden genomen in de boven beschreven flesch, terwijl door de tot onder in de flesch reikende buis telkens versch water werd aangevoerd uit een hooger gelegen reservoir. Opdat echter door het vallen van het water geene lucht werktuigelijk medegevoerd zoude worden in de flesch met planten, was tusschen deze en het reservoir eene tweede flesch gebragt, voor $\frac{4}{5}$ met water gevuld en gesloten met eene doorboorde kurk met twee buizen, waarvan de eene, die uit het reservoir het water ontving, tot even onder het niveau van het water der flesch reikte; en de andere, die tot op den bodem der flesch ging, gemeenschap had met de flesch met planten. Deze laatste ontving dus het water door den druk van de watermassa in het hooger gelegen bassin, en alle werktuigelijk medegevoerde lucht verzamelde zich boven den waterspiegel in de eerste flesch. Zes weken lang werden de waterplanten aldus aan de proef onderworpen en bleven al dien tijd volkomen frisch en gezond. In de eerste dagen der proefneming werd het gas dagelijks gemeten en onderzocht; het bleek daarbij, dat het verkregen gas van dezelfde planten telkens verschillend was in hoeveelheid en samenstelling, naar mate het weder meer of minder helder was. Doch altijd was de hoeveelheid het grootst en

ook het rijkst aan zuurstof, wanneer het licht het helderst was geweest. Dit ziet men uit de volgende tafel der uitkomsten, waarbij echter CLOËZ en GRATIOLET tot ons leedwezen niet den staat van het weder hebben opgegeven:

TAFEL II.

GASONTWIKKELING VAN WATERPLANTEN IN RIVIERWATER,
DAT TELKENS VERVERSCHT WORDT.

NAAM DER PLANTEN.	TIJD DER PROEF, WAAROP HET GAS VERZAMELD IS.	VOLUMEN VAN HET VERKRIGEN GAS, IN C.C.	ZAMENSTELLING VAN HET GAS IN 100 VOL. DEELEN.	
			ZUURSTOF.	STIKSTOF.
NAYAS MAXIMA.....	1 ^e dag.	138.	37.68.	62.32.
	2 ^e "	127.	36.85.	63.15.
	5 ^e "	63.	27.74.	72.26.
	6 ^e "	116.	32.65.	67.35.
	8 ^e "	102.	31.00.	69.00.
POTAMOGETON LUCENS...	1 ^e dag.	82.	28.60.	71.40.
	2 ^e "	74.	27.28.	72.72.
	5 ^e "	45.	26.40.	73.60.
	6 ^e "	76.	28.72.	71.28.
	8 ^e "	61.	27.30.	72.70.
POTAMOGETON PERFOLIA- TUM.....	1 ^e dag.	107.	36.21.	63.79.
	2 ^e "	96.	33.40.	66.60.
	5 ^e "	54.	27.00.	73.00.
	6 ^e "	82.	29.70.	70.30.
	8 ^e "	69.	28.34.	71.66.

De proeven met van lucht bevrijd rivierwater hebben tot hoogst belangrijke uitkomsten geleid, wanneer men die vergelijkt met bovenstaande cijfers. In dit water, dat op 8 liters, 25 centiliters CO² bevatte, en waarin men dit CO² gehalte zoo veel mogelijk standvastig hield, werden den 30sten Julij 1849 acht stengels van Potamogeton perfoliatum gebragt, die te zamen 4.8 met. lang waren, en 184 C.C. water verplaatsten. De gasontwikkeling was in de drie eerste dagen vrij aanzienlijk, maar nam daarna langzamerhand af, niettegenstaande het weder

even fraai bleef; daarbij vermeerderde steeds de betrekkelijke hoeveelheid O van het gas, gelijk men ziet uit deze tafel:

TAFEL III.

GASONTWIKKELING VAN POTAMOGETON PERFOLIATUM IN LUCHTVRIJ RIVIERWATER, MET CO² BEDEELD.

	VERZAMELD VOL. GAS IN C.C. BIJ 0° EN 700 MM.	ZAMENSTELLING VAN HET GAS IN 100 VOL.		TOTAAL VOLUMEN VAN ONTWIKKELD N, IN C.C.
		O.	N.	
EERSTE DAG.....	348.	84.30.	15.70.	54.6.
TWEEDE ".....	569.	86.21.	13.79.	78.4.
DERDE ".....	624.	88.00.	12.00.	74.8.
VIERDE ".....	315.	89.74.	10.26.	32.3.
VIJFDE ".....	226.	90.47.	9.53.	21.5.
ZESDE ".....	162.	92.85.	8.15.	13.1.
ZEVENDE ".....	120.	95.66.	4.34.	5.2.
ACHTSTE ".....	86.	97.10.	2.90.	2.5.
			Totaal	282.4.

De uitkomst, waarvan wij spraken, is deze, dat het tot den gezonden groei der waterplanten noodzakelijk schijnt te zijn, dat er lucht aanwezig zij in het water, waarin zij groeijen, want er wordt in het gasmengsel eene groote hoeveelheid stikstof afgegeven, die, bij gebrek aan voorhanden lucht, voortdurend door de plant zelve moet geleverd worden. Immers wanneer men in de laatste kolom der laatste tafel die groote som van N ziet, (welke veel meer is dan het volumen der planten), dan moet men, daar het water geen N bevat, tot ééne van deze onderstellingen komen, òf dat de plant in hare holten N gecondenseerd houdt, òf dat die stikstof ont-

staat uit ontleding der stoffen van de plant zelve. CLOËZ en GRATIOLET hebben zich deze vragen voorgelegd, en ze zorgvuldig onderzocht. Hoewel wij hen hier niet even uitvoerig volgen kunnen, daar dit onderzoek buiten ons onderwerp ligt, zoo mogen wij hunne uitkomst niet verzwijgen, welke deze is, dat de planten werkelijk door den groei in lucht vrij water, zoowel aan onbewerkte bestandsdeelen, als aan stikstof verloren hebben, (van de laatste 1.49%). Te gelijk was daarbij de frissche groene kleur verdwenen, zoodat er waarschijnlijk eene zekere betrekking bestaat tusschen de uitstooting van zuurstof, de ontleding van eenige stikstofhoudende deelen der plant en de vorming en onderhouding van het bladgroen. Eene uitkomst, die ook reeds ten deele door DRAPER was gevonden, en door Prof. MULDER¹ is besproken. Wij komen daarop later terug.

Wat nu de gasontwikkeling betreft in gedestilleerd water met of zonder lucht en met eenig CO² voorzien, de uitkomsten van de proeven hieromtrent zijn tamelijk wel dezelfde geweest, met dit onderscheid, dat de ontwikkeling van zuurstof langer geduurd heeft in water, dat lucht bevatte; in beide gevallen echter zijn de planten weldra geel geworden. De gevolgtrekkingen betreffende den oorsprong der gevormde stikstof, uit de vorige proeven afgeleid, hebben zich hier weder bevestigd, en het is bovendien gebleken, wat trouwens reeds bekend was, dat ook de onbewerkte zouten in het rivierwater opgelost, middelijk bijdragen tot de gasontwikkeling, door aan de planten zekere grondstoffen af te staan, die noodzakelijk zijn tot onderhoud van het leven.

Ten slotte van ons verslag van de proeven van CLOËZ en GRATIOLET moeten wij nog eene waarneming van deze natuuronderzoekers vermelden, die niet van belang ontbloomt is. CLOËZ en GRATIOLET hebben gezonde stengels van *Potamogeton perfoliatum* gebragt in een der bassins van het Museum

¹ *Proeve eener physiol. Scheik.*, bl. 312.

van natuurlijke historie, waarvan het water zeer rijk was aan koolzuren kalk. De planten bleven daarin volkomen gezond, en na 14 dagen vonden zij op de bovenvlakte der bladeren, vooral van de jongste, die het meeste leven vertoonden, een overvloedig korrelig afzetsel, dat uit bijna zuiveren koolzuren kalk bleek te bestaan. De ondervlakte der bladeren was vrij gebleven, en daar de bladeren in allerlei rigtingen in het water zich bevonden, was aan een werktuigelijk afzetsel hier niet te denken. "Welke verklaring," vragen CLOËZ en GRATIOLET, "ligt nu nader bij de hand dan deze, dat de "koolzure kalk, die alleen door een overvloed CO^2 in het water opgelost blijft, zich afgezet heeft, waar dit CO^2 weggenomen is, en dus de plaats aanwijst, waar de opslorping "van CO^2 door de bladeren heeft plaats gehad?"

Wat nu de zuurstof betreft, die afgescheiden wordt, deze wordt niet terstond naar buiten ontlast, maar hoopt zich langzamerhand in de intercellulairgangen op, waaruit soms een deel in den dampkring wordt uitgestooten. De stroom van zuurstof in de plant rigt zich altijd van de bladeren naar de wortels (welligt om door aanvoer van O aan de oxydeerbare deelen eene nieuwe bron van CO^2 te vormen). Deze hunne meening gelooven CLOËZ en GRATIOLET te kunnen bewijzen door de proef, dat een afgesneden stuk stengel van Potamogeton of van Ceratophyllum horizontaal in met CO^2 verzadigd water in de zon gelegd, altijd eene ontwikkeling van gasbellen uit het worteleinde vertoont, en niet uit het andere, welke ook de rigting zijn moge, waarin de stengel geplaatst is.

Tegen dit laatste besluit zijn AD. en W. KNOP¹ opgekomen. Zij hebben die proef herhaald, doch vonden altijd dat het gas, dat zich ontwikkelt, enkel de hydrostatische wetten volgt, en daar ontwijkt, waar het den geringsten wederstand ontmoet. "Want," zeggen zij, "de bladeren ontwikkelen in het "zonlicht meer gas dan de afgesneden of gewonde stengel in-

¹ Chem. Pharmac. Centralbl. 1851, N^o. 39, p. 609 volg.

“sluiten kan; daardoor vullen zich de inwendige ruimten der luchtholten met lucht, en het overvloedige gas ontwijkt, waar het eene opening daartoe vinden kan.” Wat overigens de hoeveelheid van het ontwikkelde gas aangaat, deze hangt, volgens KNOP, niet alleen van het zonnelicht af; het jaargetijde en de ouderdom der plant moeten daarbij ook in aanmerking genomen worden.

In deze voorloopige mededeelingen geven verder AD. en W. KNOP nog de uitkomsten van eenige onderzoekingen van lucht uit het binnenste der plant, waarin zij alleen het zuurstofgehalte der lucht door phosphorus bepaald hebben. Wij laten die uitkomsten hier niet volgen, daar zij eenigzins op zich zelve staan, en voor als nog weinig leeren kunnen, terwijl bovendien de analyse niet dien graad van nauwkeurigheid bezit, die thans voor dergelijke proeven vereischt wordt. AD. en W. KNOP erkennen dit zelve, waar zij in hun tweede stuk¹ zeggen, dat de fout, bij de bepaling van het zuurstofgehalte der lucht met phosphorus, 2% kan bedragen. Zij hebben daarom in hunne latere proeven de zuurstof bepaald met pyrogalluszuur in kaliloog opgelost, en daarbij nooit hooger fout dan van 1% gevonden. Deze fout is nog veel te groot voor nauwkeurige luchtanalyses en ten gevolge daarvan kunnen de uitkomsten ook slechts eene beperkte waarde hebben. Uit dien hoofde zullen wij ook niet al de talrijke gevolgtrekkingen vermelden, die AD. en W. KNOP uit hunne proeven afleiden, en vooral niet die, welke zij zelve met een (*) geteekend hebben, als op slechts ééne, of op een te gering aantal proeven berustende.

Vooreerst² mogen de tafels volgen der uitkomsten van het onderzoek der in verschillende deelen der plant gevonden lucht, waartoe wij *Sagittaria sagittifolia* als voorbeeld nemen. De lucht is bij allen onmiddellijk boven het water, waarin de plant groeide, verzameld.

¹ Chem. Pharm. Centralbl. 1851, N^o. 46, p. 721 volg.

T A F E L

DER ZAMENSTELLING VAN HET GAS UIT VERSCHILLENDE DEELEN VAN
SAGITTARIA SAGITTIFOLIA.

N A A M D E R P L A N T E N D E E L E N	T I J D V A N D E N D A G, W A A R O P H E T G A S V E R Z A M E L D I S.	S T A A T V A N H E T W E D E R.	Z A M E N S T E L L I N G V A N H E T G A S I N 100 V O L. D E B L E X.	
			O.	N.
Bladsteel, van boven, boven water.....	Des morgens	Daags te voren zonnig.	18.0.	82.0.
Witte, onderste deel der bladsteelen, 2 duim van den wortel af.....			16.0.	84.0.
Witte, in den modder liggende, scheuten.....			16.0.	84.0.
Bladstelen, van boven, boven water.....	vóór zonsopgang.....	Gedurende den geheelen nacht regen.	20.0.	80.0.
Bladstelen, onderste, onder water.....			17.0.	83.0.
Witte scheuten.....	Daags te voren zonnig.		16.0.	84.0.
Scheuten.....			10.0.	90.0.
Bladstelen, van boven, boven water.....	Des middags.	Den geheelen dag digte regen.	21.5.	78.5.
Idem, onder water.....			18.0.	82.0.
Witte scheuten.....	Des middags.	Zonnig.	15.0.	85.0.
Bovenste deel der bladstelen, boven water.....			21.5.	78.5.
Onderste deel der bladstelen, onder water.....			18.0.	82.0.
Vruchtdragende halm met groenrijpe vrucht.....	Des avonds.	Bedekt en regenachtig.	21.5.	78.5.
Bovenste deel der bladstelen, boven water.....			18.0.	82.0.
Bloeiende en vruchtdragende bloemstengel.....	Des avonds.		16.0.	84.0.
Witte, in den modder liggende, scheuten.....			11.0.	89.0.

AD. en W. KNOP leiden uit deze en andere proeven af, dat bij alle door hen onderzochte planten met stomata, het maximum der zuurstof van de in de holte besloten lucht dat der dampkringslucht niet overtreft; in de onder water levende wortelstokken en scheuten is het O gehalte nog veel geringer. De veranderingen in samenstelling der lucht, nadat het

weder lang zonnig of regenachtig is geweest, zijn zoo gering, dat zij slechts door eudiometrische middelen herkend kunnen worden. Alzoo mogen bovenstaande proeven in dit opzigt van weinig waarde heeten, want de verandering in samenstelling der ingesloten lucht in verschillende deelen derzelfde plant zoude al buitengewoon groot moeten zijn, zoo die ettelijke procenten bedroeg. Die proeven staan, naar ons inzien, verre achter de naauwkeurige onderzoekingen van CALVERT en FERRAND, en van CLOËZ en GRATIOLET.

AD. en W. KNOP hebben ook eenige proeven over de opneming van CO^2 en O door de planten bekend gemaakt, doch ook deze onderzoekingen zijn verre van naauwkeurig, gelijk hun geheele stuk sporen van groote overhaasting verraadt, en niet genoegzaam naar een bepaald plan ingerigt schijnt te zijn. De beste onder die proeven komen ons de volgende voor:

1^o. Een geheel exemplaar van *Sparganium ramosum* werd voorzigtig uit den modderachtigen bodem gehaald en in een glazen cilinder gekweekt, waarin het goed scheen te groeijen. Een der bladeren (ongeveer $1\frac{1}{2}$ meter hoog) werd in eene glazen buis van 32 mm. wijdte en 1.6 met. lengte ingeschoven. De glazen buis was van boven met eene caoutchoucplaat bedekt, waardoor eene kleine glazen buis ging, die gemakkelijk luchtdigt kon gesloten worden. Men liet nu van onderen in de wijde buis, die aldaar door het water afgesloten was, een stroom zuurstof intreden, zoo lang tot dat een glimmende zwavelstok in het kleine buisje gehouden, ontbrandde. Dit werd daarop gesloten en het blad 48 uren in dien toestand gelaten, waarna het uit de buis genomen, en onder water stuk gesneden een gas gaf, dat 4^o/_o CO^2 en na aftrek daarvan

O 26.

N 74.

in 100 deelen bevatte.

De bladeren van dezelfde plant werden op dezelfde wijze met CO^2 behandeld; men liet daarbij echter den stroom CO^2

gedurende de proef van verscheiden dagen voortduren, en het bovenste kleine buisje open; deze proef is dus eigenlijk slechts eene herhaling van die van PERCIVAL. Des middags, na afwisselend zonneshijn en betrokken lucht des morgens, werd een blad van onderen afgesneden. Daarbij werd het in water gedompelde gedeelte van het in lucht zich bevindende gescheiden, en de lucht uit elk deel afzonderlijk onderzocht.

De analyse gaf hierbij tot uitkomst:

	ONDERSTE STUK.	BOVENSTE STUK.
CO ² . . . . .	.47.	5.
O	9. . . . .	.19.
N . . . . .	.54. . . . .	.76.
	100.	100.

Het blijkt hieruit, dat het onderste in water geplaatste deel veel meer CO² had opgenomen, dan het bovenste in de lucht zich bevindende.

Evenzeer onderzochten AD. en W. KNOP ook het CO² gehalte van de lucht van andere plantendeelen, en drukten daartoe deze uit in kalkwater. Meestal zagen zij dan een vliesje op het kalkwater of eene troebelheid aan de wanden van het glas. Zulke ruwe proeven leeren echter niets.

De twee nog overige bladeren derzelfde plant werden weder 8 dagen in de buis gelaten, terwijl de lucht daarin met CO² beladen was. Men had eene inrigting getroffen, zoodanig dat in het midden der buis een gegraduateerd buisje hing, dat met de opening naar onderen in het water getrokken kon worden, waardoor men een weinig van het gas uit de buis kreeg. Deze lucht bestond uit:

CO ² . . . . .	.64.
O + N . . . . .	.36.
	100.

bij het begin der proef, waarin de 36% uit dampkringslucht bestond, die in de buis was overgebleven. Na de proef was

het zuurstofgehalte verminderd, want het door kali niet opgenomen overblijfsel bestond in 100 deelen uit O 17 en N 83. "Hier is dus door gezonde plantendeelen buiten den zonschijn zuurstof opgenomen", besluiten AD. en W. KNOP, doch wij durven dit besluit uit die proef nog niet toestemmen; want er is volstrekt niet opgegeven, of het volumen der lucht, die de plant omringde, ook veranderd is, noch zelfs het vermoeden geuit, dat zeer goed een deel zuurstof in die 8 dagen door het water kon opgenomen zijn.

In hetzelfde jaar verscheen een tweede stuk van GARREAU¹, die in 1850 door proeven had bewezen, dat de bladeren in den zonschijn ook eenig CO² ontwikkelden. Thans heeft GARREAU zijne onderzoekingen gerigt op de door DE SAUSSURE waargenomene in- en expiratie der bladeren. Deze had zijne toestellen eerst eenigen tijd in het duister gebragt en daarna aan de zonnestrallen blootgesteld, om de verschillende werking van licht en duisternis te zien; daarbij had hij echter de tusschenliggende toestanden, die van schaduw en diffuus licht niet onderzocht, en ten gevolge hiervan de werking der bladeren op de zuurstof des dampkrings in het gewone daglicht niet waargenomen. Dit onderzoek heeft GARREAU opgevat en gevonden, dat de genoemde plantendeelen, in staat van ontwikkeling verkeerende, het volumen der omringende lucht gedurende sombere dagen en in de schaduw verminderen door voortdurende opneming of inspiratie van zuurstof.

Hiertoe nam hij een aan beide zijden open glazen verlengstuk (*allonge*) van 1 à 2 liters inhoud, dat aan de eene zijde gesloten werd met eene doorboorde kurk, die den tak met bladeren doorliet, welke, nog aan de moederplant gehecht, aan de proef onderworpen werd. Een plat schaaltje met eene oplossing van kaustieke potasch werd in het verlengstuk gebragt, ter plaatse waar dit zich vernaauwde, en daarna de kurk met een harsachtig vernis bestreken, om die zijde van

¹ Ann. d. Sc. Nat., 3^e Sér., XV, 5—36.

den toestel luchtdigt te maken; het andere einde, dat gegra-
 dueerd was, werd in een bak met gedestilleerd water gezet.
 Hierdoor kon de vermindering der besloten lucht, ten gevolge
 der inspiratie van de bladeren, waargenomen worden door de
 opklimming van het water in den verdeelden hals, en, na
 correctie voor verschil van niveau, voor temperatuur en druk-
 king, worden bepaald. GARREAU merkt hierbij op, dat deze
 handelwijze niet de geheele inspiratie aangeeft, daar de pot-
 asch niet de laatste sporen CO^2 uit de begrensde luchtruimte
 wegneemt, doch dit bezwaar vermindert de waarde der uit-
 komsten niet, die alleen het feit der inspiratie moeten aan-
 wijzen.

De volgende zijn de uitkomsten, verkregen met 100 gr.
 planten, in eene lucht, die ten minste 25 maal haar volu-
 men bevat:

TAFEL I.

PROEVEN VAN GARREAU OVER DE INSPIRATIE VAN O DOOR GROENE
BLADEREN BIJ BEDEKT WEDER EN IN DE SCHADUW.

NAMEN DER PLANTEN.	TEMPERATUUR C.	DUUR EN TIJD DER PROEVEN.	VERMINDERING DER ATM.	WEERSGESTELDHEID. OPMERKINGEN.
MORUS DASYPHYLLA.....	17.	UREN. 9—6.	C.C. 35.	Vrij heldere dag, in de schaduw van een hoogen muur.
id.....	17.	9—6.	64.	Licht eener slecht verlichte kamer.
DAHLIA VARIABILIS.....	16.	11—6.	14.	Vrij heldere dag, in de schaduw.
PHASEOLUS MULTIFLORUS.	15.	10—6.	40.	Sombere dag.
CONVOLVULUS PURPUREUS.	14.	12—6.	40.	Id.
CERASUS LAURO-CERASUS.	18.	10—6.	20.	Licht eener broeikas.
MERCURIALIS ANNUA.....	17.	12—6.	40.	Id.
RICINUS COMMUNIS.....	17.	12—6.	10.	Vrij heldere dag, schaduw.
HELIANTHUS TUBEROSUS..	16.	10—6.	43.	Id., in den vrijen grond.
ATROPA BELLADONA.....	16.	12—6.	23.	Id., id.
SYMPHYTUM ORIENTALE..	14.	12—6.	27.	Diffuus licht.
PERILOCA GRAECA.....	15.	12—6.	44.	Id.
ACER ERIOCARPON.....	17.	12—6.	45.	Id.
ACER PSEUDO-PLATANUS..	16.	11—6.	32.	Vrij heldere dag, schaduw, in den vrijen grond.
LAVATERA ARBOREA.....	15.	12—6.	17.	Sombere dag, id.
DIGITALIS LUTEA.....	16.	12—6.	30.	Id., id.
DELPHINIUM REQUIENII..	18.	12—6.	20.	Licht eener broeikas.
CUPRESSUS SEMPERVIRENS	18.	12—6.	22.	Id.
CELTIS AUSTRALIS.....	15.	12—6.	35.	Een weinig bewolkte dag.
CALENDULA OFFICINALIS..	17.	10—6.	12.	Id., in den vrijen grond.

Tegen de besluiten, door GARREAU uit gemelde proeven getrokken, hebben wij twee bezwaren: 1°. neemt GARREAU aan, dat de opgenomen lucht alleen zuurstof is, doch hij bewijst dit niet, en wij begrijpen niet, waarom er niet evenzeer ook stikstof kan opgenomen zijn, door diffusie met de lucht in de plant, die dan CO^2 zal afgeven. En van hier het tweede bezwaar: de kunstmatige CO^2 ontwikkeling, ten gevolge van diffusie te weeg gebracht, bij opsluiting der plant in eene kleine ruimte met potasch, kalk- of barytwater. Dit bezwaar drukt de meeste der overigens scherpzinnige proeven van GARREAU; wij hebben daarvan reeds boven met een woord gesproken, en herhalen dit hier, om later bij de vermelding zijner laatste proeven daarop terug te komen.

GARREAU gelooft, dat de opgenomen zuurstof ten deele vervangen wordt door koolzuur, dat uit de plant uitgestooten wordt. Hij bewijst dit, door de bovengenoemde proeven op dezelfde wijze te herhalen, en daarenboven de hoeveelheid CO^2 , die er gevormd is, te bepalen. Hiertoe voegt hij bij de potasch kalkwater, filtreert het neerslag in een gesloten trechter, en ontleedt het daarop in eene gegradueerde buis boven kwik met stukjes wijnsteenzuur. Hij verkiest deze wijze bo- het onderzoek van een deel der gebruikte lucht, voornamelijk omdat zich hier de fout der analyse zoo veel malen vergroot, als de onderzochte hoeveelheid kleiner is met betrekking tot de geheele besloten luchtruimte.

Uit deze proeven is hem gebleken, dat de hoeveelheid uitgestooten CO^2 steeds geringer is, dan die van de opgenomen zuurstof; waardoor hetzelfde, wat DE SAUSSURE in het duistere had waargenomen, ook geldt voor bewolkte dagen en in diffuus licht. Men kan zich hiervan overtuigen, door de cijfers der onderstaande tafel in te zien, die de uitkomst zijner proeven bevat, met 100 gewigtsdeelen bladeren verkregen, en waarbij altijd rekenschap gehouden is van de veranderingen, door verschil in temperatuur, niveau en drukking te weeg gebracht:

T A F E L II.

NAMEN DER PLANTEN.	TEMPERATUUR, C.	DUUR DER PROEVEN.	VERMINDERING DER ATM. IN C.C.	AFGEGEVEN CO ₂ IN C.C.	WEERSGESTELDHEID.
ACER PSEUDO-PLATANUS. {bouquet bladeren. id. id....	17. 12.	12-6. 8-8.	30. 80.	20.0. 63.3.	Heldere d., vrijegrond. id.
LYCIUM EUROPAEUM..... {beblad. takken... id. id.....	14. 11.	9-5. 9-5.	14. 23.	8.5. 14.9.	Diffuus licht. id.
PERIPLOCA GRAECA..... { id. id..... id. id.....	15. 13.	12-6. 12-6.	33. 60.	21.8. 49.0.	Heldere dag. " "
ATROPA BELLADONNA..... id. id.....	15.	11-6.	24.	17.9.	id.
HELIANTHUS TUBEROSUS.. { id. id..... id. id.....	16. 12.	12-6. 6-6.	40. 160.	32.0. 133.0.	In den vrijen grond. "
RICINUS COMMUNIS..... {gevouwen blad... id. id....	16. 12.	12-5. 8-8.	17. 70.	7.0. 42.0.	" "
MERCURIALIS ANNUA.... beblad. stengel. ...	17.	12-6.	37.	25.5.	Licht eener broeikas.
CERASUS LAURO-CERASUS. {beblad. tak. id. id.....	19. 15.	12-6. 8-8.	15. 55.	11.0. 42.0.	" "
DAHLIA VARIABILIS..... {bouquet bladeren. id. id....	16. 13.	12-6. 8-8.	14. 60.	8.5. 46.5.	
DIGITALIS LUTEA..... beblad. stengel. ...	16.	12-6.	27.	18.5.	Sombere dag, in den vrijen grond.
NICOTIANA TABACUM..... id. id.....	18.	12-6.	65.	52.0.	Id.
DELPHINIUM REQUIENII.... id. id.....	17.	12-6.	22.	17.0.	Een weinig somber, id.
CUPRESSUS SEMPERVIRENS {zeer jonge takken met bladeren....	17.	12-6.	20.	15.0.	Licht eener broeikas.
MORUS DASYPHYLLA..... {afgesneden blader. id. id....	16. 17.	9-6. 12-6.	40. 64.	20.0. 34.0.	Sombere dag. Diffuus licht.
ACER ERIOCARPON..... { id. id... id. id...	15. 11.	12-5. 12-5.	43. 70.	30.0. 58.3.	Een weinig somber. " "
CONVOLVULUS PURPUREUS { id. id... id. id...	15. 12.	12-6. 8-8.	50. 140.	40.0. 125.0.	Sombere dag. id.
PHASEOLUS MULTIFLORUS. { fl. id... in. id...	15. 12.	12-6. 8-8.	50. 150.	34.8. 130.0.	Zeer bewolkt. id.

GARREAU heeft de meeste dezer proeven herhaald met afgesneden bladeren van dezelfde planten, waaruit hij besluit, dat deze een geruimen tijd dezelfde werkingen vertoonen, als de nog aan de plant gehechte bladeren. Hij geeft ook daarvan eene tafel, die wij echter niet overnemen, omdat 1°. de temperatuur en duur der proef daarbij niet dezelfde zijn, zoodat de tafels als zoodanig niet best vergeleken kunnen worden; 2°. omdat het in den aard der zaak ligt, dat bij het afsnijden van een blad vele van zijne verrigtingen verstoord worden, welke ongewone werking zich bij het eene blad eerder, bij het andere later vertoont, doch niet missen kan, op alle proeven eenen ongunstigen invloed uit te oefenen. Van hier dan ook, dat wij slechts eene betrekkelijke waarde kunnen toekennen aan de proeven, waaruit GARREAU den invloed van licht en temperatuur op de genoemde verschijnselen bewijst. Wij deelen daarvan eenige mede, omdat er weinig opzettelijk vergelijkende proeven over die toch zoo magtige invloeden bestaan, hoewel wij gaarne gewenscht hadden, dat zij met nog aan de plant gehechte bladeren genomen waren:

TAFEL III.

VERGELIJKENDE PROEVEN OVER DEN INVLOED VAN VERSCHILLENDE
GRAAD VAN LICHT OP DE KOOLZUUR-ONTWIKKELING.

NAAM DER BLADEREN.	AARD VAN HET LICHT.	TEMPERA- TUUR, C.	DUUR DER PROEF.	AFGEGEVEN CO ₂ IN C.C.
LYCIUM EUROPAEUM.....	(Gewoon daglicht..	14°.	9—5.	1.7. 8.0. 14.2.
	Diffuus licht.....	14.		
	Duisternis.....	12.		
ACER ERIOCARPON.....	(Gewoon daglicht..	15.	12—5.	30.0. 41.6. 58.5.
	Diffuus licht.....	12.		
	Duisternis.....	12.		
HELIANTHUS TUBEROSUS..	(Gewoon daglicht..	19.	12—5.	25.7. 65.0. 180.0.
	Diffuus licht.....	18.		
	Duisternis.....	14.		
CELTIS AUSTRALIS.....	(Gewoon daglicht..	16.	12—5.	15.0. 25.0. 120.0.
	Diffuus licht.....	16.		
	Duisternis.....	12.		

TAFEL IV.

VERGELIJKENDE PROEVEN OVER DEN INVLOED VAN VERSCHILLENDE GRAAD VAN
WARMTE OP DE KOOLZUUR-ONTWIKKELING IN HETZEELFDE LICHT.

NAAM DER BLADEREN.	DUUR DER PROEVEN, IN UREN.	TEMPERATUUR, C.	CO ₂ DAARBIJ AFGEGEVEN DOOR 100 GR., IN C.C.	TEMPERATUUR, C.	CO ₂ DAARBIJ AFGEGEVEN DOOR 100 GR., IN C.C.	AANMERKINGEN.
CERASUS LAURO-CERASUS.	12—5.	18°.	20.0.	8°.	0.	3 jonge takken met 12 bladeren.
NICOTIANA TABACUM.....	12—6.	18°.	38.0.	8°.	0.	Bebladerde takken.
TROPAEOLUM MAJUS.....	8—8.	16°.	15.0.	5°.	0.	Idem.
HELIANTHUS TUBEROSUS..	12—6.	17°.	72.0.	5°.	1.	Bouquet met topbla- deren. Diffuus licht.
CUPRESSUS SEMPERVIRENS	12—6.	17°.	15.0.	5°.	2.	Zeer jonge beblader- de takken.
EUPHORBIA LATHYRIS....	8—6.	19°.	8.3.	7°.	0.	Jonge stengels met bladeren.

Er blijkt uit tafel III, dat er CO^2 wordt uitgestooten in het gewone daglicht, maar veel meer in de duisternis; uit tafel IV, dat die werking eerst met zekeren graad van temperatuur aanvangt, zoo als ook CLOËZ en GRATIOLET gevonden hadden. Doch deze onderzoekers verkregen geene ontwikkeling onder eene temperatuur van 10°C ., hetgeen GARREAU betwijfelt, om reden dat de temperatuur des nachts gewoonlijk niet zoo hoog komt; bij enkele proeven door hem met waterplanten genomen, verkreeg hij echter bij 15° in het duister slechts sporen van CO^2 . Deze ontwikkeling van CO^2 over dag is ook de uitkomst van vele proeven van anderen, die echter, zoo als GARREAU opmerkt, daarop geenszins gelet hebben. Zoo verklaart hij hieruit de uitkomst der proeven van BÉRARD met groene vruchten, die van sommige proeven van DE SAUSSURE, AIMÉ, ja ook van CALVERT en FERRAND, want deze vonden des middags ten 4 ure meer CO^2 in de lucht der peulen dan ten 12 ure, en dit verschil was veel aanzienlijker bij zonnenschijn, dan bij bedekt weder (zie tafel I, bl. 145).

Het tweede gedeelte van GARREAU's onderzoek strekt, om te bewijzen, dat de zoogenaamde ademhaling der planten uitloopen moet op eene vermindering van koolstof bij sommige deelen, en eene vermeerdering daarvan bij andere deelen der plant, ten gevolge waarvan verhooging van warmtegraad ontstaat. Hiertoe zijn door GARREAU geene proeven genomen, en het betoog behoort dus in dit overzicht niet te huis. Doch wij mogen van dit opstel niet afstappen zonder een paar aanmerkingen van de redactie der *Annales des Sciences naturelles* te vermelden, die ons voorkomen zeer juist te zijn. Zij waarderen zeer de proeven van GARREAU en beschouwen het bewijs, dat ook in het gewone daglicht CO^2 afgegeven wordt, als nieuw. Doch deze werking, verbonden met de opneming van zuurstof, is niet de eenige, die de planten uitoefenen. Integendeel de opneming van CO^2 en vastlegging van koolstof in het weefsel der plant is een onmisbaar vereischte tot haren

groei. Deze verrigting schijnt bij langen duur niet nadeelig te zijn voor de plant, zoo als de groei in de lange dagen der noordelijke gewesten getuigen kan. Wordt de plant echter een geruimen tijd aan het licht onttrokken, zoo houden de natuurlijke werkingen op; zij wordt bleek en kwijnende, en vele organen komen niet tot ontwikkeling. Het gewigt nu van die andere werking schijnt door GARREAU niet genoeg in het oog gehouden te zijn, want hoewel hij ze in een vorig stuk geen ademhalings-, maar voedings-verschijnsel noemt, zoo hangt zij toch innig samen met hetgeen door GARREAU als ademhaling wordt genoemd, en deze mag in haren invloed niet zonder de andere beschouwd worden.

GARREAU heeft dit ook zelf ingezien, want in zijn derde stuk¹, dat niet minder belangrijk is dan de vorige, beschouwt hij hoofdzakelijk de gelijktijdige uitstooting en opslorping van CO² door de planten in haren verschillende staat van ontwikkeling. Reeds in zijn eerste opstel had GARREAU aangetoond (zie boven bl. 190), dat bij fellen zonneschijn de bladeren een weinig CO² uitstooten, doch toen waren zijne onderzoekingen niet uitgebreid genoeg, om dit zoo vreemde verschijnsel genoegzaam op te helderen. Daarom heeft hij in 1851 vooreerst den invloed der knoppen en der jeugdige plantjes op de omringende lucht onderzocht, om te zien, welk verschil de leeftijd der plant, en de daarmede samenhangende samenstelling harer deelen te weeg bragt.

Hij verzamelde de schoonste knoppen, waarvan hij den trap van ontwikkeling en het gewigt in verschen en (later) in droogen toestand nauwkeurig opteckende, en vereenigde deze tot een bundel, zoodanig, dat al de uiteinden der takjes, die met de knoppen afgesneden waren, te samen één vlak vormden. Hierdoor was het mogelijk, al die uiteinden onder water te dompelen in een glas, zonder dat een der knoppen onder water was. Over deze inrigting werd eene gegraduateerde

¹ Ann. d. Sc. Nat., 3^e Sér., XVI, 271—292.

klok geplaatst, waarvan de wanden van binnen met eene geconcentreerde oplossing van kaustieke potasch overtrokken waren, om het CO^2 bij zijne vorming vast te leggen. De klok rustte op een bord met water, geplaatst voor het raam eener kamer, die gedurende de proef (van 24 uren) op 15° à 16°C . werd gehouden. Door deze gelijkheid van temperatuur bleef de oorspronkelijke lucht der klok dezelfde ruimte innemen, en de vermindering in volumen, die er plaats had en welke bij dag en bij nacht afzonderlijk naauwkeurig werd opgeteekend, was toe te schrijven aan de werking der knoppen.

GARREAU hield die vermindering voor CO^2 , door de knoppen afgegeven, en bepaalde de hoeveelheid daarvan uit die vermindering, want hij had zich door twee voorloopige proeven overtuigd, dat de knoppen slechts onbeduidende hoeveelheden dampkringslucht verdigten. Wij twijfelen echter, of dat meten der luchtvermindering in eene klok van 600 à 700 C.C. inhoud, eene groote naauwkeurigheid toeliet, doch wellicht wordt deze hier minder vereischt, daar GARREAU aan zijne cijfers slechts eene betrekkelijke waarde toekent. Wat de knoppen betreft, deze leden in dien toestand geenszins, en gedurende de proef zag men ze hunne schubbetjes uitspreiden, en bij sommigen zelfs het aantal schutblaadjes vermeerderen. Zij werden alle na de proef gewogen in verschen toestand, daarna 12 uren lang bij 110° gedroogd en weder gewogen. De uitkomsten dezer proeven staan in de volgende tafel:

DATUM. Maart.	NAMEN DER PLANTEN EN AANTAL KNOPPEN.	TEMPERATUR DER LUCHT, C.	GEWIGT DER KNOPPEN.		VOLUMEN UITGEADEMD CO ² .		VOLUMEN DER ATMOSFEER, IN C.C.	AANMERKINGEN.
			IN VERSOEN STAAT, IN GR.	IN DROOGEN STAAT, IN GR.	DES DAAGS, IN C.C.	IN 24 UREIN, IN C.C.		
27.	SYRINGA VULGARIS.....12	15°.	9.0.	2.00.	18.	70.	600.	Blaadjes uitge- spreid onder de pr. dito vóór de pr.
27.	AESCULUS MACROSTACHYA 5	15°.	7.0.	0.85.	12.	45.	600.	
27.	SAMBUCUS NIGRA.....6	15°.	10.0.	1.75.	10.	60.	600.	
27.	RIBES NIGRUM.....10	15°.	7.0.	1.25.	12.	60.	600.	Blaadjes hebben hunne oppervlakte verdubbeld onder de proef.
28.	EVONYMUS LATIFOLIUS..10	15°.	5.6.	1.15.	14.	44.	700.	
28.	PAVIA RUBRA.....11	15°.	9.0.	1.45.	13.	56.	700.	Knoppen open- gegaan.
28.	STAPHYLEA PINNATA....14	15°.	6.5.	0.90.	15.	52.	700.	
28.	LONICERA ALPIGENA ....15	15°.	5.3.	1.00.	15.	49.	700.	
28.	CORYLUS AVELLANA.....23	15°.	5.6.	1.50.	18.	58.	700.	Knoppen half ontloken. De bladeren be- gonnen uit de schubjes te ko- men.
31.	TILIA EUROPAEA.....3	15°.	4.0.	0.70.	24.	46.	700.	
29.	AESCULUS HIPPOCASTA- NUM.....20	14°.	13.5.	2.50.	45.	90.	700.	Uitgespreide bladeren.
29.	AESCULUS MACROSTACHYA 5	14°.	7.0.	1.20.	10.	36.	700.	

Men ziet hieruit, dat de knoppen alle des daags CO² uitstooten in de dampkringslucht, hoewel minder dan des nachts. Het gewigt der knoppen in droogen toestand heeft GARREAU bepaald, om een maatstaf te hebben, waarnaar hij de grootte der hoeveelheid uitgedemd CO² kon afmeten; want de handelwijze van DE SAUSSURE, om die hoeveelheid te vergelijken met het volumen der plantendeelen, komt hem ongeschikt voor, dewijl het watergehalte der planten zeer veranderlijk is naar mate van de warmte, den tijd van den dag, den ouderdom der plant, enz.

Met de bovenstaande uitkomsten vergelijkt GARREAU die, welke hij verkreeg, door de jonge loten derzelfde planten op dezelfde wijze aan de proef te onderwerpen. Deze uitkom-

sten waren gelijkvormig, in sommige gevallen zelfs gelijk, aan die der knoppen. Wij deelen daarom ook de tafel daarvan door GARREAU (p. 276) opgegeven, niet mede, omdat die slechts eene herhaling der vorige zou zijn; maar merken alleen met hem op, dat zoowel knoppen, als jonge loten zeer rijk zijn aan stikstofhoudende stoffen.

Is dit laatste waar en bestaat er, zoo als GARREAU in zijn vorig opstel meent bewezen te hebben, eenig verband tuschen de zoogenaamde ademhalings-verrigtingen en de hoeveelheid N in de plantenstoffen bevat, dan is het van het grootste belang om de oorzaak van dit verband nader op te sporen. Uit dien hoofde heeft GARREAU thans ook de jonge plantjes, die van gekiemde zaden ontstaan, aan de proef onderworpen. Hiertoe liet hij eerst de zaden kiemen in glazen bakjes met zeer fijn zand met regenwater bevochtigd; nam vervolgens na de kieming de omhulsels der zaden met zorg weg, waardoor hij het betrekkelijk N gehalte der plantjes aanzienlijk vermeerderde, en bragt nu de jonge groene plantjes met de bakjes, waarin zij groeiden, onder zijne klok, op gelijke wijze, als hij dit met de knoppen had gedaan. De plantjes werden na de proef onder een straal water zorgvuldig gewaschen, om hunne worteltjes van het aanhangende zand te bevrijden, daarna afgeveegd, gewogen, vervolgens bij 110° gedroogd en wederom gewogen. De uitkomsten waren als volgt:

DATUM. April.	NAAM DER PLANTEN.	TEMPERATUUR, C.	GEWIGT DER PLANTJES.		VOL. UITGEADEMD CO ² NA 24 UREN, IN C.C.	TIJD, WAAROP DE PROEF BEGON.
			IN VERSCHEN TOESTAND, IN GR.	NA DROOGING BIJ 100°, IN GR.		
12.	LACTUCA SATIVA.....	16°.	4.5.	0.40.	33.	3 dagen na de kieming.
16.	VALERIANA OLITORIA.....	16°.	4.0.	0.20.	25.	4 " " " "
13.	PAPAVR SOMNIFERUM....	16°.	5.8.	0.45.	55.	3 " " " "
12.	SINAPIS NIGRA.....	16°.	8.5.	0.55.	32.	3 " " " "
12.	LEPIDIUM SATIVUM.....	16°.	2.5.	0.25.	12.	3 " " " "

Wanneer men hier het gewigt der plantjes in droogen toestand vergelijkt met het in 24 uren uitgeademde CO², dan blijkt het, dat zij bij een zelfde gewigt meer gas uitstooten, dan de knoppen en jonge loten, en deze wederom meer dan de bladeren. Nog meer springt dit verschil in het oog in de volgende tafel, waarin de hoeveelheden gas, die men verkreeg, bepaald zijn voor een gelijk gewigt drooge plantenstoffen. Men ziet daarin tevens het stikstofgehalte dier stoffen, bepaald naar de methode van WILL en VARRENTAPP en gecontroleerd naar die van MILLON; terwijl eindelijk uit dit N gehalte de daarmee overeenkomende hoeveelheid proteïne berekend is, die dan vermoedelijk in de plantendeelen zoude voorkomen, tenzij daarin de stikstof op eene andere, nog onbekende wijze gebonden ware.

NAMEN DER PLANTEN EN DEELEN DAARVAN.	GEWIGT DER PLANTENDEELEN.		VOLUME UITGEAD. CO ₂ NA 24 UREN, IN C. C.	VERKREGEN STIKSTOF.		PROTEÏNE, BEREKEND UIT HET GEVONDENE N IN GEWIGT- PROCENTEN.	
	IN VERSCHEN TOESTAND, IN GRAMMEN.	IN DROOGEN TOESTAND, IN GRAMMEN.		VONSTREKT VOLUME, IN C. C.	GEWIGT- PROCENTEN.		
SYRINGA VULGARIS..	{ Blad. op $\frac{2}{3}$ d. grootte.	9.0.	2.2.	50.	39.3.	2.27.	15.14.
	{ Knoppen (Maart)....	10.0.	2.2.	88.	83.6.	4.76.	31.74.
FRAXINUS EXCELSIOR	{ Bladeren (Sept.).....	8.5.	2.2.	40.	38.0.	2.18.	14.54.
	{ Knoppen (Maart)....	11.5.	2.2.	77.	81.0.	4.63.	30.88.
STAPHYLEA PINNATA.	{ Blad. (einde v. Sept.).	9.0.	2.2.	40.	57.2.	3.26.	21.74.
	{ Knoppen (Maart)....	15.6.	2.2.	127.	101.0.	5.76.	38.41.
TILIA EUROPAEA....	{ Bladeren (Sept.).....	10.4.	2.2.	68.	57.0.	3.22.	21.47.
	{ Knoppen (Maart)....	12.6.	2.2.	140.	100.0.	5.72.	38.15.
Plantjes.....	{ LACTUCA SATIVA..... VALERIANA OLITORIA... PAPAVER SOMNIFERUM.. SINAPIS NIGRA.....	30.0.	2.2.	168.	110.0.	6.27.	41.82.

Het door GARREAU in 1849 ontdekte feit, dat de bladeren en andere groene plantendeelen over dag in den zonschijn CO₂ van zich geven, is zoo vreemd, en schijnt zoodanig in strijd met de bij uitnemendheid aan de bladeren toekomende eigenschap, om in het zonlicht CO₂ op te nemen, dat het hoogst wenschelijk ware, dat dit onderzoek voortgezet en uitgebreid werd.

GARREAU heeft dit ingezien en zelf die voortzetting geleverd. Groene, bebladerde takken van planten, die in de open lucht groeiden, liet hij eenigen tijd leven in de begrensde, maar vrij ruime atmosfeer van eene flesch van 6 liters in-

houd, op wier bodem zich eene waterige oplossing van baryta caustica bevond. Hiertoe bragt hij takken, nog aan de moederplant gehecht, door den tamelijk wijden hals van genoemde flesch, en sloot dien met eene kurk, waarin eene insnijding gemaakt was, om den tak door te laten. Door het midden der kurk ging eene veiligheidsbuis, die strekte zoo wel om het barytwater door te laten, als om de vrijling der besloten lucht, door de vermindering van volumen ten gevolge van het opgenomen CO^2 , te voorkomen. Na de proef werd de tak afgesneden, en het barytwater geschud, om de laatste sporen CO^2 , nog in de lucht voorhanden, vast te leggen. Dit barytwater werd gebragt in een gesloten trechter, met eene kraan voorzien, en het neerslag daarna in eene gegraduateerde buis, alwaar het carbonaat boven kwikzilver door stukjes citroenzuur ontleed werd.

GARREAU verkiest hier, ter bepaling van het gevormde CO^2 , barytwater boven kalkwater, omdat CO^2 , BaO minder oplosbaar is. Echter merkt hij hierbij op, dat het gevormde neerslag niet al het verkregen CO^2 voorstelt, omdat CO^2 , BaO tamelijk oplosbaar is, in een overvloed van BaO HO^1 . Daarom geven de volgende getallen niet de geheele hoeveelheid uitgestooten CO^2 aan.

¹ Hij raadt hierom aan, het ter bepaling benoodigde barytwater vooraf met het carbonaat te verzadigen, doch daarmede verkrijgt men, naar ons inzien, nog geene zuivere uitkomst, want dan wordt er ligt te veel CO^2 , BaO neergeslagen, wanneer de overvloed barytwater vermindert.

D A T U M.	NAMEN DER PLANTEN.	GEWIGT IN GRAMMEN.	TEMP. IN DE SCHADUW, C.	DUUR DER PROEF, IN UREN.	VOLUMEN UITGESTOOTEN CO ² , IN C. C.	OPMERKINGEN
24 Aug.	FAGOPYRUM CYMOSUM.....	15.	25°.	12.	30.	Zes uren zonneschaduw
25 "	FICUS CARICA.....	30.	24°.	12.	24.	"
4 "	ASCLEPIAS CORNUTI.....	26.	22°.	12.	36.	"
3 "	GLYCYRRHIZA ECHINATA.....	10.	22°.	6.	8.	Drie uren zonneschaduw
29 Julij.	KITAIBELIA VITIFOLIA.....	19.	20°.	3.	16.	"
29 "	SYRINGA VULGARIS.....	19.	20°.	3.	10.	"

Behalve de vreemde en omslagtige wijze, om het CO² te bepalen, is er bij deze proeven een gebrek, dat hare waarde voor ons zeer vermindert, en waarop wij reeds boven met een woord gewezen hebben. Deze proeven toch gaan mank aan hetzelfde euvel als die van HOFFMANN (boven bl. 151 vermeld), daar zij het koolzuur, dat waarschijnlijk grootendeels door bloote diffusie en verdamping ontstaan is, als ten gevolge eener levensverrigting uitgestooten in rekening brengen. Immers de gassen, in de plant besloten, diffunderen voortdurend met de buitenlucht, en bovendien verdampt, van de in de klok (d. i. eene soort van broeikas) besloten plantendeelen, eene groote hoeveelheid water, waarbij, zoo als bekend is, vele in het water opgeloste stoffen, vooral CO², mede verdampen.

Is nu de omringende lucht vrij van CO², dan zal door beide werkingen voortdurend CO² daarin uitgestort worden, dat telkens door het barytwater opgenomen en dus weder aan de lucht onttrokken wordt. Het einde dier wederkeerige werking kan alzoo niet anders zijn dan eene langzame be-rooving der plant van al het daarin voorhanden vrije CO² en

eene ophooping van deze stof in het barytwater. Dit ons beweren heeft GARREAU zelf door zijne eerstvolgende proeven, zonder het te weten, gesteund. Want, daar hij nu, ten gevolge zijner proeven, eene dubbele werking bij de groene plantendeelen des daags moest aannemen, eene afgifte en eene opneming van CO_2 , zoo meende hij dit in overeenstemming te kunnen brengen, door te veronderstellen, dat het uitgestooten CO_2 , onder den invloed van het licht, door de planten wederom opgenomen en ontleed werd. Wanneer hij op boven beschreven wijze gelijke hoeveelheden van dezelfde planten gedurende denzelfden tijd bragt, de eene in eene flesch met barytwater, de andere in eene flesch zonder die basis, dan moest de eerste flesch na de proef meer CO_2 bevatten dan de tweede, omdat dit gas daarin terstond bij zijne vorming werd vastgelegd en dus aan de ontledende werking der bladeren ontsnapte. De proef scheen zijne onderstelling geheel te bevestigen, gelijk blijkt uit deze tafel:

TAFEL

VAN DE UITKOMST VAN PROEVEN, DIE AANTOONEN MOETEN, DAT HET UITGESTOOTEN CO² DES DAAGS
HERLEID WORDT, NAAR MATE HET UIT DE PLANT ONTSNAPT, ZOODRA DEZE IN EENE
BEGRENSDE ATMOSPHEER VERKEERT.

DATUM.	NAMEN DER PLANTEN.	TEMPERATUUR, C.	DUUR DER PROEF, IN UREN.	N ^o .	GEWIGT DER PLANT, IN GRAMMEN.	ATMOSPHEER MET OF ZONDER BAHWTWATER.	VOL. UITGESTOOTEN CO ² IN C. C.	WEERSGESTELDHEID.
30 Julij.	KITAIBELLA VITIFOLIA..	18°.	v. 10 tot 4.	I.	21.	zonder.	0.	Regenachtig weder met eenige zonnestralen.
				II.	21.	met.	12.	
31 "	RHUS RADICANS.....	19°.	" 11 " 5.	I.	25.	zonder.	0.	Vochtig weder, een weinig betrokken.
				II.	25.	met.	11.	
1 Aug.	FRAXINUS EXCELSIOR..	18°.	" 11 " 5.	I.	15.	zonder.	0.	Geen zon, een weinig betrokken, regen.
				II.	15.	met.	6.	
1 "	ACER ERIOCARPON.....	19°.	" 12 " 6.	I.	30.	zonder.	24.	Een weinig betrok- ken.
				II.	29.	met.	41.	
4 "	SYRINGA VULGARIS....	18°.	" 12 " 6.	I.	15.	zonder.	0.	Drie uren fraai zonnenschijn.
				II.	15.	met.	6.	
7 "	GLYCYRRHIZA ECHINATA.	22°.	" 12 " 6.	I.	10.	zonder.	0.	Vier uren zonn- schijn.
				II.	10.	met.	8.	
5 "	ASCLEPIAS CORNUTI....	23°.	" 7 " 7.	I.	26.	zonder.	7.	Zes uren zeer hel- dere zonnenschijn.
				II.	26.	met.	37.	
6 "	FAGOPYRUM CYMOSUM..	25°.	" 7 " 7.	I.	15.	zonder.	9.	Idem.
				II.	18.	met.	30.	
6 "	FICUS CARICA.....	24°.	" 9 " 6.	I.	30.	zonder.	9.	Idem.
				II.	30.	met.	24.	

Doch zoude men uit deze proeven niet met hetzelfde regt kunnen opmaken, dat het sub N^o. II verkregen CO² voor het grootste gedeelte ontstaan was uit de boven beschreven werking van het barytwater? Wij voor ons gelooven het, althans zeker in de eerste voorbeelden, waar men in de flesschen zonder barytwater geen CO² vond, terwijl in de andere gevallen de gewoonlijk afgegeven hoeveelheid CO² daardoor waarschijnlijk vermeerderd is. Men versta ons hier echter wel. Wij loochenen geenszins de afgifte van CO² ook des daags, en houden het zelfs met GARREAU voor waarschijnlijk, dat beide werkingen (opneming en afgifte van CO²) voortdurend plaats grijpen, zoodat het tijdelijk overwegend zijn van eene van beide de schijnbaar afwisselende uitkomst te weeg brengt, die men bij eene oppervlakkige beschouwing der plantaardige werking bespeurt. Wij hebben met bovenstaande opmerkingen alleenlijk willen aantonen, dat de handelwijze van GARREAU niet geschikt was, om zijne meening te bewijzen, daar hij de door ons genoemde bezwaren over het hoofd heeft gezien.

Dezelfde bezwaren drukken ook de verdere besluiten, welke hij uit de vorige en andere proeven heeft afgeleid; hoewel de feiten, waarop hij steunt, der vermelding overwaardig zijn. Vooreerst maakt GARREAU opmerkzaam op den invloed der temperatuur, daar met deze de hoeveelheid CO², die ontwikkeld wordt, toeneemt. Dit blijkt nog nader uit drie proeven, waarin hij drie takken van *Fagopyrum cymosum* te gelijk heeft onderzocht: den eerste in eene flesch zonder, den tweede in eene flesch met barytwater, den derde in eene donkere kast gebragt, waarin de temperatuur waarschijnlijk niet minder dan 35° C. geweest is. Toen hij nu van allen een gewigt v. 15 gr. gedurende 12 uren aldus in den zonnenschijn bragt, terwijl de thermometer in de schaduw op 26° C. stond, verkreeg hij bij den 1^{sten} tak 42 C. C. CO², bij den 2^{den} 66 C. C. CO², bij den 3^{den} 120 C. C. CO². De tak had dus in de donkere kast ongeveer 2 maal zooveel CO² afgegeven, als bij de gewone

temperatuur der zomernachten. Uit deze uitkomsten wil GARREAU ook de hoeveelheid van het afgegeven en die van het herleide CO^2 bepalen. Hij neemt daarbij aan, dat alle drie takken evenveel CO^2 in de omringende lucht hebben uitgestort, en wel 120 C.C., maar dat daarvan 78 C.C. door den eersten tak, 54 C.C. door den tweeden herleid zijn. Dit verschil van 24 C.C. zoude aan het barytwater toe te schrijven zijn. Echter geeft hij dit slechts als hypothese, daar het zeer mogelijk, zelfs waarschijnlijk is, dat in den zonschijn een deel van het CO^2 niet uitgestooten, maar reeds in het weefsel van het blad ontleed wordt. Wij zouden bovendien nog in bedenking geven, of de warmtegraad in de donkere kast niet hooger was dan die in de flesschen, waardoor de verdamping en de gevolgen daarvan buitengewoon aanzienlijk werden. Het verschil van 24 C.C. kunnen wij natuurlijk slechts aan den door ons genoemden invloed van verdamping en diffusie toeschrijven.

GARREAU heeft zijne handelwijze ook nog aangewend, om te onderzoeken, of gedurende de lange morgens en avonden der zomernachten een gedeelte van het afgegeven CO^2 herleid werd. Hij heeft daarbij slechts geringe verschillen tusschen het CO^2 in de flesschen met en zonder barytwater gevonden, welke wij geheel aan de meermalen gemelde oorzaak gelooven te kunnen toeschrijven. Wij staan hierbij dus niet langer stil, te meer omdat GARREAU zelf aan die proeven weinig gewigt hecht, maar vermelden nog met een woord de uitkomsten der proeven, door hem genomen gedurende de zon-eclips van 28 Julij 1851 en den volgenden dag op dezelfde uren, waaruit blijkt, dat de eclips nagenoeg geenen invloed op de zoogenaamde ademhalings-verrigtingen der planten heeft gehad, daar de kleine verschillen aan de temperatuur zijn toe te schrijven. Die uitkomsten zijn bevat in deze :

T A F E L.

PROEVEN GEDURENDE DE ZON-EKLIPS VAN 28 JULIJ 1851 EN DEN DAARAANVOLGENDEN DAG
GENOMEN, OMTRENT DE AFGIFTE VAN CO² DOOR DE PLANTEN.

NAMEN DER PLANTEN.	GEDURENDE DE ZON-EKLIPS.			DEN DAARAANVOLGENDEN DAG.		
	GEWIGT IN GR.	AFGEGEVEN CO ² , IN C.C.	WEERS- GESTELDHEID.	GEWIGT IN GR.	AFGEGEVEN CO ² , IN C.C.	WEERSGESTELDHEID.
FAGOPYRUM CYMOSUM....	22.	7.5.	Gedurende de 3 uren der proef was de hemel ligt bewolkt.	21.	10.	Schaduw.
FAGOPYRUM CYMOSUM....	22.	7.5.		21.	10.	Id. } temp. 19° 5.
SYRINGA VULGARIS.....	22.	8.0.		19.	10.	Twee uren zonneshijn.
KITAIBELIA VITIFOLIA....	22.	10.0.	Gemidd. temperatuur 17° 5.	19.	16.	Id.

Uit al zijne proeven besluit GARREAU, dat de dagelijksche afgifte van CO² door de bladeren onder den onmiddellijken invloed der zonnestralen vastgesteld is, even als de opslorping onder denzelfden invloed, zoodat het niet meer gewaagd is, om te beweren, dat de ophooping van koolstof in de planten, bij het gelijktijdig bestaan dier tegenovergestelde werkingen, verklaard moet worden uit het overwegend zijn van de laatste werking boven de eerste.

Eindelijk vermeldt GARREAU nog eene niet onbelangrijke proef, waardoor hij onderzocht of de dampkringslucht in staat is, om, bij kalm weder, door haar CO² te voorzien in de behoefte der planten. Hij nam daartoe water, dat verzadigd was met baryta en carbonas barytae en bragt dit in de vrije lucht in den zonneshijn op een schaalteje, zoodat de vloeistof eene oppervlakte van 300 vierk. centim. aanbod. Na een uur had zich daarop, bij kalm weder, een vlies gevormd, dat bij ontleding met citroenzuur 15 C.C. CO² gaf. Dit zoude

dus in 12 uren 180 C.C. CO^2 wezen. Nu hadden 15 gr. van *Fagopyrum*, die eene kroon met vijf à zes blaadjes vormden, eene oppervlakte, die vijf maal zoo groot was als die van het barytwater. Deze 15 gr. kwamen dus in 12 uren in onmiddellijke aanraking met 900 C.C. CO^2 , eene hoeveelheid, die 40 à 45 maal grooter is, dan die van het CO^2 , dat aan de ontleding had kunnen ontsnappen. Hiermede was dan op nieuw het bewijs geleverd, dat de dampkringslucht een' overvloed van voedsel voor de planten aanbiedt in haar koolzuur, wat trouwens uit de berekeningen van POGGENDORFF reeds voldoende gebleken was.

Een ander onderzoek van het afgelopen jaar was dat van VOGEL en WITWER¹. Deze gaan de proeven van BOUSSINGAULT na (boven vermeld bl. 131) en berekenen daaruit, dat, zoo men de uitkomsten, die BOUSSINGAULT in 3 en 4 uren vond, voor den geheelen dag laat gelden, men dan ten slotte geene ophooping van koolstof in de plant, maar eene vermindering daarvan verkrijgt. Want, aannemende dat er gedurende den geheelen groeitijd 13 uren dag en 11 uren nacht is, zoo vindt men bij zijne eerste proef een luchtstroom van 13×12^2 liters = 156; welke 31,2 C.C. CO^2 bevatten, (à 0.0002 CO^2). De dampkringslucht hield op hetzelfde oogenblik 0.00045 CO^2 , dat is in 156 liters, 70,2 C.C. CO^2 . Alzoo waren door de plant, gedurende den geheelen dag opgenomen $70.2 - 31.2 = 39$ C.C. Des nachts daarentegen was ten gevolge der werking van de plant de hoeveelheid CO^2 in de omringende lucht verdubbeld; alzoo in $11 \times 12 = 132$

¹ Ann. d. Sc. Nat., 3^e Sér., XVI, 373—379.

² Niet 13×15 lit., gelijk bij VOGEL en WITWER staat. Er heerscht hier dezelfde vergissing als in de geschiedkundige schets van WITWER (p. 22), deze namelijk, dat de schrijvers beweren, dat BOUSSINGAULT bij zijne proef 15 liters lucht in het uur liet overstroomen, terwijl in de *Econ. rurale*, I, p. 66, slechts van 12 liters gesproken wordt. Wij meenen in den geest der schrijvers gehandeld te hebben, door de cijfers hiernaar te wijzigen, daar de uitkomst toch denzelfden zin behoudt.

liters lucht, van 59.4 C.C. tot 118.8 C.C. CO^2 geklommen. De plant had alzoo des daags opgenomen 39 C.C. CO^2 , des nachts afgegeven 59.5 C.C. CO^2 ; als eindresultaat in 24 uren eene vermindering aan CO^2 ondergaan van 20.4 C.C. VOGEL en WITTWER maken hieruit op, dat de zoo beroemde proef van BOUSSINGAULT wel verre van de snelle opneming van het CO^2 door de planten te bewijzen, integendeel leidt tot het besluit, dat de plant voortdurend van hare koolstof afgeeft; en, zoo als dit boven is berekend, is het besluit volkomen waar. Doch wij betwisten aan VOGEL en WITTWER het regt, om aldus uit de proeven van BOUSSINGAULT berekeningen en gevolgtrekkingen af te leiden. Deze heeft slechts twee proeven over dag genomen, beide gedurende weinige uren, en oogenschijnlijk alleen ten doel gehad, het feit der CO^2 opneming te bewijzen, niet de hoeveelheid daarvan te vinden. Ware dit laatste zijn streven geweest, dan had gewis de man, die zoo talrijke onderzoekingen op het gebied der toegepaste scheikunde heeft geleverd, zijn besluit niet opgemaakt uit twee proeven. Doch ook behalve dit alles bevatten de bovenstaande cijfers eenige onzekerheid. Dat verdeelen van het etmaal in 13 uren dag en 11 uren nacht voor den plantengroei is tamelijk willekeurig. In den voorzomer, wanneer de ontwikkeling het krachtigst is, is die verhouding stellig ongunstig gekozen; de planten hebben dan veel langer dag dan nacht, ja zelfs GARREAU meent opgemerkt te hebben, dat zij in de lange morgen- en avondschemering des zomers ook CO^2 opnemen. Eindelijk heeft men geenen grond, om de werking der planten gedurende den geheelen tijd van haren wasdom voor gelijkvormig te houden, althans zeker niet wat de intensiteit der werking betreft.

Doch hoe dit zij, wij verheugen ons dat VOGEL en WITTWER op het voetspoor van BOUSSINGAULT de genoemde werking der planten nader hebben onderzocht; en willen ook van deze proeven zoo getrouw mogelijk verslag geven. Zij stelden zich voor, de hoeveelheid CO^2 te bepalen, welke bevat was,

1°. in de dampkringslucht, 2°. in de lucht, die in aanraking met de plant geweest was.

De toestel, waarin de plant besloten werd, was de volgende: Aan twee aan elkander sluitende plankjes, was bij beide in den kant, die ze zamen voegde, eene insnijding gemaakt, zoodat hierdoor eene kleine opening gevormd werd, waarin zich de tak der plant bevond. In twee andere openingen waren twee omgebogen glazen buizen bevestigd. Over de oppervlakte der plankjes werd gesmolten was uitgespreid, om de gemeenschap met de buitenlucht af te sluiten, en terwijl dit was nog week was, bragt men op de plankjes eene glazen klok van 30 liters inhoud. Het overige gedeelte der plant bevond zich buiten den toestel in een bloempot.

De lucht kwam nu door eene der omgebogen buizen in de klok, bleef daar eenigen tijd in aanraking met de plant, en trad uit door de andere buis, welke verbonden was met het analyserend gedeelte van den toestel, en waarin de uittredende lucht eerst door zwavelzuur geheel gedroogd, vervolgens van CO^2 beroofd werd in een **LIEBIG's** kali-apparaat, en eindelijk in een adspirator kwam, die een voortdurenden luchtstroom te weeg bragt, en door de hoeveelheid uitgevloeid water, nauwkeurig die der doorgestroomde lucht aangaf. Te gelijker tijd werd een dergelijke toestel, maar zonder plant daarin, in werking gebragt, om het gehalte CO^2 der overstrijkende dampkringslucht te bepalen. De toestellen bleven dag en nacht in werking, en werden alleen des morgens en des avonds voor eenige oogenblikken uiteengenomen, om te kunnen wegen. De uitkomsten hiermede verkregen zijn in de volgende tafel opgeteekend, waarin wij al de door **VOGEL** en **WITTEWER** medegedeelde cijfers hebben opgenomen.

T A F E L

DER UITKOMSTEN VAN DE PROEVEN VAN **VOGEL** J^r. EN **WITTWER**, OVER DE
OPNEMING VAN CO² DOOR DE PLANTEN.

D A T U M.	N A A M D E R P L A N T.	D U U R D E R P R O E F , I N D A G E N .	H O E V E L H E I D L U C H T I N D I E N T I J D O V E R G E V O E R D , I N L I T E R S .	T I J D V A N D A G O F N A C H T .	G E M I D D . C O ² G E H A L T E D E R L U C H T I N D E N T O E S T E L .		G E M I D D . O P N A M E V A N C O ² D O O R D E P L A N T D E S D A A G S .	
					M E T D E P L A N T .	Z O N D E R D E P L A N T .	I N G R .	I N C . C .
2-10 APRIL.	VIBURNUM TINUS	9.	1144,730.	{ des daags. des nachts.	0.000056. 0.000327.	0.000380. 0.000340.	0.050.	25,450.
14-21 "	PELARGONIUM...	6.	1255,350.	{ des daags. des nachts.	0.000162. 0.000267.	0.000539. 0.000403.	0.110.	55,117.
28-30 MEI.	CALCEOLARIA met 18 bloemen	3.	319,220.	{ des daags. des nachts.	0.000273. 0.000366.	0.000492. 0.000448.	.....	.....

Wij hebben in het bovenstaande tafeltje al de cijfers opgenomen, welke **VOGEL** en **WITTWER** medegedeeld hebben, doch kunnen niet ontveinzen, dat wij eene grootere volledigheid der opgaven gewenscht hadden. Zoo heeft b. v. de laatste kolom slechts geene betrekkelijke waarde, nu wij niet weten, hoe groot het gewigt en volumen der plant geweest is, die dit CO² heeft opgenomen. Zoo ook weten wij niets omtrent de weersgesteldheid en de temperatuur, die toch grooten invloed op de verrigtingen der planten uitoefenen. En wat de luchtanalyse betreft, wij gelooven uit eigen ondervinding te kunnen betuigen, dat men de lucht niet volkomen droogt, door ze eens door zwavelzuur te laten strijken, en dat men nog veel minder uit de gewigtstoening van slechts een **LIEBIG**'s kaliapparaat, naauwkeurig het CO² gehalte der drooge lucht kan bepalen. Ook in dit opzigt schijnen de proeven niet uiterst naauwkeurig te zijn. Eindelijk beamen wij ten volle de aanmerking der redactie van de *Annales des Sciences Nat.* (achter het stuk van **VOGEL** en **WITTWER** geplaatst), dat in al

de proeven het CO_2 gehalte der dampkringslucht grooter is, dan dat der lucht, die met de plant in aanraking geweest was. De plant zoude dus ook des nachts CO_2 hebben opgenomen, wat niet alleen strijdt met de ondervinding van alle vroegere natuuronderzoekers, maar ook met de verklaring van VOGEL en WITTEWER zelve, die zelfs eene opzettelijke proef vermelden, waarbij zij de plant in het duister geplaatst, CO_2 zagen ontwikkelen. Deze tegenstrijdigheid doet ons, met genoemde redactie twijfelen aan de naauwkeurigheid der proeven, of aan de juistheid der opgegeven cijfers, welke twijfel door onze andere aanmerkingen nog vermeerderd wordt.

De laatste proeven omtrent ons onderwerp zijn, zoo ver ons bekend is, die van AD. en W. KNOP¹, welke in 1851 en 1852 hunne onderzoekingen hebben voortgezet. Die van 1851 bevatten eenige proeven, met wortelstokken van *Typha latifolia*, in CO_2 houdend water genomen. Wij vermelden deze niet uitvoerig, deels om de wijze van proefneming, waarbij aan de planten veel geweld is aangedaan, deels om de strekking der proeven, die bewijzen moeten, dat het gas der jonge uitloopers door de wortels uit het water opgenomen wordt; wat buiten ons onderwerp ligt.

De proeven van 1852 zijn voor ons eenigzins belangrijker. De beschrijving daarvan, die even vóór het afdrukken dezer bladzijden in het licht gekomen is², bevat eene meer uitvoerige mededeeling van de uitkomsten, die reeds vroeger opgeteekend waren³. Het volgende schijnt daarvan het voor ons onderwerp gewigtigste te zijn:

AD. en W. KNOP hebben een groot aantal onderzoekingen gedaan van de lucht, die in de holten van *Myriophyllum spicatum* voorkomt. Zij haalden daartoe deze planten, door

¹ Chem. Pharm. Centralbl., 1852, N^o. 38.

² Dr. W. KNOP, *Ueber das Verhalten einiger Wasserpflanzen zu Gasen*. Leipzig, 1853.

³ Chem. Pharm. Centralbl., 1852, N^o. 38.

middel van een haak, met wortel en al naar boven, sneden onder water de plant 1 à 2 decim. boven den wortel af, en bragten het afgesneden uiteinde in verdeelde glazen buizen, die met hetzelfde water gevuld waren, waarin de plant zich bevonden had. Zij rolden daarop de plant tot een bal op, en persten zoo snel mogelijk alle lucht daaruit. Het onderzoek dezer lucht, waarbij alleen de zuurstof op de door LIEBIG aangegeven wijze met pyro-galluszuur bepaald werd, gaf hun in de tweede week der proefneming (welke wij als voorbeeld kiezen) de volgende uitkomst; waarbij opgemerkt moet worden, dat door *ondergedompelde plant*, die planten aangeduid zijn, waarvan geen deel aan de oppervlakte van het water kwam; en door *bloeiende plant*, alleen die, waarvan de bloem boven den waterspiegel uitstak:

ZAMENSTELLING VAN HET GAS ONDER VERSCHILLENDE OMSTANDIGHEDEN UIT
PLANTEN VAN MYRIOPHYLLUM SPICATUM VERKREGEN.

BIJZONDERHEDEN DER P L A N T.	UUR VAN DEN DAG.	WEERSGESTELDHEID.	ZAMENSTELLING VAN HET GAS, IN 100 VOL.	
			O.	N.
Ondergedompelde plant....	te 3 ure des nam.	{ Zonnig weder.....	30.	70.
bloeiende.....	„ 3 „ „ „	{ dito.....	31.	69.
Ondergedompelde.....	„ 4 „ „ morg.	{ Daags tevoren bewolkt.	11.	89.
bloeiende.....	„ 4 „ „ „	{ dito.....	11.	89.
Ondergedompelde.....	„ 1 „ „ midd.	{ Bewolkt.....	20.	80.
bloeiende.....	„ 3 „ „ nam.	{ dito.....	21.	79.
Ondergedompelde.....	„ 3 „ „ „	{ Witte, heldere wolken	21.	79.
bloeiende.....	„ 5 „ „ „	{ dito.....	22.	78.
Ondergedompelde.....	„ 4 „ „ „	{ Zonnig.....	35.	65.
bloeiende.....	„ 4 „ „ „	{ dito.....	33.	67.
Ondergedompelde.....	„ 5 „ „ „	{ dito.....	33.	67.
bloeiende.....	„ 5 „ „ „	{ dito.....	34.	66.
Ondergedompelde.....	„ 5 „ „ av.	{ Voortdur. zonneshijn	30.	70.
dito.....	„ 6 „ „ „	{ dito.....	31.	69.
dito.....	„ 8 „ „ „	{ dito.....	26.	74.
dito.....	„ 8 „ „ morg.	{ dito.....	21.	79.
bloeiende.....	„ 9 „ „ „	{ en ook daags te voren	22.	78.
Ondergedompelde.....	„ 9 „ „ „	{ sedert den middag	20.	80.
dito.....	„ 9½ „ „ „	{ bijna voortdurend	21.	79.
dito.....	„ 10 „ „ „	{ zonneshijn.....	20.	80.
dito.....	„ 8 „ „ „	{ Bewolkt.....	20.	80.
dito.....	„ 8 „ „ „	{ dito.....	21.	79.

Men ziet hieruit, dat bij den zelfden toestand van het weder, het O gehalte van het gas der planten van des morgens tot op den middag klimt, hier een maximum bereikt, en dan weder tegen den avond daalt. Bij helder weder is het maximum hooger dan bij een bewolkten hemel, zoo als ook CLOËZ en GRATIOLET hebben gevonden; doch dit besluit is alleen geldig, zoo men dezelfde uren van den dag vergelijkt. Even zoo onderzochten zij des nachts de lucht der holten van *Myriophyllum spicatum*, waarbij zij echter verplicht waren, de planten den vorigen avond te plukken. Zij vonden daarbij, dat het O gehalte tot 9% dalen kan, terwijl het minimum van den duur der duisternis schijnt af te hangen.

Wanneer het water, waarin de planten zich bevinden, met CO² verzadigd is, kan het O gehalte der in de holten besloten lucht tot 76% klimmen, zoo de planten aan de zonnestrallen zijn blootgesteld. Ook het gas der wortelstokken van *Sparanium ramosum* is door KNOP bij dag en des nachts onderzocht, waaruit bleek, dat het O gehalte daarvan des nachts een weinig geringer is, dan na een' helderen zonnigen dag.

Over het algemeen bevestigen dus de proeven van AD. en W. KNOP de uitkomsten in 1844 door CALVERT en FERRAND verkregen; zij kunnen echter, onzes inziens, niet op dezelfde naauwkeurigheid aanspraak maken.

KNOP bestrijdt in het genoemde werkje nog uitvoerig de meening van CLOËZ en GRATIOLET, dat er in de planten een stroom van O zoude bestaan, die van den top naar de wortels ging. Hij grondt zich hierbij op het verschijnsel, dat elk afgesneden deel, zelfs het kleinste blaadje van *Myriophyllum* eene reeks van gasbellen onder water laat ontsnappen. Het gas in de plant ontwikkeld, wordt dus in alle rigtingen geperst, en ontwijkt uit het afgesneden deel, ten gevolge van den druk, waaronder het zich bevindt. Het door witte wolken teruggekaatste licht scheen nagenoeg dezelfde werking te vertoonen als het directe zonnelicht; doch het licht van den blaauwen hemel was, voor de gasontwikkeling minder gunstig.

Een belangrijk verschijnsel is nog, dat Cryptogamen, Lichenes en Musci, evenzeer een O houdend gas ontwikkelen, wanneer zij in CO_2 houdend water gedompeld worden. Zoo gaf eene plant van *Parmelia saxicola*, op een stuk zandsteen gehecht, acht dagen achter elkander een gas, dat in Augustus 45—50 % O en 55—50 % N bevatte. Naar onze meening, moet hier vooral gelet worden op de kleur der planten, en zoo alleen de groene plantendeelen zulks verrigten, zoude hierin ons boven (bl. 192) uitgesproken gevoelen een grooten steun verkrijgen.

De overige onderzoekingen, in het genoemde werkje van KNOP uiteengezet, gaan wij met stilzwijgen voorbij, daar zij niet onmiddellijk tot ons onderwerp behooren.

Ons geschiedkundig overzicht is hier geëindigd. Gaarne zouden wij ook dit hoofdstuk besluiten met eene korte beschouwing over de ontwikkeling, die ons vraagstuk in de drie laatste jaren heeft ontvangen. Voor deze beschouwing echter achten wij ons zelven niet berekend, en den tijd niet rijp, daar het eerst uit latere onderzoekingen zal kunnen blijken, welke der als nieuw verkregen uitkomsten deugdelijk en blijvende zijn, welke verworpen moeten worden. — Wij wachten dus hierover het oordeel der toekomst af, doch kunnen niet nalaten op te merken, dat de rigting dezer tijden ons toeschijnt eene gunstige te zijn, daar men eensdeels de hoofdpunten van het vraagstuk door een onderzoek op uitgebreide schaal nogmaals, als het ware, grondvest; en ten anderen steeds nieuwe gezigtspunten en bijzonderheden daaraan toevoegt.

DEEL II.

PROEFNEMINGEN VAN DEN SCHRIJVER,
OVER DE OPNEMING VAN HET KOOLZUUR DES DAMPKRINGS
DOOR DE GROENE PLANTENDEELEN,
ONDER DEN INVLOED VAN HET ZONNELICHT.

HOOFDSTUK VI.

Dit hoofdstuk bevat de beschrijving der proefnemingen, door ons in den zomer van het afgelopen jaar over de opneming van het koolzuur der dampkringslucht door de planten in het werk gesteld. Vooraf echter eenige opmerkingen over de vereischten, waaraan dergelijke proefnemingen beantwoorden moeten.

Als hoofdvoorwaarden van goede proeven over de betrekking der planten tot de omringende lucht mag men stellen:

- I. dat de planten, gedurende de proef zooveel mogelijk in haren natuurlijken toestand blijven;
- II. dat men niet alleen alle vreemde invloeden were, maar ook alle bijzondere omstandigheden, die slechts eenigzins op het verschijnsel kunnen inwerken, naauwkeurig opteekene.
- III. dat daar, waar het om quantitative uitkomsten te doen is, de analyse zoo naauwkeurig mogelijk zij, met toepassing van al de hulpmiddelen, die de wetenschap daartoe aanbiedt.

De beide laatste voorwaarden hebben niet alleen betrekking op de proeven die tot ons vraagstuk behooren, zij zijn van algemeene

toepassing op alle natuurkundige proeven. Eene uitvoerige beschouwing van datgene, wat die voorwaarden behelzen, ware dus hier ongepast; alleen het volgende vindt eene plaats.

Dat het, zoo als onder II is aangegeven, wenschelijk is, bij het onderzoek naar de werking van eene bepaalde oorzaak op eenig verschijnsel, alle andere invloeden, zoo veel mogelijk, buiten te sluiten, zal wel niemand betwijfelen. Wij hebben dit ook reeds in een voorbeeld aangetoond, toen wij de proeven van CALVERT en FERRAND tegenover die van GARDNER gehandhaafd hebben (Zie boven bl. 166). Even zoo is het verkeerd om, bij de proeven over de opneming van het koolzuur der lucht door de planten, bouwbare aarde in den toestel te brengen. Deze toch ontwikkelt voortdurend CO_2 en geeft dus een aanvoer van dit zuur, die niet te berekenen is; maar zelfs, al ware er op het oogenblik der proef geene CO_2 ontwikkeling meer in den bodem, dan nog zoude alleen de diffusie van de lucht binnen en buiten de aarde eene aanmerkelijke fout geven, want de eerste bevat, zoo als de laatste proeven van BOUSSINGAULT en LEWY¹ geleerd hebben, in een bodem, die niet gemest is 22—23 maal, in een kortelings gemesten grond tot 245 maal zoo veel CO_2 , als de dampkringslucht. Dit zoo veel mogelijk buitensluiten van vreemde invloeden is vooral van het hoogste gewigt bij zamengestelde proeven, zoo als die zijn, waarmede wij thans te doen hebben. Er zijn daar zoo vele nevenoorzaken, die dikwijls de kleine lichtsveranderingen, welke men waarnemen wil, in geheel anderen zin kunnen doen uitvallen. Van daar dan ook de noodzakelijkheid, om alle bijzondere omstandigheden der proef naauwkeurig op te geven. Immers men wenscht, dat zijn onderzoek waarde hebbe, niet alleen voor het oogenblik, maar, ware het mogelijk, voor den geheelen leeftijd der wetenschap. Deze waarde nu verkrijgen de proeven meer en meer, naar mate de beschrijving, bij gelijke naauwkeurigheid der

¹ Ann. de Chim. et de Phys., Janvier 1853.

proeven uitvoeriger is in de mededeeling der bijzonderheden. Het wordt dan eerst mogelijk voor anderen, die proeven te controleren, en, wat meer is, men kan in dat geval later den invloed van een' vroeger nog onbekenden factor in rekening brengen, daar de elementen daartoe veelal reeds gegeven zijn in de bijzondere omstandigheden der proef.

Wat de III^{de} hoofdvoorwaarde betreft, niemand zal hier eene uitvoerige beschrijving verlangen, van al wat tot eene naauwkeurige analyse vereischt wordt. Dit behoort in een werk over analytische scheikunde en niet in dit proefschrift te huis. Doch, ook eene breede ontwikkeling van de analytische beginselen, die bij quantitative proeven over de zogenoemde ademhaling der planten in acht genomen moeten worden, achten wij overbodig. Want ten deele zijn die beginselen de algemeene der analytische scheikunde, en dus in elk goed handboek te vinden; ten anderen hebben wij in de geschiedenis van ons vraagstuk bij de beschrijving der methoden veelal de fouten aangegeven, waarmede die handelwijzen, naar ons inzien, behebt zijn. Wij merken hier alleen op, dat in de laatste jaren de analytische hulpmiddelen zoo veel meer volkomen zijn geworden, dat men thans vrij wel toegerust is, om, bij eene goede bewerking, met de moeilijke proeven over den invloed der planten op de dampkringslucht, sprekende uitkomsten te verkrijgen. Zelfs het meten van gassen, dat hier dikwijls te pas komt, en anders bij het wegen zoo zeer achterstaat, heeft door de handelwijze van REGNAULT en REISET zulk een graad van naauwkeurigheid verkregen, dat de kleine verschillen der zamenstelling van de lucht daarmede zeer goed bepaald kunnen worden; en deze handelwijze ware stellig algemeen in toepassing gekomen, zoo niet de kostbaarheid der toestellen dit verhinderde.

Wanneer men nu, lettende op de bovenstaande vereischten, zich begeeft tot de proefnemingen omtrent den wederkeerigen invloed van planten en omringende dampkringslucht, en daaruit uitkomsten wil verkrijgen, die de kennis kunnen ver-

meerderen aangaande de verrigtingen der gezonde, levende plant, dan is, gelijk wij gezegd hebben, de hoofdvoorwaarde hiertoe: *dat de planten, gedurende de proef, zoo veel mogelijk in haren natuurlijken toestand blijven.*

Hieruit volgt terstond, dat:

1°. de plant moet blijven in de middenstof, waarin zij door de natuur geplaatst is. Het is dus verkeerd, om plantenbladeren, die in de lucht moeten leven, in water of in vreemde gassen te brengen, waardoor de verrigtingen noodwendig geheel veranderd worden. De waterplanten moeten bij de proef blijven in het water harer woonplaats, (zoo als ook CLOËZ en GRATIOLET duidelijk bewezen hebben); de luchtplanten moeten verkeeren in een mengsel van stikstof, zuurstof en koolzuur van de samenstelling der dampkringslucht, waarbij men hoogstens de hoeveelheid CO^2 , die ook in de natuur wankelbaar is, eenigermate mag veranderen.

2°. De proeven met afgesneden bladeren, takken of vruchten genomen, zijn te verwerpen. Hoewel sommigen beweren, dat elke cel in zekere mate onafhankelijk is, en de plant alzoo een aggregaat van individuen vormt, zoo is het aan den anderen kant toch zeker, dat de plant als bewerktuigd geheel niet mag verbroken worden, zoo men hare werkingen als zoodanig wil leeren kennen. Ook kunnen de natuurlijke verrigtingen der plantendeelen op die wijze niet afzonderlijk onderzocht worden, want bij een van de moederplant afgenomen plantendeel bestaan zoo vele oorzaken van ontleding en van vorming van stoffen, die aan de in ontwikkeling verkeerende plantendeelen vreemd zijn, dat men zich daarbij in hoogst onzekere omstandigheden plaatst. Van daar dat CALVERT en FERRAND, naar ons inzien, gelijk hebben, waar zij beweren, dat men dikwijls bij dergelijke proeven eene ware scheikundige ontleding van sappen en weefsel van het blad voor levensverrigting heeft aangezien. Men arbeide dus immer met geheele planten in haren natuurlijken bodem, of met plantendeelen nog aan de moederplant gehecht.

3°. Het opsluiten eener plant in eene klok of andere begrensde ruimte, die luchtdigt gesloten wordt, kan niet anders dan in meerdere of mindere mate de levensverrigtingen storen. Immers de begrensde ruimte wordt weldra door de uitwaseming der plant en evenzeer door het water, dat den toestel afsluit, of dat als veiligheidsmiddel op het kwik is gebragt, verzadigd met waterdamp. De uitwaseming der planten wordt hierdoor, zoo niet onmogelijk, dan toch hoogst moeijelijk, en ten gevolge van dien worden ook de andere verrigtingen belemmerd.

4°. De plant ontvangt in de vrije lucht voortdurende versching, en hiermede steeds nieuw voedsel in het CO^2 , door de nieuwe luchtmassa aangevoerd. In eene besloten lucht-ruimte is het weinigje CO^2 weldra verbruikt.

5°. Brengt men in die atmospheer eene groote hoeveelheid CO^2 , ten einde de plant van genoegzaam voedsel te voorzien, dan brengt men ook de plant in onnatuurlijken toestand; de werking wordt dan stellig quantitatief anders dan zij in de gewone lucht is. De diffusie alleen zoude dit reeds te weeg brengen.

6°. Wanneer de luchtmassa, waarmede plant besloten wordt, niet zeer groot is ten opzichte van den omvang der plant, dan wordt bij blootstelling aan de zonnestralen de besloten ruimte weldra zoo sterk verwarmd, dat dit voor de plant nadeelig zijn kan.

Al deze redenen veroorzaken, dat men de proeven met planten in eene begrensde atmospheer luchtdigt besloten, niet onbepaald kan goedkeuren. De beste handelwijze schijnt ons daarom deze te zijn, dat eene gezonde plant of een deel daarvan nog aan de moederplant gehecht, gebragt worde in eene ruime buis of ballon van kleurloos glas, en daarin blootgesteld worde aan een stroom van dampkringslucht. Het is de wijze reeds door BISCHOF voorgeslagen, en door BOUSSINGAULT en VOGEL en WITTWER in toepassing gebragt. Ook deze handelwijze heeft hare bezwaren, ook bij hare aanwen-

ding verkeert de plant niet geheel in den natuurlijken toestand, de lucht in de beperkte ruimte wordt ook daar veel meer met waterdamp bezwangerd, dan in de buitenlucht; want de stroom kan niet dan tamelijk langzaam zijn, omdat men anders de gebezigde lucht bezwaarlijk onderzoeken kan, wanneer dit in den stroom door opslorpemde stoffen geschiedt. Doch deze fouten zijn niet geheel te vermijden, daar men bij gebruik van droogende middelen, als chloorcalcium en sterk zwavelzuur, de lucht weder te droog maakt, zoodat de plant eene te overvloedige uitwaseming verkrijgt. Echter schijnt eene vochtige atmosfeer tot zekeren grens niet nadeelig te werken; althans de kasplanten, die voortdurend in zulk eene lucht leven, bevinden zich zeer wel daarbij. Welligt ware het daarom ook goed, om, zoo men daartoe in de gelegenheid is, kasplanten voor dergelijke proeven te gebruiken (gelijk PEPYS gedaan heeft); want deze planten zijn aan die vochtige lucht gewend, en men kan dan keerkringsplanten nemen, wier groei krachtiger, wier werking op de omringende lucht grooter is, dan de invloed van planten der noordelijke gewesten.

Na deze beschouwing gaan wij over tot de beschrijving onzer proeven. Daarbij moet echter opgemerkt worden, dat wij in het bovenstaande wel de door ons gevolgde handelwijze als de beste, die ons bekend is, hebben aangewezen, doch daarom geenszins gelooven aan alle vereischten van goede proefnemingen voldaan te hebben. Onze proeven zijn genomen zoo goed en naauwkeurig, als in ons vermogen was, en geene zorg is daaraan gespaard; doch dat zij in vele opzigten gebrekkig en onvolledig zijn, spreekt wel van zelf; want wie zal van een jongeling, die de academie verlaat, verwachten, dat hij al de bezwaren is te boven gekomen, waarop de grootste mannen gestruikeld hebben?

Voor al behoeft het geringe aantal der genomen proeven

eene vraag om verschooning. Het was ons voornemen geweest, om gedurende het zomersaizoen van het verloopende jaar eene voortdurende reeks van proeven te nemen over de opneming van het koolzuur der lucht door de planten, ten einde daaruit de werking der laatste met betrekking tot hare ontwikkelings-tijdperken, tot het jaargetijde en het weder nader te onderzoeken. Omstandigheden, die niet van ons afhingen, veroorzaakten echter, dat wij slechts proeven konden in het werk stellen, gedurende de maanden Augustus en September, terwijl in dien tijd het weder meermalen voor naauwkeurige proeven in de open lucht ongeschikt was. Het doet ons te meer leed, in ons oorspronkelijk plan verhinderd geweest te zijn, omdat het wellicht van belang geweest ware, den invloed der heete Julij-dagen van het vorige jaar op den plantengroei te onderzoeken. De proeven zijn genomen in de maand Augustus 1852, te Tongeren bij Epe, in Gelderland; in de maand September te Utrecht. De aan de proef onderworpen planten zijn: *Vitis vinifera*, *Amygdalus persica*, *Cucurbita pepo*, *Dahlia*, *Acer negundo* en *Morus alba*. Een bebladerde tak van deze planten werd gebragt in eene lange wijde glazen buis, als die, waarmede bij natuurkundige proeven de val in het luchtledige wordt aangetoond¹. Daarna werd, om alle diffusie te vermijden, het eene einde der glazen gesloten buis met twee halfcir-

¹ De buizen, hiertoe gebruikt, hadden de volgende afmetingen: 1^e buis: lengte 123 centim., middellijn van het grondvlak 10 centim.; 2^e buis: lengte 85 centim., middellijn van het grondvlak 13,8 centim., en van het bovendvlak 12,5 centim. De inhoud der eerste buis was dus 9670 C.C., der tweede 11553 C.C. Bovendien werd nog voor deze proeven soms gebruikt eene glazen kast uit glasruiten vervaardigd, die met linnen aan elkander gevoegd, en daarna van binnen met was, van buiten met mastic-vernis luchtdigt gemaakt waren. Deze kast, aan het eene einde met eene koperen kraan voorzien, aan het andere einde met glasplaten gesloten, (op de wijze boven, bl. 153, vermeld) had eene hoogte van 72 cent. en een grondvlak van 256 vierk. centim., zoodat de inhoud daarvan was: 18432 C.C. In de tafel mijner proeven is de eerste buis met de letter A, de tweede met B, de vierkante kast met C aangeduid; terwijl de letter D dezelfde klok aanwijst, die boven voor de proef met den *Agaricus* gebruikt is. Zie bl. 153.

kelvormige koperen deksels B (zie bijgevoegde plaat), die in elkander pasten en elk eene insnijding in het midden hadden, om den tak door te laten. De ruimte tusschen den tak en de deksels en de voegen van deze werden vervolgens luchtdigt toegemaakt, waartoe bij de eerste proeven een mengsel van olie en was, bij de laatste een mengsel van pijpaarde en gesmolten caoutchouc gebruikt werd. Zoo was aan deze zijde der buis alles gesloten, behalve eene ronde opening *a*, die men in een der halfcirkelvormige deksels gelaten had, en waardoor eene doorboorde kurk ging, met een ter weerszijde open glazen buisje daarin. Dit buisje, dat de groote buis A met de buitenlucht in vrije gemeenschap stelde, diende, om in deze buis evenveel dampkringslucht in te voeren, als door een aspirator daaruit verwijderd werd. De andere zijde der buis A, welke vóór het inbrengen van den tak, door een koperen deksel C, met eene kraan *b* voorzien, luchtdigt gesloten was, werd door middel van eene caoutchouc-buis in verband gebragt met den toestel, waarin de lucht, die over de plant gestreken had, gedroogd en onderzocht moest worden. Hiertoe diende vooreerst eene WOLFF'sche flesch *c* met sterk zwavelzuur, waarachter zich eene wijde, bijna een meter lange, buis *d* met chloorcalcium bevond, om de laatste sporen van vocht op te nemen, die de lucht, na door het zwavelzuur gestreken te zijn, nog mogt behouden hebben ¹.

Op den toestel ter drooging van de lucht volgde die, om

¹ Het was van het grootste belang, dat dit chloorcalcium niet alcalisch reageerde, omdat anders het CO² der lucht hier teruggehouden zoude worden, en niet in de buisjes, die daartoe bestemd waren. Dewijl het nu echter moeilijker was, gesmolten ClCa in fijne korrels te verkrijgen, dat geen spoor chloor verloren had, en dus op rood lakmoespapier geene werking vertoonde, zoo werd door de met ClCa gevulden buis een stroom van droog CO² gevoerd, zoodat alle kaustieke kalk vóór de proef met CO² verzadigd was. De overvloed van dit zuur werd verdreven, door zoolang een stroom van drooge koolzuurvrije lucht door de buis te voeren, tot dat de door de buis gestreken lucht geen spoor van troebelheid meer te weeg bragt, wanneer zij door een gesloten buisje met barytwater geleid werd.

het koolzuurgehalte daarvan te bepalen. Hiertoe werd aanvankelijk een boltoestel van LIEBIG gebruikt, met sterke loog gevuld, en daarachter een buisje met stukjes kali, zoo als dat bij organische elementair-analyses gebruikelijk is. Er ver- toonde zich daarbij echter het bezwaar, dat bij den tamelijk snellen stroom van drooge lucht, die over de loog werd ge- voerd, eene groote hoeveelheid water van deze verdampte, waardoor soms de stukjes kali in het volgende buisje nat wer- den, en soms niet eens snel genoeg het verdampte water konden terughouden. Wij hebben daarom deze handelwijze verlaten, en onze toevlugt genomen tot eene andere wijze van koolzuurbepaling, die zeer aan onze verwachting voldaan heeft. Een buisje, zoo als dat, hetwelk bij elementair-analyses voor de stukjes kali gebruikt wordt, werd luchtig gevuld met een vooraf bereid mengsel van kaustieken, ongebluschten kalk en van verweerde zwavelzure soda in gelijke gewichtshoeveelheden, zoo als zulks door GRAHAM-OTTO ¹ wordt aanbevolen, en het mengsel ter weerszijde met watten afgesloten. Dit mengsel, dat goed bereid een droog, doch niet stuiwend, poeder vormt, bevat den kalk en de soda in den meest geschikten toestand om gretig CO^2 op te nemen, zoodat men door eene 1 duim dikke laag er van blazende, geene troebelheid in barytwater verkrijgt. Het eenige bezwaar van deze handelwijze, dat het mengsel bij de opneming van CO^2 een weinig water kon verliezen, werd verholpen, door achter het genoemde buisje een derge- lijk te plaatsen, met ongebluschten kalk gevuld, en deze beide te zamen te wegen. Op deze buisjes volgde in den toe- stel een buisje *g* met chloorealcium, om de waterdampen uit den adspirator terug te houden, en eindelijk deze adspirator *F* zelf, die aan de plaats der verbinding met de buis *g* eene kraan had met driedubbele doorboring, waardoor ten gevolge van ééne beweging der kraan, de toestel afgesloten en het

¹ *Ausführl. Lehrbuch der Chemie*, 3^e Aufl. Braunschweig, 1852. Bd. II, Abth. I, S. 675.

binnenste van den adspirator met de buitenlucht in gemeenschap gebragt kon worden, zoodat men den ledigen adspirator vullen kon, zonder den toestel af te breken. Men bespeurt dit duidelijk uit deze figuren, alwaar, zoo de adspirator aan de



zijde *r* staat, *p* de stelling der kraan voorstelt, wanneer de toestel in werking is, en *q* hare stelling, wanneer de adspirator met water gevuld wordt. De adspirator bevatte ongeveer 15 liters en had tot verklikker eene nauwkeurig verdeelde, wijde glazen buis *k*, waarop men tiende deelen van liters kon aflezen.

Wanneer op gezegde wijze alles in orde was gebragt, en de buisjes *e* en *f* te zamen nauwkeurig gewogen waren, overtuigde men zich, dat de toestel goed sloot, en wanneer dit het geval was, werd veiligheidshalve de trechter *m* afgenomen, en de opening *o* met eene kurk gesloten, en daarna de kraan *b* en *i* geopend, en de kraan *h* in de stelling *p* gebragt. Het water liep nu door de kraan *i* uit den adspirator *E* in den bak *F*, en ten gevolge van dien ontstond in den toestel een luchtstroom, die bij *a* intredende, door de buis *A* ging, door het zwavelzuur in de flesch *c* streek, en vervolgens door de buizen, *d*, *e*, *f* en *g* boven in den adspirator *E* kwam, om aldaar de ruimte van het uitgelopen water in te nemen. Deze luchtstroom werd gedurende het grootste gedeelte van den dag onderhouden, en gedurende denzelfden tijd werd een volkomen dergelijke toestel, maar zonder de buis *A*, op dezelfde plaats in werking gebragt, om het koolzuurgehalte der omringende en over de plant strijkende lucht te bepalen. Deze maatregel was noodzakelijk, omdat talrijke proeven van DE SAUSSURE, van LEWY en anderen geleerd hebben, dat het koolzuurgehalte der dampkringslucht steeds verandert. Gedurende de proef werd de temperatuur der omgeving en de weersgesteldheid opgeteekend. Wat den luchtdruk betreft, deze is, daar

mij in Gelderland geen goede barometer ten dienste stond, voor de proeven aldaar, aangenomen als de gemiddelde uit de barometerhoogten te Utrecht, Kleef en Leeuwarden op die dagen ¹, voor de te Utrecht genomen proeven zijn de aanwijzingen van den barometer op het meteorologisch observatorium aldaar gevolgd.

Des avonds vóór zonsondergang werd de proef afgebroken, en de buisjes *e* en *f* werden wederom met zorg gewogen op eene balans van den Heer BECKER te Arnhem, die tot 0.0001 grm. naauwkeurig was. Hunne vermeerdering in gewigt gaf de hoeveelheid CO² aan, die zij opgenomen hadden, terwijl de verklikker van den adspirator het aantal liters lucht aanwees, die doorgestreken waren. De proeven, des nachts genomen, werden begonnen als het duister geworden was en vóór zonsopgang geëindigd; bij deze proeven werd op de lat D een afdak bevestigd, om de buisjes *e* en *f* tegen den dauw te beschutten.

Eindelijk wanneer, hetgeen meermalen geschiedde, eenzelfde tak eenige dagen achtereen aan de proef onderworpen werd, dan werd daarbij de voorzorg genomen, om, zoo de proef niet gedurende den nacht was voortgezet, des morgens vóór het begin der proefneming de buis A, waarin de tak zich bevond, met lucht door te spoelen, zoodat men versche lucht daarin verkreeg, die niet des nachts met de plant in aanraking was geweest. Dit geschiedde door de kraan *b* met eene caoutchouc-buis te bevestigen, aan de kraan *h* van den adspirator en uit dezen 20 à 30 liters water te laten loopen.

¹ Deze gemiddelden zijn berekend naar de opgaven, te vinden in de *Meteorologische Waarnemingen in Nederland*, 1852, verzameld door Prof. C. H. D. BUYS BALLOT. Tevens moet hier herinnerd worden, dat in de volgende tafel, bij de berekening van het koolzuurgehalte der lucht bij 0°C en 760 mm. drukking, gebruik gemaakt is van Tafel VI, der *Tabulae repertoriae Chemicæ*, auct. C. H. D. BUYS BALLOT, Trajecti ad Rhen., 1843. Voor de spanning van den waterdamp is de tabel gevolgd van KAEMTZ, *Cours Complet de Météorologie*, trad. p. MARTINS. Paris, 1843, p. 71.

En hiermede meenen wij alles opgegeven te hebben, wat tot recht verstand van de door de ons gevolgde handelwijze noodzakelijk was. De uitkomsten onzer proeven zijn bevat in de volgende tafel, die nu geene nadere verklaring meer behoeft.

Dez zwaards voor onderzoek werd de proef afgebroken en de hanger en v. werden weleens met zorg gewogen op een balans van den H. C. B. van de stad Amsterdam die tot 0.0001 gram nauwkeurigheid was. H. C. B. van de stad Amsterdam, terwil de hanger en v. werden gewogen, was 1.0000 gram. De hanger en v. werden gewogen op een balans van den H. C. B. van de stad Amsterdam die tot 0.0001 gram nauwkeurigheid was. H. C. B. van de stad Amsterdam, terwil de hanger en v. werden gewogen, was 1.0000 gram.

Kindelijke wensch, hetgeen in de afgeleverde afdracht van de hanger en v. werd gedaan, hetgeen in de afgeleverde afdracht van de hanger en v. werd gedaan, hetgeen in de afgeleverde afdracht van de hanger en v. werd gedaan.

De afgeleverde afdracht van de hanger en v. werd gedaan, hetgeen in de afgeleverde afdracht van de hanger en v. werd gedaan, hetgeen in de afgeleverde afdracht van de hanger en v. werd gedaan.

PROEFNEMING

PROEVEN

N ^o . DER PROEF.	DATUM.	LUCHT OVER DE PLANT GEVOERD EN LUCHT ZONDER DE PLANT.	LETTER DER B U I S. (Zie bl. 240.)	AANTAL BLADEREN AAN DEN TAK.	INHOUD DAARVAN IN C. C.	INHOUD DAARVAN, DIE DER B U I S = 100.	DUUR DER PROEF
I.	5 August.	Vitis vinifera....	A.	10	16.4	0.17	10 - 6
II.	5 "	ditto.....	B.	9	14.7	0.12	10½ - 6
	5 "	Lucht zonder pl..					10½ - 6
III.	8 "	Amygdalus persica	B.	150	37.5	0.32	2 - 7½
IV.	10 "	ditto.....	B.	150	37.5	0.32	10½ - 8
	10 "	Lucht zonder pl..					10½ - 8
V.	16 " en	{ Cucurbita pepo..	A.	12 (*)	19.4	0.20	1½ - 6½
	17 "						
VI.	17 en 18 "	Dahlia.....	B.	116	40.6	0.35	11 - 6½ 17 August 8 - 12½ 18 August
VII.	17 " 18 "	ditto.....	C.	78	27.3	0.14	
	17 " 18 "	Lucht zonder pl..					
VIII.	19 "	Dahlia.....	B.	116	40.6	0.35	1 - 7½
IX.	19 "	ditto.....	C.	78	27.3	0.14	1 - 7½
	19 "	Lucht zonder pl..					1 - 7½
X.	21 "	Dahlia.....	B.	116	40.6	0.35	12 - 6
	21 "	Lucht zonder pl..					12 - 6
XI.	22 "	Dahlia.....	B.	116	40.6	0.35	11 - 6
XII.	22 "	ditto.....	A.	308 (*)	77.0	0.80	11 - 6
	22 "	Lucht zonder pl..					11½ - 6½
XIII.	23 "	Dahlia.....	B.	116	40.6	0.35	10½ - 6½
	23 "	Lucht zonder pl..					10½ - 6½
XIV.	24 "	Dahlia.....	B.	84	29.4	0.25	10 - 5½
XV.	24 "	ditto.....	C.	150 (*)	52.5	0.28	10 - 5½
	24 "	Lucht zonder pl..					
XVI.	26 "	Dahlia.....	C.	150 (*)	52.5	0.28	10½ - 6
	26 "	Lucht zonder pl..					10½ - 6
XVII.	28 "	Dahlia.....	C.	150 (¹)	52.5	0.28	12½ - 6½
XVIII.	28 "	ditto.....	A.	204 (²)	71.4	0.73	12½ - 6½
XIX.	28 "	ditto.....	B.	241 (³)	84.3	0.73	12½ - 6½
	28 "	Lucht zonder pl..					12½ - 6½

VAN DEN SCHRIJVER.

DAG GENOMEN.

GEWIGTS- BEHEERDER DEZ BUISSES EN f, GRAMMES.	HOEVEELHEID LUCHT DOOR- GEVOERD, IN LITERS.	GEMIDDELDE		HOEVEELHEID CO ² BIJ 0°C EN 760 MM. IN 10000.		WEERSGESTELDHEID EN AANMERKINGEN.
		TEMPERATUUR VAN DEN DAG.	BAROMETE- STAND VAN DEN DAG.	GEWIGTS- DEELEN.	VOLUMEN- DEELEN.	
0.0058	37.50		749.99			Meest bedekt, warm.
0.0061	39.25					
0.0107	36.00					Nu en dan zonneshijn.
0.0063	50.75					
0.0024	40.00		749.74			Meest zon, nu en dan een weinig bewolkt.
0.0113	38.50	18° 40	751.98	0.509	0.334	
0.0072	75.50			2.485	1.631	Zonneshijn, nu en dan be- wolkt, van 11—12 ure regen en donder.
0.0012	56.40	24° 00	761.84	0.823	0.540	
0.0023	57.70			0.185	0.121	Meest zonneshijn. (* met 2 kleine gele bloe- men.
0.0247	56.50	25° 00	758.68	0.346	0.227	
0.0023	23.95			3.803	2.495	
0.0061	24.35			0.823	0.540	Gunstig, zeer warm weder met felle zon; nu en dan ligte wolkjes.
0.0137	24.65	22° 25	758.43	2.154	1.413	
0.0087	20.50			4.772	3.131	Warm, afwisselend zonne- schijn en weder ligt bedekt.
0.0133	20.40	26° 30	762.07	3.700	2.422	
0.0108	25.25			5.688	3.732	Warm, zeer ligt bewolkt; des nam. felle zonneshijn.
0.0023	25.75	26° 80	764.43	3.728	2.446	
0.0187	40.00			0.848	0.556	Felle zonneshijn, geheel onbewolkt. (* met 8 groene bloem- knoppen.
0.0101	29.45	22° 10	766.00	4.067	2.667	
0.0177	35.70			2.907	1.907	Des morgens felle zonne- schijn, des namidd. een weinig betrokken.
0.0126	37.00	22° 10	766.00	4.115	2.751	
0.0008	29.15			2.887	1.894	Zonneshijn tot 1 ure, daarna bedekte hemel.
0.0241	35.75	21° 90	764.07	0.233	0.153	
0.0042	27.80			5.726	3.757	(* en 4 groene knoppen.
0.0123	80.00	26° 25	762.66	1.314	0.862	
0.0178	24.60			3.573	2.344	Zonneshijn, des nam. nu en dan bewolkt.
0.0156	24.25	23° 00	763.26	6.172	4.049	
0.0160	24.00			5.509	3.614	Zonneshijn tot 3 ure, daarna nu en dan bedekt. (1) de buis donker gemaakt en met 4 groene knoppen.
0.0156	28.25			5.702	3.741	
				4.727	3.101	(2) " 7 " " (3) " 7 " "

N ^o . DER PROEF.	DATUM.	LUCHT OVER DE PLANT GEVOERD EN LUCHT ZONDER DE PLANT.	LETTER DER BUIS. (Zie bl. 240.)	AANTAL BLADEREN AAN DEN TAK.	INHOUD DAARVAN IN C. C.	INHOUD DAARVAN, DIE DER BUIS = 100.	DUUR DER PROEF.
	1852.						
XX.	8 Septemb.	Acer negundo....	A.	92	21.8	0.22	12 — 5½
	8 "	Lucht zonder pl..					12 — 5½
XXI.	9 "	Acer negundo....	A.	92	21.8	0.22	9½ — 5½
	9 "	Lucht zonder pl..					9½ — 5½
XXII.	11 "	Acer negundo....	A.	92	21.8	0.22	10½ — 6
XXIII.	11 "	dito.....	B.	133	46.5	0.40	10½ — 6
XXIV.	11 "	?.....	D.	?			10½ — 6
	11 "	Lucht zonder pl..					10½ — 6
XXV.	13 "	Acer negundo....	A.	92	21.8	0.22	11 — 5½
XXVI.	13 "	?.....	D.	?			11 — 5½
	13 "	Lucht zonder pl..					11 — 5½
XXVII.	17 "	Morus alba.....	A.	?			11 — 5½
XXVIII.	17 "	Acer negundo....	B.	133	46.5	0.40	11 — 5½
	17 "	Lucht zonder pl..					11 — 5½
XXIX.	18 "	Morus alba.....	A.	?			10½ — 5
XXX.	18 "	Acer negundo....	B.	133	46.5	0.40	10½ — 5
	18 "	Lucht zonder pl..					10½ — 5

XXXI.	19 August.	Dahlia.....	B.	116	40.6	0.35	9½ u. — 5½
	19 "	Lucht zonder pl..					9½ "
XXXII.	23 "	Dahlia.....	B.	84	29.4	0.25	11 "
XXXIII.	23 "	dito.....	C.	150 (1)	52.5	0.28	11 "
XXXIV.	23 "	dito.....	A.	308 (2)	77.0	0.80	11 "
	23 "	Lucht zonder pl..					11 "

DAG GENOMEN.

GEWIGTS- REMERDER. DE BUISSES e n f. GRAMMEN.	HOEVEELHEID LUCHT DOOR- GEVOERD, IN LITERS.	GEMIDDELDE		HOEVEELHEID CO ² BIJ OoC EN 760 MM. IN 10000.		WEERSGESTELDHEID EN AANMERKINGEN.
		TEMPERATUUR VAN DEN DAG.	BAROMETER STAND VAN DEN DAG.	GEWIGTS- DEELEN.	VOLUMEN- DEELEN.	
0.0084	28.25	22° 50	763.00	{ 2.536	{ 1.662	Voortdurend zonneshijn.
0.0105	29.00			{ 3.088	{ 2.023	
0.0077	35.75	25° 00	760.59	{ 1.876	{ 1.231	Heldere zonneshijn.
0.0106	41.12			{ 2.241	{ 1.471	
0.0102	30.62	18° 30	755.93	{ 2.804	{ 1.849	Bewolkt, na 4 ure regen.
0.0087	28.45			{ 2.576	{ 1.690	
0.0080	25.80			{ 2.609	{ 1.712	
0.0077	29.50			{ 2.195	{ 1.440	
0.0034	27.25			{ 1.026	{ 0.673	
0.0043	20.80	13° 60	758.97	{ 1.697	{ 1.114	Bewolkt, na 12 ure voort- durend regen tot 2½ ure, daarna zwaar bewolkt.
0.0061	22.75			{ 2.205	{ 1.446	
0.0075	31.75	20° 00	758.82	{ 2.005	{ 1.315	Felle zonneshijn.
0.0061	31.30			{ 1.648	{ 1.081	
0.0113	29.75			{ 3.222	{ 2.094	
0.0088	29.25	19° 00	751.80	{ 2.566	{ 1.683	Felle zonneshijn tot 12 u., toen de lucht langzaam betrok. Te 3 ure regen.
0.0075	22.80			{ 2.803	{ 1.839	
0.0142	29.75			{ 4.064	{ 2.666	

NACHTS GENOMEN.

0.0287	29.50	13° 90	758.43	{ 8.034	{ 5.271	Onbewolkte, heldere nacht.
0.0153	31.90			{ 3.952	{ 2.593	
0.0076	19.60	14° 50	766.00	{ 3.162	{ 2.075	Heldere hemel tot 2 ure des nachts; daarna bewolkt.
0.0256	12.10			{ 17.287	{ 11.341	
0.0484	14.10			{ 28.014	{ 18.379	
0.0161	17.50			{ 7.512	{ 4.928	

Wanneer men de uitkomsten dezer proeven nagaat, zal men bespeuren, dat in den regel de lucht, die over den bebladerden tak gestreken heeft, des daags armer aan CO^2 is dan de omringende lucht, en dat dit verschil des te grooter wordt, naar mate de zon helderder heeft geschinen. Er zijn echter ook eenige uitzonderingen, die wij nog niet verklaren kunnen: zoo heeft het onderzoek in proef XVIII en XIX meer CO^2 gegeven in de lucht, die met de plant in aanraking was geweest, dan in de omringende dampkringslucht, niettegenstaande bijna den geheelen dag de zon scheen; zoo toonen al de proeven van 11 September, bij bewolkt weder, eene uitstooting van CO^2 aan, terwijl die van 13 September, bij evenzeer bedekt weder, eene opneming van dit zuur doen zien. Waarschijnlijk zijn in de eerste dezer reeksen van proeven fouten aanwezig, die aan de waarneming ontsnapt zijn, zoodat welligt in de buis een deel der plant in hare verrigtingen gestoord werd, of eene ontleding onderging, die voor het oog verborgen bleef, daar de tak een frisch en gezond voorkomen bleef behouden. Wij meenen regt te hebben tot dit besluit, daar bijna alle andere proeven onder deze omstandigheden genomen, eene opneming van het CO^2 der dampkringslucht aanwijzen, en zien hierin een bewijs voor de moeilijkheid der proeven ten gevolge van de voorzorgen, die men in acht moet nemen, en voor de hoogst zamengestelde werking der planten.

Het blijkt ook nog op eene andere wijze uit de medege-deelde proeven, aan welk een tal van voorzorgen men moet voldoen, om tot eene sprekende uitkomst te geraken, en hoe ook de boven gevolgde handelwijze den groei van den tak min of meer belemmert, terwijl er welligt nog verscheidene oorzaken zijn, welke de opneming van het CO^2 door de planten bevorderen of verminderen, en waarvan wij het bestaan nog niet eens vermoeden. Vergelijkt men de uitkomsten der proeven VI, VIII, X, XI en XIII, welke alle met denzelfden Dahlia-tak genomen zijn, onderling en met het gelijktijdig CO^2 gehalte der dampkringslucht, dan vindt men deze cijfers:

NUMMER DER PROEF.	D A T U M.	CO ² IN 10000 GEWIGTSDEE- LEN VAN DE	
		LUCHT DER PLANT.	DAMP- KRINGSLUCHT.
VI....	17 en 18 Aug.	0.185.	3.803.
VIII....	19 "	0.823.	4.772.
X....	21 "	3.700.	5.688.
XI....	22 "	3.728.	4.067.
XIII....	23 "	2.907.	4.115.

Waaruit blijkt, dat die tak, niettegenstaande het weder al dien tijd gunstig was, van 17—22 Augustus minder en minder CO² heeft opgenomen, doch den 23sten Augustus wederom meer dan de beide vorige dagen. Men ziet hierdoor genoegzaam, dat de werking van dezelfde plant, bij hetzelfde weder, ten gevolge van nog onbekende oorzaken, zeer verschillend kan zijn, want dat men hier niet aan eene ontleding der plant te denken heeft, blijkt uit proef XIII ten duidlijkste.

Wat de des nachts genomen proeven betreft, wij erkennen zelve, dat die hoogst onvolledig zijn, en dat daaruit nog geen besluit te trekken valt; eens werd minder, in de andere gevallen veel meer CO² gevonden, dan in de omringende lucht. Wij hechten aan die enkele proeven geene meerdere waarde, dan als op zich zelve staande feiten, en weten daarvan geene verklaring te geven. Zij worden alleen hier vermeld, omdat, zoo verre ons bewust is, in deze proeven geene fouten aanwezig zijn, en omdat de schrijver wenscht, dat anderen dit verschijnsel uitvoeriger en beter onderzoeken mogen, te meer, omdat ook PEPYS en VOGEL en WITWER des nachts eene opneming van van CO² door de planten hebben opgemerkt, zoo als boven, bl. 136 en 229, gezegd is. Slechts ééne aanmerking, ten opzichte van het koolzuurgehalte in de proe-

ven XXXIII en XXXIV gevonden. Deze hoeveelheid schijnt buitengewoon groot, doch men bedenke, dat de luchtstroom hier zeer langzaam is geweest, veel langzamer dan in de andere proeven, zoodat in den tijd van zes uren slechts 12 à 14 liters lucht zijn doorgevoerd, terwijl de uitkomsten op dezelfde wijze berekend zijn als die der andere proeven. Voor dampkringslucht nu maakt dit geen verschil, maar bij de planten, zoo daar eene ontwikkeling van CO^2 des nachts plaats heeft, moet deze des te grooter schijnen, naar mate men minder lucht heeft doorgevoerd; want het afgegeven CO^2 verdeelt zich anders door eene grootere luchtruimte, en wordt nu daarentegen in betrekkelijk weinig lucht opgehoopt. Van hier dat de uitkomsten geheel anders zouden worden, indien men al het koolzuurgehalte naar den inhoud der bladeren en bij eene gelijke snelheid van doorstroming der lucht berekende.

Aan het slot van dit deel moeten nog eenige aanmerkingen voorkomen worden, die welligt op de vorige proeven zouden kunnen worden gemaakt. Een eerste bezwaar is de geringe gewigtsvermeerdering, die bij al onze proeven de buisjes *e* en *f* ondergaan hebben, en die slechts weinige milligrammen bedragen heeft. Hierdoor worden natuurlijk de fouten aan de proef en aan het wegen eigen ten opzichte der uitkomst van de proef aanzienlijker. Doch met die geringe gewigtsvermeerdering moesten wij ons tevreden stellen, zoo de proef in éénen dag afloopen zoude, hetgeen toch wenschelijk was, om geene zamengestelde uitkomst van de werking van licht en duisternis te verkrijgen. Dit bezwaar was dus niet te vermijden, daar aan den anderen kant de luchtstroom niet te snel gemaakt kon worden, opdat de kalk in staat zou zijn, om het CO^2 volkomen op te nemen. Gelukkig echter is het bezwaar van het kleine cijfer grootendeels weggenomen door de wijze en strekking onzer proeven. Ware het te doen ge-

weest, om eene bepaling der volstrekte hoeveelheid CO^2 door eene bepaalde hoeveelheid plantendeelen in bepaalden tijd onder bepaalde omstandigheden opgenomen, dan was de gewigtsvermeerdering door ons gevonden, veel te gering geweest, om daaruit tot eenige zekere uitkomst te kunnen geraken. Ons doel was echter geen ander, dan om het feit der opneming van het koolzuur des dampkrings door groene plantendeelen onder den invloed van het zonnelicht uit eene reeks van proeven onmiddellijk te bewijzen. En hiertoe was de gevolgde handelwijze volkomen voldoende, daar de lucht-analyse, die altijd te gelijker tijd onder dezelfde omstandigheden gedaan werd, ook met dezelfde fouten aangedaan was, die alzoo bij de betrekkelijke uitkomst verdwijnen moesten.

Eene tweede aanmerking zoude eenige meerdere naauwkeurigheid in de bepaling van het volumen der doorgestreeken lucht kunnen verlangen. Zoo ware het beter geweest, een thermometer in den adspirator zelve te hangen, en niet in de omringende lucht; zoo had men nog naauwkeuriger den omvang van het uitgelopen water kunnen bepalen, wanneer men dit had laten vloeijen in eene zorgvuldig gemeten flesch met naauwen hals, zoodat één droppel meer reeds een aanmerkelijk verschil maakte. Doch al deze aanmerkingen zijn meer van toepassing, waar volstrekte, dan waar betrekkelijke uitkomsten verlangd worden; en hoewel wij geenszins de grootere juistheid der aangegeven handelwijze ontkennen, zoo meenen wij toch, dat men daaruit geene reden kan vinden, om aan bovenstaande proeven eene mindere waarde toe te kennen, zoo men het doel van den schrijver in het oog houdt. Want, aan de eene zijde is het in die kleine lucht-ruimten aanwezige CO^2 eene niet weegbare hoeveelheid, en aan den anderen kant ware het onnoodig geweest het lucht-volumen met die uiterste naauwkeurigheid te bepalen in proeven, die toch zoo afwijkende zijn, ten gevolge van de verschillende, grootendeels onbekende werkingen der plant.

DEEL III.

BESLUITEN EN GEVOLGTREKKINGEN UIT HET VOORGAANDE.

HOOFDSTUK VII.

Er is in den aanvang van dit werk gezegd, dat weinige wetenschappelijke vraagstukken zoo herhaaldelijk onderzocht zijn, met zoo weinig gelukkig gevolg als het vraagstuk van de zoogenaamde ademhaling der planten; en nu wij aan het einde der geschiedenis de besluiten zullen opmaken en de kennis aanwijzen, door het natuurkundig onderzoek op dit gebied verkregen, nu komen wij op dat gezegde terug, omdat de waarheid daarvan ons thans nog levendiger voor den geest staat. De vastgestelde feiten zijn gering, de onzekere uitkomsten en duistere gedeelten zijn groot in aantal; de gevolgtrekkingen kunnen dus slechts onvolledig zijn. Daarom zijn echter de meeste der oudere en nieuwere onderzoekingen niet te vergeefs in het werk gesteld; enkele hebben den gezigteinder voor ons uitgebreid, terwijl andere met goed gevolg dwalingen hebben bestreden, of door het opwekken der belangstelling eene aanleiding zijn geweest tot latere nasporingen; ja zelfs de minst deugdelijke proeven zijn waarschuwend stemmen voor de volgende onderzoekers. Er valt dus ook hier uit de geschiedenis van het vraagstuk veel te leeren, en een aandachtige beschouwer zal daarin een voortdurenden, hoewel langzamen, vooruitgang bespeuren.

Wij laten dit echter aan den lezer over en zullen hier alleen de slotsom opmaken der uit de proeven verkregen kennis van de werking der groene plantendeelen op de omringende dampkringslucht. Wij zullen dit afzonderlijk onderzoeken van elke der drie in de inleiding gestelde vragen, om daarna te besluiten met eenige opmerkingen omtrent het onderling verband en de vermoedelijke oorzaak der waargenomen verschijnselen.

I. *Wat is er van de ontwikkeling van zuurstof door groene plantendeelen, en onder welke omstandigheden heeft die plaats?*

Het feit, dat groene of groen wordende ¹ plantendeelen onder sommige omstandigheden zuurstof ontwikkelen, kan niet tegengesproken worden; het behoort tot de oudste waarnemingen over ons vraagstuk, welke men reeds kende, voordat nog de juiste begrippen van de luchtsoorten verkregen waren. Wanneer de planten in water verkeerden, is het verschijnsel zoo sprekend, dat niemand daaraan twijfelen kan, en elke sloot, die met Algen of andere groene waterplanten bedekt is, vertoont in het zonnelicht die gasontwikkeling ten duidelijkste, zoodat het verschijnsel door alle natuuronderzoekers bevestigd is. Wanneer de planten zich in de lucht bevinden, is het verschijnsel moeilijker waar te nemen, omdat de zuurstof zich alsdan niet zichtbaar ontwikkelt, terwijl bovendien de omringende lucht altijd O bevat, zoodat men slechts door nauwkeurige eudiometrische middelen kan bepalen, of die hoeveelheid O vermeerderd is of niet. Om hieraan te gemoet te komen, heeft men reeds in de eerste tijden de planten gebracht in eenen kunstmatigen dampkring, voornamelijk in

¹ Onder de vorming van was, dat steeds chlorophyll vergezelt, moet zuurstof vrij komen. Groen *wordende* plantendeelen bekomen dit was; in reeds groene deelen, in welke nog scheikundige wisseling plaats heeft, wordt de hoeveelheid van dit was vergroot. In beide gevallen moet dus O worden uitgescheiden.

eene lucht, die een grooter gehalte aan CO^2 had, dan de gewone lucht (waardoor, gelijk men meende, de werkingen der plant krachtiger werden), en men heeft gezien, dat de lucht, waarin de plant verkeerd had, bij zonneshijn eene grootere hoeveelheid zuurstof bevatte dan vóór de proef. Zoo vindt men verscheidene proeven opgeteekend, als die van DE SAUSSURE, van GRISCHOW, van DAUBENY en van anderen, welke de ontwikkeling van O voor zulk een mengsel van dampkringslucht en CO^2 onomstootelijk bewijzen.

Hiermede is echter de eigenlijke vraag, of de planten die werking in den natuurlijken toestand, alzoó in de dampkringslucht, vertoonen, niet beantwoord. Deze oplossing hebben reeds INGENHOUSZ en SENEBIER te vergeefs beproefd; DE SAUSSURE heeft ze voor den Cactus geleverd en bewezen, dat die uitkomst evenzeer op andere planten toepasselijk is, terwijl hij later ook bij de groene vruchten het verschijnsel heeft waargenomen. Latere onderzoekers hebben die proeven bevestigd, en hoewel op de naauwkeurigheid der uitkomsten van sommigen, zoo als van MUNCKE en GILBY, wel wat af te dingen valt, zoo zijn toch de proeven van CALVERT en FERRAND en van LEWY, die beide ook de gasontwikkeling hebben waargenomen, ten uiterste naauwkeurig. Wij mogen dus als goed bewezen vaststellen, dat door groene of groen wordende plantendeelen onder sommige omstandigheden zuurstof ontwikkeld wordt.

Doch welke zijn nu de omstandigheden, waaronder het verschijnsel plaats heeft? Een eerste vereischte daartoe is, dat de plant in het licht geplaatst zij. Men heeft het feit het eerste opgemerkt in het onmiddellijke zonnelicht en onder dezen invloed is het ook niet tegengesproken geworden. In het diffuse licht echter heeft de werking evenzoo, hoewel minder krachtig, plaats; in de duisternis daarentegen vindt men geene uitstooting, maar eene opslorping van zuurstof; eene werking, die bij de niet-groene plantendeelen ook over dag voortgaat, gelijk de uitkomst is van alle oudere en nieu-

were proefnemingen. Evenzeer is het noodzakelijk, dat de plant gezond zij en zooveel mogelijk in haren natuurlijken toestand blijve; zij moet dus omringd zijn van eene zuurstofhoudende lucht, of van luchthoudend water, zoo als CLOËZ en GRATIOLET aangetoond hebben. De afgesneden plantendeelen schijnen wel eenigen tijd hunne groeikracht te behouden, daar zij in CO^2 houdend water ook O ontwikkelen, doch dit vermogen houdt na korteren of langeren tijd (naar gelang van den aard der plant) op, waarna de plantendeelen zuurstof opnemen, ten gevolge eener ontleding harer bestanddeelen. Vervolgens moeten de plantendeelen groen zijn of worden, want, zoo als gezegd is, alleen deze hebben het vermogen, om O te ontwikkelen, en het schijnt, gelijk wij ook onder zien zullen, dat dit met de vorming der groene kleurstof gelijken tred houdt en bij alle soorten van planten, die groen worden, plaats heeft, hoewel niet overal in dezelfde mate.

Wij mogen dus vaststellen, dat de ontwikkeling van zuurstof geschiedt door gezonde plantendeelen, die groen zijn of groen worden, onder den invloed van het zonnelicht en ook, hoewel minder krachtig, onder dien van het diffuse licht. De grootte dier uitstooting, ten opzichte van het jaargetijde, den ouderdom, de ontwikkelings-tijdperken en den scheikundigen aard der planten, is echter niet of slechts onvolledig onderzocht, zoodat daaruit niets anders op te maken is, dan dat de werkingen het krachtigst zijn in den tijd, dat de plant hare grootste ontwikkeling bereikt, hetgeen wel te verwachten was.

II. *Wat weet men van de opslorping van CO^2 door de groene plantendeelen, en in welke verhouding staat de grootte dier werking tot die der ontwikkeling van zuurstof?*

Men vindt hier denzelfden loop der onderzoekingen terug, dien wij bij de oplossing der eerste vraag hebben aangetroffen; en zulks kon ook niet anders, want beide punten werden altijd te zamen genoemd en de geliefkoosde uitdrukking van

vroegeren tijd: "dat de planten de lucht *verbeteren*," bevatte beide verrigtingen, daar die verbetering tweeledig was, door vermindering van het CO^2 en door vermeerdering van het O der lucht.

Het feit van de opneming van CO^2 door de groene plantendeelen is ook evenzoo, zoo niet beter, bewezen dan dat van de ontwikkeling van O. In de oudste proeven bleek dit uit de vermindering van het CO^2 gehalte van water, dat met plantendeelen aan den zonneshijn was blootgesteld; voor eene lucht, die meer CO^2 bevat dan de dampkringslucht, is die opneming bewezen door een aantal uitstekende proeven, waarvan wij alleen die van DE SAUSSURE en van PEPYS noemen zullen; voor de planten in haren natuurlijken toestand eindelijk is deze verrigting evenzeer aangetoond op verschillende wijzen; zij moet reeds aangenomen worden ten gevolge der proeven van VON CRELL, BRACONNOT en WARD; zij is als noodzakelijk gevolg van feiten verkregen door CHEVANDIER; zij is eindelijk onmiddellijk uit de proef bewezen door CALVERT en FERRAND, en vooral door de beroemde proef van BOUSSINGAULT, die door de proeven van VOGEL en WITWER en door onze eigen proeven nog nader bevestigd is. Deze verrigting der plant is dus aan geen redelijken twijfel meer onderhevig, en het zijn alleen de dikwijls verkeerde uitkomsten, door gebrek aan voorzorgen bij deze teedere proeven verkregen, die zoo lang voedsel hebben kunnen geven aan den twijfel van sommige natuurkundigen.

Wat de omstandigheden betreft, waaronder die opneming van CO^2 door de planten geschiedt, zij mogen dezelfde genoemd worden, als die, waarbij de zuurstof-ontwikkeling plaats heeft. De plantendeelen moeten groen zijn of worden en gezond zijn, en aan het zonnelicht worden blootgesteld; in het diffuse licht heeft de werking minder krachtig plaats; dat zij voortduren zoude gedurende den nacht, zoo als uit de proeven van PEPYS en van VOGEL en WITWER volgen zoude, is, naar onze meening, niet genoegzaam bewezen. Eindelijk is de werking

van jeugdige plantendeelen, die in staat van ontwikkeling verkeeren, aanzienlijker dan die van volwassene, zoo als uit de proeven van GARREAU gebleken is.

Wat nu de grootte der opneming van CO^2 met betrekking tot de ontwikkeling van O aangaat, de eerste verrigting der plant is volgens de oudere proeven aanzienlijk, doch geringer dan de andere; DE SAUSSURE daarentegen vond bij zijne proeven eene omgekeerde verhouding, niet alleen tusschen de twee genoemde grootheden, maar ook tusschen de werking des daags en des nachts; de weleer zoo geroemde luchtsverbetering bestond volgens hem niet, daar de afgifte van CO^2 en opneming van O des nachts aanzienlijker was dan de omgekeerde werking des daags. In lateren tijd heeft men, naar wij meenen, te regt minder belang gesteld in deze numerische uitkomsten, daar de vrees voor een spoedig onbruikbaar worden des dampkrings door de berekeningen van POGGENDORFF en anderen verdwenen is, en uit een physiologisch oogpunt de grootte der werking alleen belang kan inboezemen, wanner men met den aard der werking vooraf goed bekend is, waartoe men thans nog niet gekomen is. De vroeger gegevene opgaven worden dus hier niet herhaald, maar alleen de slotsom vermeld, welke, naar de meening des schrijvers, deze is, dat de planten ten gevolge van haren groei de zuurstof der lucht een weinig vermeederen; de juiste grootte dezer toeneming van zuurstof schijnt echter uit de afwijkende uitkomsten der vele proeven nog niet met zekerheid bepaald te kunnen worden.

Hiermede is dan wel de *opneming* van CO^2 bewezen, doch, volgens sommigen, geenszins de *ontleding* van dit zuur in de plant; en echter hebben de meeste onderzoekers stoutweg van eene ontleding van het CO^2 gesproken, hoewel hunne proeven slechts de opneming konden aantoonen. Wij stemmen dit laatste volkomen toe en hebben zelfs boven in onze geschiedenis (bl. 150) daarop gewezen; wij gelooven echter, dat de natuuronderzoekers niet ten onregte van eene ont-

leding hebben gesproken, en wij durven zelfs vragen, of het niet onbillijk is, daaraan te twijfelen, daar men dan voor het eene feit der scheikunde een strengere bewijs vordert, dan voor het andere. Immers wanneer zegt men, dat er eene ontleding van eenig ligchaam heeft plaats gegrepen? Wanneer twee lichamen bijeengebragt zijn, die op elkander scheikundig kunnen inwerken, en zoo men na de inwerking het eene ligchaam niet terugvindt, maar in de plaats daarvan een of meer van zijne bestanddeelen, hetzij met het andere ligchaam verbonden, hetzij op zich zelf staande. Zulk eene ontleding nu schijnt zeer sprekend, wanneer de scheikundige inwerking vergezeld gaat van in het oog loopende verschijnselen, als ontwikkeling van warmte en licht, plotselinge verandering van aggregatie-toestand en dergelijke, gelijk b. v. bij de ontleding van water door den galvanischen stroom het geval is; doch men bespeurt daarvan nagenoeg niets, zoo de werking langzaam is, en de voor het oog zichtbare teekenen zich niet vertoonen. Echter heeft men in beide gevallen de eigenlijke ontleding, de werking zelve, niet waargenomen, maar alleen die gevolgen der werking, welke eenen indruk op onze zintuigen kunnen te weeg brengen. Men heeft dus noch in het eene, noch in het andere geval de ontleding onmiddellijk uit de proef bewezen, en men kan slechts uit de uitkomst der werking het besluit opmaken, dat er eene ontleding moet hebben plaats gehad, zoo de boven genoemde voorwaarden zich vertoond hebben. Wanneer het bovenstaande als waarheid erkend wordt, dan volgt hieruit onmiddellijk, dat ook het CO^2 des dampkrings door de planten wordt ontleed, zonder dat zich daarbij uiterlijke teekenen voordoen. Immers het koolzuur der dampkringslucht wordt opgenomen door de plant, en komt dus in innige aanraking met hare in scheikundige wisseling verkeerende bestanddeelen. Dat deze stoffen scheikundig op elkander *kunnen* inwerken, zal wel niemand be twijfelen, hoewel wij geenszins dit in bijzonderheden kunnen toelichten en niet weten, welke lichamen daarvan het

gevolg zijn. Doch wij behoeven deze kennis ook niet voor ons bewijs, en laten ons daarom thans niet in met de denkkeelden, die verschillende schrijvers zich van die werking hebben gevormd, wij letten alleen op het begin en het einde der werking. Het CO^2 wordt opgenomen, gelijk door proeven bewezen is, en later als zoodanig niet in de plant teruggevonden. Maar in de plaats daarvan zien wij, dat de plant in koolstofgehalte toeneemt, wanneer zij die meerdere koolstof uit geene andere bron kan ontleenen, dan uit het CO^2 van den dampkring, zoo als in de proeven van BRACONNOT, VON CRELL en WARD ¹. Er zijn dus slechts twee besluiten mogelijk, óf dat de plant in haar weefsel koolstof vormt uit andere geene koolstofhoudende stoffen, óf dat zij de koolstof, op welke wijze dan ook, afscheidt uit koolstofhoudend voedsel, dat is hier uit het koolzuur der dampkringslucht. Het eerste besluit, waartoe BRACONNOT en VON CRELL geraakten, mag thans niet worden aangenomen, en wij komen dus met noodzakelijkheid tot het besluit: *dat het opgenomen CO^2 , althans ten deele, in de plant wordt ontleed*. De natuurkundigen hebben dus regt gehad, om van eene ontleding van het CO^2 door de planten te spreken, al konden zij die ontleding ook niet aanwijzen.

III. *Welke is de invloed van het licht en van de verschillende enkelvoudige lichtstralen op deze scheikundige werkingen?*

Als algemeene uitkomst van de talrijke proeven mag worden vastgesteld, dat de onmiddellijke werking der zonnestralen, in zooverre deze voor de plant niet te fel is, een vereischte moet heeten, om de genoemde verschijnselen krachtig te zien plaats hebben; terwijl de werking in sterkte afneemt,

¹ Wij zien bovendien eene ontwikkeling van zuurstof, d. i. van het andere bestanddeel van het CO^2 , doch laten die ontwikkeling hier niet als bewijs gelden.

naar mate de lichtsterkte vermindert. Hierop zijn echter vele uitzonderingen, welke wij daaraan toeschrijven, dat het zonnelicht wel grootendeels, doch niet alleen de verschijnselen te voorschijn roept; zoodat er somtijds oorzaken zijn, welke, zonder dat de plant in ziekelijke toestand verkeert, daaraan eene belangrijke wijziging toebrengen. Wat de enkelvoudige stralen betreft, zoo zijn de *lichtende* stralen, vooral de gele, de meest werkzame. Zonder te ontkennen, dat de andere en vooral de zoogenaamde scheikundige stralen van het spectrum een zekeren invloed op de opneming van CO^2 en afgifte van O uitoefenen, meenen wij echter, naar aanleiding van de boven opgeteekende proeven, aan de zoogenaamde lichtende stralen de hoofdrol te moeten toekennen.

Ten slotte nog een woord over het verband tusschen de opneming van CO^2 en de afgifte van O en over de vermoedelijke oorzaak dezer werkingen in de plant.

Men heeft, zoo als meermalen gezegd is, beide verrigtingen der plant vroeger altijd in ééne adem genoemd, en men had een zeker regt daartoe; want wanneer men bij planten, die in CO^2 houdend water gedompeld waren, het CO^2 hierin in dezelfde mate zag verdwijnen, waarin de zuurstof door de planten ontwikkeld werd, mogt men eene zekere afhankelijkheid der eene verrigting van de andere onderstellen, te meer, wanneer men tevens zag, dat die ontwikkeling van zuurstof gering of nagenoeg nul was, zoo het CO^2 ontbrak. Aan den anderen kant echter bespeurde DE SAUSSURE, dat bij vleezige planten de eene verrigting een geruimen tijd kon plaats hebben zonder de andere, waaruit weder eene zekere onafhankelijkheid voortvloeit. In het algemeen bestaat er, naar onze meening, zonder twijfel verband tusschen beide verrigtingen der plant, zoodat de eene geen geruimen tijd zonder de andere kan plaats hebben; evenzoo als het gebleken

is, dat de plant buiten zekeren grens niet aan koolstof kan toenemen, zonder tevens de bestanddeelen van water te binden, en omgekeerd. Men heeft echter dat verband veel te innig voorgesteld, en vooral hierin gedwaald, dat men zich het CO^2 in de plant onmiddellijk gescheiden dacht in C en O, welk laatste dan de afgegeven zuurstof zoude uitmaken; voor zulk eene bewering heeft men geen grond. Evenzoo is het eenzijdig, om, zoo als ROBIN¹ in den laatsten tijd heeft beweerd, de ontleding van CO^2 te beschouwen als een ondergeschikt verschijnsel, en het wezen der zoogenaamde ademhaling te zoeken in eene voortdurende inslorping van O. Deze werking moge voortdurend plaats hebben, zij kan niet de hoofdwering zijn, wanneer daar eene andere bestaat, welke, zoo lang het licht schijnt, dus in den zomer gedurende den grootsten tijd, de uitkomst in een' anderen zin doet uitvallen.

Tot eene meer juiste waardering van beide verrigtingen is het noodig, te letten op den aard der algemeene scheikundige veranderingen, die in de plant voorvallen. De algemeene strekking der scheikundige werkingen, die in het plantaardig weefsel plaats vinden, is in desoxyderenden zin, dat is: zij loopt uit op eene verandering van zuurstofrijkere in zuurstofarmere stoffen, terwijl de hierbij overvloedige zuurstof ten deele in den dampkring wordt ontlast. Wij kennen al die veranderingen niet en zien ook hier alleen de einduitkomsten; van den gang van sommige omzettingen in de plant kunnen wij ons echter een denkbeeld vormen, en zelfs met eenige waarschijnlijkheid vermoeden, dat die in de levende plant op soortgelijke wijze zullen plaats grijpen. Met name geldt dit van de vorming van het bladgroen, die zeer waarschijnlijk van eene zuurstofontwikkeling vergezeld gaat. Prof. MULDER geeft hiervan deze beschouwing²:

¹ Froriep's Tagsber. Botanik, Bd. I, S. 246 (Nov. 1851).

² Proeve eener Physiol. Scheik., bl. 283 en volg.

Het chlorophyll in de planten is altijd vergezeld van eene groote hoeveelheid was, en meestal als een laagje gelegd om een of meerdere amyllumkorrels. Wanneer nu amyllum veranderd wordt in was, komt daarbij eene groote hoeveelheid O vrij ($5 \text{ aeq. amyllum} = 4 \text{ aeq. was} + 56 \text{ O}$), en met deze vorming van vetten schijnt het ontstaan der groene kleurstof in de planten gepaard te gaan. Deze laatste wordt gevormd uit een wit stikstofhoudend ligchaam (C Chlorophyll), dat overal in de planten schijnt voor te komen en, even als de indigo, door oxydatie gekleurd wordt. De groene kleurstof ontwikkelt dus bij haar ontstaan geen O, maar neemt dit integendeel op. Zij kan zulks echter alleen daar, waar een overvloed van zuurstof aanwezig is, b. v. waar amyllum in was wordt omgezet. Alzoo ontwikkelen de groene plantendeelen geene zuurstof, omdat zij groen zijn, maar *terwijl zij groen worden*.

MOROT, die onlangs het chlorophyll uitvoerig heeft onderzocht¹, komt tot dezelfde uitkomst, hoewel hij zich eene andere voorstelling vormt van de daarbij plaats hebbende scheikundige werking. Ook hij vindt het bestendig zamen-treffen van was en chlorophyll bevestigd en erkent, dat, wanneer het ontstaan van het eerste uit amyllum bewezen is, daarin eene bron van eene zeer groote hoeveelheid zuurstof zal gegeven zijn. Het bladgroen ontstaat echter, volgens MOROT, niet door oxydatie van het kleurlooze chlorophyll, maar uit amyllum houdende stoffen en ammonia (welke als gas in de planten voorkomt, volgens CALVERT en FERRAND) onder vrijwording van water en zuurstof ($3 \text{ aeq. amyllum} + 2 \text{ aeq. NH}_3 = 2 \text{ aeq. chlorophyll} + 16 \text{ HO} + 8 \text{ O}$). Want in geëtiolerde planten kon hij nimmer eene N houdende stof ontdekken, die het was vergezeld; hij meent dus, dat het bladgroen niet door opneming van O uit zulk eene N houdende stof kan ontstaan.

¹ Ann. d. Sc. Nat., 3^e Sér., T. XIII, p: 160—235.

Hoe dit zij, voor ons is het van gewigt, dat in beide verklaringen eene groote bron van zuurstof is aangewezen, die wij als de vermoedelijke oorzaak der ontwikkeling van zuurstof door de planten mogen aanzien.

Wat de oorzaak der opneming en ontleding van het CO^2 betreft, deze behoort nog nader te worden toegelicht. Wij weten niet, op welke wijze de plantenbestanddeelen — die toch ten slotte bijna alleen uit CO^2 , HO en NH^3 gevormd worden — daaruit oorspronkelijk en bij verdere omzetting ontstaan. Maar dat dit gebeurt, is zeker.

Des nachts heeft, gelijk bekend is, juist de omgekeerde verrigting plaats, koolzuur wordt afgegeven, zuurstof opgenomen. Moeten wij dus aannemen, dat er elken avond en elken morgen eene plotselinge omkeering der verrigtingen van de plant geschiedt, die zich alleen regelt naar den prikkel van het licht? Wij gelooven het niet. Integendeel, wanneer wij uit de proeven van GARREAU ook eene CO^2 ontwikkeling des daags bespeuren; wanneer die van PEPYS en van VOGEL en WITWER bevestigd worden, en dus ook eene opneming van dit zuur des nachts bestaat; wanneer wij daarbij denken aan den magtigen invloed der diffusie, welke steeds de ontwikkelde stoffen verwijdert en nieuwe aanvoert, dan meenen wij meer regt te hebben, om de voorstelling van GARREAU aan te nemen, welke deze is, dat beide verrigtingen, opneming en afgifte van CO^2 en O voortdurent plaats hebben, en dat het afhangt van de door uitwendige prikkels, vooral door het licht, opgewekte scheikundige veranderingen der plant, welke verrigting de overwegende zijn, d. i. welke zich schijnbaar alleen vertoonen zal.

Wij kunnen alzoo dit proefschrift eindigen met de opmerking, dat de hoofddeelen der zoogenaamde ademhaling der plant bekend en goed bewezen zijn, doch dat men omtrent de bijzonderheden der daarbij plaats grijpende omstandigheden nog nagenoeg geheel in het onzekere verkeert. Het eerste, wat, naar ons inzien, te doen ware, is een uitvoerig en

naauwkeurig onderzoek van de bekende verschijnselen in verband met den scheikundigen aard der planten, en met de veranderingen, die daarbij in het levend wezen plaats grijpen, gelijk DRAPER en CLOËZ en GRATIOLET dit reeds voor de stikstof der plant begonnen hebben. Zoo ware het van belang, de hoeveelheid opgenomen CO^2 in een geruimen tijd na te gaan, met betrekking tot de vermeerdering aan koolstof, welke de plant in dien tijd en onder die omstandigheden had ondergaan; zoo ware het gewigtig, de hoeveelheid en voorwaarden der ontwikkeling van O te volgen bij de planten, die een bepaald en verschillend scheikundig karakter vertoonen, en evenzeer bij planten, die in kruidkundigen zin naast elkander staan. Zulk een onderzoek is moeijelijk, maar voor eene meer juiste kennis dezer belangrijke verrigtingen der plant volstrekt noodzakelijk. Wij wenschen daarom, dat weldra aan onze verwachting worde voldaan, en dat vooral ook in ons vaderland de belangstelling der vaderen terugkeere, zoodat de Nederlandsche onderzoekingen eene waardige bijdrage tot de oplossing van het vraagstuk leveren mogen.

E I N D E.

ALPHABETISCHE NAAMLIJST

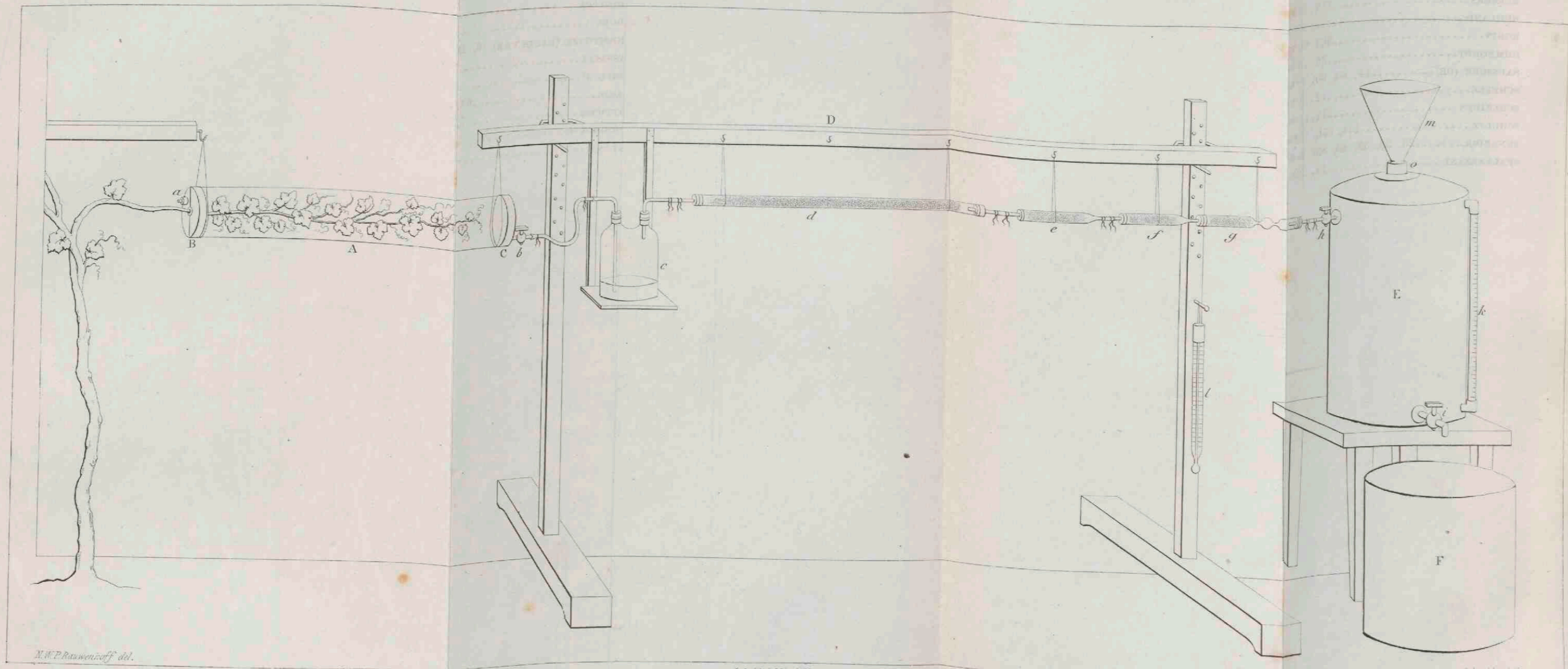
DER

NATUURKUNDIGEN,

WIER ONDERZOEKINGEN IN DIT PROEFSCHRIFT VERMELD WORDEN.

	Blz.		Blz.
AIMÉ.....	128.	GOLDMANN.....	161.
BARNEVELD (VAN).....	17, 22.	GRATIOLET.....	192.
BÉRARD.....	86.	GRISCHOW.....	77, 125, 158.
BISCHOF.....	74.	GRISEBACH.....	160.
BISCHOF (L. W. TH.).....	140.	HALES.....	9.
BLANC (LE).....	132.	HASSENFRATZ.....	37.
BONNET.....	11.	HELMONT (VAN).....	9.
BOUSSINGAULT.....	131, 157.	HENRY.....	32.
BYCZKOWSKI.....	172.	HOFFMANN.....	151.
CALVERT.....	142.	HUMBOLDT (VON).....	102, 140.
CHEVANDIER.....	137.	HUNT.....	173.
CLOËZ.....	192.	HUYGHENS.....	59.
COLIN.....	119.	INGENHOUSZ.....	15, 29, 41, 85.
COUVERCHEL.....	102, 151.	KNOP.....	200.
CRELL (VON).....	60.	LEWY.....	163.
DAUBENY.....	105, 117, 181.	LIEBIG.....	119.
DAVY.....	68.	LINK.....	58.
DECANDOLLE.....	58.	LUCK.....	191.
DEIMAN.....	16, 19, 20.	MACAIRE.....	179.
DRAPER.....	121.	MARCHAND.....	155.
DUTROCHET.....	114.	MARUM (VAN).....	17.
FERRAND.....	142.	MATTEUCCI.....	169.
FOCKE.....	141.	MESCH (VAN DER BOON).....	84.
FREMY.....	150.	MOROT.....	185, 264.
GARDNER.....	126, 165.	MULDER.....	137, 263, 213.
GARREAU.....	187, 205, 213.	MULLER.....	22.
GILBY.....	70.	MUNCKE.....	64.
GLADSTONE.....	190.	PALMER.....	70.
GLOCKER.....	85.	PEFYS.....	133.

PERCIVAL	Blz. 31.	SUCKOW (G. A.)	Blz. 33.
PRIESTLEY	11.	SUCKOW (G.)	101.
REES (VAN)	84.	TATUM	74.
REIMERS	119.	TESSIER	34.
RUHLAND	71.	THOMPSON	36.
ROBIN	263.	TIBOEL	19.
RUMFORDT	36.	TROOSTWIJK (PAETS VAN) 16, 19, 20.	
SAUSSURE (DE)	44, 86, 90.	VASSALLI	35.
SCHEELE	12.	VOGEL J ^r	226.
SCHLEIDEN	118.	WARD	63, 116.
SCHULTZ	154, 158.	WITTWER	7, 226.
SENEBIER	23, 36, 38, 40, 85.	WOODHOUSE	42.
SPALLANZANI	39.	YATES	117.



N. P. Raawen:off del.

Costr. by L. Meussd. Utr.

J. Luchbeest Sc.

T H E S E S.

1.

Bij de natuurwetenschappen is de ervaringsmethode de eenige bruikbare, om den voorraad van zekere kennis te vermeerderen.

2.

De kennis van de eerste gronden der natuurwetenschappen is een onmisbaar middel ter beschaving.

3.

De teleologie is voor den vooruitgang der natuurwetenschappen heilzaam, zoo zij als opwekkingsmiddel wordt gebezigd; maar nadeelig, zoo zij verschijnselen tracht te verklaren.

4.

Er bestaat geene reden, om aan te nemen, dat de zoogenaamde

lichtende, warmtegevende en scheikundige stralen van het zonnespectrum verschillend in aard zijn.

5.

Te regt zegt SCHÖNBEIN (Pogg. Ann. XLVII, 116): "Bei Electrolyten ist Stromleitung und Electrolysatión dieselbe Sache."

6.

Endosmose gaat niet noodzakelijk gepaard met exosmose.

7.

Het is waarschijnlijk, dat het aantal elementen geringer is, dan de scheikundigen thans aannemen.

8.

Wij kennen van de bewerktuigde lichamen slechts de ontledingsproducten, niet de bestanddeelen.

9.

De wijze van BOUSSINGAULT, om ammonia in regenwater te bepalen (Comptes Rendus, 9 Mai 1853), verdient in vele gevallen de voorkeur boven de oudere handelwijze met chloridum platini.

10.

De stikstofbepaling naar de wijze van HEINTZ is niet aan te bevelen.

11.

Ter verklaring van de sabbeweging in de boomen vóór het verschijnen der knoppen, is de endosmose niet toereikend.

12.

Wij gelooven met SCHLEIDEN, dat de buitenste lagen der amy-
lumkorrels de jongste zijn.

13.

Geheel bevroren plantendeelen kunnen herleven.

14.

Een gedeelte van de stikstof der planten wordt als stikstofgas
door de planten opgenomen.

15.

Geheel ten onregte zegt LINK: "die Unbefangenheit des Beobach-
ters, der mit allen Theorien der Botanik unbekannt ist, bürgt
"für die Richtigkeit der Zeichnungen."

16.

Zonder dieren en verbranding kunnen de planten blijven bestaan.

17.

De proef van PORRET belooft van groot gewigt te kunnen wor-
den voor de physiologie van planten en dieren.

18.

Vele gebergten zijn niet plotseling ontstaan, maar langzamer-
hand, soms in zeer groote tijdruimten gevormd.

19.

De alluviale gronden van ons vaderland hebben eene langzame
daling ondergaan.

De landbouw wordt uitnemend bevorderd door proeven, door deskundigen in het werk gesteld.