© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Mitteilungen.

I. H. Schroeder: Der Chemismus der Kohlensäureassimilation im Lichte neuer Arbeiten[1]).

Meine Besprechung einiger neuer — etwa seit Abschluß meines Assimilationsbuches erschienener — Arbeiten hat nicht die Absicht, deren Inhalt erschöpfend wiederzugeben, sondern sie soll in erster Linie und das vom Standpunkte des Pflanzenphysiologen untersuchen, ob und inwieweit ein bleibender Fortschritt durch dieselben erzielt oder doch angebahnt worden ist? Demgemäß werden Tatsachen, die bei Versuchen mit lebenden Pflanzen sich ergeben haben, den breitesten Raum einnehmen. Doch hielt ich es bei dem problematischen Charakter des behandelten Gegenstandes für zweckmäßig, weiterhin zu untersuchen, ob diese experimentellen Befunde bestehende Vorstellungen über den Chemismus der Kohlensäureassimilation bestätigt, widerlegt oder umgestaltet haben, ob sie auf neue Gedanken gebracht haben oder endlich begründete Aussicht auf das eine oder andere eröffnen? Nicht jedes experimentelle Ergebnis wird sich in diesem Sinne auswerten lassen — wenngleich dies von den Verfassern auch in solchen Fällen mitunter versucht wurde — trotzdem kann es der Mitteilung wert sein als Baustein für die Zukunft.

Im zweiten Teil stelle ich als Ergänzung einige neue oder wiedererneute Vorstellungen zusammen, sie zugleich auf ihre Begründung prüfend. Werde ich mich hierbei überhaupt äußerster Kürze befleißigen, so ganz besonders in den Fällen, in welchen die Begründung selbst für bescheidene Ansprüche unzureichend erscheint oder die vorgetragene Ansicht mit bekannten Tatsachen nicht oder nur gezwungen in Einklang zu bringen ist.

1) Ich veröffentliche meinen Vortrag weder in der Form, in der er gehalten wurde, noch in der, die ursprünglich für ihn vorgesehen war. Ich habe manches bei der mündlichen Wiedergabe Weggelassene wieder eingefügt, andererseits alles — Vorgetragenes und nicht Vorgetragenes — gekürzt und noch ausgesprochener in den Dienst der gewählten Aufgabe gestellt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Dieser Plan mit seiner ungleichen Betonung der Einzelpunkte bedingt Subjektivität, die dadurch noch schärfer zum Ausdruck kommt, daß ich meine eigene Auffassung nirgends zurückgehalten habe. Ferner bewirkt die zeitliche und stoffliche Umgrenzung, daß WILLSTÄTTERs Arbeiten stark in den Vordergrund treten.

I.

Bei der niedrigen Konzentration des Kohlendioxydes in der Atmosphäre, die diejenige innerhalb des Pflanzenkörpers bestimmt, bildet die Versorgung der im Innern der Zelle eingeschlossenen Chloroplasten mit genanntem Gase oder seinem Hydrate (CO_3H_2) trotz der erfolgreichen Studien von BROWN und ESCOMBE zur Theorie der Spaltöffnungswirkung noch heute das erste hergehörige Problem. Unter der zu günstigen Annahme, daß selbst während lebhafter Assimilation sowohl in den dem Blatte unmittelbar anliegenden Luftschichten wie in sämtlichen luftführenden Interzellularen der unverringerte CO_2-Partiärdruck der freien Atmosphäre bestehe[1]), vermöchte das analytisch — als Gewichtsverlust beim Trocknen — festgestellte Wasser eines Blattes, als reines Wasser gedacht, nicht mehr Kohlendioxyd zu lösen als hinreicht, um bei guter Belichtung den Assimilationsbedarf etwa einer halben Sekunde zu befriedigen.

WILLSTÄTTER und STOLL[2]) haben nachgewiesen, daß das unbelichtete Blatt mehr CO_2 aufnimmt als sein Wasser als solches zu lösen vermag. Die Kausalität der Erscheinung, die gleicherweise oder wohl etwas modifiziert bei getrockneten Blättern nach dem Wiederanfeuchten zu beobachten war, harrt der endgültigen Aufklärung. Da die überschießende Menge sowohl von der Temperatur wie von dem Partiärdruck des Kohlendioxydes abhängt, glauben W. und ST. an eine dissoziabele Anlagerung und denken als

---

1) Vergl. JOST, Pflanzenphysiologie S. 157; RENNER, Flora 100 (1910) 538.

EBERMAYER (Die Waldluft, Stuttgart 1885, S. 31) berichtet über Messungen des CO_2-Gehaltes der Luft innerhalb assimilierender Baumkronen von Waldbeständen (Fichte). Er fand ihn sehr gering, rechnet indes mit der Möglichkeit eines Versuchsfehlers, weshalb er quantitative Angaben unterläßt und Wiederholung in Aussicht stellt. Ob er seinen Plan ausgeführt hat, ist mir nicht bekannt. Ich möchte eine Nachuntersuchung empfehlen; ausgedehnte gleichmäßige und gleichartige Bestände und Perioden der Windstille sind Voraussetzung; in der Nähe meines Wohnsitzes fehlen jene und sind diese selten.

2) WILLSTÄTTER und STOLL, Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin 1918. Wenn nicht anders vermerkt, beziehen sich alle Angaben, die im Texte unter W. und St. gebracht werden, auf dieses Buch. Auszüge aus einzelnen Abhandlungen sind bereits früher veröffentlicht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Paarling in erster Linie an eine organische Verbindung. Alkalien oder Erdalkalien könnten nur dann in Betracht kommen, wenn sie außer mit der anzulagernden Kohlensäure mit einem organischen Körper von Säurecharakter verbunden seien, da die Sättigungspunkte ihrer reinen Kohlensäure-Salze unterhalb der Kohlendioxyd-Drucke liegen, bei welchen W. und ST. Abhängigkeit von der Partiärpressung fanden.

Bei der Tragweite der von W. und ST. gezogenen Folgerungen mag der als bloße Vermutung zu bezeichnende Gedanke, die besprochene Erscheinung könne rein physikalisch durch Oberflächenadsorption zu erklären sein, nicht unausgesprochen bleiben.

Experimentell technische Gründe nötigten W. und ST. durchweg mit die natürliche erheblich überschreitenden CO_2 - Konzentrationen zu arbeiten, doch ließ die Konstruktion einer Kurve, wenngleich durch Extrapolation, erkennen, daß unter natürlichen Bedingungen die beschriebene Erscheinung gleichfalls eintreten wird und das sogar in verhältnismäßig stärkerem Grade.

Da ein sicherer Einblick in die Mechanik fehlt, kann aus WILLSTÄTTERs Entdeckung vorläufig weder für die wirkliche Kenntnis des Assimilationsvorganges noch für die Beurteilung einschlägiger Hypothesen Bestimmtes gefolgert werden. Das mit den beschriebenen Eigentümlichkeiten gebundene Kohlendioxyd wird den Chloroplasten zuströmen, sowie Mangel das bestehende Gleichgewicht stört. Da indes die auf diese Weise verfügbaren Vorräte gering sind und hoch gerechnet für den Assimilationsbedarf einiger Minuten ausreichen, erscheinen sie für die Gesamtökonomie der Pflanze bedeutungslos. Wenn also, was nach eigener Aussage von W. und ST. noch zu erweisen ist, die geschilderte Fähigkeit wirklich ein notwendiges Glied des Assimilationsablaufes bildet, wenn sie also mit Recht eine Einrichtung des Assimilationsapparates heißen darf, so kann ihre Aufgabe unmöglich im Schaffen einer Reserve erblickt werden. W. und ST. suchen unter der Annahme, daß der angedeutete tiefere Zusammenhang mit der Assimilation in Wahrheit bestehe, die Bedeutung in einer Erhöhung des Gehaltes an Kohlensäure (CO_3H_2) sowie darin, daß durch die Bindung die schädigende Wirkung der Kohlensäure auf das CP.[1]), die wässerige Lösungen im Gegensatz zu lebenden Blättern zu erkennen geben, hintangehalten werde.

Selbst bei dem Schlusse, daß durch die mitgeteilten Befunde

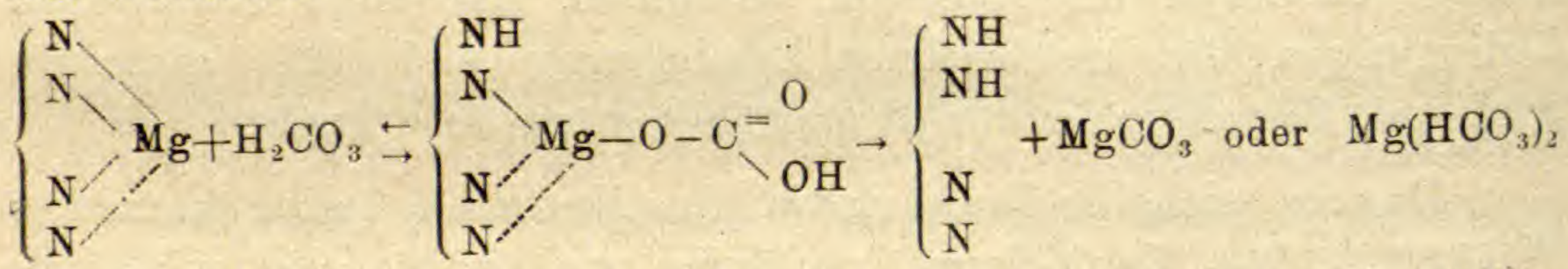
1) CP. = Chlorophyll.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die besonders von STOKLASA[1]) vertretene Anschauung einer Verarbeitung von Kaliumbikarbonat erschüttert werde, möchte ich zur Vorsicht raten. Denn über die Vorgänge bei den geringen, natürlichen CO_2-Drucken fehlt, wie mitgeteilt aus technischen Gründen, ein unmittelbarer Einblick.

Ferner fanden W. und ST., daß kolloidal in Wasser gelöstes CP. mit Kohlensäure, nicht mit Kohlendioxyd, wie das Ausbleiben der Reaktion in molekularen, nicht wässerigen CP.-Lösungen in organischen Solventien anzeigt, eine lockere additionelle Bindung eingehe, ehe die gleichfalls auf wässerige kolloide Lösungen beschränkte Magnesiumabspaltung eintritt. Sowohl Bindung wie Zersetzung vollziehen sich bei CP. a rascher als bei CP. b.

W. und ST. lassen das Mg-Atom die Anlagerung vermitteln und geben folgendes Schema des Reaktionsverlaufes einschließlich des Zerfalles:



Die Verbindung Kohlensäure-Chlorophyll wird in der Pflanze entstehen, wenn in dieser kolloides CP. in wässerigem Dispersionsmittel mit CO_3H_2 in Berührung kommt. Mit dieser Annahme einer kolloiden Verteilung des Farbstoffes im Chloroplasten, die heute als die wahrscheinlichste gilt, hat demnach die vorstehende Folgerung nahezu die gleiche Daseinsberechtigung.

Aber selbst wenn man mit noch vorsichtigerer Zurückhaltung nicht mehr für bewiesen ansieht, als die Möglichkeit eines Zusammentretens von CP. und CO_3H_2, ist schon dieser Nachweis genügend den wiederholt (zuerst 1879 von HOPPE-SEYLER) und mit verschiedener theoretischer Begründung geäußerten Gedanken des Auftretens einer Chlorophyll-Kohlensäure-Verbindung in der assimilierenden Pflanze zu unterstützen.

An dieser Stelle sei bezüglich der mikroskopisch erkennbaren Struktur des Chloroplasten eingeschaltet, daß A. MEYER[2]) seine Untersuchungen wieder aufgenommen hat und in Verfolg bestimmter, vor Jahren durch die Zustimmung SCHIMPERS beschwichtigter Bedenken sich nunmehr dahin ausgesprochen hat, daß die seinerzeit von ihm und von SCHIMPER vertretene und

1) In meinem Assimilationsbuche genannte Arbeiten sind diesmal in der Regel nicht aufgeführt.

2) A. MEYER, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 35 (1917) 586 und 674.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

heute weit verbreitete Anschauung, gefärbte Grana eingebettet in farblose Grundmasse, aufzugeben sei. Die Grana werden als Tröpfchen eines während der Assimilation entstehenden Sekretes angesprochen.

W. und ST. haben bei ihren Bestrebungen, experimentellen Anhalt für eine weitere chemische Beteiligung des CP. am Assimilationsprozesse zu gewinnen, keinen Erfolg gehabt. Doch führten ihre diesbezüglichen Versuche zur Einsicht, daß die Menge des im Blatte vorhandenen CP. sich während der Assimilation nicht ändert, auch nicht bei außergewöhnlicher Inanspruchnahme oder unter der Einwirkung schwacher Gaben von Narkotizis. Damit erhalten die von vornherein nicht eben wahrscheinlichen Vorstellungen eines kontinuierlichen CP.-Verbrauches, der durch gleich rasche Neubildung gedeckt und so der Beobachtung entzogen werde, einen starken Stoß. Denn es ist schwer zu glauben, daß unter den erwähnten Umständen niemals eine Störung dieses angenommenen Gleichgewichtes eingetreten wäre[1]).

Ebensowenig änderte sich der Quotient $\frac{CPa}{CPb}$, was W. und ST. zum Aufgeben einer früher vertretenen Meinung bewogen hat. Damit ist die Frage nach dem tieferen Sinn des Nebeneinanders der beiden einander in ihrer chemischen Konstitution so nahestehenden Farbstoffe wieder offen, denn der von W. und ST. gebrachte Hinweis auf die dadurch erreichte vollständigere Lichtausnutzung kann nicht befriedigen ohne eine gleichzeitige Erklärung, warum gerade die immerhin beschränkten Bezirke, in welchen beide CP. intensiv absorbieren, gegenüber anderen Teilen des Spektrums bevorzugt werden[2]). Desgleichen fehlt bezüglich der Rolle der Karotinoide eine über den Rang einer bloßen Vermutung zu erhebende Ansicht.

Eingehende Versuche widmeten W. und ST. der Frage, ob eine strenge Proportionalität zwischen dem CP.-Gehalt und der Intensität der Kohlesäurezerlegung bestehe? Sie kommen mit vollkommenerer Methodik als LUBIMENKO[3]) und als PLESTER[4]) dazu dieselbe zu verneinen, was jene beiden Forscher gleichfalls getan

1) Kontinuierlichen CP.-Zerfall in der lebenden Zelle nimmt neuerdings wieder WAGER an (Proc. Royal. Soc. Ser. B. 87 (1914) 386).

2) Was schließlich auf die bekannte Fragestellung STAHLS (Laubfarbe und Himmelslicht) hinauskommt. (Vergl. dazu URSPRUNG, diese Berichte 36 (1918) S. 118.)

3) LUBIMENKO, Rev. gen. d. Bot. 20 (1908) 162. L. bestimmte den realtiven CP.-Gehalt unter Zuhilfenahme des Spektroskopes und schaltete auf diese Weise Störungen durch die Karotinoide aus.

4) PLESTER, Beiträge zur Biologie der Pflanzen 11. (1912) 249.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hatten. Als besonders schlagend seien die Versuche mit gelbblättrigen Varietäten und mit etiolierten Keimlingen genannt. Zum Beispiel zerlegten bezogen auf die gleichen absoluten CP.-Mengen die gelben Blätter das zehn- bis zwanzigfache des Kohlendioxydes, das die normal grünen der Stammform spalteten. Da die Annahme einer ungleichen Verteilung des Farbstoffes mit einigen Befunden nur schwierig in Einklang zu bringen ist und der Gedanke an die Möglichkeit eines Einflusses der Karotinoide experimentell widerlegt werden konnte, erklären W. und ST. die beobachtete Disproportionalität durch die notwendige Mitwirkung eines zweiten inneren Faktors, den man, wie das die Pflanzenphysiologen mit guten Gründen seit längerer Zeit tun, plasmatisch nennen kann, den W. und ST. weitergehend als Enzym zu präzisieren versuchen[1]). Sie stützen sich dafür hauptsächlich auf die Beobachtung, daß unter bestimmten für beide gleichen Bedingungen bei normalen chlorophyllreichen Blättern die Temperatur, bei gelben chlorophyllarmen die Belichtung als begrenzender Faktor wirkt, und erklären diesen Unterschied wie folgt: Bei den gelben Blättern ist das Enzym im Überschuß, es ließe eine größere Leistung zu, doch macht der geringe CP.-Gehalt diese unmöglich. Steigerung der Belichtungsintensität, die Wirkung des Chlorophylls erhöhend, hat daher hier Erfolg. Bei grünen Blättern ist umgekehrt das CP. im Überschuß, das Enzym begrenzt, darum ist Erhöhung der Temperatur, welche die Leistung des Enzyms vermehrt, wirksam, Verstärken der Belichtung nicht. Zu diesen Schlüssen ist zu bemerken, daß die Ausschläge bei den angeführten Versuchen gering sind, da die Außenbedingungen sich den Schädigungsgrenzen stark näherten. Eine Wiederholung auf breiterer Basis erscheint angebracht, von derselben sind vielleicht Beiträge zur Beurteilung von BLACKMANs Lehre zu erwarten.

Mit Obigem ist zugleich bewiesen, daß die relativ, bezogen auf gleiche Mengen Chlorophyll, höhere Leistung gelbblättriger Varietäten nicht einfach auf bessere Durchleuchtung zurückzuführen ist.

W. und ST. Versuche mit etiolierten Keimlingen ergaben ein älteren Versuchen von IRVING[2]) widersprechendes Resultat. Diese fand beim Ergrünen selbst dann keine meßbare Assimilation, wenn die Farbe den normal grünen Ton bereits nahezu erreicht hatte;

1) Ich benutze die Gelegenheit, die Seite 155, Fußnote 1 meines Assimilationsbuches gebrachten Literaturangaben betreffend den Gedanken an Enzymwirkung bei der Assimilation durch den Hinweis auf JOST (Biolog. Central-Blatt 26 (1906) 236) zu ergänzen.

2) IRVING, Annals of Bot. 24 (1910) 805.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

W. und ST. hingegen schon in sehr frühen Stadien des Ergrünens eine verhältnismäßig lebhafte (höhere Assimilationszahlen als normal). Möglicherweise bestehende Temperaturunterschiede reichen zur Erklärung des Widerspruches kaum aus. Man könnte darum daneben daran denken, daß eine schwächere Belichtung bei IRVING als Ursache anzusehen sei. Für diese Annahme sprechen die besonders starke Abhängigkeit der Assimilationsleistung chlorophyllarmer Blätter (gelber Varietäten) von der Belichtungsintensität [1]) und vielleicht noch entschiedener die Angabe LUBIMENKOs [2]), derzufolge chlorophyllreiche Blätter (Schattenpflanzen) bei einer Beleuchtung noch erkennbar assimilieren, bei welcher mit weniger Farbstoff ausgerüstete Blätter (Sonnenpflanzen) ihre assimilatorische Tätigkeit längst eingestellt haben.

Doch kann ich diesen Gedanken eigentlich nicht einmal als experimentell zu prüfende Vermutung hinstellen, da mir die Belichtungsstärke IRVINGs unbekannt ist. Sie verwandte zwei Preßgasbrenner von KEITH, die unter Umständen der von W. und ST. benutzten $^1/_2$ Watt Metallfadenlampe (3000 Kerzen) gleichkommen können, doch wird die Leuchtkraft der gebrauchten Lampen nicht mitgeteilt, ebensowenig der Abstand der Objekte von den Lichtquellen. (Bei W. und ST. 25 cm) [3]).

1) W. und ST. S. 118 und 150.

2) Die Arbeiten LUBIMENKOs scheinen bei uns nicht nach Verdienst bekannt geworden zu sein. Ich entnehme demselben die folgende kleine Tabelle, welche meine obige Behauptung beweist.

Relative Belichtungsstärken	CO_2 (ccm) durch ein gr. Blatt in 1 Stunde zerlegt			
	Taxus bacc.	*Larix eur.*	*Fagus silv.*	*Robinia pseud.*
100	0,0720	0,159	0,1155	0,0990
81	—	0	—	—
49	0,0615		0,0935	0
25	0,0470		0,0895	
9	0,0445		0,0660	
6	0			
4			0,0510	
2			0	

(Temperatur 19° bis 23° C. CO_2 7,4—8 %.)
LUBIMENKO, Rev. Gen. de Bot. 20 (1908) 162.
(Zu vergleichen wäre PLAETZER Diss. Würzburg 1917.)

3) IRVING spricht nur von „standard distance". Vielleicht wäre auch die verschiedene Zusammensetzung des in beiden Fällen wirksamen Lichtes zu berücksichtigen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Den zu keinem bindenden Resultat führenden Versuchen W. und ST. experimentelle Anhaltspunkte über die Art des enzymatischen Eingriffes zu gewinnen, entnehme ich die Beobachtung, daß freier Sauerstoff zur Einleitung der Assimilation entbehrlich ist, was bereits EWART gefunden hat.

Zu der hier nicht zu besprechenden physikalischen, energetischen Leistung des CP. sei beiläufig einer Untersuchung URSPRUNGs[1]) gedacht, derzufolge eine photochemische Extinktion, zum wenigsten von der Größenordnung, die vor Jahren DETLEFSEN angegeben hat, nicht besteht.

W. und ST. bestimmten den Assimilationsquotienten[2]) und fanden für diesen mit besserer Methodik als ihre Vorgänger bei typischen Laubblättern stets den Wert eins, während frühere Versuche höchstens eine starke Annäherung an diesen Wert ergeben hatten mit bestimmten, wennschon kleinen Abweichungen. W. und ST. erblicken in diesem Resultat einen unzweideutigen Beweis für die Formaldehydhypothese und ein unwiderlegliches Gegenargument gegen das freie Auftreten irgend eines im Bezug auf die Oxydationsstufe zwischen Kohlendioxyd und Kohlenhydrat intermediären Stoffes. Ich glaube die Bedeutung des Assimilationsquotienten nicht zu verkennen, wenn ich bestreite, daß er das, was W. und ST. wollen, schlechthin zwingend beweise.

Die allgemeine Regel lautet: Der Assimilationskoeffizient wird bestimmt durch die empirische Zusammensetzung und das gegenseitige Mengenverhältnis der innerhalb des Beobachtungsintervalles unter Verbrauch von Kohlensäure und Befreiung von Sauerstoff oder einem von beiden entstehenden und verschwindenden Stoffe. Daraus ergibt sich zuerst die selbstverständliche Folgerung, daß ohne Beteiligung wenigstens eines der beiden Gase ablaufende Umsetzungen den Quotienten, das ist das Verhältnis der Gasvolumina, nicht beeinflussen. Daher ist es von vornherein unmöglich, allein mit Hilfe des Quotienten Schlüsse auf Reaktionen innerhalb einer Reduktionsstufe zu ziehen oder eine Entscheidung zwischen zwei Zwischenstoffen gleichen Oxydationsgrades zu treffen.

Es kann demnach der Koeffizient im Bezug auf Zwischenprodukte nur dann etwas Positives aussagen, wenn diese sich im Reduktionsgrade von den Endprodukten unterscheiden. Ich mache darum für das Folgende die willkürliche Voraussetzung, daß derart

---

1) URSPRUNG, diese Berichte 36 (1918) 122.

2) W. u. ST. schreiben $\frac{CO_2}{O_2}$; ich ziehe den reziproken Wert $\frac{O_2}{CO_2}$ vor aus Gründen, die im Anhang zu dieser Mitteilung zu finden sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

beschaffene Zwischenglieder auftreten. Alsdann sind drei Fälle zu unterscheiden.

1. Der Gehalt an Zwischenprodukten erfährt während des Beobachtungszeitraumes weder qualitative noch quantitative Veränderungen, Bildung und Verbrauch halten einander für jedes einzelne derart vollkommen die Wage, daß, was die Intermediärstoffe anbelangt, der Zustand zu Ende des Versuches dem zu Beginn desselben durchaus entspricht. Unter diesen Umständen ist es die Zusammensetzung der Endprodukte, die, und das ganz allein, für den Wert des Quotienten maßgebend ist. Rückschlüsse auf Vorkommen oder Fehlen oder auf die Art der Zwischenglieder sind unmöglich.

Diese Erkenntnis ist den Pflanzenphysiologen nicht neu, sie schlossen seit langem, wennschon aus weniger exakten Messungen des Koeffizienten, daß Kohlenhydrate als Endglieder der Assimilation entstünden. Desgleichen wurde ausgesprochen, daß trotz der Volumgleichheit zwischen Sauerstoff und Kohlendioxyd Säuren als Zwischenglieder denkbar seien[1]).

2. Schwankt innerhalb des Beobachtungsintervalles der Gehalt an Zwischenstoffen, so wird diese Änderung, wohlgemerkt die Änderung, Einfluß auf den Quotienten ausüben, es bleibt indes dann noch zu untersuchen, ob der Ausschlag eine Höhe erreicht, die analytischen Nachweis zuläßt? Das hängt von der Größe der Abweichung ab sowie von der Genauigkeit, mit der sich der Koeffizient bestimmen läßt. Erstere ist wiederum eine Funktion sowohl des Verhältnisses von Zwischenprodukt Zu- oder Abnahme zur Menge der gleichzeitig erzeugten Endstoffe als auch der Zusammensetzung dieser beiden Stoffklassen.

3. Einzig wenn es gelingt einen Zustand aufrecht zu erhalten, bei dem ohne Bildung der normalen Endprodukte sich fortgesetzt Zwischenglieder anhäufen, wären diese allein für den Quotienten bestimmend. Ob diese Möglichkeit während einer für Messungen ausreichenden Zeitspanne verwirklicht werden kann, scheint fast zweifelhaft. In W. und ST. Versuchen war dies nach meinem Dafürhalten nicht der Fall, worauf ich gleich zurückkomme.

Solange aber diese letzte Voraussetzung nicht zutrifft, ist es fehlerhaft, einen Quotienten zu werarten, wie ihn die alleinige Bildung eines Mittelgliedes verlangt (z. B. Oxalsäure $\frac{O_2}{CO_2} = {}^1/_4$, Ameisensäure $\frac{O_2}{CO_2} = {}^1/_2$ etc.) Vielmehr ist der theoretischen Ab-

1) So von A. MAYER an der von W. und ST. angeführten Stelle.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

leitung des Koeffizientenwertes eine Formel zu Grunde zu legen, die von dem oben an zweiter Stelle betrachteten, allgemeinen Falle ausgeht.

Als Beispiel will ich eine aufstellen, die der Einfachheit halber mit Ameisensäure als einzigem Zwischenprodukt rechnet.

Zustand des Systems bei Beginn des Versuches:

1. $x\,(CO_3H_2)\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;y\,(CO_2H_2)\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;z\,(C_6H_{12}O_6)$

Zustand am Ende desselben:

2. $(x-n)\,(CO_3H_2)\;.\;.\;.\;.\;(y+m)\,(CO_2H_2)\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;\left(z+\frac{n-m}{6}\right)$
$(C_6H_{12}O_6)+(n-m)\,O_2+\frac{m}{2}\,O_2;$

also: $\frac{O_2}{CO_2}=\frac{n-\frac{m}{2}}{n}$

Das gilt für Ameisensäurezunahme. Verringert sich deren Menge, so wird m negativ und die wie folgt geänderte Formel 2:

$(x-n)\,(CO_3H_2)\;.\;.\;.\;.\;(y-m)\,(CO_2H_2)\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;\left(z+\frac{n+m}{6}\right)$
$(C_6H_{12}O_6)+(n+m)\,O_2-\frac{m}{2}\,O_2$

ergibt: $\frac{O_2}{CO_2}=\frac{n+\frac{m}{2}}{n}$

Bleibt der Säuregehalt konstant, so ist $m=o$ und damit $\frac{O_2}{CO_2}=\frac{n}{n}=1$ wie das der vorgesehene Endstoff, Kohlenhydrat, verlangt. Das wäre der erste der vorn aufgeführten Fälle, ersichtlich ein Grenzfall des zweiten.

Unterbleibt eine Zunahme des Endproduktes, so wird $m=n$ und $\frac{n-\frac{m}{2}}{n}$ [1]) gleich $\frac{n/2}{n}={}^1/_2$ (Ameisensäure). Dies ist die dritte der obigen Möglichkeiten, ein anderer Grenzfall der zweiten.

Zum in den zu besprechenden Versuchen realisierten Fall (2) zurückkehrend stelle ich die Frage, welchen Wert der Bruch $\frac{m}{n}$ annehmen kann, ohne daß die Abweichung der Koeffizienten von eins analytisch nachweisbar ist. Damit ist zugleich gesagt, welcher Prozentsatz der aufgenommenen Kohlensäure als Zwischenglied erhalten bleiben kann, ohne daß das Studium des Gasaustausches dies festzustellen vermag.

---

1) Es ist nach dieser Formel zu rechnen. Denn wenn kein Endprodukt entsteht, muß, wenn überhaupt etwas geschieht, die Menge der Mittelglieder zunehmen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ist, immer für Ameisensäure als einziges Zwischenprodukt, $\frac{m}{n} = \frac{1}{10}$, so wird $\frac{O_2}{CO_2} = 0{,}95$; bei $\frac{m}{n} = \frac{1}{100}$ wird $\frac{O_2}{CO_2} = 0{,}995$. W. und ST. haben Ausschläge von 0,02, sie geben nie mehr als zwei Dezimalen, somit liegt der zweite Wert sicher innerhalb der Grenze der methodischen Fehler[1]).

Daß eine Verbesserung der analytischen Methodik zu einer Rückverlegung der Fehlergrenzen führe, halte ich für unwahrscheinlich, da andere mit Gasaustausch verbundene Umsetzungen (Atmung vor allen) in diesen Regionen stören werden.

Die vorstehende Betrachtung gestattet eine weitere nicht uninteressante Folgerung. Auch zur Entscheidung über das Auftreten eines von zwei möglichen Zwischengliedern ungleichen Reduktionsgrades ist der Koeffizient allein nur im dritten der aufgestellten Fälle brauchbar. In den beiden übrigen, wenn nicht außerdem das Verhältnis m : n bestimmt werden kann, im allgemeinen[2]) nicht[3]).

Offenbar ist also zunächst in der Theorie eine allmählich verlaufende Ansammlung von Zwischenprodukten vorstellbar ohne meßbare Beeinflussung des Koeffizienten.

Unter den von W. und ST. mitgeteilten Versuchen kann bei demjenigen, in welchem bei langdauernder (10; $15^1/_4$ Stunden) intensiver ($8^1/_2$ % CO_2; 45 000 Lux; 25° C) Assimilation ein Rückgang der Leistung auf 60 % des Anfangswertes gefunden wurde, mit einiger Sicherheit angenommen werden, daß die Menge der Zwischenglieder, vorausgesetzt es entstehen wirklich solche, sich während des Versuches geändert habe. Denn unter diesen Umständen ist es wahrscheinlich, daß der Einfluß der im isolierten Blatte angesammelten Assimilate den Abfall verursacht hat[4]). Liegt eine derartige Hemmung a tergo vor, so muß diese durch Vermittlung sämtlicher Zwischenglieder zum Ausgangsgliede gelangen, die intermediären Stoffe werden also eine Zunahme erfahren. Doch

---

1) Für das höchst oxydierte, also die stärksten Ausschläge versprechende der denkbaren Mittelglieder, die Oxalsäure, wären die Abweichungen des Koeffizienten entsprechend größer als für Ameisensäure. Für m : n = 1 : 100 ergibt sich dann: $\frac{O_2}{CO_2} = 0{,}9925$. Auch dies im Rahmen der Fehlergrenze.

2) Höchstens bei sehr starker Annäherung an den (Grenz)fall 3.

3) Dabei denke ich immer nur an ein Zwischenprodukt.

4) Nimmt man die zweite von W. und ST. in Betracht gezogene mögliche Ursache für den Rückgang — die Ermüdung des enzymatischen Systems — als wirksam an, so wird bei der Unkenntnis der Art des Enzymangriffes die Beweiskraft des angeführten Versuches von vornherein zweifelhaft.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ist nicht anzunehmen, daß alle verschwindende Kohlensäure — im Dauerversuch 0,4 bis 0,6 g bei 7 g Blätterfrischgewicht — auf der Stufe eines Zwischengliedes zurückgehalten wurde. Denn dies ergäbe, bezogen auf das gesamte Wasser des Versuchsmaterials, für Ameisensäure, eine 8 bis 12 proz., für Formaldehyd eine 6 bis 8,5 proz. Lösung. Es entsteht also bestimmt Endprodukt und liegt der zweite der obigen Fälle vor. Wird, was nach der angestellten Rechnung nicht am Quotienten nachweisbar, 1 % der verbrauchten Kohlensäure nur bis zu Ameisensäure reduziert, so ergibt dies eine Konzentrationszunahme von 0,08 bis 0,12 %. Wird die Anhäufung örtlich begrenzt gedacht, eine Vorstellung, die mir im vorliegenden Zusammenhang aus anderen Gründen notwendig erscheint, so kann es lokal zu einer stärkeren Steigerung kommen. Dabei ist nicht zu bezweifeln, daß selbst geringe Gehaltsänderungen ausgesprochene physiologische Wirkungen zu entfalten vermögen.

W. und ST. haben die Formaldehydhypothese im Hinblick auf die beobachtete Konstanz des Quotienten dahin ausgestaltet, daß sie annehmen, die Kohlensäure-Chlorophyll-Verbindung bleibe bis zur völligen Reduktion zu Formaldehyd bestehen, erst dieser werde aus der Bindung entlassen. Dieser Mechanismus erkläre, wie trotz möglichen Überganges über Bindeglieder (Ameisensäure)[1]) deren freies Auftreten unmöglich gemacht werde. Bei dieser Erklärung des besprochenen Versuches wird mit einer Vermehrung des freien Aldehydes zu rechnen sein, dieser, der sich wegen eines Übermaßes an Zucker nicht mehr kondensieren könnte, verhinderte die Abspaltung des frisch durch Reduktion entstandenen Aldehydes. Die danach anzunehmende Gehaltssteigerung könnte bei der Giftigkeit des Aldehydes nur gering sein.

Damit glaube ich gezeigt zu haben, daß neben der von W. und ST. gegebenen Deutung eine andere nicht ganz abstruse möglich ist; womit bewiesen ist, daß W. und ST. Bestimmung des Assimilationsquotienten nicht als bindender Gegenbeweis gegen das freie Auftreten schwächer reduzierter Zwischenglieder angesehen werden darf, also auch mit solchen arbeitende Hypothesen nicht unbedingt widerlegt. Daher war es nicht notwendig, daß K. A. HOFMANN[2]), einer der modernen Vertreter des Überganges über Ameisensäure, sich so rasch dahin entschied, diese Säure verbleibe in Verbindung mit CP. und werde dort weiter verarbeitet.

Als positiver Beweis zu Gunsten eines Aldehyd-Auftretens

1) Siehe in folgenden S. (22).

2) HOFMANN u. SCHIBSTED, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 51 (1918) 1399.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ist die Konstanz des Koeffizienten nur in Verbindung mit einem weiteren Gedankengang W. und ST., den ich hier nachtrage, brauchbar. Diese Autoren sagen, da alle Zucker Derivate des Formaldehydes und da dieser mit ihnen auf der gleichen Reduktionsstufe steht, zugleich wie die Kohlensäure nur ein Kohlenstoffatom im Molekül enthält, muß er, frei oder gebunden, auftreten, kontrovers kann nur das freie Auftreten sein. Der Übergang über Formaldehyd ist nach meiner Meinung nur dann notwendig, wenn die vollständige Reduktion sich vor jeder Synthese und unabhängig von ihr abspielt. Mag diese Trennung für die heutigen Kenntnisse das Wahrscheinlichste sein, bewiesen ist sie nicht.

Als Ergebnis dieser Ausführungen, die ich, wenn ich mich nicht auf unbewiesene Behauptungen beschränken wollte, nicht kürzer fassen konnte, ergibt sich, daß W. und ST. die Bedeutung des Assimilationsquotienten überschätzt haben[1]). Wird derselbe richtig gewertet, so bleiben die Gedanken W. und ST. im Bereich des Hypothetischen; der erhobene Anspruch auf unbedingte Gültigkeit ist darum zurückzuweisen. Andererseits ist nicht zu übersehen, daß W. und ST.s Versuche nicht den leisesten Anhalt für das Auftreten schwächer reduzierter Mittelglieder ergeben haben. Daher kann das Urteil anders lauten, wenn unter Verzicht auf Gewißheit allein die Wahrscheinlichkeiten gegeneinander abgewogen werden; dabei werden W. und ST.s Versuche und Überlegungen voll in die Wagschale fallen.

Aus den entwickelten Gründen darf trotz der gefundenen Konstanz des Koeffizienten eine vor kurzem von A. MEYER[2]) aufgestellte Formel: $mCO_2 + nH_2O = pC_6H_{12}O_6 + x$ Assimil. Secret $+ (m + y)\ O_2$ aufrecht erhalten werden. Sie soll der Bildung eines Assimilationssekretes Rechnung tragen und sieht als heuristische Hypothese dessen Bildung in einer Reaktion oder doch in gerader Reaktionskette aus Kohlensäure vor. Denn das Sekret wird, sofern es tatsächlich in der angenommenen Weise entsteht, was ich vorläufig bezweifele, in verhältnismäßig kleinen Mengen gebildet werden, so daß selbst bei starker Abweichung vom Reduk-

1) Um falscher Beurteilung vorzubeugen, bemerke ich ausdrücklich, daß W. und ST. die von mir besprochenen Einflüsse bedacht haben. So sagen sie z. B. (S. 316): „Ob die Reaktion diese Zwischenstufen überspringt oder ob sie dieselben stufenweise herabschreitet, kann die Bestimmung des assimilatorischen Koeffizienten entscheiden, namentlich unter jenen Bedingungen, welche die Anhäufung eines Zwischenproduktes erwarten lassen".

2) A. MEYER, diese Berichte 35 (1917) 586 und 36 (1918) 235.

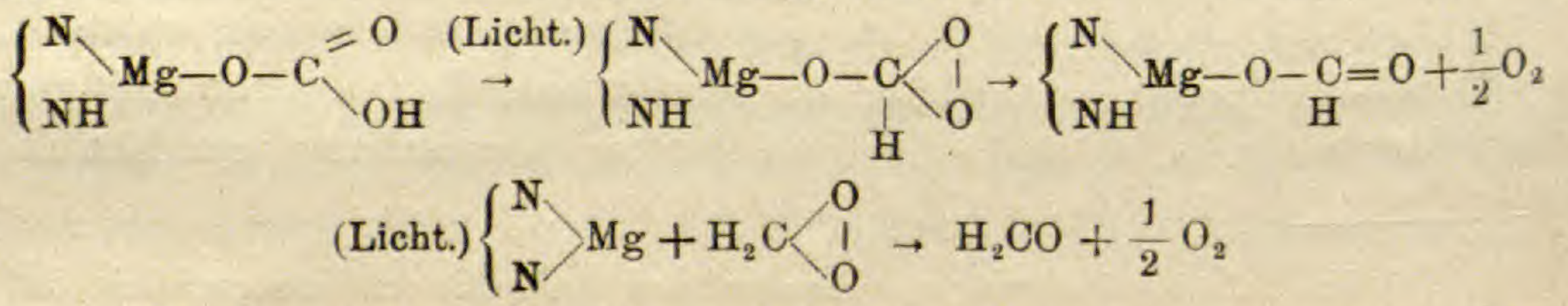
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

tionsgrade der Kohlenhydrate eine erkennbare Wirkung auf den Quotienten ausbleiben wird.

Versuche mit sogenanntem isolierten CP., die von verschiedenen Seiten für die Formaldehydhypothese ins Feld geführt wurden, sind nach W. und ST. zu beanstanden. Es dürfte der dabei nachgewiesene Formaldehyd nicht einmal, wie einige vermuteten, einer Photooxydation des CP., sondern vielmehr einer solchen vorhandener Verunreinigungen sein Dasein verdanken. Jedenfalls konnten W. und ST. mit reinen Präparaten die vorliegenden positiven Angaben nicht bestätigen. Ebensowenig gelang es, lösliche Peroxyde aufzufinden. Dies spricht gegen CHODAT und SCHWEITZER[1]), die sich USHERS und PRIESTLEYs annehmend, deren Gedanken experimentell gestützt zu haben glauben. In längeren hier nicht wiederzugebenden Ausführungen besprechen W. und ST. diese Versuche und zeigen, weshalb dieselben nicht zu den von CHODAT und SCHWEITZER gezogenen Schlüssen verwendet werden können.

II.

Beim rein Hypothetischen beginne ich mit W. und ST., deren Anschauungen unter Vervollständigung des Mitgeteilten zusammenfassend. Nach ihnen wird das Kohlendioxyd von den Blattzellen als dissoziabele Kohlensäureverbindung aufgenommen, als solche dem CP. zugeführt und diesem mit oder ohne Lösen der ersten Bindung angelagert, wie das vorn beschrieben wurde. Dies Geschehen greife die Lichtenergie ein und verwandele die mit dem CP. verbundene Kohlensäure durch eine Energiezufuhr erheischende Umlagerung der Atome innerhalb des Moleküls (Verschiebung der Valenzen) in ein Isomeres von Peroxydcharakter, das sich zum freiwilligen Zerfall unter Sauerstoffentwicklung eigne und unter enzymatischer Beschleunigung in dieser Weise zerfalle, wobei als Übergangsglied gebundene Ameisensäure auftreten könne, die den gleichen Prozeß — Peroxydbildung und Zerfall — durchmache:



Als Peroxyd denken W. und ST. an Perameisensäure oder eher an Formylhydroperoxyd, für welches sich SCHAUM in einer Bemerkung zu W. und ST. noch entschiedener ausspricht. Unmittel-

1) CHODAT und SCHWEITZER, Arch. d. Sc. phys. et nat. [4] 39 (1915) 334.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bar oder mittelbar entstehe also Formaldehyd, der als solcher sich von dem CP.-Molekül löse und weiterverarbeitet werde. Zu letzterem wurde durch Versuche festgestellt, daß CP. und Formaldehyd nicht miteinander reagieren. Das läßt sich gegen SCHRYVER verwerten, welcher eine Verbindung des Aldehydes mit CP. an nimmt.

Zu den vorbereitenden Schritten — Bindung und Anlagerung — ist vorn das Nötige gesagt. Am besten begründet ist der Gedanke der CP.-Kohlensäure-Verbindung. Überhaupt halte ich als Pflanzenphysiologe den durch die Darstellung dieser Verbindung geführten Nachweis ihrer Existenzmöglichkeit für die wichtigste unter W. und ST. Entdeckungen. Die Peroxydhypothese entbehrt bis jetzt der experimentellen Grundlage und die Bemühungen, auch nur einen Anhalt für eine solche zu gewinnen, sind gescheitert. Ich sage damit weder, daß diese Vorstellung falsch noch daß sie unwahrscheinlich sei, sondern ich will lediglich aber mit Bestimmtheit ihren konstruktiven Charakter hervorheben[1]). Ich halte dies für notwendig, weil zum Beispiel SCHAUM schon heute von dem durch WILLSTÄTTER geführten Nachweis dieses Reaktionsmechanismusses spricht.

SCHAUM[2]) hat, wie erst jetzt allgemeiner bekannt wird, bereits 1907 die Möglichkeit einer intermediären Peroxydentstehung, allerdings ohne den Gedanken an Anlagerung, ausgesprochen; er macht jüngst unter Bezugnahme auf die Arbeiten von W. und ST. einige Bemerkungen über die Art und Weise des Lichteingriffes. Ich entnehme denselben außer dem Gedanken einer ungleich festen Bindung der beiden Sauerstoffatome im Kohlendioxydmolekül eine Annahme über die Rolle des CP., die ich nicht kürzer als mit seinen eigenen Worten wiedergeben kann: „Ob das System CO_2, H_2O im eigenen (ultravioletten), Elektronenresonanzgebiet zu einer photochemischen Umwandlung in eine peroxydartige Verbindung befähigt ist und der CP.-Komplex nur sensibilisierend die spektrale Empfindlichkeit der Reaktion verschiebt, müssen besondere Versuche entscheiden. Wahrscheinlicher dürfte die Annahme sein, daß der Kohlensäurekomplex durch die Anlagerung an die CP.-Mo-

---

1) Das gilt entsprechend meinem Standpunkt in erster Linie für W. und ST. Gedanken als Ausdruck für das wirkliche Geschehen in der Pflanze. Doch scheint, soweit ich urteilen kann, die rein chemische Begründung der beiden Autoren sich auf dem Nachweis zu beschränken, daß keine Bedenken gegen die Möglichkeit einer derartigen Isomerisation der Kohlensäure bestehen.

2) SCHAUM, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 51 (1918) 1372.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lekel eine derartige Beeinflussung der Elektrovalenzfelder erfährt, daß er jene spezifische Lichtwirkung erleiden kann"[1]).

WISLICENUS[2]) hat nach einer Veröffentlichung der letzten Monate die Möglichkeit einer Reduktion von Kaliumbikarbonat[3]) und einigen anderen Karbonaten zu Formiat durch Hydroperoxyd erwiesen. Die Übertragung dieses Geschehens auf die Vorgänge in der Pflanze, ein Verfahren, das an PHIPSONs[4]) Ideen erinnert, bietet gewisse Schwierigkeiten, die naturgemäß dem Pflanzenphysiologen lebhafter zum Bewußtsein kommen als dem Chemiker. WISLICENUS gibt sich mit der Bemerkung zufrieden, daß Hydroperoxyd überall zugegen sei, wo langsame Oxydation sich vollziehe. Seine Formeln verlangen für jedes Molekül zerlegter Kohlensäure ein Molekül Wasserstoffsuperoxyd. Derartige Mengen von diesem können aber unmöglich als Nebenprodukt der Atmung entstehen, zumal da diese Entstehung wohl an den Ort der Assimilation, das ist das Chlorophyllkorn, gebunden sein müßte. Jeder anderen Vorstellung steht bis jetzt die Beobachtung PFEFFERs im Wege, wonach Oxydationen, die der Zelle von Außen zugeführtes Wasserstoffsuperoxyd hervorruft, ohne dies nicht eintreten, nicht weniger vielleicht auch die bekannte weite Verbreitung der Katalase.

Der von KLEINSTÜCK[5]) geäußerten Auffassung einer Hydroperoxyd-Bildung bei langsamer Verdunstung begegenen die gleichen Bedenken, außerdem Schwierigkeiten, die aus der Assimilation Submerser sich ergeben. Nimmt man, um dem aus dem Wege zu gehen, an, das Hydroperoxyd werde eigens für die Assimilation in den Chloroplasten erzeugt, so kann dies nur durch eine endotherme Reaktion aus Wasser und Sauerstoff geschehen und der Gedanke von WISLICENUS, der erste Schritt der Assimilation verlaufe ohne Energieaufnahme wird hinfällig. Denn diese endotherme Wasserstoffsuperoxydbildung wäre unter diesen Umständen der erste Schritt der Assimilation. Unabhängig übrigens von jedem Wortstreit hierüber verstehe ich nicht, warum die erste Stufe der Kohlensäure-Reduktion nicht endotherm verlaufen sollte.

---

1) Der Gedanke ist auch losgelöst von der Peroxydhypothese beachtenswert.

2) WISLICENUS, Berichte d. Deutsch. Chem. Gesellschaft 51 (1918) 942.

3) Dieses Salz reagierte auch bei WISLICENUS am besten. (Vergl. STOKLASA und die S. 78 meines Assimil.-Buches angeführten Autoren.)

4) FIRSON, den ORLOFF-KITAIBL anführt, dürfte ein bei der Hin- und Herübertragung in das und aus dem CYRILLschen Alphabet verketzerter PHIPSON sein. Da ORLOFF keine Ortangabe bringt, kann ich diese Vermutung nicht prüfen.

5) KLEINSTÜCK, Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellsch. 51 (1918) 108.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ursprünglich auf Anregung von WISLICENUS ist KLEINSTÜCKs[1]) gleichfalls mit Hydroperoxyd arbeitende und Reduktion zu Formaldehyd annehmende Vermutung zurückzuführen. Weniger vorsichtig als jener glaubt er gültige Beweise für die Berechtigung einer Anwendung auf die Pflanze beigebracht zu haben. Er irrt, worüber in allseitiges Nachdenken und gründlicheres Literaturstudium hätte aufklären können.

Ich führe zur Begründung dieses Urteils und um das Festwurzeln falscher Meinungen zu verhüten, folgendes an:

1) Der Assimilationsqotient bedeutet das Verhältnis der Gasvolumina, nicht der Gewichte, wie KLEINSTÜCK glaubt. Seine vermeintliche Stütze ist also hinfällig.
2) Reduzierende, aus alkalischem Medium flüchtige Stoffe in Pflanzen und Pflanzenteilen dürfen namentlich seit CURTIUS und FRANZENs Arbeiten nicht einfach als Formaldehyd angesehen werden, und wenn dieser wirklich im Cambialsaft von Coniferen auftritt, beweist dies noch lange nicht, daß er tatsächlich im assimilierenden Blatte entstehe.
3) Anwesenheit eines derartigen Stoffes im Destillate einer assimilierenden Submersen beweist nicht, daß in der Außenflüssigkeit gefundenes Hydroperoxyd innerhalb der Pflanze eine Reduktion des Kohlendioxydes bewirkt habe.

Übrigens hat vor Jahren PFEFFER in Wasser, in welchem *Spirogyra* assimiliert hatte, vergeblich nach Hydroperoxyd gesucht. Dieser Widerspruch wäre aufzuklären.

Schließlich hat EWART sich letzthin zur Frage geäußert. Wiedergabe oder Kritik seiner Gedanken ist mir bei der Unzulänglichkeit der beiden nur allein bekannten Referate unmöglich.

K. A. HOFMANNs[2]) Arbeiten sind auf dem Boden der reinen Chemie geblieben, ich entnehme denselben zwei Sätze, erstens die Aussage: „künstliche Assimilation der Kohlensäure ist bisher nur auf dem Wege über Ameisensäure bezw. ihre Salze durchgeführt worden“ und zweitens das allgemeine Ergebnis: „daß man von der Ameisensäure zu Formaldehyd usw. mit befriedigenden Ausbeuten nur auf dem Umwege über die Formiate gelangt“. Daß HOFMANN daraus auf Ameisensäure als Zwischenprodukt der pflanzlichen Assimilation schließt, wurde bereits erwähnt[3]).

Wenn ich das Ergebnis ziehe, so komme ich abermals zum Eingeständnis, daß wir noch recht weit vom angestrebten Ziele. Einigen Fortschritt haben indes W. und ST. Arbeiten gebracht; sie

1) a. a. O.

2) K. A. HOFMANN und SCHUMPELT, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 49, (1916) 303; HOFMANN und SCHIBSTED, ebenda 51 (1918) 1389 und 1398.

3) Bezüglich der gemachten Annahme einer der Kohlensäure vorausgehenden Wasserspaltung ist das auf Seite 157—158 meines Assimilationsbuches Gesagte nachzusehen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

haben außerdem Anregungen gegeben, deren Bearbeitung weitere Erfolge verspricht. Zugleich möchte ich ausdrücklich anerkennen, daß diese beiden Autoren, im Gegensatz zu vielen ihrer Fachgenossen, sich bemühten, durch Versuche mit Pflanzen ihre Ideen zu verifizieren und daß sie, wie Äußerungen an verschiedenen Stellen ihres Buches zeigen, sich des Abstandes vom Ziele bewußt sind.

Anhang: Vorschlag zu einer einheitlichen Schreibweise des Assimilationsquotienten.

Sowohl der Bruch $\frac{O_2}{CO_2}$ als auch sein reziproker Wert $\frac{CO_2}{O_2}$ werden als Assimilationsquotient bezeichnet. Ersteren benutzen BONNIER und MANGIN, MAQUEME-DEMOUSSY und von Lehrbüchern z. B. das von JOST und das PALLADINs; letzteren SCHLÖSSING, KNIEP, WILLSTÄTTER und STOLL, sowie ich selber. Diese Verschiedenheit kann zu Mißverständnissen führen und hat dazu geführt, wenn z. B. CZAPEK (Biochemie I. 523) der Arbeit BONNIER und MANGINs die Atmungskoeffizienten entnimmt und als Assimilationsquotienten bringt. (W. und ST. S. 322 Anmerk. 2).

Ich schlage daher vor, mich selbst bekehrend, in Zukunft einheitlich die Schreibweise $\frac{O_2}{CO_2}$ anzuwenden. Die Gründe für meine Wahl sind folgende:

1. Der Assimilationsquotient wird logisch und zweckmäßig[1]) als der reziproke Wert des Atmungsquotienten zu symbolisieren sein. Für diesen ist in der Pflanzenphysiologie allgemein die Formel $\frac{CO_2}{O_2}$ (PFEFFER, JOST, PALLADIN, CZAPEK, WARMING-JOHANNSEN, DETMER, WIESNER und andere) eingebürgert. Die Tierphysiologie bevorzugt gleichfalls seit langem diese Form (PFLÜGER 1875, HOPPE-SEYLER u. a.)[2]).

2. Der Schreibart $\frac{O_2}{CO_2}$ dürfte die Priorität zukommen. BONNIER und MANGIN, die dieselbe einführten, sind meines Wissens die ersten, die die Wiedergabe als Bruch oder Verhältnis gebrauchten. Ältere (BOUSSINGAULT) sprechen nur von Volumgleichheit oder geben die absolute Höhe des Unterschiedes. Da diese jedoch nur bei Kenntnis der Umsatzhöhe überhaupt einen

1) Siehe das oben über CZAPEKs Irrtum Gesagte. PALLADIN (und CZAPEK) schreiben sowohl den Atmungs- wie den Assimilationsquotienten $\frac{CO_2}{O_2}$.

2) Als Ausnahme nenne ich CLAUDE BERNARD (1878).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Rückschluß erlaubt und auch dann nicht das gleiche anschauliche Bild liefert wie der Koeffizient, ist dessen Einführung entschieden ein Fortschritt.

Diese Erwägungen sind für meinen Vorschlag maßgebend. Dabei wäre die Schreibweise $\frac{O_2}{CO_2}$ streng einzuhalten und nicht durch $\frac{\text{Sauerstoff}}{\text{Kohlensäure}}$ oder $\frac{O}{CO_2}$ zu ersetzen[1]). Denn der Bruch $\frac{O_2}{CO_2}$ will besagen Volumina Sauerstoff zu Volumina Kohlendioxyd oder was das gleiche, Moleküle Sauerstoff zu Molekülen Kohlendioxyd, und gerade das symbolisiert richtig gelesen die erstgenannte Formel. BONNIER und MANGIN schrieben $\frac{O}{CO_2}$. Vielleicht ist der Irrtum KLEINSTÜCKs[2]) dadurch verursacht.

Schließlich könnte man den rohen Wert, wie ihn die unmittelbare Beobachtung beim Bestehen unvermeidlicher Störungen durch andere unter Beteiligung eines oder beider Gase verlaufende Umsetzungen (Atmung) ergibt, vom korrigierten, allein für den Gaswechsel bei der Assimilation gültigen, unterscheiden. Als Assimilationsquotient hat allein der letztere zu gelten, selbst wenn er nur begrifflich zu fassen wäre. Soll an den Symbolen eine Unterscheidung nötig sein, so wären Zusätze wie roh oder korrigiert angebracht. Da die Größe der Abweichung des rohen vom korrigierten Werte von den Versuchsbedingungen abhängt, sie kann unter Umständen bis in die Fehlergrenzen der Methodik herabsinken, hat ersterer, der rohe Wert, keine Bedeutung.

---

1) Gegen die Schreibart $\frac{\text{Volum Sauerstoff}}{\text{Volum Kohlendioxyd}}$ ist natürlich nichts einzuwenden.

2) Siehe vorn S. (25).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Schroeder Heinrich

Artikel/Article: Der Chemismus der Kohlensäureassimilation im Lichte neuer Arbeiten. 1009-1027