Ueber die Abhängigkeit der Assimilation grüner Zellen von ihrer Sauerstoffatmung, und den Ort, wo der im Assimilationsakte der Pflanzenzelle gebildete Sauerstoff entsteht.

Von **N. Pringsheim.**

(Schluss.)

Die Erscheinungen, welche sich nun beobachten lassen, wenn eine normal grüne, lebhaft assimilierende *Chara*-Zelle in der angegebenen Weise in die Gaskammer gebracht und bei unveränderter Erhaltung ihrer Lage unter dem Mikroskope verfinstert, oder abwechselnd verfinstert und belichtet wird, während das Gemenge von Kohlensäure und Wasserstoff ununterbrochen durch die Kammer strömt, sind je nach der Dauer der Verfinsterung verschieden. Lässt man die Zelle ununterbrochen im Finstern, so nimmt die Rotation, die eine zeitlang noch mit unveränderter Energie fortfährt, nach und nach ab, wird schwächer und das Plasma zeigt endlich nur noch äußerst geringe, meist nicht mehr ganz regelmäßige Bewegungserscheinungen, bis auch diese aufhören und das Plasma endlich absolut still steht. Die Zeit bis dieser Ruhezustand des Protoplasmas eintritt, hängt einerseits selbstverständlich von der größern oder geringern Reinheit des durchgeführten Gasgemenges ab, da erheblichere Spuren von Sauerstoff im Gemenge den Eintritt des Ruhezustandes schon bedeutend zu verzögern im stande sind. Sie hängt aber auch von der spezifischen Natur der Zelle und, wie mir scheinen wollte, von der Masse des in der Zelle vorhandenen Plasmas ab. Einzelne Zellen ertragen die Entziehung des Sauerstoffs eine längere, andere wieder nur eine kürzere Zeit. Immer handelt es sich jedoch bei diesen nackten Endzellen der *Chara*-Blätter höchstens um Stunden. Man darf durchschnittlich annehmen, die Rotation in denselben, je nach dem vollständigern oder unvollständigern Ausschluss von Sauerstoff in zwei bis zehn Stunden zum Stillstand gebracht zu finden. In diesem bewegungslosen Zustande des Protoplasmas erscheint die Zelle übrigens, sofern sie nur nicht gar zu lange in diesem Zustande erhalten wird, in ihrem sonstigen anatomischen Bau, namentlich in der Beschaffenheit ihres Chlorophyllapparates völlig normal und unverändert, und es gelingt deshalb auch leicht durch Sauerstoffzufuhr in die Kammer die Rotation des Plasmas in ihr wieder hervorzurufen. Verharrt aber die Zelle eine längere Zeit in diesem Zustande, lässt man sie z. B., nachdem das Protoplasma unbeweglich geworden, noch längere Zeit — eine oder mehrere Stunden — im Finstern ohne Zufuhr von Sauerstoff dem Strome von Kohlensäure und Wasserstoff ausgesetzt, so findet man die Zelle endlich durch Sauerstoffnot oder Sauerstoffmangel zugrunde gegangen. Die Zelle ist jetzt erstickt und kann durch Zufuhr von Sauerstoff nicht mehr zur Rotation und zum Leben zurückgebracht werden. Solche Zellen sind daher in den Zustand geraten,

den Boussingault schon bei seinen Untersuchungen an Blättern in irrespirablen Gasen als „Asphyxie“ bezeichnet hat[1]). Es ist nun wohl zu beachten, dass die toten, durch Sauerstoffmangel erstickten, „asphyxierten“ Gewebe zunächst wenigstens — so lange nicht die weitern Stoffumbildungsvorgänge in der Zelle eingetreten sind, die eine Folge des eingetretenen Todes sind — noch, wie dies schon Boussingault auffiel, völlig normal aussehen können, sowohl in ihrer anatomischen Struktur, als auch in ihrer Farbe. Allerhöchstens nimmt man in dem ersten Stadium nach eingetretener Asphyxie in der Zelle geringe, hier nicht näher zu erörternde Veränderungen in dem zur Ruhe gelangten, vorher beweglichen, jetzt starren Protoplasma wahr. Wartet man aber den Eintritt der „Asphyxie“ im Finstern nicht ab, sondern hebt man die Verfinsterung des Objektes auf, bevor die Asphyxie noch eingetreten ist, etwa um die Zeit, wo die Rotation in der Zelle eben erst zur Ruhe gelangt ist, oder das Plasma nur noch sehr schwache Spuren von Bewegung zeigt, und unterwirft man die Zelle in diesem Zustande einer genauern Untersuchung auf ihre anatomische Beschaffenheit und auf ihre Funktionen, so überzeugt man sich leicht, dass die Zelle, wenn sie vorher nur nicht gar zu kurze Zeit verfinstert blieb, in diesem Zustande bei völlig normaler Erhaltung ihrer anatomischen Beschaffenheit und ihres Chlorophyllapparates nicht mehr zu assimilieren vermag. Anatomisch bemerkt man an der Zelle gegenüber ihrem Verhalten vor dem Versuche keinen andern Unterschied als den, dass das Protoplasma jetzt ruht, während es früher beweglich war. Dass trotzdem der Chlorophyllapparat intakt ist, habe ich bereits oben schon von den asphyxierten Zellen angegeben, die ja ein noch viel vorgeschritteneres Stadium desjenigen Zustandes repräsentieren, welcher durch Sauerstoffnot oder gänzliche Sauerstoffentziehung in der Zelle erzeugt wird. Werden diese Zellen nun, nachdem der Zustand der Plasmaruhe bei ihnen im Finstern eingetreten ist, jetzt noch in der Gaskammer und im Strome von Wasserstoff und Kohlensäure beliebig lange — eine Stunde und länger — belichtet, so ändert sich in ihrem Verhalten nichts, die Rotation in ihnen kommt trotz der Belichtung nicht wieder zurück, obgleich diese Zellen neben den intakten Chlorophyllkörpern alle äußern Bedingungen der Kohlensäurezerlegung — Licht und Kohlensäure — besitzen. Diese Zellen, deren Plasma seine Beweglichkeit verloren hat, entwickeln demnach, trotz Vorhandensein von Licht, Kohlensäure und Chlorophyll unter sonst normalen, für die Kohlensäurezerlegung günstigsten Bedingungen, keinen Sauerstoff in ihrer Umgebung. Dies zeigt schon das Ausbleiben der Rotation trotz fortgesetzter Belichtung an, während doch dieselben Zellen sofort wieder mit ihrer Plasmabewegung beginnen, wenn auch nur minimale Mengen

1) De l'asphyxie des feuilles. Comptes rendus d. l'Ac. d sc. Vol. 61 (1865) pag. 608.

freien Sauerstoffs in die Kammer eingeführt werden. Die Sistierung der Bewegung ist daher, wie man sich jeden Augenblick mit Evidenz überzeugen kann, eine einfache Wirkung des Sauerstoffmangels, da sie durch Sauerstoffentziehung hervorgerufen in leichtester Weise durch Sauererstoffzufuhr immer wieder gehoben werden kann. Die Sauerstoffzufuhr kann aber hier, und dies ist der Sinn des Versuches, durch die Belichtung der Zelle in Kohlensäure und Wasserstoff nicht ersetzt werden, weil die Zelle in diesem Zustande nicht assimiliert. Augenscheinlich kann man sich ferner noch davon überzeugen, dass diese Zellen keinen Sauerstoff mehr entwickeln, wenn in dem hängenden Tropfen in der Gaskammer, in welchem das Objekt liegt, zugleich sauerstoffbedürftige Bakterien vorhanden sind, wenn man z. B. den Versuch anstatt im hängenden Wassertropfen im hängenden Bakterientropfen in der Gaskammer angestellt hat. Auch anderweitig, z. B. durch Uebertragung der Zellen in diesem Zustande in einen frischen Bakterientropfen gelingt es, den Assimilationsverlust derselben und die Thatsache, dass sie nicht mehr Sauerstoff entwickeln, nachzuweisen, sofern nur der Bakterientropfen, in den sie übertragen werden, keinen Sauerstoff enthält. Es erscheint hiernach erwiesen, dass es einen Zustand der Zelle gibt, der durch Sauerstoffentziehung hervorgerufen werden kann und in welchem die Zelle bei sonst völliger Integrität, namentlich bei normaler Erhaltung ihres Chlorophyllapparates mit der Bewegungsfähigkeit ihres Protoplasma, zugleich ihre Assimilationsfähigkeit verloren hat.

Diesen Zustand der grünen Zelle will ich als „Inanition“ oder „Ernährungsohnmacht“ bezeichnen.

Zur richtigen Beurteilung der Inanition und zur Verwertung der Thatsache für das Verständnis des normalen Assimilationsvorganges muss man sich vergegenwärtigen, dass die Inanition der Zelle, grade wie die Sistierung der Protoplasmabewegung, so wie sie durch Sauerstoffentziehung hervorgerufen, so auch durch Sauerstoffzufuhr wieder gehoben und in den normalen assimilationsfähigen Zustand zurückgeführt werden kann.

Bei dem bisher beobachteten Verfahren wurden die Zellen im Strome von Kohlensäure und Wasserstoff solange verfinstert, bis durch die Wirkung des Sauerstoffmangels die Sistierung der Protoplasmabewegung und die Inanition erzeugt waren. Es wurde dann versucht, durch Belichtung der Zelle noch im Kohlensäure- und Wasserstoffstrome die Protoplasmabewegung wieder hervorzurufen. Dies gelang, wie wir sahen, nicht, wenn inzwischen die Inanition eingetreten war. Da die Zelle alsdann nicht mehr assimilierte, so konnte sie auch keinen Sauerstoff bilden und denselben in ihrer Umgebung in der Gaskammer verbreiten, und es war klar, warum die Belichtung die Protoplasmabewegung nicht wieder in Gang zu setzen vermochte.

Diese Erscheinung widerspricht daher nicht den gegenwärtigen Vorstellungen über Assimilation, sie lehrt nur eine unmittelbare Abhängigkeit des Assimilationsaktes von der Sauerstoffatmung kennen.

Es war aber nach dem Inhalt der bisherigen Assimilationslehre nicht vorauszusehen, dass die gleichen Erscheinungen, Sistierung der Protoplasmabewegung und Inanition der Zelle, auch bei ununterbrochener Belichtung der Zelle unter Umständen, unter denen die Assimilation möglich ist und die Zelle von Anfang an reichlich Sauerstoff entwickelt, würden eintreten können. Und doch ist dies der Fall.

Wird die *Chara*-Zelle bei gleicher Anordnung des Versuches im hängenden Wasser- oder Bakterientropfen in der mikroskopischen Gaskammer von Beginn des Versuches an und während seiner ganzen Dauer ununterbrochen beleuchtet, während der Strom von Kohlensäure und Wasserstoff gleichfalls ununterbrochen durch die Gaskammer strömt, so befindet sich zwar auch jetzt die Zelle sehr bald in einem sauerstofffreien oder richtiger in einem nahezu sauerstofffreien Gemenge von Kohlensäure und Wasserstoff (denn Spuren von Sauerstoff, sei es, dass diese durch Diffussion hinzutreten, sei es, dass sie noch aus dem Entwicklungsapparate stammen, oder von benachbarten assimilierenden Zellen herrühren, sind bei diesen Versuchen auch bei der sorgsamsten Ausführung nicht absolut auszuschließen), allein die Zelle entwickelt ja unter diesen Umständen von Anfang an und eine längere Zeit hindurch selbst erhebliche Mengen von Sauerstoff. Dennoch aber sehen wir auch hier, genau so wie bei den Versuchen im Finstern, nach kürzerer oder längerer Zeit Rotation und Sauerstoffabgabe aufhören. Beide Vorgänge werden nach und nach schwächer und hören schließlich ganz auf. Welche von beiden Erscheinungen früher aufhört, scheint von individuellen Eigenschaften der Versuchsobjekte abzuhängen, die noch näher zu untersuchen sind. In den meisten Fällen hört die Sauerstoffabgabe der Zelle viel früher auf, als die Rotation, in vielen Fällen sah ich aber auch die Sauerstoffabgabe die Rotation überdauern. Wir sehen demnach auch bei ununterbrochener Belichtung der Objekte in Kohlensäure und Wasserstoff den Ruhezustand des Plasmas und die Inanition der Zelle eintreten, und zwar aus keinem andern Grunde, als weil es der Zelle an freiem Sauerstoff für ihre Atmung und die von dieser abhängigen mechanischen Arbeiten und chemischen Funktionen des Plasmas fehlt. Dass dies die wirkliche Ursache ist, ist wieder leicht nachweisbar, denn die geringste Zufuhr von Luft oder Sauerstoff genügt schon — selbst wenn Plasmaruhe und Inanition schon eine längere Zeit bestanden haben — um Bewegung und Assimilation in normaler Weise wieder in Gang zu bringen. Lässt man freilich die Zelle im Zustande der Inanition zu lange — z. B. mehrere Stunden — verharren, dann geht auch bei Belichtung die Inanition in Asphyxie über; die Zelle geht zu grunde

und kann jetzt auch durch Sauerstoffzufuhr nicht wieder zum Leben zurückgebracht werden.

Wie ist diese auffallende Thatsache, dass Sistierung der Protoplasmabewegung, Inanition und endlich Asphyxie in einer grünen, assimilierenden Zelle auch bei ununterbrochener Belichtung derselben eintreten, zu erklären und zu begreifen? Wie ist es denkbar, dass eine Zelle, die ununterbrochen und sichtlich relativ große Mengen von Sauerstoff erzeugt, aus Sauerstoffnot ihre von der Atmung abhängigen Funktionen einstellt und schließlich aus Sauerstoffmangel zu grunde geht. Nach der herrschenden Assimilationslehre sicher nicht. Denn, wenn bei der Kohlensäurezersetzung im Innern der Zelle Sauerstoff entsteht, wie es die gegenwärtigen Vorstellungen der Pflanzenphysiologen behaupten, so könnte es der Zelle doch keinenfalls, so lange sie assimiliert, an Sauerstoff für ihre physiologischen Funktionen fehlen, und sie könnte doch unmöglich, während sie fortwährend Sauerstoff nach Außen abgibt, im Innern Sauerstoffnot erleiden. Dass die Zelle aber unter den Umständen, wie sie in meinen Versuchen bestehen, bei der lebhaften Assimilation, die sie ursprünglich besaß, viel mehr Sauerstoff erzeugt, als sie für ihre eignen Zwecke ihrer Sauerstoffatmung bedarf, ist ganz unzweifelhaft. Dies gilt ja schon ganz allgemein für grüne Gewebe bei genügender Belichtung und genügender Zufuhr von Kohlensäure, und speziell in meinen Versuchen sieht man die Zelle gradezu direkt und augenscheinlich eine zeitlang erhebliche Mengen von Sauerstoff an ihrer äußern Fläche entwickeln. Käme dieser Sauerstoff aus dem Innern der Zelle, so könnte es der Zelle doch unmöglich an Sauerstoff fehlen.

Dies führt meiner Ansicht nach zu dem notwendigen Schluss, dass bei der Kohlensäurezersetzung in der Pflanze gar kein Sauerstoff gebildet wird, d. h. kein Körper mit den bekannten Eigenschaften des gewöhnlichen inaktiven oder aktiven Sauerstoffes, der im stande wäre, im Innern der Zelle den Sauerstoff zu ersetzen, den die Zelle aus der umgebenden Atmosphäre bezieht und für ihre Atmung verwendet. Sondern man muss notwendig annehmen, dass bei der Zerlegung der Kohlensäure in der Zelle ein Körper entsteht, welcher diosmotisch aus ihr austritt, und der erst an ihrer äußern Oberfläche zerfällt und dabei Sauerstoff entwickelt.

In der That liegt auch in den bisherigen Erfahrungen, wenn man dieselben einigermaßen kritisch betrachtet, gar kein Grund zu der Annahme vor, dass im Innern der Zelle Sauerstoff abgeschieden wird. Diese Annahme ist nur eine jener willkürlichen Folgerungen aus den Resultaten der gasanalytischen Methode, die weit über die Schlüsse hinausgehen, zu welchen ihre experimentellen Befunde berechtigen, die aber dennoch, grade wie in der Lehre von der Chlorophyllfunktion und wie es in der Pflanzenphysiologie Sitte zu werden scheint, ohne Prüfung ihrer Grundlagen und ohne Berücksichtigung entgegen-

stehender Thatsachen und Meinungen von Mund zu Mund und von Lehrbuch zu Lehrbuch wandern.

Was findet denn die gasanalytische Methode? Doch nur, dass Kohlensäure in der Umgebung der Pflanze verschwindet und Sauerstoff auftritt. Wo dieser gebildet wird, darüber kann die Methode so wenig Auskunft geben, als darüber, was mit der Kohlensäure geschieht. Weder die Konstanz, noch die Inkonstanz des Gasvolumens, in dem die Pflanze lebt, kann in dieser Richtung unsere Erkenntnis viel weiter führen. Für die Existenz von freiem Sauerstoff in gelöster Form in der Zelle fehlt, soweit ich es übersehe, jeder experimentelle Anhalt. Es scheint vielmehr, dass er überall, wo er in die Zelle eintritt, sofort wieder verbraucht wird. Schon der Umstand, dass unter keinen Umständen je freie Gasblasen in der lebenden funktionierenden Zelle gefunden werden, hätte gegen die Annahme der Sauerstoffbildung bei der Kohlensäurezersetzung Verdacht erregen müssen; wenn freilich dieser Umstand für sich allein allerdings auch nicht genügt, um die Annahme zu widerlegen, da er auch andere Erklärungen zulässt. Wie dem auch sei, aus meinen Versuchen geht mit Evidenz hervor, dass während der Assimilation kein Sauerstoff im Innern der Zelle gebildet wird und sich überhaupt kein freier gelöster Sauerstoff mit den Eigenschaften des atmosphärischen Sauerstoffs in ihr befindet.

Ueber die chemische Natur des Körpers, der bei seinem Austritt aus der Zelle zerfällt und Sauerstoff entwickelt, habe ich bis jetzt nur Vermutungen, die einer genauern experimentellen Prüfung bedürfen, und muss mir deshalb weitere Angaben hierüber noch vorbehalten. Immerhin lassen sich schon jetzt aus der gewonnenen Thatsache einige wertvolle Schlüsse für den Assimilationsakt ziehen.

Es folgt aus derselben, dass der Akt der Kohlensäurezersetzung in der Pflanze und der Akt der Sauerstoffabgabe keineswegs, wie man bisher dargestellt hat, zusammenfallen, ja dass sie nicht einmal unmittelbar zusammengehören, vielmehr zwei zeitlich und räumlich von einander gesonderte Prozesse darstellen, die durch andere Vorgänge, die ihre Zwischenglieder bilden, getrennt sind. Während der eine im Innern der Zelle stattfindet, erzeugt sich der andere an ihrer Außenfläche.

Für diese Trennung der Sauerstoffabgabe von der Kohlensäurezersetzung kann ich ferner noch eine überraschende und auffallende Thatsache mitteilen, von der es leicht ist, sich zu überzeugen, wenn man auch grade nicht im stande ist, sie jeden Augenblick zu demonstrieren.

Es gibt Zustände der Pflanzenzelle, in welchen dieselbe im Finstern Sauerstoff abgibt. Hierüber hat allerdings die gasanalytische Methode bisher auch keine Auskunft gegeben, dennoch ist die Thatsache mit aller Evidenz mit Hilfe von Bakterien festzu-

stellen. Grüne sowohl als auch nicht grüne und ganz chlorophyllfreie Gewebe und Pflanzen geben beim Uebergang vom Leben zum Tode Sauerstoff auch im Finstern ab und können mit dieser Sauerstoffabgabe oft noch Stunden lang, nachdem sie bereits abgestorben sind, fortfahren. Die Thatsache ist dadurch zu konstatieren, dass die für den Nachweis von Sauerstoff so charakteristische Bakterienbewegung an diesen Geweben nicht nur im Finstern eintritt, sondern auch Stunden lang im Finstern beharrt, wovon man sich überzeugen kann, wenn man die Zelle oder das Gewebe, an welchem diese Sauerstoffabgabe zur Beobachtung gelangt, längere Zeit verfinstert und dann plötzlich auf einen Moment wieder beleuchtet. Man findet dann, so oft man auch mit der Verfinsterung und Belichtung in längern Zwischenpausen abwechselt, die lebhafte Ansammlung der beweglichen Bakterien an der Sauerstoff entwickelnden Zelle stets an derselben Stelle und in derselben Mächtigkeit wieder, und es ist sehr bezeichnend, dass oft an zwei benachbarten Zellen die eine noch die Sauerstoffabgabe zeigt, die andere nicht. Es ist dies ein einfaches Mittel, um diese Sauerstoffabgabe von der der normalen, lebenden Zelle, welche noch unter dem unmittelbaren Einflusse der Kohlensäurezersetzung steht, zu unterscheiden. Bei dieser zerstreuen sich die Bakterien-Ansammlungen mit der Verfinsterung sogleich und treten bei Belichtung erst, nachdem diese einige Zeit gewirkt hat, in voller Mächtigkeit an der belichteten Stelle auf. Da nun diese Sauerstoffabgabe im Finstern ganz unabhängig von gleichzeitiger Assimilation erfolgt, so mag dieselbe als „intramolekulare Sauerstoffabgabe“ bezeichnet werden, weil sie ähnlich, wie die intramolekulare Atmung auf den von äußern Bedingungen unabhängigen, innern Stoffwechselvorgängen des Protoplasmas beruht.

Meiner Ansicht nach sind aber beide Vorgänge, die Sauerstoffabgabe der lebenden Zelle und die intramolekulare Sauerstoffabgabe, im wesentlichen der gleiche Prozess. Die Sauerstoffabgabe erfolgt, wie ich oben nachgewiesen zu haben glaube, durch den Zerfall eines aus der Zelle diosmierenden Körpers. Die Ansammlung desselben wird durch die osmotischen Druckkräfte in der lebenden Zelle und die diosmotischen Eigenschaften der Hautschicht bestimmt, welche letztere dem Austritt desselben bis zu einer gewissen Höhe seiner Ansammlung in der Zelle entgegenwirkt. Beim Absterben der Zelle fällt dies Hindernis weg, und die Zelle entwickelt Sauerstoff, so lange der von jenem Körper angesammelte Vorrat und die Vorgänge im Plasma der absterbenden Zelle es gestatten.

Ich habe, wie ich noch bemerken will, auf diesen Vorgang der Sauerstoffabgabe toter grüner und nicht grüner Zellen schon früher[1])

1) Ueber die Sauerstoffabgabe der Pflanzen im Mikrospektrum. Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. XVII, S. 178 u. 179 in der Anmerkung unter dem Texte.

aufmerksam gemacht. Ich glaubte damals noch die Erscheinung nicht auf Sauerstoffgabe beziehen zu dürfen, sondern auf besondere unbekannte Reize zurückführen zu sollen, die von der Zelle ausgehen. Inzwischen habe ich aber so oft Gelegenheit gehabt, mich immer wieder und unter den wechselndsten Verhältnissen von der Thatsache zu überzeugen und zu sehen, dass dieselben Bakterien, die ich an der lebenden Zelle als Sauerstoff bedürftig erkannt hatte, das gleiche Phänomen auch an den toten und auch an den chlorophyllfreien Zellen zur Erscheinung bringen, mögen diese beleuchtet sein oder nicht, dass ich an der Allgemeinheit, oder mindestens an der weiten Verbreitung der Erscheinung keinen Zweifel mehr haben kann; und auch die oben gegebene Deutung derselben scheint mir jetzt sowohl unbedenklich als zwingend, nachdem ich durch meine Versuche in den Gemengen von Kohlensäure und Wasserstoff die Gewissheit erlangt habe, dass die Sauerstoffabgabe einen für sich bestehenden, von der Kohlensäure-Zerlegung nur indirekt abhängigen, jedenfalls von ihr getrennten Vorgang bildet, dessen Eintreten und dessen Größe eignen Bedingungen unterliegt und nicht ganz allein und ausschließlich durch die Assimilation und die Assimilationsgröße bestimmt wird.

Stehen aber die hier mitgeteilten Thatsachen über die Sauerstoffabgabe fest — und wer sie nur kontrolieren will, wird sie bestätigt finden — dann wird jeder Einsichtige leicht begreifen, wie einseitig es ist, die wissenschaftlichen Vorstellungen über Assimilation und die Wirkung äußerer Agentien und Bedingungen auf dieselbe — wie dies bisher fast ausschließlich geschah — auf die Untersuchungen und Befunde über die Sauerstoffabgabe der Zellen zu gründen. In keinem beliebigen Zeitmoment kann die Sauerstoffabgabe den exakten oder auch nur annähernd genauen Maßstab für die Assimilation abgeben, ganz abgesehen selbst von den früher schon von mir hervorgehobenen Bedenken wegen der gleichzeitigen Sauerstoffatmung der Gewebe im Lichte. Wenn man die Größe der Sauerstoffabgabe unter verschiedenen Bedingungen, z. B. bei verschiedener Lichtintensität oder Lichtfarbe misst, so geben die gefundenen Zahlen, mag man nun den Sauerstoff durch direkte Messung bestimmen, oder durch Blasenzählen schätzen, oder endlich durch die lebhafte Bewegung und Ansammlung der Bakterien erraten wollen, direkt weiter nichts, als den Einfluss der geprüften Bedingungen auf die Diosmose des den Sauerstoff entwickelnden Körpers und auf seine Zerlegung außerhalb der Zelle an. Sie lassen nur ganz indirekte und höchst unsichere Schlüsse über den Einfluss derselben Bedingungen auf die Assimilation, d. h. auf die Aneignung und Vermehrung des Kohlenstoffes durch die Kohlensäure-Zersetzung in den plasmatischen Bestandteilen der Zelle unter den geprüften Bedingungen zu. Ganz unstatthaft ist es aber, wie man auch hieraus wieder erkennen kann, die Größe der Sauerstoffabgabe für die Berechnung der Absorptionswirkungen im Chlorophyll zu

grunde zu legen. Ich will auf diesen Punkt, den ich bereits in frühern Abhandlungen für jeden, der physikalischen Vorstellungen zugänglich ist, genügend klargelegt zu haben glaube, hier nicht weiter eingehen, nur wieder daran erinnern, dass alle zuverlässigen und von vorgefassten Meinungen freien Beobachtungen und Messungen nirgends eine konstante und unbedingte Proportionalität zwischen Sauerstoffabgabe und Absorption im Chlorophyll erkennen lassen. Gar keine Beachtung verdienen aber jene methodisch und theoretisch verfehlten Bemühungen, die die Größe der Sauerstoffabgabe gradezu dem Produkt aus der Gesamtabsorption im Chlorophyll und der Wärme-Energie der wirkenden Farbe gleichsetzen wollen. Sie sind nicht nur an sich physikalisch falsch gedacht, sondern tragen auch den physiologischen Bedingungen der Erscheinung keine Rechnung[1]). Hierauf werfen auch die hier dargelegten Thatsachen der Inanition ein neues Licht. Wenn es nachgewiesen ist, dass der Assimilationsakt in einer gesetzmäßigen Abhängigkeit vom Protoplasma und dessen Sauerstoffaufnahme steht, wenn es richtig ist, dass es Zustände der Zelle gibt, in welchen die normale, grüne, in ihrem Chlorophyll augenscheinlich unveränderte Zelle trotz Chlorophyll, Licht und Kohlensäure nicht assimiliert, weil es dem Protoplasma an Sauerstoff fehlt und dass sie die Assimilationsfähigkeit mit der Zufuhr von Sauerstoff wieder erhält, so weisen diese Thatsachen doch zur Genüge darauf hin, dass mit dem Vorhandensein von Chlorophyll, Licht und Kohlensäure die Bedingungen der Assimilation nicht erschöpft sind, und dass in die Berechnung ihrer Größe noch andere Faktoren als die Lichtenergie und die Lichtabsorption im Chlorophyll aufgenommen werden müssen. Meiner Ansicht nach, die ich in meiner spätern Abhandlung noch weiter entwickeln werde, führen diese Thatsachen zu dem Schlusse, dass die Assimilation eine physiologische Funktion des Protoplasmas ist, die in gleicher Weise, wie seine Beweglichkeit, sich nach dem Zutritt von freiem Sauerstoff regelt.

Auch die verschiedene Größe der Assimilationsenergie benachbarter Zellen desselben Gewebes, die Erfahrungen über die Verringerung der Assimilationsgröße mit dem Alter der Zellen bei gleichbleibendem, oder selbst vermehrtem Chlorophyllgehalt, die auffallende Erscheinung, dass häufig grüne, ganz normale Gewebe bei der Untersuchung kaum Spuren von Sauerstoffabgabe zeigen, Erscheinungen, die ich schon in der Einleitung dieses Aufsatzes erwähnte und von denen ich bei meinen Versuchen ausgegangen war, sie erklären sich leicht und ungezwungen, wenn man die Atmungsprozesse der Zellen

1) Man vergleiche hierüber meinen schon oben zitierten Aufsatz in den Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XVII, S. 163, ferner zur Beurteilung der Engelmann'schen Bakterienmethode . . . Berichte der deutschen Bot. Gesellschaft, Bd. IV (1886) S. XC und endlich meinen Aufsatz: „Abwehr gegen Abwehr“ im Biolog. Centralblatt, Bd. VII, Nr. 5.

in ihren aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien in Rechnung zieht, deren verschiedene Energie wesentlich wieder von dem Stoffwechsel im Protoplasma bedingt wird. Es zeigt sich, wie unberechtigt und einseitig die erfolglosen Bemühungen sind, für die Erklärung dieser auffallenden Unterschiede der Assimilationsgröße ausschließlich den Gehalt der Organe an Chlorophyll zu grunde zu legen.

Am Schlusse dieser Betrachtungen, die ich an anderer Stelle noch auszuführen beabsichtige, möchte ich noch kurz darauf hinweisen, dass schon hier und da nicht näher spezialisierte Angaben vorliegen, dass die Assimilation durch Anästhesierung der grünen Zellen, sei es durch Chloroform oder Aether, aufgehoben werden könne. Bei meinen diesbezüglichen Versuchen waren so behandelte Zellen später nicht mehr zum Leben zurückführbar und es zeigte sich, dass bei dieser Behandlung auch der Chlorophyllapparat, wie zu erwarten war, nicht unbeschädigt und intakt bleibt. Ich habe deshalb in dieser Richtung meine Bemühungen nicht weiter fortgesetzt, weil der Zweck, den ich verfolgte, der war, zu untersuchen, ob die grüne Zelle ohne Beeinträchtigung ihres Lebens und ohne Beschädigung des Chlorophyllapparates ihre Assimilationsfähigkeit verlieren könne, und ob hierbei die Sauerstoffatmung von Einfluss ist. Der Assimilationsverlust durch Sauerstoffentziehung erfolgt aber, wie gleichfalls schon hier kurz erwähnt werden mag, nicht nur in einem Gemenge von Kohlensäure und Wasserstoff, sondern auch in reinem Wasserstoff, oder in reiner Kohlensäure allein. In letzterm Falle treten aber zu den Erscheinungen der Sauerstoffentziehung auch die deletären Wirkungen der Kohlensäure hinzu, die bei Beurteilung der Erscheinung in Rechnung zu ziehen sind. Endlich sei noch erwähnt, dass die Beobachtungen über Plasmabewegung in irrespirablen Gasen auch eine Reihe von Resultaten über den Vorgang der intramolekularen Atmung zutage bringen. Soviel ist gewiss, dass die intramolekulare Atmung in vielen Fällen, trotzdem sie besteht und trotzdem Kohlensäure entwickelt wird, doch nicht im stande ist, die Kräfte zu liefern, welche für die mechanische Arbeit der Protoplasmabewegung nötig sind. In einzelnen Fällen allerdings kann man den Eindruck erhalten, als ob die Protoplasmabewegung noch eine zeitlang ohne freien Sauerstoff bestehen könnte und nur von den Stoffwechselvorgängen der intramolekularen Atmung in Gang erhalten werde. Hierin läge ein sicherer Beweis, dass diese Vorgänge Wärme entwickeln und Kräfte für mechanische Arbeit frei machen. Allein in diesen Fällen liegt doch immer noch der Verdacht des Vorhandenseins minimaler Spuren von Sauerstoff vor, die sich nicht mit absoluter Sicherheit ausschließen lassen. Auch über diesen hier nur beiläufig erwähnten Punkt behalte ich weitere Angaben der ausführlichen Behandlung des Gegenstandes vor.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1887-1888

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Pringsheim Nathanael [Nathan]

Artikel/Article: Ueber die Abhängigkeit der Assimilation grüner Zellen von ihrer Sauerstoffatmung, und den Ort, wo der im Assimilationsakte der Pflanzenzelle gebildete Sauerstoff entsteht. 562-571