

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

VI. Band.

1. April 1886.

Nr. 3.

Inhalt: Pringsheim, Ueber die Sauerstoffabgabe der Pflanzen im Mikrospektrum. — Volkens, Zur Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. — Kowalevsky, Zum Verhalten des Rückengefäßes und des guirlandenförmigen Zellenstrangs der Musciden. — Albrecht, Zur Odontologie der Kieferspalte bei der Hasenscharte. (Mit Abbildung.) — Pasteur und seine Methode gegen die Ansteckung der Tollwut. — Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften. Physiologische und Physikalische Gesellschaft zu Berlin. — Möbius, Phoenicurus redivivus. — Pansch, Grundriss der Anatomie des Menschen. — **Kongress für innere Medizin.**

Ueber die Sauerstoffabgabe der Pflanzen im Mikrospektrum.

Von **N. Pringsheim** ¹⁾.

Die Kontroverse über den Gang der Sauerstoffabgabe assimilierender Gewebe ist noch keineswegs abgeschlossen. Für mich und die Aufgabe, die ich bei meiner Untersuchung im Auge habe, liegt das Interesse an derselben wesentlich in dem Aufschlusse, den der Verlauf der Sauerstoffabgabe im Spektrum über die Beziehungen zu geben vermag, die zwischen den Lichtabsorptionen in der Pflanze und dem Gaswechsel derselben bestehen. Nun habe ich bereits an anderer Stelle gezeigt, dass sich aus der relativen Lage der Maxima von Absorption und Sauerstoffabgabe im Spektrum Folgerungen hierüber ableiten lassen, die offenbar geeignet sind, das sonst unverständliche Absorptionsspektrum der Chlorophyllstoffe begreiflich zu machen und zu einem biologischen Verständnis der gemeinsamen Farbe aller assimilierenden Pflanzen führen können. Aber diesen Folgerungen stehen bis jetzt noch, zum Teil wenigstens, Schwierigkeiten im Wege, welche die Unsicherheit der Beobachtungen im Makrospektrum über die relative Lage der Maxima von Absorption und Sauerstoffabgabe geschaffen hat.

1) Der folgende Artikel ist ein nur wenig gekürzter Abdruck aus den Sitzungsberichten der k. preuß. Akademie der Wissenschaften, 1886, VII.

Es behaupten bekanntlich einige Beobachter der Erscheinung im Makrospektrum noch immer die genaue Koinzidenz dieser Maxima, während andere sie mit voller Bestimmtheit in Abrede stellen. Noch andere endlich geben zwar zu, dass die Koinzidenz in der blauviolettten Hälfte des Spektrums fehlt, halten dieselbe aber für die minder brechbare Hälfte aufrecht und behaupten — wenigstens für die grünen Pflanzen, auf welche sich die Untersuchungen im Makrospektrum bisher allein beschränkt haben — dass zum mindesten hier das Minimum der Sauerstoffabgabe mit dem Maximum der Absorption im Rot zwischen *B* und *C* Fraunhofer genau und konstant zusammenfällt.

Diese letztere Behauptung, die übrigens die vorliegende theoretische Frage nach der Funktion der Farbstoffe für sich allein gar nicht entscheidet, ist nun in letzterer Zeit vornehmlich zum eigentlichen Angelpunkt in der Kontroverse über die Kurve der Sauerstoffabgabe im Spektrum geworden.

Bei der großen Divergenz, die hiernach in den Befunden im Makrospektrum noch besteht, war es daher von besonderem Wert, dass Engelmann mit der von ihm eingeführten Bakterien-Methode im Mikrospektrum einen eigentümlichen, neuen und ingenösen Weg zur Entscheidung der Frage eingeschlagen hat, der, wie man schon auf den ersten Blick sieht, viele Vorteile vor der Methode im Makrospektrum voraus hat.

Engelmann gelangt hierbei aber zu dem Ergebnis, dass trotz der anscheinenden Abweichungen der Sauerstoffkurve vom Absorptionsspektrum dennoch die Maxima beider vollkommen zusammenfallen und sucht ferner aus seinen Beobachtungen im Mikrospektrum noch den Beweis herzuleiten, dass in jeder Region des Spektrums eine direkte und genaue Proportionalität zwischen der Größe der Assimilation und der Größe der gesamten, bei der Absorption in der Pflanze verschwindenden Lichtenergie, besteht.

Diese Behauptungen schienen mir wenig wahrscheinlich. Sie standen mit den Anschauungen, die ich aus andern Erfahrungen über das Verhältnis zwischen Lichtabsorption und Lichtwirkung in der Pflanze gewonnen hatte, nicht im Einklange, und widersprachen außerdem ältern thatsächlichen Befunden. Hieraus nahm ich die Veranlassung zur eignen Aufnahme und Wiederholung der Engelmann'schen Versuche im Mikrospektrum, und zu einer Prüfung seiner Methode auf ihre Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit, die mir schon deshalb geboten schien, weil bisher noch niemand Engelmann auf dem von ihm eingeschlagenen Wege gefolgt war.

Engelmann hat seine Methode in zweierlei Formen angewandt, die er als *simultane* und *succedane* Beobachtungsweise unterscheidet. Grade die *simultane* Beobachtungsweise eignet sich ganz vorzugsweise für die Erkenntnis der relativen Lage der Maxima von

Absorption und Sauerstoffabgabe im Versuche. Sie soll hier zunächst ihre Besprechung finden.

Bei derselben wird bekanntlich ein nach Form, Inhalt und Farbe möglichst gleichartiges Objekt — z. B. ein geeigneter zylindrischer Konfervenfaden — in einem auf das Gesichtsfeld des Mikroskops projizierten Spektrum senkrecht gegen die Fraunhofer'schen Linien orientiert. Das beobachtete Objekt durchschneidet somit das kleine im Mikroskop sichtbare Spektrum, und wird von demselben erleuchtet. Sind nun in dem Tropfen, in welchem das Objekt liegt, gegen Sauerstoff empfindliche Bakterien in genügender Anzahl enthalten, so lässt sich vermöge der größern Ansammlung derselben an den bevorzugten Stellen im Spektrum in günstigen Fällen sofort übersehen, in welchen Regionen desselben die Sauerstoffausscheidung ergibiger, in welchen sie geringer ist. Zugleich aber gelangen hier im Objekt auch die Lichtabsorptionen desselben zur Anschauung, und auch hier treten die Stellen größerer und geringerer Absorption mit für unsere Zwecke genügender Schärfe und Genauigkeit hervor, so dass die Beziehung der Sauerstoffabgabe zu den Absorptionen im Objekte, namentlich soweit es nur die Maxima beider betrifft, sich in zahlreichen Versuchen mit einem Blick übersehen lassen.

Der eigentümliche Wert der Engelmann'schen Methode, den außer ihr keine andere besitzt, und sie selbst auch nur in dieser Form simultaner Beobachtungsweise, besteht unfraglich in dieser Gleichzeitigkeit der Beobachtung der Absorption und der Sauerstoffabgabe im ganzen sichtbaren Spektrum. Indem beide Verhältnisse, deren Beziehung gesucht wird, in demselben Versuche und, was noch wesentlicher ist, an demselben Objekte im ganzen Spektrum gleichzeitig vor Augen liegen, gewinnt die Beurteilung und der Vergleich ihrer Größenverhältnisse in den verschiedenen Regionen, obgleich hier nur approximative Schätzungen möglich sind, doch einen hohen Grad von Sicherheit. Da nun die Lage der Maxima in vielen und günstigen Fällen hierbei deutlich zum Ausdruck gelangt, so stehe ich keinen Augenblick an, anzuerkennen, dass die Engelmann'sche Methode in der bezeichneten Begrenzung, so lange eben nicht exakte Zahlengrößen verlangt, sondern nur die relativen Lagen der Maxima gesucht werden, jede andere Methode, namentlich auch die im objektiven Makrospektrum, an überzeugender Beweiskraft weitaus übertrifft.

Allerdings muss ich hier gleich binzufügen, dass man auch bei der Bakterien-Methode durchaus nicht sicher ist, in jedem einzelnen Versuche sogleich ein bestimmtes und entscheidendes Resultat zu erhalten. In manchen Versuchen ist der Eindruck der Bewegung der Bakterien, den man erhält, so unbestimmt, dass die Stelle des Maximums derselben nicht mit voller Sicherheit festzustellen ist, und in andern Fällen wieder kommt die Bewegung so undeutlich zustande,

dass sie gar keinen Schluss von der Bewegung der Bakterien auf die Größe der Sauerstoffabgabe in den Spektralbezirken zu gestatten scheint. Allein obgleich diese Fälle, die noch bei der Darstellung im einzelnen ihre genauere Besprechung finden werden, durch ihre negativen Befunde die Untersuchung insofern erschweren, als sie dazu zwingen, die Versuchsreihen über eine weit größere Anzahl von Fällen auszudehnen, so stören sie doch keineswegs das positive Ergebnis der zahlreichen Fälle, in welchen die Entscheidung über die Lage der Maxima eine leichte und sichere wird; sie begrenzen vielmehr nur genauer den Umfang der Schlüsse, die man aus den Beobachtungen im Spektrum ziehen darf.

Dies vorausgeschickt gehe ich nun zur Darstellung meiner Ergebnisse mit der Engelmänn'schen Bakterien-Methode über. Ich werde hierbei den Gang befolgen, zuerst meine Resultate mit der simultanen Beobachtungsweise an chlorophyllgrünen Pflanzen mitzuteilen; dann sollen die Kritik der successiven Beobachtungsweise und meine Erfahrungen mit derselben folgen; zuletzt meine Ergebnisse an andersfarbigen, nicht chlorophyllgrünen Gewächsen und die Schlüsse, die sich aus den Untersuchungen im Mikrospektrum für die Frage nach der Wirkungsweise der Lichtabsorptionen in der Pflanze ergeben.

I. Die Absorptionsercheinungen chlorophyllgrüner Objekte im Mikrospektrum.

Entsprechend der ganz begrenzten Aufgabe, die ich bei diesen Untersuchungen im Auge habe, nur die relative Lage der Maxima von Absorption und Sauerstoffabgabe festzustellen, kann ich auch hier bei der Darstellung der Absorptionsercheinungen der untersuchten Objekte von jeder numerischen Bestimmung der Absorptionsgrößen in den Spektralbezirken absehen, und mich allein an die Bestimmung der Lage der Absorptionsbänder halten, die schon bei der unmittelbaren Beobachtung genügend scharf hervortreten und über den Ort der Maxima der Absorption in den Objekten keinen Zweifel lassen.

In den dünnen mikroskopischen Objekten, die bei der Untersuchung im Mikrospektrum allein in Frage kommen können — einzelne grüne Zellen oder dünne konfervenartige Fäden, auch Moosblätter, Farnprothallien, dünne Blattdurchschnitte u. s. w. — gelangen von den bekannten, dem Chlorophyllfarbstoff angehörigen Absorptionsbändern nur Chlorophyllband I im Rot, zwischen *B* und *C* Fraunhofer, und die sogenannte Endabsorption im Blau-Violett — Chlorophyllbänder V, VI, VII umfassend — zur Wahrnehmung. Die Chlorophyllbänder in dem mittlern Teile des sichtbaren Spektrums — Chlorophyllbänder II, III und IV — fehlen hier ganz, d. h. sie kommen nicht zur Anschauung, weil diese dünnen Objekte in bezug auf

ihre Absorptionsgröße — soweit diese vom Chlorophyllfarbstoff, den sie führen, abhängt — nur schwachen Chlorophylllösungen vergleichbar sind, denen die Bänder II, III, IV gleichfalls noch fehlen. Sie sind in Rücksicht hierauf etwa mit derjenigen Absorptionsstufe einer normalen Chlorophylllösung zu identifizieren, die ich in meiner ersten Chlorophyll-Abhandlung unter *d*, Fig. 1 verzeichnet habe¹⁾.

Der auffallendste Unterschied, der in den Absorptionen zwischen den chlorophyllgrünen mikroskopischen Objekten und ihnen gleichwertigen schwachen Chlorophylllösungen hervortritt, ist der bekannte der Verschiebung der Absorptionsbänder nach dem roten Ende des Spektrums hin. Chlorophyllband I, wenn es noch nicht breit ist, nimmt bei den mikroskopischen Objekten den Raum von etwa B bis $B \frac{1}{2} C$ ein; während es bei den entsprechenden Chlorophylllösungen den Raum von etwa $B \frac{1}{2} C$ bis C einnehmen würde. Ebenso fängt die Endabsorption in den mikroskopischen Objekten etwa gleich hinter b , — deutlich und sicher schon bei $b \frac{1}{4} F$ — in den entsprechenden Chlorophylllösungen erst hinter $b \frac{1}{2} F'$ an.

Außerdem ist aber bezüglich der Absorptionen in den mikroskopischen Objekten noch ein Punkt zur Erledigung zu bringen, der für die Folgerungen über die Funktion der Lichtabsorptionen in der Pflanze von maßgebender Bedeutung ist. Er betrifft die Breite des Chlorophyllbandes I und den Ort, wo noch innerhalb dieser Breite das eigentliche Maximum der Absorption hinfällt oder zu verlegen ist. Das Letztere kann selbstverständlich durch den unmittelbaren Augenschein nicht bestimmt werden. Doch sind für unsern Zweck hier photometrische Messungen der Absorptionskoeffizienten gar nicht nötig. Es genügt die Beachtung der allmählichen Verbreitung des Bandes I bei farbstoffreichern Fäden, um sich in den Grenzen unseres Bedürfnisses über die Stelle, wo das eigentliche Maximum im Rot liegt, mit genügender Genauigkeit zu orientieren.

Bei dünnen oder an Farbstoff armen Objekten — zarteren *Cladophora*-, *Ulothrix*-, *Draparnaldia*-, *Zygnema*-Fäden u. s. w. — beginnt das Chlorophyllband fast genau bei B Fraunhofer, eigentlich noch eine Spur vor B , und reicht in seiner Breite niemals bis C , sondern hört schon etwa in der Mitte zwischen B und C auf. Erst bei dickern und farbstoffreichern Zellen und Fäden reicht dasselbe weiter nach C hin, oder nimmt den ganzen Raum zwischen B und C ein und kann selbst in sehr dicken Objekten etwas über C hinaus reichen. Dieses Verhalten entspricht genau der allmählichen Verbreiterung der Absorptionsstreifen in Lösungen des Farbstoffes von der Stelle der stärksten Absorption aus, und es folgt hieraus mit Notwendigkeit, dass das eigentliche Maximum der Absorption im Rot in den mikroskopischen Objekten, die der Untersuchung im Mikrospektrum

1) Monatsberichte d. Akademie d. Wissenschaften in Berlin. Oktober 1874.

unterliegen, niemals auf *C* oder gar hinter *C* und selbst nicht in der Nähe von *C*, oder in der Mitte zwischen *B* und *C* liegen kann, sondern viel näher an *B*, eigentlich auf *B* selbst, jedenfalls aber in der ersten Hälfte zwischen *B* und *C* zu suchen ist.

Auf diesen Umstand ist bei den Untersuchungen über die Sauerstoffabgabe genau zu achten, und ich hebe dies deshalb hier besonders hervor. Hierdurch sind die beiden Maxima der Absorption in den chlorophyllgrünen Objekten ihrer Lage nach genügend scharf bestimmt. Es bedarf aber wohl kaum der Erwähnung, dass außerdem in den Objekten noch Absorptionen der andern Spektralregionen stattfinden. Die grünen Zellen lassen eben keinen Teil des sichtbaren Spektrums ungeschwächt durch, auch nicht den Teil im Anfangsrot vor *B*, allein die Absorptionen sind hier überall bedeutend schwächer, als die bezeichneten im Blau-Violett und im Rot, und kommen daher bezüglich der Frage der Maxima der Absorption nicht in betracht. Da es aber von physiologischem Interesse ist, auch die Absorptionen, die nicht vom Chlorophyllfarbstoffe herrühren, in der Pflanze bestimmter zu kennzeichnen, so will ich hier noch kurz darauf hinweisen, dass schon bei der Untersuchung der dünnen Objekte im Mikrospektrum — leichter bei den dickern, und bei weniger intensiver Beleuchtung, z. B. im Gaslicht — Verdunkelungen im Anfangsrot vor *B* und unmittelbar hinter dem Bande I sichtbar werden, die bei Chlorophylllösungen von entsprechender optischer Konzentration nicht vorhanden sind. In diesen erscheinen bekanntlich die betreffenden Stellen, namentlich die Stelle vor *B*, im Kontrast zum Chlorophyllband I ausnehmend hell. Es werden hierdurch in den grünen Objekten schon im Mikrospektrum Absorptionen wahrnehmbar, die dem Chlorophyllfarbstoff nicht angehören, und die vornehmlich die ganze Region im Rot bis etwa zum Anfang des Gelb betreffen. Die Absorptionsspektren der grünen Objekte sind daher in keinem Falle identisch mit denen der aus ihnen gewonnenen Chlorophylllösungen und der sogenannten künstlich dargestellten Rein-Chlorophylle. Doch denke ich diese Verhältnisse, die eine eingehendere Behandlung verlangen, an dieser Stelle nicht weiter auszuführen, zumal die Schlüsse und Deutungen, die ich an die hier vorliegenden Untersuchungen anknüpfen will, ausschließlich den Wert jener stärksten Absorptionen der Objekte im Blau-Violett und im Rot betreffen, die vorzugsweise den optischen Charakter der Chlorophyllfarbstoffe kennzeichnen und die grüne Farbe der assimilierenden Pflanzen bestimmen.

(Fortsetzung folgt.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1886-1887

Band/Volume: [6](#)

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

Artikel/Article: [Ueber die Sauerstoffabgabe der Pflanzen im Mikrospektrum 65-70](#)