

- SACHS, Mikrochemische Untersuchungen; Flora, Bd. 45, 1862, S. 289.
- MISCHER, Physiol. chem. Untersuchungen über die Lachsmilch; Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakognosie, 1895, Bd. 37, S. 100.
- MISCHER, Über die chemische Zusammensetzung der Eiterzelle; Medizinisch-chemische Untersuchungen aus dem Laboratorium für angewandte Chemie in Tübingen, herausgegeben von HOPPE-SEYLER, 4. Heft 1871, S. 441.
- ZACHARIAS, Die chemische Beschaffenheit von Protoplasma und Zellkern; Progressus rei botanicae, 3. Bd., Jena, 1910, S. 67.
- ACKERMANN, Zur Chemie der Vogelblutkerne; Zeitschrift für physiolog. Chemie, Bd. 43, 1904/5, S. 299.
- GOHLKE, Die Brauchbarkeit der Samen-Diagnostik für den Nachweis zweifelhafter Verwandtschaftsverhältnisse im Pflanzenreiche, Stuttgart und Berlin, 1913.
- METZ und PREUSS, Sero-diagnostische Untersuchungen über die Verwandtschaften innerhalb der Pflanzengruppe der Parietales; Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. 12, 1913, S. 109.
- OSBORNE, Die Pflanzenproteine; Ergebnisse der Physiologie, 10. Jahrg., 1910, S. 47.
- PURIEWITSCH, Physiologische Untersuchungen über die Entleerung der Reservestoffbehälter; PRINGSHEIMS Jahrbücher für wissensch. Botanik, Bd. 31, 1898, S. 1.
- ABDERHALDEN, Synthese der Zellbausteine in Pflanzen und Tier, SPRINGER, Berlin, 1912.
- ARTHUR MEYER, Notiz über eine die supramaximalen Tötungszeiten betreffende Gesetzmäßigkeit; Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1906, S. 340.

---

### **37. E. G. Pringsheim: Bemerkungen zu Iwanowskis „Beitrag zur physiologischen Theorie des Chlorophylls.“**

(Eingegangen am 26. Juli 1915.)

In seinem „Beitrag zur physiologischen Theorie des Chlorophylls“ kommt IWANOWSKI<sup>1)</sup> zu der Schlußfolgerung, daß die Absorptionskurve der photosynthetisch wirksamen Chlorophylline das Bestehen eines zweiten Assimilationsmaximums neben dem im Rot, nicht im Blau, an der Linie F, sondern im Violett, im Bande VI voraussehen lasse.

Hier sei nun zunächst darauf hingewiesen, daß es nicht üblich ist, den Gesichtseindruck, der durch die Wellenlänge hervorgerufen

---

1) D. IWANOWSKI, Ein Beitrag zur physiologischen Theorie des Chlorophylls. Ber. d. Deutsch. Botan. Ges., Bd. 32, 1914, S. 433.

wird, die dem Bande VI des Chlorophyllspektrums entspricht, als Violett anzusprechen. Nach MARCHLEWSKI<sup>1)</sup> nimmt in dem Spektrum lebender Blätter das Band VI den Raum von 434—450  $\mu\mu$  ein, nach TSWETT<sup>2)</sup> in Lösungen den von 432—443  $\mu\mu$ ; jedenfalls liegt der betreffende Absorptionsstreifen also von jenseits G = 431  $\mu\mu$  bis ein Stück auf F = 485  $\mu\mu$  hin. Die Grenze zwischen Blau und Violett verlegt HELMHOLTZ<sup>3)</sup> auf die Linie G, ebenso nennt PFEFFER<sup>4)</sup> das, was jenseits G liegt, violett, und LUMMER<sup>5)</sup> läßt G im „Indigo“ liegen. Der Absorptionsstreifen VI des Chlorophylls liegt also noch ganz im Blau, und dort wäre demnach auch das relative Assimilationsmaximum zu suchen, das IWANOWSKI erwartet.

Nach TSWETT<sup>6)</sup> ist Band VI ein hauptsächlich durch die grünen Chlorophylline bedingtes Kombinationsband, bei dem allerdings die Gemeinschaft der gelben Farbstoffe bereits in Betracht kommt. Nun wird wohl heute von der Mehrzahl der Botaniker ein Zusammenhang zwischen Absorption und Assimilation im Sinne ENGELMANNs angenommen, wenn man sich auch nicht an eine strenge Proportionalität zwischen beiden Größen bindet. Wenn IWANOWSKI<sup>7)</sup> das letztere für KNIEP und MINDER<sup>8)</sup>, die zum ersten Male zuverlässige Methoden für diese Fragestellung heranzogen, behauptet, so ist er darin ebenso im Irrtum wie TH. MEINHOLD<sup>9)</sup> es war.

Sehen wir von der Frage der Proportionalität ab, für deren Lösung die vorhandenen Untersuchungen nicht ausreichen, so ist es doch äußerst einleuchtend, daß, da Strahlen, die in der Pflanze nicht absorbiert werden, auch nicht assimilatorisch wirksam sein können, kräftige Absorption eines Spektralbezirks Bedingung für

1) L. MARCHLEWSKI, Chemie der Chlorophylle. Braunschweig 1909, S. 10.

2) F. CZAPEK, Biochemie der Pflanzen, 2. Aufl., Jena 1913, S. 566.

3) W. NAGEL, Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. III, Physiologie der Sinne. Braunschweig 1905. Die Gesichtsempfindungen von H. v. KRIES, S. 132.

4) W. PFEFFER, Die Wirkung der Spektralfarben auf die Kohlensäurezersetzung in Pflanzen. Botan. Zeitg., 30. Jahrg., 1872, S. 460.

5) MÜLLER-POUILLET, Lehrbuch der Physik, 10. Aufl., Bd. II, 1. Abt. Optik von O. LUMMER, Braunschweig 1907, S. 154.

6) F. CZAPEK a. a. O., S. 564.

7) IWANOWSKI a. a. O., S. 435.

8) KNIEP und MINDER, Über den Einfluß verschiedenfarbigen Lichtes auf die Kohlensäureassimilation. Zeitschr. f. Botanik, 1. Jahrg., 1909, S. 619.

9) TH. MEINHOLD, Beiträge zur Physiologie der Diatomeen. Diss., Halle 1911, und COHNS Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. 10, S. 382.

die Kohlensäurezerlegung in ihm sein muß. Nur darf man nicht aus der Absorption umgekehrt auf die assimilatorische Wirkung schließen. Das ist schon deshalb klar, weil ja nicht das Chlorophyll allein in der Pflanze Licht verschluckt, sondern noch mancherlei andere, für unser Auge mehr oder weniger gefärbte Substanzen. Unter ihnen nehmen die gelben Begleiter des Chlorophylls eine Sonderstellung ein, da sie wie jenes an die Chloroplasten gebunden sind. Sie sind stark mitbestimmend für das Absorptionsspektrum grüner Pflanzenteile. In den verschiedengefärbten Algen u. dergl. treten ihnen noch andere Farbstoffe der Chromoplasten zur Seite.

Die Entscheidung, welche Rolle die Begleitfarbstoffe bei der Kohlensäurezerlegung spielen, ist nun von besonderer Bedeutung, da mit ihrer Unwirksamkeit die bekannten Vorstellungen von ENGELMANN und STAHL hinfällig würden.

Diese Auffassung vertritt nun IWANOWSKI, und zwar zunächst nur für grüne Pflanzenteile, indem er „die vergeblichen Bemühungen von ENGELMANN, KOHL, STAHL, IRWING, eine assimilatorische Wirkung der Pigmente zu erweisen“, als Beleg anführt<sup>1)</sup>. Ich möchte sie hier unterstützen, indem ich zunächst auf die bedeutungsvolle Tatsache hinweise, daß in allen Pflanzen, die Kohlensäure mit Hilfe des Lichts zerlegen, auch in den verschiedenfarbigen Algen, Chlorophyll gefunden werden konnte, daß dagegen andere Farbstoffe, die bei chlorophylllosen Pflanzen dasselbe leisten, nach Ausschaltung der Purpurbakterien durch MOLISCH<sup>2)</sup>, nicht bekannt sind. Dieser Wahrscheinlichkeitsbeweis für die alleinige Befähigung des Chlorophylls zur „Photosynthese“ entspricht auch der Forderung, keine verwickelteren Vorstellungen anzunehmen als unbedingt nötig. Tatsachen, die die Mitwirkung der Nebenpigmente verlangen, scheinen mir aber nicht vorzuliegen.

IWANOWSKI zeigt nun durch spektrophotometrische Messungen an dem Gemisch der Chlorophylline, daß die starke Absorption einer Rohchlorophylllösung bei der Linie F, die ENGELMANN dazu veranlaßte, dorthin das zweite Assimilationsmaximum im Blau zu legen in Wirklichkeit durch die gelben Pigmente hervorgerufen wird. Das Reinchlorophyll, also Gemisch der beiden Chlorophylline  $\alpha$  und  $\beta$ , weist dagegen eine stärkere Absorption erst wieder im Bereiche des Bandes VI (nach IWANOWSKI im „Violett“ von 450—430  $\mu\mu$ ) auf und dort erwartet nun IWANOWSKI auch das zweite Assimilationsmaximum neben dem im Rot.

1) a. a. O., S. 436.

2) H. MOLISCH, Die Purpurbakterien, Jena 1907.

Diese Schlußfolgerung erscheint mit den oben gekennzeichneten Einschränkungen berechtigt. Ihre experimentelle Begründung verlangt der Verf. von der Zukunft. Es ist ihm entgangen, daß schon jetzt Tatsachen und Versuche vorliegen, die die Bestätigung höchst wahrscheinlich machen. Einmal wären hier die Ergebnisse der auch von IWANOWSKI genannten Arbeit von KNIEP und MINDER zu erwähnen. Diesen Forschern gegenüber wird gesagt, daß die Lage des zweiten Optimums nicht näher präzisiert worden sei<sup>1)</sup>.

Betrachtet man aber die von den genannten Autoren<sup>2)</sup> wiedergegebene Energiekurve des von der Blauscheibe durchgelassenen Lichtes, so sieht man, daß das Maximum bei der G-Linie liegt. Bei der F-Linie ist die Durchlässigkeit schon stark vermindert. Wäre die hinter der Blauscheibe gefundene Assimilation, die der hinter einer Rotscheibe gleichkam, der Absorption grüner Pflanzen bei F (Band V) zuzuschreiben, so wäre sie auf gleiche Energie des wirksamen Lichtes umgerechnet, noch sehr viel größer, was unwahrscheinlich ist. Man darf also annehmen, daß das von KNIEP und MINDER benutzte Blaufilter für diese Versuche recht geeignet war, da es gerade nur das wirksamste Licht, und zwar fast ungeschwächt, durchließ. Das gilt aber nicht für ihr Rotfilter, auf das sich der andere Einwand IWANOWSKIS gegen KNIEP und MINDER richtet, den auch schon MEINHOLD<sup>3)</sup> und A. v. RICHTER<sup>4)</sup> erhoben haben. KNIEP und MINDER haben nur die Energie des auffallenden Lichtes berücksichtigt, was an sich durchaus berechtigt ist, da sie sich von jeder Stellungnahme zu der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Absorption und Assimilation frei hielten. Stellt man sich aber auf den hier und von IWANOWSKI innegehabten Standpunkt, so fällt auf, daß zwar der Durchlaßbereich des benutzten Blaufilters, nicht aber der des Rotfilters mit den betreffenden Absorptionsbändern des Chlorophylls übereinstimmen. Da das rote Glas einen verhältnismäßig großen Strahlenbezirk durchläßt, so kommt IWANOWSKI wie vor ihm MEINHOLD zu dem Schlusse, „daß gleiche Intensität und gleiche Absorption durch die Pflanze vorausgesetzt, die roten Strahlen bei der Kohlensäureassimilation mehr leisten als die blauvioletten.“ Das entspräche der intensiven Absorption des Chlorophylls zwischen B und C.

1) D. IWANOWSKI, a. a. O., S. 435.

2) KNIEP u. MINDER, a. a. O. S. 635.

3) Th. MEINHOLD, a. a. O. S. 382.

4) A. v. RICHTER, Farbe und Assimilation, Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 30, 1912, S. 281.

Noch deutlicher als aus den Versuchen von KNIEP und MINDER wird das Assimilationsmaximum in dem Bande VI durch die Arbeit von MEINHOLD, die IWANOWSKI unbekannt geblieben ist. Ihr Titel deutet allerdings nicht klar auf den Inhalt, und ihre Methode hat nicht die allgemeine Anerkennung gefunden. MEINHOLD<sup>1)</sup> läßt nämlich Diatomeen und grüne Algen hinter spektroskopisch und thermoelektrisch geprüften Farbfiltern wachsen und schließt aus der Stärke der Vermehrung auf die Größe der Assimilation in den einzelnen Strahlenbezirken. Es muß zugegeben werden, daß diese Methode verhältnismäßig viele Fehlerquellen in sich birgt; doch scheinen sie mir nicht so schlimm, daß das hier in Betracht kommende Ergebnis litte. Eine vollkommene Proportionalität zwischen Assimilation und Vermehrung ist ja nicht zu erwarten, gilt aber auch nicht für Assimilation und Blasenabscheidung. Sicher ist doch wohl, daß die Assimilation bei schwachem Licht mit dessen Intensität steigt, und zwar wird der Verlauf der Kurve wie anderer ähnlicher anfangs von der geraden Linie nicht sehr stark abweichen. Erst mit der Annäherung an das Optimum wird die Zunahme der Assimilation hinter der der Helligkeit zurückbleiben. Entsprechende Überlegungen gelten für die Abhängigkeit der Vermehrung von der Assimilation. Deshalb hat MEINHOLD in seine Figuren auch nur die geringeren Vermehrungsgrößen in der kurzwelligen Hälfte des Spektrums eingetragen. Wenn deren Größenverhältnisse zwar von den theoretisch richtigen abweichen mögen, so ist eine Verschiebung des Optimums durch die in der Methode liegenden Fehler doch wenig wahrscheinlich. Und dieses liegt für grüne Algen zwischen F und G! Damals, im Jahre 1910, war es sehr auffallend, daß die Assimilation von Blau nach Violett so stark sinken sollte, da nur die ENGELMANN'schen Bestimmungen der Absorption des Chlorophylls verglichen wurden, in denen die Auslöschung des Lichtes bis zum violetten Ende des sichtbaren Spektrums ansteigt. MEINHOLD<sup>2)</sup> hat daraus geschlossen, „daß bei der Assimilation neben der Energie auch die Wellenlänge des Lichtes einen bestimmenden Einfluß hat.“ KNIEP<sup>3)</sup> ließ sich hierdurch mit Recht nicht überzeugen. Wie wir aus den genauen Bestimmungen der spektralen Absorption des Chlorophylls durch WILLSTÄTTER heute wissen, hat mindestens dessen Komponente b

1) Th. MEINHOLD, Beiträge zur Physiologie der Diatomeen, Beitr. zur Biologie d. Pfl 1911, Bd. X, S. 379.

2) Th. MEINHOLD, a. a. O. S. 381.

3) H. KNIEP Besprechung der MEINHOLDchen Arbeit in der Zeitschrift für Botanik 1911, Bd. 3, S. 810.

jenseits  $450 \mu\mu$  absteigende Absorption. Die Auslöschung des Violett rührt also vorwiegend von den gelben Pigmenten her, während das Band VI hauptsächlich durch das Chlorophyll erzeugt wird. Nimmt man also an, daß bei der Assimilation nur die grünen Farbstoffe wirken, so ist die Ähnlichkeit zwischen Absorptions- und Assimilationskurve wieder hergestellt. Dieser Befund spricht aber gleichzeitig dafür, daß MEINHOLD die Lage des Assimilationsmaximums in Blau zum ersten Male richtig und ziemlich genau bestimmt hat. Der betreffende Strahlenbereich kann durch sein Filter von Paramethylblau und Kupfersulfat mit guter Annäherung aus dem gemischten Lichte herausgeschnitten werden, man erhält dann Licht von der Wellenlänge  $438-474 \mu\mu$ . Hält man dieses Ergebnis zusammen mit dem von IWANOWSKI, daß das Gemisch der Chlorophylle das Absorptionsmaximum im Blau ungefähr an derselben Stelle bei  $450 \mu\mu$  hat und daß das Band VI bei lebenden Blättern nach MARCHLEWSKI bei  $434-450 \mu\mu$  liegt, so kann man IWANOWSKIs Meinung nur zustimmen, daß ein Zusammenhang zwischen Absorption allein durch die grünen Farbstoffe und Assimilation bestehe.

Zukünftige Untersucher werden dahin streben müssen, das durch Farbfilter gegangene Licht auf gleiche Energie zu bringen und die dadurch bewirkte Kohlensäurezerlegung gasanalytisch zu verfolgen.

Was nun weiter die Rolle der Begleitfarbstoffe anbelangt, so können diese, falls sie bei der Assimilation nicht mitwirken sollten, doch nicht ohne Einfluß auf sie sein. Sie werden vielmehr — wie oben schon angedeutet — bei dickeren Blättern u. ä. gerade umgekehrt, einen Teil des für die Assimilation an sich wirksamen Lichtes verschlucken. Dadurch muß im Bereiche der durch die gelben Farbstoffe bewirkten Bänder V und VI die Assimilationsgröße noch stärker hinuntergedrückt werden als wenn Chlorophyll allein vorhanden wäre. Denken wir weiter an solche Pflanzen, die besonders reichlich gelbe und braune Farbstoffe enthalten, wie viele Peridineen, Diatomeen und die Braunalgen, so darf bei diesen das Assimilationsmaximum zwischen F und G kaum mehr erwartet werden. Erst im Grün, das gelbe Farbstoffe durchzulassen pflegen, wären die Bedingungen für lebhaftere Chlorophylltätigkeit gegeben. Dem entsprechen nun die Befunde MEINHOLDS an Diatomeen recht gut, die bei flüchtiger Betrachtung der Auffassung von der ausschließlichen Bedeutung des Chlorophylls für die Assimilation zu widersprechen scheinen. MEINHOLD<sup>1)</sup> fand nämlich das Ver-

1) TH. MEINHOLD, a. a. O.

mehrungsmaximum für Diatomeen auf gleiche Energie umgerechnet zwischen E und F; von F ab aber starkes Fallen. Daß der Gipfel im Blaugrün, den ja auch schon ENGELMANN<sup>1)</sup> gefunden hat, nicht, wie man wohl geglaubt hat, einer besonders starken Absorption des betreffenden Lichtes durch das „Diatomin“, sondern gerade der Durchlässigkeit an dieser Stelle zu verdanken ist, ergibt sich am besten aus dem Absorptionsspektrum der betreffenden Farbstoffe. Die Mehrzahl der Forscher<sup>2)</sup> ist wohl der Meinung, daß die gelbbraune Farbe der Diatomeen von einem Gemisch von Chlorophyll mit Caroten und Xanthophyll herrührt. Die beiden letzteren absorbieren das Licht aber erst von jenseits  $F = 485 \mu\mu$  ab (Caroten 488—470 u. 456—438, Xanthophyll 480—470 u. 453—437), wo also das Assimilationsmaximum zwischen E u. F schon vorüber ist. Auch wenn man mit MOLISCH<sup>3)</sup> in der lebenden Diatomeenzelle eine einheitliche Farbstoffverbindung annimmt, so kann man gegen die obigen Schlußfolgerungen kaum etwas einwenden, da ja auch im Gesamtmolekül die einzelnen Bestandteile ihre chromophoren Eigenschaften zu behalten pflegen. Dementsprechend fand auch schon ENGELMANN<sup>4)</sup>, daß nach dem kurzwelligen Ende des sichtbaren Spektrums hin die Absorption bei Diatomeen dauernd zunimmt, während die Assimilation vom Blaugrün aus sinkt. Er machte hierfür die Energieverteilung im Spektrum verantwortlich. Wie MEINHOLD zeigte, bleibt dieser Mangel an Übereinstimmung aber auch bestehen, wenn die Assimilationswerte überall auf gleiche Energie umgerechnet werden.

Geben die sehr notwendigen neuen Untersuchungen auf diesem Gebiete<sup>5)</sup> den hier ausgesprochenen Vermutungen recht, so muß die ökologische Bedeutung der mannigfaltigen Farbstoffe bei Schizophyceen, Flagellaten, Diatomeen und Algen auf anderem Gebiete gesucht werden als es bisher meist geschah.

---

1) TH. ENGELMANN, Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation in Pflanzenzellen. Botan. Zeitung 1884, S. 90.

2) F. CZAPEK, Biochemie d. Pflanzen, 2. Aufl., Bd. I, Jena 1913, S. 600—601.

3) H. MOLISCH, Über den braunen Farbstoff der Phaeophyceen und Diatomeen. Bot. Ztg. 1905, Bd. 63, S. 139 ff.

4) TH. ENGELMANN, a. a. O., S. 92—93.

5) So auch CZAPEK, a. a. O., S. 600.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Pringsheim Ernst Georg

Artikel/Article: [Bemerkungen zu Iwanowskis "Beitrag zur physiologischen Theorie des Chlorophylls." 379-385](#)