

Besprechungen.

Neuere Literatur über das Chlorophyll

von Friedrich Czapek.

Noch vor nicht langer Zeit schien es möglich, von der 1817 durch Pelletier und Caventon begründeten Nomenklatur, welche den Namen »Chlorophyll« auf alle im alkoholischen Blätterauszug vorhandenen Pigmente erstreckte, abzugehen, und diese Benennung für den grünen Blattfarbstoff allein zu reservieren. Angesichts der neueren Erfahrungen über die Blattpigmente der Pflanzen erscheint jedoch ein solches Vorgehen nicht mehr ratsam. Die Untersuchungen von Sorby aus den Jahren 1867 und 1873, wonach der grüne Blätterfarbstoff nicht einheitlich ist, haben durch die Arbeiten von Marchlewski und Schunck (1900), Monteverde (1893), Tswett (3, 5, 6, 7) und Willstätter (2) verschiedene neue Stützpunkte gefunden, so daß die unter den deutschen Pflanzenphysiologen vorherrschende Meinung, daß nur ein allgemein bei allen grünen Pflanzen verbreitetes grünges und rotfluoreszierendes Blattpigment anzunehmen sei, kaum in ihrer alten Form wird aufrecht erhalten werden können. Tswett hat mit einer neuen interessanten Methodik, wobei er sich der Adsorption der Pigmente durch fein verteiltes Calciumkarbonat oder Zuckerpulver bediente, die Untersuchungen Sorbys wesentlich erweitert und gefunden, daß man durch diese »Adsorptionsanalyse« neben verschiedenen gelben Farbstoffen einen dunkelolivgrünen und einen dunkelblaugrünen Bestandteil aus dem Schwefelkohlenstoffextrakt von Blättern regelmäßig erhalten kann. Ersteres entspricht dem »Yellow Chlorophyll« Sorbys und wird von Tswett als Chlorophyllin β bezeichnet. Seine Quantität wird von dem genannten Autor annäherungsweise auf $\frac{1}{5}$ der Menge des blaugrünen Pigmentes geschätzt. Letzteres, das Chlorophyllin α von Tswett, »Blue Chlorophyll« von Sorby, überwiegt stets bedeutend. Die Lage der Absorptionsbänder I und VI ist nach Tswett in alkoholischer Lösung für Chlorophyllin α 660—670 $\mu\mu$ bzw. 431—442 $\mu\mu$, für Chlorophyllin β aber 640—650 $\mu\mu$ und 460—475 $\mu\mu$.

Während diese Farbstoffe nach Tswett allgemein verbreitet vorkommen, fehlt es nicht an anderweitigen Angaben, welche zu der Meinung führen können, daß nicht alle Pflanzen dieselben grünen Blattpigmente führen, so daß man von einer ganzen Klasse grüner Chlorophyllfarbstoffe sprechen müßte. Besonders weitgehend hat Étard (1) die Theorie von der Vielheit der Chlorophyllpigmente vertreten und ganze Reihen solcher Farbstoffe angenommen, die auch nebeneinander vorkommen sollen.

Spezielle Aufmerksamkeit haben aber neuerdings die älteren Angaben von Borodin (1882) und Monteverde (1893) auf sich gelenkt, wonach manche Pflanzen ein leicht in schönen Kristallen erhaltliches grünes Blattpigment führen, andere jedoch anscheinend nur amorphes Chlorophyll enthalten. Willstätter (6) konnte diese Erfahrungen voll bestätigen und stellte größere Mengen des kristallisierten Chlorophylls aus *Galeopsis Tetrahit* dar.

Willstätter definierte auch ganz exakt die chemische Differenz zwischen dem viel weiter verbreiteten amorphen Chlorophyll und dem kristallisierten Chlorophyll. Das amorphe Chlorophyll läßt nach vorsichtiger Säurebehandlung durch Alkalien sehr reichlich einen Fettalkohol $C_{20}H_{40}O$, das Phytol, abspalten, während im kristallisierten Chlorophyll das Phytol durch Methoxylgruppen vertreten wird (Willstätter 7). Tswett (13) findet hingegen, daß sehr rasch hergestellte und sofort untersuchte Blattauszüge das kristallisierte Chlorophyll nicht enthalten, und daß im Spektrum der Lösung der Chlorophyllkristalle die Absorptionen der Chlorophylline α und β vereinigt sind. Er bezweifelt darnach das native Vorkommen des kristallisierten Chlorophylls (*Meta-chlorophyllin* Tswett), und hält es für ein bei der Präparation entstandenes Kunstprodukt. Ref. glaubt vorläufig noch nicht, daß diese Zweifel berechtigt sind. Vielleicht werden sich noch verschiedene andere esterartig im Chlorophyll gebundene Alkohole nachweisen lassen, und damit ließe sich wohl Willstätters Auffassung bestätigen. Die chromophore Hauptgruppe dürfte, wie die Übereinstimmung des spektroskopischen Verhaltens zeigt, allerdings bei allen grünen Chlorophyllpigmenten wesentlich dieselbe sein.

Bis vor wenigen Jahren verfügte die Chlorophyllchemie zur Trennung der im Chlorophyllkorn nativ vorhandenen Pigmente wie zur Isolierung der beim Säure- und Alkaliabbau entstehenden Produkte über nichts anderes als Ausschüttelungsmethoden unter Benutzung verschiedener organischer Lösungsmittel. Da bei einseitiger Anwendung dieser Methodik und der Reinigung durch wiederholtes Ausfällen oder Umkristallisieren unerwünschte Beimengungen nicht immer vermieden werden

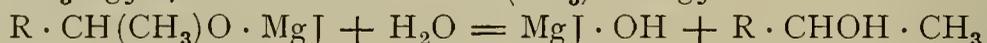
konnten, so resultierten manche Unsicherheiten, gerade in den Hauptfragen der Chlorophyllchemie. Die technisch glänzenden und sehr kritischen Untersuchungen von Willstätter (1 u. ff.) haben eine neue Phase der Chlorophyllchemie eingeleitet, indem die früher ausschließlich spektroskopische Kontrolle durch Berücksichtigung sämtlicher chemischer Merkmale ersetzt wurde, und zur Fraktionierung Säuren oder Basen von bestimmter Stärke beim Ausäthern angewendet wurden. Später fand es Willstätter für vorteilhaft, tadellos getrocknete Blätter (besonders von *Urtica*) als Ausgangsmaterial zu benutzen, aus denen viele Kilogramme Chlorophyll hergestellt werden konnten. Die von manchen Forschern, z. B. Stoklasa (2), geäußerten Bedenken, daß bei diesem Verfahren Enzymwirkungen u. a. Einflüsse auf das Chlorophyll nicht vermieden wurden, hält Ref. nicht für stichhaltig, da rasches Trocknen bei möglichst niedriger Temperatur die Blätterfarbe völlig erhält, ja man kann in geeigneten Trockenapparaten die empfindlichsten Organeiweißkörper in haltbaren Präparaten gewinnen. Überdies wurden von Willstätter (11) stets Kontrollversuche mit frischen Blättern angestellt, um etwaige Differenzen nicht zu übersehen. Einen weiteren Vorteil fand Willstätter (2) in der Benutzung kolloidaler wässriger Chlorophyllösungen, die an Äther Verunreinigungen leichter abgeben als den grünen Farbstoff. Die ersten Vorarbeiten stellte der genannte Autor noch an Extrakten aus zerschnittenen frischen Blättern mit siedendem Alkohol oder Essigäther an, wodurch man das Pigment etwa in jenem Zustand erhält, welches dem Hoppe-Seylerschen Chlorophyllan entspricht. Dieses Produkt wurde einmal mit alkoholischer Kalilauge behandelt. Nach Neutralisieren und Ausäthern wurde das erhaltene Produkt mit verschieden starker Salzsäure fraktioniert. So konnten gut kristallisierte Produkte von grüner Farbe isoliert werden, von verschieden stark basischen Eigenschaften, die Phytochlorine. Dieselben haben unter Annahme von 3 Atomen N, C₂₈ als Kohlenstoffgehalt der Formel.

Behandelt man hingegen das chlorophyllanartige Ausgangsprodukt nach der Einwirkung von Ätzkali mit kochender alkoholischer Salzsäure, so treten verschiedene rotgefärbte kristallisierbare Verbindungen auf Willstätters Phytorhodine, von dem gleichen N- und C-gehalt wie die Phytochlorine. Mit den früher beschriebenen Chlorophyllderivaten, besonders Phyllotaonin, ist keiner dieser Stoffe identisch; die Analysenzahlen zeigen ganz erhebliche Differenzen. In den folgenden Untersuchungen ging Willstätter bereits von dem getrockneten Blattpulver als Rohmaterial aus. Zunächst ergab sich das wichtige Resultat, daß das extrahierte Chlorophyll keinen Phosphor oder nur unbedeutende Spuren davon enthält.

Wie bekannt, hatte Hoppe Seyler (1879) auf Grund seiner Untersuchungen am Chlorophyllan zuerst angenommen, daß das grüne Blattpigment phosphorhaltig sei und wahrscheinlich die Struktur eines Lecithins haben dürfte. Diese Theorie ist seither fast unbestritten geblieben und hatte besonders seit den Arbeiten von Stoklasa (1896) an Ansehen gewonnen.

Durch die Angaben von Willstätter finde ich, trotzdem Stoklasa (1, 2) an seinen früheren Auffassungen festhält, die »Chlorolecithin«-Theorie stark erschüttert. Forscher wie Marchlewski (7) und Tswett (11) haben die Lecithinhypothese bereits definitiv aufgegeben. Stoklasa stützt sich auf die große Konstanz seiner analytisch ermittelten Phosphorwerte der Chlorophyllpräparate. Dies gibt allerdings zu Überlegungen Anlaß. Jedoch ist Willstätters Methodik des Ausätherns der kolloidalen wässrigen Chlorophylllösungen, wobei neben anderen Verunreinigungen beigemengte Lecithine sicher leicht in den Äther übergehen und so vom Farbstoff entfernt werden, der früheren Versuchstechnik außerordentlich überlegen. Ich finde es nicht recht wahrscheinlich, daß die Farbstoffgruppen so leicht und vollständig von dem übrigen Lecithinkomplex abgespalten werden, wie man zur Erklärung der Ergebnisse Willstätters beim Festhalten an der Chlorolecithinhypothese annehmen müßte.

Einen weiteren bedeutsamen Punkt, der allgemeine Anerkennung gefunden hat, bildet die sichere Konstatierung des Magnesiumgehaltes des Chlorophylls durch Willstätter, während die Abwesenheit von Eisen im Blätterfarbstoff eine erneute Bestätigung erfuhr. Vor 10 Jahren wurde nun durch Grignard die in der organischen Chemie zu hoher Bedeutung gelangte Entdeckung gemacht, daß metallorganische Magnesiumverbindungen, wie das von Grignard dargestellte Methylmagnesiumjodid CH_3MgJ mit Aldehyden oder Ketonen sehr leicht reagiert unter Bildung des nächsthöheren sekundären oder tertiären Alkohols:



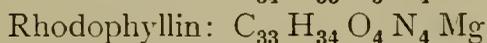
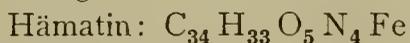
Unter Heranziehung dieser Tatsachen kommt Willstätter zu dem geistvollen Schlusse, daß man vielleicht die organische Synthese im Chlorophyllkorn mit den Grignardschen Synthesen vergleichen könne. Jedenfalls ist damit eine reiche Quelle experimenteller Arbeit neu erschlossen, und die Chlorophyllphysiologie nicht mehr ausschließlich auf die Sensibilatorhypothese angewiesen.

Bei der Verseifung des Chlorophyllextraktes mit methylalkoholischer Kalilauge erhielt Willstätter (2) eine amorphe grüne komplexe Magnesiumverbindung, oder eine Reihe von solchen, für die er in Anlehnung

an die Arbeiten von Timiriazeff (1871) die Benennung »Chlorophylline« vorschlägt. Gegenwärtig besteht allerdings hier eine Namenskollision mit den oben erwähnten von Tswett isolierten nativen grünen Pigmenten. Aus W.s Chlorophyllinen spalten Säuren sehr leicht den Mg-haltigen Komplex ab.

Ließ Willstätter (3) auf Chlorophyll alkoholische Oxalsäure in der Kälte einwirken, so ergab sich ein Mg-freies wachsartiges dunkelgefärbtes Produkt, welches dunkelolivbraune schwach rotfluoreszierende Lösungen gibt. Sein Entdecker nennt den Stoff »Phaeophytin«. Marchlewskis (7, 19) Meinung ist, daß Chlorophyllan, Phaeophytin und M.s Phyllogen identisch seien. Tswett (12) hält das Phaeophytin für ein Gemisch der aus den beiden Chlorophyllinen entstehenden Chlorophyllane α und β . Viel wichtiger als diese Fragen ist die Feststellung Willstätters, daß das Phaeophytin esterartigen Bau hat und durch Alkalien leicht verseift wird unter sehr reichlicher Bildung eines ölartigen ungesättigten Alkohols $C_{20}H_{40}O$ aus der Reihe der primären Olefinalkohole, für den er den Namen »Phytol« vorschlägt. Neben dem Phytol entstehen N-haltige, gefärbte Spaltungsprodukte, welche den oben erwähnten Phytochlorinen und Phytorhodinen ähnlich sind. Der N-haltige, Mg-freie chromophore Kern, nach Abzug des Phytolrestes, wird nun als Phytochrominkern bezeichnet, seine Derivate als Phytochromin.

Nach W.s Nomenklatur werden alle Mg-haltigen Produkte der alkalischen Hydrolyse von Chlorophyll als »-phylline« bezeichnet. In einer weiteren Untersuchung (5) beschäftigt sich Willstätter mit der Einwirkung von alkoholischer Lauge bei hoher Temperatur auf Chlorophyllin. Man erhält da eine Reihe prächtig gefärbter kristallisierbarer Verbindungen von starker Fluoreszenz, von denen zunächst das reichlich entstehende Rhodophyllin studiert wurde. Diese Substanz steht in der empirischen Zusammensetzung dem Hämatin nahe:



Der Mg-gehalt ist $7,1\%$. Säuren spalten die Mg-gruppe sehr leicht ab. Dabei entsteht ein Porphyrin. Demnach läßt sich das Rhodophyllin als ein Porphyrin betrachten (Rhodoporphyrin), in welchem 2H durch Mg substituiert sind, und zwar komplex an basische Gruppen verankert. In der achten Chlorophyllarbeit vom Jahre 1909 berichtet W. über die Vervollständigung dieser Feststellungen. Demnach ist das Chlorophyllin als dreibasische Säure aufzufassen, während die Abbauprodukte weniger Carboxyle enthalten. Chlorophyllin spaltet sich zunächst in das einbasische Phyllophyllin und in das zweibasische Glauko-

bindung. Das Zink stammt nun aus dem Glase, und Willstätter konnte später zeigen, daß das Zink sehr leicht den Platz des Mg im Rhodophyllin einnimmt. Vielleicht kommen Zinkchlorophylle selbst in der Natur in Pflanzen unter geeigneten Verhältnissen vor, oder lassen sich solche in gewisser Menge experimentell zur Bildung bringen. Marchlewski (7, 13) beobachtete die Bildung von Zinkverbindungen bei Behandlung von Chlorophyllan mit Zinkhydroxyd und Kohlensäure; er macht auf die dem natürlichen Chlorophyll sehr ähnliche Beschaffenheit der optischen Eigenschaften dieses Produktes aufmerksam. Durch Alkalibehandlung wird das Zn nicht abgespalten.

Die bessere Kenntnis der Chlorophyllchemie gestattete schließlich weitere Fortschritte auf dem Gebiete der kolorimetrischen Ermittlung der Gesamtmenge des Chlorophylls in Blättern. So fand Willstätter (7) mit Benutzung des reinen kristallisierten Chlorophylls als standard 0,5 bis 1 % der Blattockensubstanz an Chlorophyll. Marchlewski (18) gibt für *Urtica* 1,048 % an Chlorophyll an.

Bekanntlich enthalten die Chloroplasten außer den grünen Pigmenten noch mehrere gelbe Farbstoffe, deren Zahl Tswett auf mindestens fünf veranschlägt. Von dem einen dieser Stoffe ist die nahe Beziehung zum Carotin der *Daucus*wurzel schon lange bekannt, doch war es durchaus zweifelhaft, ob dieser Chloroplastenfarbstoff (Tschirchs Xanthocarotin) mit dem Möhrencarotin identisch sei oder nicht. Auch hier hat Willstätters Forschung erfolgreich eingegriffen (4), indem gezeigt wurde, daß das Carotin aus *Urtica*blättern sicher kein anderer Stoff sein kann als das Möhrencarotin. Doch erwies sich die Arnaudsche Formel für den Carotinkohlenwasserstoff ($C_{26}H_{38}$) als unhaltbar und wir müssen fortan die Formel $C_{40}H_{56}$ als die richtige Carotinzusammensetzung ansehen. Eines zweiten gelben Farbstoffes wurde Willstätter habhaft, als er die gelben Stoffe aus der Verseifung von Chlorophyll mit KOH aus der alkoholischen Lösung in Äther überführte und nach Einengen mit Petroläther fällte. So wurde das Xanthophyll kristallisiert erhalten: eine durch Kristallform und Farbe vom Carotin sehr deutlich verschiedene Substanz, die auch abweichende Löslichkeitsverhältnisse zeigt. Die Analyse ergab aber eine einfache nahe Beziehung zum Carotin. Das Xanthophyll ist ein Oxyd des Carotin $C_{40}H_{56}O_2$. In der neueren Literatur spielt die Diskussion der Verwandtschaft des Carotins mit Cholesterin eine bedeutende Rolle, obgleich die angeblichen Beweise immer schwach fundiert waren, so daß ich (*Biochemie*. 1, 175) diesen Zusammenhang als völlig problematisch bezeichnen mußte. Immerhin lesen wir noch 1906 in einer Arbeit, »daß die Carotinforschung mit Phytosterinforschung, das Chlorophyllproblem mit dem Lecithinproblem

auf immer verbunden sein werde«. Nach Willstätter kann nun von Beziehungen des Carotins zu Cholesterinen kaum die Rede sein.

Carotin und noch mehr das Xanthophyll absorbieren intensiv Sauerstoff und werden dabei gebleicht. Lichtzutritt ist hierzu nicht nötig. Diese Erfahrungen führen auf die bereits von Arnaud für das Carotin vindizierte physiologische Rolle als Sauerstoff bindende Zellsubstanz zurück und sind von großem Interesse. Die gelben Chromatophorenpigmente wären mithin den Atmungspigmenten im Sinne Palladins zuzuzählen. Daß das Carotin bei der Kohlensäureassimilation durch seine chromophoren Eigenschaften mitwirke, wie Kohl (2) zuletzt behauptet hatte, erscheint wenig plausibel. Einmal ist das Carotin kein fluoreszierender Farbstoff, und zum andern fand Willstätter in der Absorptionskurve des kristallisierten Chlorophylls ein zweites Maximum zwischen F und G, so daß wir zur Erklärung des zweiten Assimilationsmaximums im blauen Licht nicht erst mit Kohl das Carotin mit heranziehen müssen.

Der Farbstoff der Tomate, welcher von Schunck als Lycopin bezeichnet worden ist, hat nach Willstätter (10) die gleiche empirische Zusammensetzung wie das Carotin: $C_{40}H_{56}$, ist jedoch durch Kristallform und Löslichkeit vom Möhren-carotin scharf verschieden. Auch das Spektrum zeigt Unterschiede. Es ist noch mehr Sauerstoff absorbierend als Carotin.

Mit dem Möhren-carotin selbst befaßt sich eine neuere Arbeit von H. Euler und E. Nordenson (1). Auch diese Untersuchung ergab keine Analogien des Farbstoffes mit Phytosterinen, von welchen mehrere das Carotin begleiten. Daß unter Umständen mehrere carotinartige Stoffe nebeneinander vorkommen, geht aus der Mitteilung von G. und F. Tobler (1) über die Pigmente des Samenarillus von *Momordica Balsamina* L. hervor.

Tswett (9, 10) hat seine Adsorptionsmethode auch auf die Pigmente des herbstlich vergilbten Laubes angewendet. Der gelbe Farbstoff, der bereits von mehreren Autoren früher als besonderes Pigment angesehen worden ist, z. B. Staats (1895), dürfte wohl kaum einheitlich sein. Das Herbstxanthophyll, Autumnixanthin (Staats), läßt sich nach Tswett aus Petroläther durch gefällttes $CaCO_3$ vollständig adsorbieren. Dieses Vergilben des Laubes scheidet der genannte Autor mit Recht als nekrobiotische Phase von der postmortalen Bräunung der Blätter, wobei braune wasserlösliche Farbstoffe auftreten. Mit Stahl (1) kann man die ausschließliche Bildung des Blattgrüns im Lichte und die unterbleibende Bildung in alten Blättern oder reifen Früchten als sparsames Umgehen mit N- und Mg-Vorräten ökologisch deuten. Dies würde auch für das Etiolement zu bedenken sein.

Die Biochemie der Algenfarbstoffe hat in der neueren Chlorophyll-Literatur wenig Berücksichtigung erfahren. Aus *Fucus* gelang es Willstätter (2) dasselbe Chlorophyllin durch Alkalibehandlung zu gewinnen, wie bei höheren Pflanzen, und ferner auch dessen Magnesiumgehalt festzustellen. Auch nach den Angaben von Tswett (1) kann man aus *Fucus* das gewöhnliche grüne Hauptpigment der höheren Pflanzen durch Kreideadsorption abtrennen. Während Molisch (1905) das Grünwerden der Braunalgen beim Abtöten als Zeichen der Zerstörung einer *intra vitam* vorhandenen braunen »Chlorophyllmodifikation« deutete, denkt Tswett an eine Lösung eines gelben Pigmentes (Fucoxanthin) in den vorhandenen fetten Ölen beim Absterben der Zellen und eine dadurch zustande kommende Entmischung der Chromatophorenfarbstoffe, welche das postmortale Ergrünen zur Folge hat. Ref. hält die Darlegungen von Tswett für sehr bedeutungsvoll in dieser Frage und möchte zu neuen entscheidenden Versuchen über die Phaeophyceenfarbstoffe die Anregung geben. Die Diatomeen dürften parallele Vorkommnisse darstellen. Die letzterschienene Arbeit über das Diatomeenchromophyll stammt von Kohl (1).

Sehr interessante Beobachtungen über die physiologische Wirkung von Chlorophylllösungen verdanken wir W. Hausmann (1, 2, 3, 4). Dieser Forscher versetzte sehr verdünnte Mischungen von Methylalkohol mit Wasser, welche nachweislich lange Zeit hindurch das Leben von Protozoen nicht beeinträchtigten, mit etwas methylalkoholischer Chlorophylltinktur, und trug in dieses Reagens *Paramecien* oder ausgewaschene Blutzellen ein. Während im Dunklen das Chlorophyll gar keine schädliche Wirkung entfaltete, wurden im Licht (noch im trüben Tageslichte in Verdünnungen von 1 : 3 000 000) die Tiere binnen wenigen Stunden durch die Farbstofflösung getötet resp. die Blutzellen hämolysiert. Daß hierbei die Fluoreszenz mitspielt, folgt daraus, daß die photodynamische Wirkung der Chlorophylllösung im roten Lichte am stärksten ist, andere fluoreszierende Stoffe wie Phylloporphyrin, Hämatoporphyrin, Galle gleichfalls wirken, hingegen das nichtfluoreszierende Anthokyan unwirksam ist. Von speziellem Interesse ist es, daß Hausmann (4) unter größter Vorsicht Auszüge aus etiolierten Pflanzen herstellte, und dieselben gleichfalls photodynamisch wirksam fand. Dieses Ergebnis stützt die Annahme, daß etiolierte Chloroplasten einen fluoreszierenden Farbstoff führen, der möglicherweise mit dem Protochlorophyll von Timiriazeff (1889) identisch ist.

Ausgeschlossen ist es nicht, daß nach Analogie verschiedener Fermentreaktionen Verbindungen von Zucker oder Kohlenhydraten mit Stoffen des Chloroplasten eine Rolle spielen. Solche Verbindungen will

Stoklasa (1) vom Chlorophyll nachgewiesen haben, und dieser Autor zieht hierzu auch Beobachtungen von Hiestand (1) heran, wonach die phosphorhaltige aus getrockneten Blättern durch Äther und Alkohol extrahierbare Substanz Kohlenhydrate einschließt, als deren Spaltungsprodukte Glukose und Galaktose gefunden wurden. Da es noch sehr zweifelhaft ist, inwieweit solche Verbindungen mit dem Chlorophyll zu tun haben, so sei hier auf eine weitere Diskussion dieser Angelegenheit verzichtet.

Literaturverzeichnis.

(Die im Text angeführten älteren Arbeiten (vor 1905 erschienen und durch die Jahreszahl gekennzeichnet) sind in dem nachstehenden Verzeichnis nicht enthalten und wollen in des Ref. »Biochemie der Pflanzen« 1 nachgesehen werden.)

1. A. Étard, *La Biochimie et les Chlorophylles*. Paris 1906.
1. H. Euler u. E. Nordenson, Zur Kenntnis des Möhren carotens und seiner Begleitsubstanzen. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **56**, 223 (1908).
1. W. Hausmann, Über die photodynamische Wirkung chlorophyllhaltiger Pflanzenauszüge. *Ber. d. d. bot. Ges.* 1908, 452.
2. W. Hausmann u. W. Kolmer, Über die sensibilisierende Wirkung pflanzlicher und tierischer Farbstoffe auf Paramaecien. *Biochem. Zeitschr.* **15**, 12 (1908).
3. W. Hausmann, Die photodynamische Wirkung des Chlorophylls und ihre Beziehung zur photosynthetischen Assimilation der Pflanze. *Ebenda* **16**, 294 (1909).
4. W. Hausmann u. L. v. Portheim, Die photodynam. Wirkung der Auszüge etiologierter Pflanzenteile. *Ebenda* **21**, 51 (1909).
1. O. Hiestand, *Histor. Entwicklung unserer Kenntnisse über die Phosphatide*. Beiträge zur Kenntnis der pflanzl. Phosphatide. Inaug.-Dissert. von Zürich 1906, 187.
1. F. G. Kohl, Die Farbstoffe der Diatomeen-Chromatophoren. *Ber. d. d. bot. Ges.* **24**, 124 (1906).
2. —, Die assimilator. Funktion des Carotins und das zweite Assimilationsmaximum bei F. *Ebenda* 222 (1906).
1. Will. Küster, Beiträge zur Kenntnis des Hämatins. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **55**, p. 505 (1908).
1. L. Marchlewski und P. Kozniewski, Zur Kenntnis des Chlorophylls. *Biochem. Zeitschr.* **3**, 302 (1906).
2. L. Marchlewski, Über Herrn Tswetts histor. Chlorophyllforschungen und seine Chlorophylline. *Ber. d. d. bot. Ges.* **25**, 225 (1907).
3. —, Ein weiterer Beweis der chem. Verwandtschaft des Chlorophylls und Blutfarbstoffes. *Biochem. Zeitschr.* **3**, 320 (1907).
4. —, Zur Phylloxanthinfrage. *Ebenda* **7**, 282 (1907).
5. — und St. Mostowski, Zur Kenntnis des Blutfarbstoffes VII. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **51**, 464 (1907).
6. — und J. Rettinger, Zur Kenntnis des Blutfarbstoffes VIII. *Ebenda* **54**, p. 151 (1907).
7. —, Studien in der Chlorophyllgruppe I., L. Hildt, L. Marchlewski und J. Robel, Über die Einwirkung von Säuren auf Chlorophylle. *Biochem. Zeitschr.* **10**, 131 (1908).

8. L. Marchlewski und J. Rettinger, Zur Kenntnis des Hämopyrrols. *Biochem. Zeitschr.* **10**, 437 (1908).
9. — II., Über die Umwandlung des Phyllotaonins in Phyltorhodine. *Ebenda* 472 (1908).
10. —, Zur Chemie des Blutfarbstoffes IX. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **56**, 316 (1908).
11. L. Hildt, L. Marchlewski u. J. Robel, Über die Umwandlung des Chlorophylls unter dem Einflusse von Säuren. *Extr. du Bull. Acad. des Sci. de Cracovie.* Avril 1908.
12. T. Kozniewski u. L. Marchlewski, On the Conversion of Phyllotaonine into Phyltorhodine. *Ebenda.* April 1908.
13. L. Marchlewski III., Eine neue Abbaumethode in der Chlorophyllchemie. *Biochem. Zeitschr.* **16**, 3 (1909).
14. H. Malarski u. L. Marchlewski IV., Über Zinkchlorophylle und Zinkprophyllotaonine. *Ebenda* **21**, 523 (1909).
15. L. Barabasz u. L. Marchlewski V., Der endgültige Beweis der Identität des Chlorophyllpyrrols und Hämopyrrols. *Ebenda* 548 (1909).
16. Z. Leyko u. L. Marchlewski, Zur Kenntnis des Hämopyrrols II. *Ebenda* **22**, 464 (1909).
17. L. Marchlewski, Die Chemie der Chlorophylle. Braunschweig 1909.
18. H. Malarski u. L. Marchlewski VI., Bestimmung des Chlorophylls in Pflanzenteilen. *Biochem. Zeitschr.* **24**, 319 (1910).
19. — — VII., Über Chlorophyllan, Allochlorophyllan und Chlorophyllpyrrol. *Ebenda* **27**, 246 (1910).
20. — — VIII., Über die Bildung des Phyllotaonins aus Chlorophyllan. *Ebenda* **28**, 48 (1910).
1. E. Stahl, Über das Vergilben des Laubes. *Ber. d. d. bot. Ges.* **25**, 530 (1907).
1. J. Stoklasa, V. Brdlik u. J. Just, Ist der Phosphor an dem Aufbau des Chlorophylls beteiligt? *Ebenda* 1908, 69.
2. —, — u. Ad. Ernest, Zur Frage des Phosphorgehaltes des Chlorophylls. *Ebenda* 1909, 11.
1. G. u. F. Tobler, Untersuchungen über Natur und Auftreten von Carotinen. I. Frucht von *Momordica Balsamina* L. *Ebenda* 1910, 365.
1. M. Tswett, Zur Kenntnis der Phaeophyceenfarbstoffe. *Ebenda* **24**, 235 (1906).
2. —, Physikal.-chem. Studien über das Chlorophyll. Die Adsorptionen. *Ebenda* 316 (1906).
3. —, Adsorptionsanalyse und chromatographische Methode. Anwendung auf die Chemie des Chlorophylls. *Ebenda* p. 384 (1906).
4. —, Zur Geschichte der Chlorophyllforschung. Antwort an Herrn Marchlewski. *Ebenda* **25**, 71 (1907).
5. —, Spektralanalyt. Untersuchungen über die Chlorophylline und deren nächste Säurederivate (Chlorophyllane). *Ebenda* **25**, 137 (1907).
6. —, Über die Spektrophotometrie der Chlorophylline und die Energetik des Chlorophylls. *Ebenda* **25**, 388 (1907).
7. —, Zur Chemie des Chlorophylls. Über Phylloxanthin, Phyllocyanin und die Chlorophyllane. *Biochem. Zeitschr.* **5**, 6 (1907).
8. —, Nochmals über das Phylloxanthin. *Ebenda* **6**, 373 (1907).
9. —, Über die Verfärbung und die Entleerung des absterbenden Laubes. *Ber. d. d. bot. Ges.* 1908, 88.

10. M. Tswett, Über das Pigment des herbstlich vergilbten Laubes. Ber. d. d. bot. Ges. 1908, 94.
11. —, Ist der Phosphor an dem Aufbau der Chlorophylline beteiligt? Ebenda 214 (1908).
12. —, Über das Phaeophytin und die Chlorophyllane nebst Schlußbemerkungen über das Phylloxanthin. Biochem. Zeitschr. **10**, 404 (1908).
13. —, Natur des sogen. »kristallisierbaren Chlorophylls« (Metachlorophyllins). Ebenda 414 (1908).
14. —, Das neue System der sogen. Chlorophyllderivate. Ebenda 426 (1908).
1. R. Willstätter, Untersuchungen über Chlorophyll I. Über eine Methode der Trennung und Bestimmung von Chlorophyllderivaten von R. Willstätter und W. Mieg. Liebigs Annal. **350**, 1 (1906).
2. — II., Zur Kenntnis der Zusammensetzung des Chlorophylls. Ebenda 48 (1906).
3. — III., Über die Einwirkung von Säuren und Alkalien auf Chlorophyll (mit F. Hocheder). Ebenda **354**, 205 (1907).
4. — IV., Über die gelben Begleiter des Chlorophylls (mit W. Mieg). Ebenda **355**, 1 (1907).
5. — V., Über Rhodophyllin (mit A. Pfannenstiel). Ebenda **358**, 205 (1907).
6. — VI., Über kristallisiertes Chlorophyll (mit M. Benz). Ebenda 269 (1907).
7. — VII., Vergleichende Untersuchung des Chlorophylls verschiedener Pflanzen (mit F. Hocheder u. E. Hug). Ebenda **371**, 1 (1909).
8. — VIII., Über den Abbau von Chlorophyll durch Alkalien (mit H. Fritzsche). Ebenda 33 (1909).
9. — IX., Oxydation der Chlorophyllderivate (mit Yas. Asahina). Ebenda **373**, 227 (1910).
10. — und H. H. Escher. Über den Farbstoff der Tomate. Zeitschrift für physiol. Chem. **64**, 47 (1910).
11. — Chlorophyll und seine wichtigsten Abbauprodukte. Handbuch der Biochem. Arbeitsmethoden, herausgeg. von E. Abderhalden. **2**, 2. Hälfte, 671 (1910).

Müller-Thurgau, H., u. Schneider-Orelli, O., Beiträge zur Kenntnis der Lebensvorgänge in ruhenden Pflanzenteilen. I. Über den Einfluß des Vorerwärmens und einiger anderer Faktoren.

Flora. N. F. 1910. **1**, 309—372.

Angeregt durch die Versuche Johannsens über den Einfluß des Ätherisierens auf die Abkürzung der Ruheperiode der Pflanzen und angeregt durch die Experimente des Ref. über den gleichen Einfluß des Warmbades haben die Verf. es unternommen, gewisse Stoffwechselfvorgänge, die vielleicht damit im Zusammenhang stehen, zu untersuchen. Als Versuchsobjekt diente vorläufig ausschließlich die Kartoffelknolle, die aber durch das Warmbad nicht getrieben werden kann. Wenn daher diese Versuche noch zu keinem abschließenden Urteile über den

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Botanik](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Czapek Friedrich

Artikel/Article: [Besprechungen. Neuere Literatur über das Chlorophyll 43-54](#)