

4. Richard Harder: Lichtintensität und „chromatische Adaptation“ bei den Cyanophyceen.

(Eingegangen am 5. Oktober 1921. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Als GAIDUKOV¹⁾ die wichtige Entdeckung machte, daß *Oscillaria sancta* ihre Farbe komplementär zu der des Lichtes einstellt, in dem sie kultiviert wird, sah ENGELMANN²⁾ in dieser „chromatischen Adaptation“ eine wichtige Stütze für seine bekannte Theorie der Beziehung zwischen Lichtabsorption und Assimilation³⁾. Auch BORESCH⁴⁾, der Wiederentdecker der durch die andersartigen oder negativen Ergebnisse von MAGNUS und SCHINDLER, BORESCH selbst und PRINGSHEIM⁵⁾ schon etwas in Mißkredit geratenen GAIDUKOVschen Entdeckung, hält die Ausbildung einer zur vorherrschenden Lichtfarbe komplementären Färbung für nicht bedeutungslos für den Assimilationsprozeß, da dadurch eine größere Absorption des zur Verfügung stehenden Lichtes gewährleistet ist. Ihm scheint diese Farbänderung eine Stütze für die Anschauung zu sein, daß die Begleitpigmente des Chlorophylls doch in irgendeiner Beziehung zur Photosynthese stehen. Durch die neuesten Befunde BORESCHS⁶⁾, daß bei den Cyanophyceen häufig ein dem Rotalgenfarbstoff nahe verwandtes Phykoerythrin vorkommt, gewinnt diese Annahme wohl noch an Wahrscheinlichkeit.

Eine einwandfreie Lösung der Frage, ob sich die „chromatisch adaptierten“ Algen tatsächlich hinsichtlich der Assimilation in der Lichtfarbe, an die sie angepaßt sind, unter günstigeren Bedingungen befinden, als die nicht adaptierten, ist natürlich nur durch Assimilationsversuche möglich; ehe diese gemacht sind, können aber andersartige Beobachtungen schon gewisse Hinweise geben.

Wenn nämlich durch die chromatische Adaptation die Alge

1) Abh. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1902. Anhang, Abh. V.

2) Archiv f. Physiol. 1902. Supplbd., S. 333.

3) Bot. Zeitg. 1883, S. 18.

4) Ber. d. D. Bot. Ges. 1919. 37, S. 25.

5) Ber. d. D. Bot. Ges. 1912. 30, S. 314. Jahrb. f. wiss. Bot. 1913, 52. S. 145. Beitr. z. Biol. d. Pflz. 1913. 12, S. 49.

6) Biochem. Zeitschr. 1921. 119, S. 167.

befähigt wird, das betreffende Licht, an das sie angepaßt ist, tatsächlich wesentlich besser auszunutzen als im nichtadaptierten Zustand, dann ist zu erwarten, daß unter ungünstigen Bedingungen, wie sie schwache Intensitäten des betreffenden monochromatischen Lichtes darstellen, die betreffenden Adaptationspigmente ganz besonders stark entwickelt werden, weil ja gerade unter diesen Verhältnissen die zweckmäßige Ausstattung des Assimilationsapparates von viel lebenswichtigerer Bedeutung ist als bei intensiver Bestrahlung. Sind doch nach OLTMANN¹⁾ die Rotalgen, die in schwachem Licht gewachsen, auch intensiver gefärbt als solche, die in starkem Licht kultiviert waren.

Die experimentelle Inangriffnahme des Problems bietet keine Schwierigkeit, da man sich Kulturen „adaptierender“ Cyanophyceen bei hinreichender Geduld unschwer verschaffen kann. Unter ungefähr 50 zu diesem Zweck in Kultur genommenen Arten fand ich zwei, die ihre Färbung im verschiedenfarbigen Licht in befriedigender Weise änderten. Die eine davon war *Phormidium foveolarum*. Nur mit ihr wurden die folgenden kleinen Versuche angesetzt, da bei ihr schon BORESCH eingehende Untersuchungen über ihre Farbänderung im Licht von verschiedener Wellenlänge angestellt hat, deren Ergebnisse direkt mit verwendet werden konnten.

Die Resultate BORESCHs über das Verhalten in verschiedenfarbigem Licht konnten durchaus bestätigt werden, eine eingehende Mitteilung der Befunde ist daher überflüssig. Für unsere Fragestellung ist nur von Interesse, daß, wie auch BORESCH angibt, die Alge sich im roten Licht intensiv spangrün färbte, im blauen Licht dagegen eine schöne Purpurfärbung (BORESCH nennt die Farbe Rotbraun- bis Grauviolett) annahm.

Eine genaue quantitative Untersuchung über den Einfluß der Intensität des Lichtes von verschiedener Wellenlänge mit Hilfe von energieglichen Farbfiltern unter Anwendung von Licht von bekannter Intensität war mir durch Einschränkung des Verbrauchs des elektrischen Stroms infolge der allgemeinen wirtschaftlichen Lage leider nicht möglich, ich mußte mich daher mit den folgenden, weniger exakten Feststellungen begnügen.

Reagenzglaskulturen des *Phormidium* wurden in mehrere Meter lange, lichtdichte, schwarze Pappkästen gesetzt, in welche von der einen Schmalseite durch eine quadratische Oeffnung von 10 cm Seitenlänge das Licht eines Nordfensters einfiel. In zwei der

1) Jahrb. f. wiss. Bot. 1892. 23. S. 424.

Kästen wurde durch Vorsetzen einer Kuvette mit Saffranin- bzw. Kupferoxydammoniaklösung rotes bzw. blaues Licht erzeugt. Die Schmalseite der Kästen stieß an die Fensterscheibe. Ueber die Lichtintensität, die hinter den Filtern herrschte, läßt sich nichts genaues sagen, abgesehen von der Tatsache, die bei anderer Gelegenheit mit einer Thermosäule festgestellt wurde, daß die von dem roten Filter durchgelassene Energie mindestens 5 mal, wahrscheinlich aber noch wesentlich stärker war, als die des durch das blaue Filter hindurchgehenden Lichtes. Daß in beiden Fällen das Licht auch direkt hinter dem Filter schwächer war als in dem ohne Farbfilter gebliebenen Kasten ist selbstverständlich.

Der Versuch begann damit, daß eine größere Zahl von frisch beimpften Schrärgröhrchen (1000 ccm Leitungswasser, 10 g Agar, 0,1 g $MgSO_4$, 0,1 g K_2HPO_4 , 0,5 g $Ca(NO_3)_2$, Spur $FeCl_3$) in einem Gewächshaus flach auf einen Tisch gelegt und mit einer einfachen Lage weißen Papiers gegen direkte Besonnung geschützt wurde. Die Algen entwickelten sich sehr gleichmäßig und wurden nach einigen Wochen, als sie erfahrungsgemäß etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der überhaupt in den Reagenzglaskulturen erreichbaren Entwicklungsstärke erlangt hatten, in die oben geschilderten Kästen gebracht. Je 16 Kulturen wurden so, daß sie sich gegenseitig nicht beschatteten, im roten, blauen und weißen Licht in 4 verschiedenen Entfernungen vom Lichtloch aufgestellt (also je 4 Kontrollen für jeden Lichtwert).

Das Ergebnis war folgendes:

Farbe aller Kulturen bei Beginn des Versuchs (1. Juni): fast rein grün, nur schwacher olivfarbener Anflug.

1. In weißem Licht. 1. **Direkt am Fenster:** Nach 6 Tagen schmutziggoliv, nach 9 Tagen braunviolett, nach 20 Tagen schwärzlichpurpurn, nach etwa 80 Tagen Beginn von Vergilbung (Nährsalzmangel?) 2. **1 m vom Fenster entfernt:** Wie in 1, Verfärbung aber langsamer, erst nach 30 Tagen schwärzlichpurpurn, Farbe am 99. Tag noch ebenso. 3. **3 m vom Fenster entfernt:** Nach 20 Tagen noch grün, nach 30 Tagen gelblichgrün, nach 99 Tagen ebenso. 4. **5 m vom Fenster entfernt,** Röhrchen in einer oben offenen Blechbüchse, also Kulturen fast völlig dunkel: Nach 9 Tagen grün, schon nach 20 Tagen gelblichgrün, nach 99 Tagen unverändert.

Während sich die Kulturen in 1 sehr üppig entwickelten, und auch die Algen in 2 noch gut wuchsen, war das Wachstum in 3 und 4 gleich Null. Die gelbgrüne Farbe in 3 und 4 war offenbar eine Folge des Lichtmangels und ein Zeichen des Absterbens. Als die Kulturen nämlich nach 99 Tagen in Stellung 1 gebracht wurden,

Lichtintensität und „chromatische Adaptation“ bei den Cyanophyceen. 29

waren alle 8 nach 3 Tagen völlig farblos — sie waren also wohl schon vorher tot.

II. In blauem Licht. 1. Direkt hinter dem Filter: Anfangs grün, nach 20 Tagen schmutzigoliv, nach 51 Tagen ebenso, nach 99 Tagen (in der Zwischenzeit wurde nicht kontrolliert) schwärzlich-purpurn. Wachstum gering. 2. 65 cm vom Filter entfernt: Die Kulturen wurden am 30. Tag gelblichgrün, wie in I, 3 und 4, später unverändert. Kein Wachstum. 3. und 4. 135 und 300 cm vom Filter entfernt: Schon nach 20 Tagen gelblich, sonst = 2.

III. In rotem Licht. 1. Direkt hinter dem Filter: Nach 9 Tagen spangrün, nach 99 Tagen unverändert. Geringes Wachstum. 2., 3. und 4. 65, 135 und 300 cm vom Filter entfernt: Schon nach 9 Tagen gelblichgrün, nach 99 Tagen ebenso. Kein Wachstum.

Von den Röhrechen im blauen und roten Licht wurden am 30. Tag einige aus den hinteren Stellungen herausgenommen und unter gleichfarbige SENEBIERSche Glocken gebracht, die in einem Gewächshaus fast den ganzen Tag von der durch eine hölzerne Schattendecke etwas abgeschwächten Sonne beschienen wurden. Unter den Glocken herrschte natürlich eine sehr viel größere Lichtintensität als hinter den einseitig vom sonnenlosen Nordlicht getroffenen Küvetten — die Folge war, daß sehr rasch eine lebhaftere Umfärbung in schwärzlich Purpur und noch rascher in Spangrün eintrat, während die hinter den Nordlichtküvetten stehenden Kulturen zur selben Zeit noch immer dieselbe etwas schmutzigolivgrüne Farbe wie im Augenblick des Versuchsbeginnes hatten.

Um auch unter den SENEBIERSchen Glocken die Lichtintensität abzustufen, wurden PETRISchalen, die nur in der Mitte beimpft waren, zu einem Stapel aufeinandergestellt unter die Glocken gebracht. Nur die jeweils oberste Platte färbte sich vollkommen um, die folgende, von der obersten beschattete, zeigte trotz des farbigen Seitenlichts selbst nach Wochen nur relativ schwache Anflüge des Adaptationstons und die übrigen hatten (besonders unter der blauen Glocke) um so reiner die olivgrüne Farbe schwach beleuchteter Kulturen, je weiter unten sie im Stoß standen. Wachstum fand aber auch auf den zu unterst stehenden Platten sowohl unter der roten wie der blauen Glocke statt.

Aus den Versuchen folgt: Je intensiver das farbige Licht ist, desto rascher findet die Umfärbung statt, eine Tatsache, die auch schon GAIDUKOV und BORESCH angeben; neu ist dagegen die Feststellung, daß in sehr schwachem einfarbigem Licht die Anpassungsfärbung vollständig unterbleibt. Selbst bei monatelangem Aufenthalt im roten oder blauen Licht kann der Farbton derselbe

bleiben wie im abgeschwächten weißen Licht — das ist eine Tatsache, die gegen eine ausschlaggebende Bedeutung der Umfärbung für die Assimilation zu sprechen scheint. Die angewendete Lichtintensität war teilweise (im Nordlicht) so schwach, daß die Kulturen zugrunde gingen. Nun kann man hier natürlich einwenden, daß die Alge nicht über die nötige Energiezufuhr verfügt hätte, um die Bildung des Phykocyans aufzubringen — in anderen Fällen (in den PETRISCHALAN-Kulturen unter den SENEBIERSCHEN Glocken) war aber so viel Energie vorhanden, daß die Alge sich sichtbar vermehrte, und zwar auch in den untersten, schlechtest beleuchteten Kulturen, und trotzdem unterblieb die Umfärbung. Der Einwand, daß unter diesen Umständen die Umfärbung überflüssig gewesen sei, weil die Pflanzen ja auch ohne sie schon in für die Vermehrung ausreichender Weise assimilieren konnten, ist natürlich hinfällig, da ja dann die oberste, am hellsten beleuchtete Platte auch unverfärbt hätte bleiben müssen¹⁾.

Zweifellos spielt also die Intensität des Lichtes eine große Rolle für die Umfärbung. Erst von einer bestimmten Lichtintensität aufwärts tritt sie ein. In schwachem, weißem Licht ist *Phormidium foveolarum* fast rein grün, durch Bestrahlung mit nicht zu schwachem Rot geht die Farbe in grelles Spangrün über, durch kurzwelliges Licht von einer gewissen Intensitätsgrenze aufwärts tritt dagegen ein ± purpurner Ton auf, und die gleiche oder doch annähernd gleiche Färbung wird auch durch intensives weißes Licht hervorgerufen. Man geht wohl nicht fehl, wenn man für die Übereinstimmung der Farbtöne im blauen und intensiven weißen Licht die gleiche Ursache annimmt, nämlich die kurzwelligen Lichtstrahlen, die von einer bestimmten Stärke an wirksam werden und die Wirkung der eventuell vorhandenen langwelligen Strahlen überdecken, so daß der durch die roten Lichtstrahlen entstehende grüne Farbton der Alge mit zunehmender Intensität der kurzwelligen Strahlen immer mehr nach Purpur verändert wird. Daß tatsächlich die Färbung von *Phormidium foveolarum* im weißen und kurzwelligen Licht (Grün und Blau) auf der gleichen Zusammensetzung der wasserlöslichen Pigmente beruht, hat ja BORESCH²⁾ gezeigt. Er spricht in seiner diesbezüglichen Mitteilung von einer gleichen „Modifikation des Phykocyans“, nach seiner neuesten Arbeit³⁾, in der er eine weit-

1) In rotes Licht gebracht ging die Purpurfarbe der Blankulturen in Grün über, es handelte sich hier also nicht um die von BORESCH neuerdings (Zeitschr. f. Botan. 1921. 13, 65) mitgeteilte Purpurfärbung infolge Fe-Mangels.

2) Ber. d. D. Bot. Ges. 1919. 37, S. 25.

3) Biochem. Zeitschr. 1921. 119, S. 167.

gehende Verbreitung von Phykoerythrin in olivgrün bis rot gefärbten Cyanophyceen nachweist, muß man aber vermuten, daß es sich auch bei *Ph. foveolarum* wohl nicht nur um Phykocyan, sondern auch um „Schizophyceenerythrin“ handelt. Von einer eigenen Untersuchung der Pigmente wurde abgesehen, weil BORESCH bereits im April 1921 eine „demnächst“ erscheinende ausführliche Publikation über die wasserlöslichen Farbstoffe von *Ph. foveolarum* angekündigt hat¹⁾.

Vermutungsweise könnte man die Ansicht äußern, daß die biologische Bedeutung der Umfärbung des *Phormidium* im kurzwelligeren Licht vielleicht eine Art „Schutzwirkung“ gegen zu große Intensität dieser Strahlengattung darstellen könnte, wofür als Stütze die Beobachtung PIEPERS²⁾ an Oscillarien (die ich für *Nostoc*-Hormogonien bestätigen kann) herangezogen werden könnte, daß schon relativ schwaches blaues und starkes weißes Licht negativ phototaktisch wirken. Eine Schutzwirkung für das Chlorophyll³⁾ wäre allerdings wohl nur dann denkbar, wenn das Schutzpigment die Chloroplasten umhüllte, nicht aber in ihnen selbst enthalten wäre. Da unser Wissen über die Organisation der Cyanophyceenzelle und über manche andere Dinge, die hier in Betracht kommen, aber wegen Raummangels nicht diskutiert werden können, sehr gering ist, so kann ein positiver Schluß einstweilen noch nicht gezogen werden.

Ohne Anspruch darauf machen zu wollen, eine entscheidende Klärung zur Frage der Beteiligung der Begleitpigmente am Assimilationsprozeß zu bringen, möchte ich in der vorliegenden Notiz die große Bedeutung der Intensität des Lichtes für die Färbung der Organismen hervorheben, auf die nach BERTHOLD⁴⁾ besonders OLTMANN⁵⁾ mit Nachdruck hingewiesen hat. Ähnliches konnte ich⁶⁾ bereits früher für andere Cyanophyceen berichten: *Nostoc punctiforme* ist je nach der Lichtintensität, in der er kultiviert wird (50—15000 MK), dunkelspangrün oder bräunlich und *Anabaena variabilis* unter gleichen Verhältnissen spangrün oder grau. Das Verhalten des *Phormidium foveolarum* ist in diesem Zusammenhange

1) 1921. A. a. O. S. 188

2) Die Phototaxis der Oscillarien. Dissert. Berlin 1915. S. 52.

3) Vergl. KERNER, Pflanzenleben, 1. Aufl. 1877. Bd. 1, S. 361

4) Mitteil. zoolog. Stat. Neapel. 1882. 3, S. 415.

5) Jahrb. f. wiss. Bot. 1892. 23, S. 424. Morphol. u. Biologie d. Algen 1905. Bd. 2, S. 196 ff. Vergl. dazu auch GAIDUKOV, Hedwigia 43, S. 104. Derselbe, Ber. d. D. Bot. Ges. 1906. 24, S. 1.

6) Zeitschr. f. Bot. 1917. 9, 224.

um so interessanter, als bei ihm auf den ersten Blick die Wellenlänge des Lichtes der allein ausschlaggebende Faktor zu sein scheint. Daß letztere für die Färbung der Cyanophyceen ihre Bedeutung hat, und zwar eine größere als die Intensität, soll natürlich absolut nicht geleugnet werden. Meine eigenen Versuche zeigten mir, daß auch im hellsten mir zur Verfügung stehenden roten Licht immer nur die spanngrüne, nie die purpurne Farbe zustande kommt.

Wenn in der Natur manche Cyanophyceen bald grün, bald olivgrün oder bräunlich angetroffen werden, so wird dafür neben Alterserscheinungen¹⁾ sicher die Beleuchtungsintensität am Standort ausschlaggebend sein, und die unter Umständen an den einzelnen Fäden ein und desselben Lagers auftretenden Farbunterschiede werden besonders in unbeweglichen Zuständen von der gegenseitigen Beschattung der Fäden durcheinander abhängen. Daneben werden natürlich auch die oberen Fäden als Farbfilter für die unteren wirken.

Würzburg, Botanisches Institut, im September 1921.

5. Friedrich Boas: Die Wirkung der Saponinsubstanzen auf die Hefezelle.

(Ein Beitrag zur Lipoidtheorie.)

(Aus dem botanischen Institut der landw. Hochschule Weihenstephan.)
(Eingegangen am 6. Oktober 1921. Vorgetragen in der. Novembersitzung.)

Die Voraussetzungen für die folgenden Versuche sind:

1. Saponinsubstanzen verändern den kolloidalen Zustand der aus einer Lecithin-Cholesterinmischung bestehenden Lipoidkomponente der Plasmaoberfläche, wobei Cholesterin ausgeflockt wird, ohne daß eine Entmischung der Lipoide eintritt.

2. Eine Änderung des Quellungszustandes der Lipoide, die meist im Sinne einer \pm großen Flockung verläuft, führt je nach der Wirksamkeit der Saponine zu einer \pm starken Erhöhung der Permeabilität. Diese starke Erhöhung der Permeabilität kann bei den hochaktiven Saponinsubstanzen, die wie Digitonin²⁾

1) BORESCH, Biochem. Zeitschr. 1921. 119, S. 204.

2) Mit Hilfe von Digitonin wird bekanntlich Cholesterin nach der Methode WINDAUS bestimmt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Harder Richard

Artikel/Article: [Lichtintensität und „chromatische Adaptation“ bei den Cyanophyceen. 26-32](#)