

Stellung in Strassburg i. E. angetreten. Der Vorsitzende hat ihn deshalb ersucht, die Demonstration auf die am 20. März stattgefundene Sitzung der Gesellschaft naturforschender Freunde zu verlegen und hat diejenigen Berliner Mitglieder der Deutschen Botanischen Gesellschaft, bei denen er ein besonderes Interesse hierfür voraussetzen konnte, eine schriftliche Einladung für diese Sitzung übersandt.

Die Erläuterung des Photomikroskopes für ultraviolette Strahlen hat Herr Dr. W. DIECK, Dozent an dem Königl. zahnärztlichen Institute, freundlichst übernommen. Da hierfür die Vorführung von Projektionsbildern, wozu unser gegenwärtiges Versammlungslokal nicht die erforderlichen Einrichtungen besitzt, notwendig ist, muss diese Demonstration ebenfalls an anderer Stelle, nämlich in der Sitzung der Gesellschaft naturforschender Freunde, welche am Dienstag den 17. April im Hörsaal VI der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule stattfinden wird, erfolgen. In derselben Sitzung wird auch Herr BERGMANN, Vertreter der Firma LEITZ, das Ultramikroskop in vereinfachter Form demonstrieren. Alle Mitglieder der Deutschen Botanischen Gesellschaft sind hierzu freundlichst eingeladen.

Mitteilungen.

18. F. G. Kohl: Die Farbstoffe der Diatomeen-Chromatophoren.

Eingegangen am 18. März 1906.

Durch die neueste Publikation von MOLISCH¹⁾ und die Kritik derselben von TSWETT²⁾ ist die Frage nach der Natur des Diatomeen-Pigments wieder in den Vordergrund des Interesses gestellt worden. Bei der Verschiedenheit der Auffassung der genannten beiden Autoren musste ich meine früheren Angaben in meiner Schrift „Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische

1) H. MOLISCH: I. Über den braunen Farbstoff der Phaeophyceen und Diatomeen. II. Über amorphes und kristallisiertes Anthokyan. Bot. Ztg., 63. Jahrg. 1905. 1. Abt. 7 und 8, S. 131–162

2) M. TSWETT: Kritische Bemerkungen zu MOLISCH's Arbeit über die Phaeophyceen-Farbstoffe. Botan Zeitung, 63. Jahrg., 15. September 1905, Nr. 18, S. 273–278.

Bedeutung in der Pflanze“ einer nochmaligen Prüfung unterziehen, um mich für die eine oder andere Auffassung entscheiden zu können. Ich habe mich an obengenannter Stelle folgendermassen geäußert (S. 147): „Keine von beiden Diatomeen (*Gomphonema*, *Navicula*) gab an Wasser irgend welchen Farbstoff ab, wohl aber genügte Behandlung mit verdünntem Alkohol. Wie ASKENASY ganz richtig angibt, enthalten die ersten Auszüge von bräunlich-gelber Farbe kein Chlorophyll (jede Absorption im Rot fehlt), ohne Zweifel aber die späteren und besonders die mit heissem Alkohol gewonnenen. Von dem ersten Auszug wird fast die ganze blaue Hälfte des Spektrums verdunkelt, doch konnte ich deutlich in dieser breiten Endabsorption den Carotinstreifen I sehen, der zweite ist nur schwach angedeutet; daher glaube ich, dass es ein Diatomin nicht gibt, es dürfte sich dabei wohl nur um Carotin handeln, dem ein anderer bräunlich-gelber Farbstoff, wahrscheinlich Xanthophyll, in sehr geringer Quantität beigemischt ist; mit der Kalimethode gelingt es, das Carotin in Form von Krystallen zur Ausscheidung zu bringen.“

MOLISCH, der als vorzüglicher Beobachter und Experimentator auch auf dem Gebiete der Pflanzenfarbstoffe bekannt ist, nahm zur Trennung der verschiedenen Pigmente der Diatomeen, wohl gestützt auf ASKENASY's Erfahrung, zunächst eine Behandlung des Diatomeen-Materials mit 70 pCt. Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur vor, erhielt eine goldgelbe Lösung und fand dieselbe chlorophyllfrei in Übereinstimmung mit meiner obigen Angabe. Nun ist aber bekannt, dass 70 pCt. Alkohol auch in der Kälte das Chlorophyll der Chloroplasten höherer Pflanzen wenigstens teilweise auszieht, und das abweichende Verhalten des Diatomeen-Chlorophylls musste befremden, oder es hätte das Fehlen des Chlorophylls in der Lösung eventuell auf ein Fehlen desselben in den Diatomeen-Chromatophoren schliessen lassen müssen. Ich wiederholte nun, um zunächst hierüber völlige Gewissheit zu erlangen, mit einigen stattlichen Reinkulturen prächtiger, ledergelber Diatomeen (*Achnanthis lanceolatum* und *Himantidium pectinale* var. *curta*) den Versuch genau nach MOLISCH's Vorschrift. Die Individuen der einen Kultur (*Achnanthis*) sassen der Seitenwand und dem Boden des Becherglases in dichter Schicht fest an. Das Wasser wurde abgegossen und durch 70prozentigen Alkohol ersetzt und das Ganze eine halbe Stunde bei einer Temperatur von 15° C. stehen gelassen. Die nach Verlauf dieser Zeit abgegossene und filtrierte Lösung war dunkelgoldgelb und zeigte im Spektroskop vollkommene Absorption der blauen Hälfte des Spektrums und drei Streifen in der roten. Entgegen meinem früheren Befunde und entgegen der Angabe von ASKENASY und MOLISCH ist also schon diese Lösung chlorophyllhaltig. Entweder wurde in allen den früheren Versuchen mit zu geringen

Mengen Algenmaterials gearbeitet, oder es wurde die spektroskopische Untersuchung der goldgelben Lösung bei zu geringer Schichtdicke vorgenommen, oder die Einwirkungsdauer des Alkohols betrug weniger als eine halbe Stunde. Die so gewonnene goldgelbe Lösung will ich der Kürze halber in folgendem mit a bezeichnen. Schüttelte ich a mit einem gleichen Volumen Benzin, so blieb zunächst aller Farbstoff in der unteren Flüssigkeit, allmählich geht etwas davon in das Benzin. Sowie ich jedoch einige Kubikzentimeter Wasser zuzugte, so ging der gesamte Farbstoff in das Benzin, welches nunmehr goldgelb gefärbt war, wogegen die wässerig-alkoholische untere Flüssigkeitsschicht vollkommen farblos wurde. Das gesamte Carotin nebst den Spuren von Chlorophyll sind oben im Benzin enthalten, wie die spektroskopische Untersuchung lehrt. Will man die geringen Mengen Chlorophylls entfernen, so muss man die Benzinlösung im Wasserbad eindampfen, den Rückstand mit Alkohol aufnehmen, etwas Kali zusetzen, im Dunkeln stehen lassen, dann mit Äther ausschütteln. Der Äther nimmt alsdann das gesamte Carotin auf, während in der schwach grünlichen alkalisch-alkoholischen Lösung das Chlorophyll verbleibt. Die Lösung a enthält hiernach nur viel Carotin und wenig Chlorophyll. Die der Glaswand anhaftenden Diatomeen hatten eine prächtige hellbläulich-grüne Farbe, die besonders auf dunklem Hintergrunde eine auffallende Leuchtkraft zeigte. Nunmehr wurde das Material mit 96prozentigem Alkohol bei Zimmertemperatur solange in Berührung gelassen, bis die Diatomeen unter oft wiederholter Bewegung vollständig farblos oder als mattweisser Überzug der Glaswand erschienen.

Die hellgrüne Farbe hatte sich unverändert auf diese Lösung übertragen. Ich nenne diese Lösung b.

Das Absorptionsspektrum von b war folgendes:

I. $\lambda = 640-668$. II. $\lambda = 605-620$. III. $\lambda = 565-580$.

Der Carotinstreifen ist in der bis $\lambda = 450$ vom violetten Ende herüberreichenden starken Endabsorption nur schwer zu erkennen.

Ein Teil von b wurde mit verdünnter Kalilauge versetzt, mit Äther überschichtet und im Dunkeln unter oftmaligem Schütteln stehen gelassen. Nach 24 Stunden hatte sich der Äther b 1 gelb, die alkalisch-alkoholische untere Schicht b 2 dagegen grün gefärbt.

b 1. Schwacher Carotinstreifen. Chlorophyllstreifen fehlen.

b 2. Chlorophyllstreifen I sehr stark, die übrigen schwächer, aber deutlich vorhanden. Carotinstreifen I fehlt. Endabsorption im Blauviolett.

Ein anderer Teil von b wurde mit Benzin geschüttelt. Das obenstehende Benzin b 3 färbte sich grün, die untere alkoholisch-wässerige Lösung b 4 ganz schwach gelb.

- b 3. Chlorophyllspektrum. Carotinstreifen I ganz schwach.
- b 4. Chlorophyllspektrum fehlt. Carotinstreifen I fehlt. Endabsorption im Blauviolett bis an die Grenze vom Grün. Vom Chlorophyllstreifen I eine Spur.

Die Zusammensetzung der Lösung b ist demnach in bezug auf die Farbstoffe dieselbe, wie die von a, nur dominiert hier in b das Chlorophyll, in a das Carotin. Das Xanthophyll, das in a nur in Spuren enthalten ist, ruft in b deutliche Endabsorption hervor.

Es geht aus diesen Befunden, welche ich bei Wiederholung immer in gleicher Weise erhielt, unwiderleglich hervor, dass das Chromatophorenpigment der Diatomeen besteht aus:

1. Chlorophyll mit demselben Absorptionsspektrum wie bei den höheren Pflanzen,
2. Carotin und
3. Xanthophyll.

Mischt man optisch die drei erhaltenen Farbstofflösungen, so resultiert die gelbbraune Lederfarbe des angewandten Materials. Meine schon im Carotinbuch ausgesprochene Behauptung, dass es ein Diatomin nicht gebe, finde ich hiernach vollkommen bestätigt. Bei ganz kurzer, etwa 5 Minuten langer Behandlung mit 70prozentigem Alkohol in der Kälte gelingt es, in der Hauptsache nur das Carotin zu extrahieren, von Chlorophyll und Xanthophyll gehen nur ganz geringe Mengen in Lösung; um sie spektroskopisch nachzuweisen, muss man schon ziemlich dicke Schichten (5—10 *cm*) der Lösungen anwenden. Bei längerer Einwirkung des 70prozentigen Alkohols nimmt derselbe etwas mehr von beiden letztgenannten Farbstoffen auf. Mit 96prozentigem Alkohol gelingt es bei gewöhnlicher Zimmertemperatur die totale Entfärbung des Diatomeenmaterials zu bewirken. Die jetzt erhaltene Lösung enthält viel Chlorophyll, sehr wenig Carotin und wenig Xanthophyll.

MOLISCH fand in der unteren Schicht nach dem Ausschütteln der Rohchlorophylllösung (von mir mit b bezeichnet) neben Carotin noch Leukocyan. Er sagt „die gelbe Schicht enthält neben Carotin — und das ist von besonderem Interesse — auch Leukocyan. Die gelbe Lösung mit einer Spur Salzsäure versetzt, gibt nach einiger Zeit die charakteristische Leukocyanreaktion, und die Flüssigkeit wird blaugrün, es entsteht Phaeocyan.“

Das Leukocyan ist vorläufig noch hypothetisch, wenigstens in bezug auf die Diatomeen, auf welche sich diese Mitteilung allein bezieht. Es fragt sich nun, ob die auf Zusatz verdünnter Salzsäure entstehende Blaufärbung (MOLISCH's Phaeocyanbildung) nicht vielleicht auch anders zu erklären wäre. Nach meinen Erfahrungen liegen dafür zwei Möglichkeiten vor. MOLISCH hat durchaus Recht,

wenn er sagt, dass verdünnte (etwa 2prozentige) Salzsäure Carotinkristalle nicht zu bläuen vermag; allein es wäre nicht ausgeschlossen, dass

1. verdünnte Salzsäure Carotinslösungen allmählich bläut oder
2. verdünnte Salzsäure Xanthophylllösung blau färbt.

Da in der in Rede stehenden unter dem Benzin befindlichen Schicht bei MOLISCH's Versuch sicher neben Carotin, wie er selbst angibt, auch noch Xanthophyll, wie aus meiner spektroskopischen Untersuchung folgt, vorhanden sein musste, so könnte die Blaufärbung, aus welcher MOLISCH allein die Anwesenheit des Leukocyans folgert, auch durch Salzsäurewirkung auf in Lösung befindliches Carotin oder Xanthophyll hervorgerufen worden sein. Um diese Frage zu entscheiden, liess ich erstens auf verdünnte Carotinslösungen und zweitens auf verdünnte Xanthophylllösungen, welche ich aus den grünen Blättern von *Ilex aquifolium* und *Symphoricarpos racemosus* herstellte, 2prozentige Salzsäure einwirken, und zwar verfuhr ich in folgender Weise: Das Carotin wurde mit Hilfe der Kalimethode in Äther gebracht, die ätherische Lösung eingedampft, das Carotin in 70prozentigem Alkohol gelöst und mit Benzin überschichtet. Da, wie oben bemerkt, in diesem Falle ein Teil des Carotins in der unteren Alkoholschicht bleibt, wurde etwas Salzsäure zugefügt. Die alkoholische Lösung färbte sich blaugrün. Ein anderer Teil des in 70prozentigem Alkohol gelösten Carotins wurde ebenfalls mit Benzin überschichtet, vorher jedoch etwas Wasser (einige Kubikzentimeter) zugefügt. Nunmehr nimmt das Benzin alles Carotin auf, die alkoholische Lösung wird vollkommen farblos und bleibt es auch nach Zusatz von Salzsäure.

Es war also in diesen Versuchen mit reinen Carotinslösungen das in alkoholischer Lösung vorhandene Carotin, welches mit Salzsäure die Blaufärbung herbeiführte. Nunmehr wiederholte ich dieselben Manipulationen mit den Lösungen a und b. Sobald man die mit Benzin überschichtete gelbe alkoholische Lösung so belässt, wie man sie zunächst erhielt, nämlich mit 70prozentigem bzw. 96prozentigem Alkohol, so bleibt trotz anhaltenden Schüttelns mit Benzin ein Teil des Carotins in ihr enthalten; sowie man jedoch mit Wasser verdünnt, so geht alles Carotin in das Benzin über, die untere Lösung erweist sich spektroskopisch als vollkommen carotinfrei, und wenn sie noch schwach gelblich erscheint, so rührt diese Färbung, wie das Spektroskop bei Anwendung dicker Flüssigkeitsschichten zeigt, von Xanthophyll her. Mit dem Verschwinden des Carotins bleibt aber auch die Blaufärbung mit Salzsäure aus. MOLISCH's Leukocyanreaktion bei den Diatomeen ist eine Carotinreaktion, die aber durch Salzsäure nur in alkoholischer Lösung

hervorgerufen wird. Sorgt man dafür, dass alles Carotin ins Benzin wandert, so bleibt sie aus, was zugleich beweist, dass das Xanthophyll dabei unbeteiligt ist. Wie ich früher mitgeteilt habe, gibt es zwei Xanthophylle, die sich durch ihre Absorptionsspektren leicht von einander unterscheiden lassen; hier handelt es sich um β -Xanthophyll, dessen Spektrum keinerlei Bänder aufweist, sondern nur eine mit der Konzentration der Lösung an Ausdehnung zunehmende Endabsorption am blauvioletten Ende des Spektrums. β -Xanthophyll ist in allen Blättern nachzuweisen, sowohl in grünen, als in herbstlich gelben, als auch in denen goldgelbblättriger Varietäten. Wie ich weiter Seite 142 meiner Carotinschrift angab, ist das β -Xanthophyll in vielen Blüten, Früchten und Samen das einzige die Färbung hervorrufende Pigment. Man wird also auch unter diesen Objekten geeignete finden, an denen sich die Wirkung verdünnter Salzsäure prüfen lässt. Was nun den bekannten Farbenumschlag bei den Diatomeen anbelangt, so führe ich denselben in erster Linie auf leichte Zugänglichkeit des Lösungsmittels zu den Chromatophoren zurück. Der Alkohol tötet hier, wo ihm die Löcher der Membran und die Zweiteilung der letzteren momentanen Zutritt gestatten, augenblicklich den Zellinhalt; es wird sofort das Carotin (und eventuell auch das Xanthophyll) gelöst und das Chlorophyll bleibt zurück, weil es dem Einfluss des Lösungsmittels länger widersteht, die Lederfarbe geht in ein Blaugrün über. Man kann diesen Farbenumschlag auch, freilich nicht so prägnant, bei den Phanerogamenblättern beobachten. Er tritt schon ein, wenn man das Blatt durch einige Minuten langes Eintauchen in kochendes Wasser tötet. Vergleicht man es darnach mit dem unbehandelten Blatt, so sieht es mehr blaugrün aus. Extrahiert man es mit 70prozentigem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur oder unter leichtem Erwärmen, so vollzieht sich derselbe Vorgang wie bei dem Diatomeenversuch. Die ersten Auszüge sind fast goldgelb, gegen ihre Farbe kontrastieren die der Extraktion unterworfenen Blätter fast blaugrün. Jedes nächste Extrakt wird grüner, carotinärmer, chlorophyllreicher, und nur die letzten Extrakte werden wieder schwach gelblich.

Hat also der 70prozentige Alkohol zu den Chromatophoren der Blätter ebenso wie bei den Diatomeen raschen Zutritt, so entstehen zuerst gelbe Lösungen, die carotinreich und chlorophyllfrei oder -arm sind. Das zurückbleibende Blatt erscheint rein grün, während es im Anfang gelbgrün, olivengrün, braungrün aussehen konnte. Erst bei weiterer Behandlung geht das Chlorophyll in Lösung, bis endlich nach dessen Verschwinden aus dem Blatte noch die letzten Carotinreste an die Reihe kommen. Lässt man sofort konzentrierten Alkohol auf das Blatt einwirken oder 70prozentigen bei höheren Tempera-

turen, so entstehen sofort grüne Lösungen. Also alles mutatis mutandis wie bei den Diatomeen.

Auch die Erscheinung, welche MOLISCH S. 142 erwähnt, dass ein alkoholisches konzentriertes Extrakt aus lederbraunen Diatomeen grün aussieht und nicht dieselbe Färbung hat wie das lebende Chromatophor, lässt sich bei den Phanerogamenblättern konstatieren.

Als ich olivenfarbige Blätter von *Glycine*, ohne sie vorher getötet zu haben, extrahierte, erhielt ich eine rein grüne Lösung.

Der Farbenumschlag bei ganz kurzer Behandlung von Diatomeen mit kaltem 70prozentigem Alkohol beruht auf rascher Extraktion des Carotins (und Xanthophylls); der Farbenumschlag bei Behandlung mit heissem Wasser, Wasserdampf, Äther, heisser Luft usw. vielleicht auf Ausscheidung des vorher im Chromatophoren gelösten Carotins in fester Form, d. h. in Form unendlich kleiner Krystalle oder Körnchen infolge des fällenden Einflusses des nach Tötung des Protoplasten und der Chromatophoren in letztere eintretenden Wassers resp. eintretender wässriger Lösungen von Säuren, Salzen usw. aus der Zellsaftvakuole in das Chromatophor. Fällte ich im Probierring in einer gelben Carotinlösung das Carotin mit Wasser aus, so wird die Lösung farblos. Die im Chromatophor von mir angenommene Carotinfällung vollzieht sich vermutlich in so kleinen Partikeln, dass letztere unter der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit liegen.

Ein weiterer von mir vorgenommener Versuch entbehrt in dieser Richtung nicht eines gewissen Interesses. Ich nahm eine Carotinlösung (Benzin) und mischte ihr wenig einer Chlorophylllösung in Benzin bei, so wenig, dass die spektroskopische Untersuchung zwar den Chlorophyllstreifen I deutlich erkennen liess, dass aber das makroskopische Aussehen der Lösung noch das einer Carotinlösung blieb, die Gelbfärbung erschien durch das zukommende Chlorophyll nur um eine Nuance dunkler, keineswegs hätte man mit blossem Auge auf die Anwesenheit von Chlorophyll kommen können. Diese Benzinlösung, deren Färbung etwa derjenigen der Diatomeen-Chromatophoren entsprach, wurde nun mit Wasser erhitzt, bis das Benzin nahezu verdampft war. Dabei zeigte sich deutlich ein Farbenumschlag von dunkelgelb in grün. Fügte ich aufs neue Benzin zu, so löste sich ausgefallener Farbstoff mit grüner Farbe. Wie hierbei das Carotin sich verhielt, kann ich vorläufig noch nicht sagen; sicher wurde es zuerst in feinsten Körnchen unlöslich ausgeschieden, Körnchen, die so winzig sind, dass sie suspendiert in der Flüssigkeit die letztere nicht färben. Auch das Chlorophyll wurde beim teilweisen Verschwinden des Lösungsmittels wohl gefällt, das ausgefällte Chlorophyll besitzt aber eine intensiv grüne Farbe, so dass die Flüssigkeit grün erscheint. Das Carotin scheint nun bei

der ganzen Manipulation verändert worden zu sein, da bei Benzinzusatz eine grüne Lösung entsteht, der die ursprüngliche gelbe Carotinfarbe fehlt.

Ich gelange auf Grund des Gesagten zunächst zu dem Schlusse, dass, da die Erscheinungen des Farbenumschlages bei den Diatomeen prinzipiell nicht anders liegen als bei den Phanerogamenblättern, auch zunächst keine Veranlassung vorliegt, die Färbung der Diatomeen-Chromatophoren für verschieden von der der Phanerogamenblätter zu halten. Ich beharre vielmehr auf meiner früheren Behauptung, dass die Chromatophoren der Diatomeen ihre Farbe einem Gemische von Chlorophyll, Carotin und Xanthophyll verdanken. Diese drei Komponenten des Gesamtfarbstoffs der Diatomeen lassen sich leicht voneinander trennen und in gesonderten Lösungen mit scharfer, spektroskopischer Charakteristik gewinnen. Das Mischungsverhältnis der drei Teilfarbstoffe weicht bei den Diatomeen insofern von dem bei den Phanerogamen vorliegenden ab, als bei jenen das Carotin quantitativ überwiegt. Diatomin gibt es nicht und ist aus der Liste der Pflanzenfarbstoffe zu streichen. Auch Leukocyan ist in den von mir darauf untersuchten Diatomeen sicher nicht vorhanden.

Um seine Auffassung der postmortalen Entstehung des Phyko-phaeïns zu stützen, sucht MOLISCH die braune oder gelbbraune Farbe des Chromatophors der Braunalgen dadurch zu erklären, dass er die Existenz eines „braunen Chlorophylls“ postuliert, welches beim raschen Abtöten der Alge in heissem Wasser usw. in gewöhnliches Chlorophyll übergeführt wird. Eine wesentliche Stütze für diese Hilfshypothese findet MOLISCH in der Tatsache, dass sich in Phanerogamenblättern die Chlorophyllkörper durch Behandlung mit wässriger, konzentrierter Kalilauge braun färben, um nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde von selbst wieder grün zu werden. Der Umschlag der gelbbraunen in die grüne Färbung erfolgt sofort beim Erwärmen bis zum Sieden oder bei Zufuhr von Wasser, etwas weniger rasch nach Zusatz von Alkohol, Äther, Glyzerin usw.

In Erwägung der Tatsachen, welche MOLISCH an den Diatomeen konstatieren konnte, und in Anbetracht der bei Braunalgen gesammelten Erfahrungen nimmt MOLISCH auch bei den Diatomeen (wie bei den Phaeophyceen) in den lebenden Chromatophoren die Anwesenheit eines braunen Chlorophylls an, welches beim raschen Absterben der Zelle in gewöhnliches Chlorophyll umgewandelt wird, wodurch der plötzliche Farbenschlag sich erklären würde. Ich habe vorn bereits mitgeteilt, weshalb ich es für denkbar halte, dass der Farbenschlag auch auf anderem Wege zustande kommen könne, nämlich durch Beseitigung der Farbwirkung des Carotins,

indem dasselbe durch lösende Agentien aus den Chromatophoren weggeführt wird (Alkohol) oder durch andere Mittel in feinkörniger Form in farblosem Zustande gefällt wird (Wasser, Glyzerin usw.). Alsdann würde die Präexistenz eines braunen Chlorophylls überflüssig sein. Die grüne Farbe des Chlorophylls wäre vielmehr in der lebenden Diatomeenzelle durch das in normaler Einlagerungsform vorhandene Carotin verdeckt resp. mit dem Orangegelb des Carotins zu Braun kombiniert, träte aber alsbald nach Abtötung ungetrübt hervor. Meine fortgesetzten Studien des Diatomeen-Farbstoffs weisen darauf hin, dass wohl die tatsächlichen Beobachtungen MOLISCH's richtig, nicht aber seine Schlussfolgerungen zwingend sind. Ich habe den braunen Farbstoff, in den man mit Kalilauge den grünen Farbstoff der Blattchromatophoren verwandeln kann, untersucht und hebe hier nur sein spektroskopisches Verhalten hervor. Bei dieser Braunfärbung vollzieht sich eine deutliche und stets in derselben Weise und mit derselben Schärfe hervortretende Veränderung des Absorptionsspektrums, indem sich besonders der Absorptionsstreifen I deutlich nach dem violetten Ende verschiebt, und zwar ungefähr um seine jeweilig eigene Breite.

	Lage des Absorptionsstreifens I
a) normales Chlorophyll:	$\lambda = 660-650$ verdünnt $\lambda = 670-640$ konzentriert
b) braunes Chlorophyll:	$\lambda = 640-620$ verdünnt $\lambda = 645-615$ konzentriert
c) lebende Diatomeen: (braun)	$\lambda = 660-640$ verdünnt $\lambda = 670-650$ konzentriert
d) getötete Diatomeen: (grün)	$\lambda = 660-650$ verdünnt $\lambda = 670-640$ konzentriert.

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, verhielt sich der Chlorophyllanteil des braunen Chromatophoren-Pigments der Diatomeen anders als das braune Kalichlorophyll. Läge im Diatomeen-Pigment neben anderen Farbstoffen (Carotin usw.) dieselbe braune Chlorophyllmodifikation vor wie in den mit Kalilauge gebräunten Chloroplasten der Blätter, so müssten die beiden Absorptionsspektren übereinstimmen, denn auf die Lage des Absorptionsstreifens I des Chlorophylls hat die Beimengung anderer Farbstoffe, welche die äussere Erscheinung, d. h. den Farbenton stark verändern können, nicht den geringsten Einfluss. Es ist gewiss interessant nicht nur, sondern in vorliegender Frage von ausschlaggebender Bedeutung, dass die Lage des Chlorophyllstreifens I bei der lebenden braunen Diatomeenzelle genau dieselbe ist wie bei der getöteten grünen (c und d). Trotz des Farbenschlags bei Abtötung der Diatomeen bleibt der Streifen I fixiert. Zur Kontrolle habe ich die Chromatophoren der

Chara fragilis im intakten Zustand und nach Bräunung mit Kalilauge spektroskopisch untersucht und dabei ebenfalls die Verschiebung von $\lambda = 660 - 640$ bis $\lambda = 640 - 620$ festgestellt

Das Absorptionsspektrum des Pigmentes der lebenden Diatomeen zu bestimmen, machte anfangs einige Schwierigkeiten. Später gelang es mir jedoch sowohl mit Hilfe des Mikrospektroskopes am Einzelindividuum als auch besonders gut mittels des ZEISS'schen Vergleichsspektroskopes unter Anwendung zusammenhängender Decken von *Himanthidium pectorale* var. *curta*. In solchen Decken liegen die Bänder dieser Diatomee lückenlos aneinander, so dass das ganze Gesichtsfeld gleichmässig gelbbraun bzw. nach Tötung grün gefärbt erscheint. Im Spektrum tritt der Chlorophyllstreifen I mit voller Schärfe hervor, dessen Lage genau an der ANGSTRÖM'schen Wellenlängenskala abgelesen werden kann. Bei Umwandlung des grünen Blätterchlorophylls durch Kalilauge in braunes ist aus jenem zweifellos etwas anderes geworden, sonst könnte nicht der Streifen I seine Lage verändert haben; in den braunen lebenden Diatomeen-Chromatophoren aber ist bereits dasselbe Chlorophyll enthalten wie nach dem Farbenumschlag, denn Streifen I behält dieselbe Lage. Danach kann meines Erachtens die Ursache des Farbenwechsels nur in einer ausserhalb des Chlorophylls sich abspielenden Veränderung liegen, und ich erblicke sie in einer „Demaskierung“ des Chlorophylls durch Herauslösung des Carotins aus dem Chromatophor bzw. aus der ganzen Zelle oder in anderen Fällen durch Fällung des Carotins durch das eindringende Reagens in Form eines farblosen Niederschlages, wie man ihn künstlich in Carotinlösungen erhalten kann. Der Farbenumschlag der Diatomeen liesse sich rein äusserlich vergleichen mit dem des Blattes einer Blutbuche aus Braun in Grün, wenn ich künstlich das Anthocyan aus der Epidermis durch Lösen oder Fällung entferne.

In bezug auf die „kritischen Bemerkungen“ von M. TSWETT kann ich mich kurz fassen, da er seine Untersuchungen, soweit ich aus dem bisher Mitgeteilten ersehen kann, vorwiegend an Phaeo-phyceen angestellt hat und nur vermutet, dass die an diesen Algen ermittelten Verhältnisse auch für die Diatomeen gelten, da MOLISCH das Diatomeen-Pigment dem Farbstoff der Braunalgen vollkommen gleich erklärt habe. Nach den von mir gesammelten Erfahrungen an den Diatomeen muss ich die TSWETT'sche Vermutung für unberechtigt halten. Ich habe in meinem Carotin-Buche, das TSWETT noch immer unbekannt zu sein scheint, da er es nicht für nötig hält, es wenigstens an den Stellen zu zitieren, wo es am Platze gewesen wäre, bereits das hypothetische Diatomin auf seine Bestandteile Chlorophyll, Carotin und Xanthophyll zurückgeführt und habe auch nach erneuter Untersuchung des Gegenstandes, wie ich im Vor-

stehenden ausführlich auseinandergesetzt habe, keine Veranlassung, an meiner früher gewonnenen Auffassung etwas zu ändern. Ich habe auch jetzt noch nicht die Überzeugung gewinnen können, dass ausser den genannten Komponenten des Diatomeen-Pigments noch eine weitere, wie etwa Leukocyan, zu fassen sei. Da Leukocyan nach meinen Befunden den Diatomeen abgeht, was dessen Existenz bei den Braunalgen ganz dahingestellt sein lässt, nach TSWETT aber Leukocyan identisch mit SORBY's Fucoxanthin sein soll, so kann ich zurzeit nur feststellen, dass es mir nicht gelungen ist, Fucoxanthin im Diatomeen-Pigment nachzuweisen. Die Blaufärbung mit Salzsäure, welche bei den Phaeophyceen in der Tat durch Fucoxanthin hervorgerufen werden mag, ist bei den Diatomeen sicher auf Carotin zurückzuführen. Salzsäure bläut alkoholische Carotinlösung. Die Methode, deren sich TSWETT zur Trennung des Fucoxanthins der Braunalgen vom Chlorophyll und Carotin bediente, ist der von mir wie früher so auch jetzt angewendeten, die letzten Mengen Carotins aus der alkoholischen Lösung in das darüberstehende Benzin zu befördern, verblüffend ähnlich, so dass ich mich des Verdachtes nicht erwehren kann, es möge sich auch im Phaeophyceen-Fucoxanthin zum Teil oder ganz um Carotin handeln, ein Verdacht, den ich auf seine Berechtigung durch eigene Untersuchungen an Phaeophyceen zu prüfen im Begriffe bin. Aufklärend würde eine möglichst genaue Charakteristik des Fucoxanthins sein, unter anderem fehlen Angaben über sein spektroskopisches Verhalten; man hat sich bisher darüber ausgesprochen.

19. T. Krasnossel'sky: Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Zwiebeln von *Allium Cepa*.

Mit einer Abbildung.

Eingegangen am 18. März 1906.

Hier werden einige Versuche beschrieben, die von mir auf Vorschlag und unter Leitung des Herrn Professor W. PALLADIN ausgeführt wurden und die eine Ergänzung meiner Untersuchungen vom vorigen Jahre¹⁾ sind.

Nach der Theorie von R. CHODAT und A. BACH²⁾ wird die

1) Diese Berichte 1905, S. 142.

2) R. CHODAT und A. BACH: Ferments oxydants. Archives des sciences phys. et math. de Genève. 1904.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Kohl Friedrich Georg

Artikel/Article: [Die Farbstoffe der Diatomeen- Chromatophoren. 124-134](#)