



BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. — **Litt.:** Actes du Congrès international de botanistes, d'horticulteurs, de négociants et de fabricants de produits du règne végétal, tenu à Amsterdam en 1877. — C. De Candolle, Anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de Dicotyledones. — O. Kuntze, Berichtigung, Cinchona betr. — Compt. rendus 1879. — Cunningham, On Mycoidea parasitica. — Fr. Schmitz, Ueber die Zellkerne der Thallophyten. — **Personalnachrichten.** — **Sammlungen.** — **Neue Litteratur.** — **Anzeigen.**

Anzeige.

Herr Prof. L. Just in Karlsruhe wird von jetzt ab an der Redaction der Botanischen Zeitung Theil nehmen. Drucksachen, Referate und kritische Besprechungen, welche für die Bot. Ztg. bestimmt sind, bitte ich in Zukunft an Herrn Prof. Just, sonstige Manuscripte an mich adressiren zu wollen.

Strassburg, April 1880.

de Bary.

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.

Hierzu Tafel VI.

Einleitung.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass die Chlorophyllkörner im Innern des Plasma-leibes ihre Lage verändern können und dies auch in manchen Fällen beinahe beständig thun. Viele dieser Bewegungen erfolgen scheinbar regellos; eine bestimmte Beziehung derselben zu äusseren Kräften ist nicht zu erkennen. Die Erscheinungen, von welchen hier die Rede sein soll, treten dagegen auf bestimmte äussere Veranlassungen regelmässig ein: gewisse Wandstellen werden ihres Chlorophyllbelegs entblösst, die Körner siedeln sich an vorher nackten Strecken an. Wiederherstellung der ursprünglichen äusseren Bedingungen hat die Wiederkehr der anfänglichen Anordnung des Chlorophyllapparates zur Folge.

Der Einfluss der Lichtintensität auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner ist besonders durch die werthvollen Arbeiten Borodin's klar gelegt worden. Da seine Angaben

jedoch weniger berücksichtigt, ja zum Theil bestritten worden sind, schien es mir angezeigt, diese Frage nochmals einer eingehenderen Untersuchung zu unterwerfen. Die Aufgabe, die ich mir hierbei stellte, war zunächst eine mehr biologische: an einer Anzahl verschiedener Pflanzen die Veränderungen des Chlorophyllapparates zu verfolgen, wie dieselben in der freien Natur bei wechselnder Beleuchtungsstärke eintreten. Der Einfachheit halber wurde blos weisses Tageslicht verwendet; auch habe ich es vermieden, wo nicht bestimmte Fragestellungen es erforderten, die schon früher von Frank ausführlich geschilderten feineren Einzelheiten der Bewegungen zu beschreiben. Es schien mir zunächst angezeigt die Bewegungsergebnisse selbst einer eingehenderen Behandlung zu unterziehen.

Ein besonderes Gewicht wurde auf die Entscheidung der Frage gelegt, ob blos die Intensität des Lichtes massgebend sei oder ob auch die Richtung desselben in Betracht komme.

Die durch Beleuchtungsschwankungen bedingten Lageveränderungen der Chlorophyllkörner sind bisher blos an höher differenzirten Pflanzenorganen studirt worden, in welchen die einzelnen Zellen meist schon von vorn herein eine bestimmte Lage zum Lichte einnehmen. Diese Versuchsobjecte sind, in Folge dieses Umstandes, weniger geeignet einen klaren Aufschluss über die oben berührten Fragen zu gewähren. Diese Erwägungen bestimmten mich, die Untersuchungen mit Fadenalgen zu beginnen. Wenn es mir gelungen sein sollte, in die behandelten Fragen etwas mehr Klarheit zu bringen, die gesammten Erscheinungen der Chlorophyllwanderung auf ein Schema zurückzuführen, so habe ich dies vorwiegend dem Umstande zu verdanken, meine Untersuchungen mit einfacheren Objecten begonnen zu haben.

Die von Micheli zuerst beobachteten Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner habe ich in einigen Fällen genauer verfolgt, die allgemeinere Verbreitung dieser Erscheinung in dem Palissadengewebe nachgewiesen.

Am Schluss dieser Abhandlung theile ich, in etwas veränderter Form, die bereits anderwärts*) zum Druck gekommenen Beobachtungen über den Einfluss des Lichtes auf die Bewegungen der Desmidiiden und Schwärm-sporen mit. Das Verhalten der frei beweglichen Organismen, verglichen mit demjenigen des von einer Zellhaut umgebenen Protoplasmas, ist nicht ohne Interesse, da die Erscheinungen manches Gemeinsame zeigen und ganz besonders das verschiedene Reactionsvermögen des vegetabilischen Plasmas gegenüber äusseren qualitativ gleichen, aber quantitativ verschiedenen Reizen in recht anschaulicher Weise illustriren.

Verhalten des Chlorophyllapparates einiger Algen gegenüber verschieden starkem Lichte. Ein sehr geeignetes Beobachtungsobject bieten einige Algen aus der Familie der Conjugaten. Zum Ausgangspunkt meiner Untersuchungen diente mir eine, namentlich im Frühling, in Waldgräben häufige Form, die ich im Folgenden kurzweg als *Mesocarpus* bezeichnen werde, da der sterile Zustand der Pflanze keine genauere Bestimmung zuließ.

Die zu langen Fäden vereinigten, gestreckt cylindrischen Zellen dieser Alge enthalten ein axiles, die Zelle der Länge nach durchziehendes Chlorophyllband**), dessen Ränder mitunter ringsum bis zum protoplasmatischen Wandbeleg reichen; in diesem Falle wird die ganze Zelle durch dasselbe in zwei ungefähr gleiche Hälften getheilt. Das Chlorophyllband ist meist in einer Ebene ausgebreitet: betrachtet man es von der Fläche, so erscheint die ganze Zelle gleichmässig grün gefärbt; dreht man den Algenfaden um 90° , so dass das Chlorophyllband nicht mehr von der Fläche, sondern im Profil gesehen wird, so durchzieht ein dunkelgrüner Längsstreif in ihrer ganzen Länge die sonst durchsichtige Zelle. In dieser Lage bemerkt man am leichtesten den seitlich der Chlorophyllplatte anliegenden Zellkern.

Frisch auf den Objectträger gebrachtes Material zeigt eine je nach den Fäden verschiedene Orientirung der Chlorophyllbän-

der. In manchen Fäden stehen dieselben vertical, in anderen kehren sie dem Beobachter die Fläche zu, in anderen wieder beobachtet man intermediäre Stellungen.

Ungestört sich selbst überlassen, bietet solch ein Präparat nach einiger Zeit ein von dem früher innegehabten verschiedenes Aussehen, welches durch Orientirungsänderungen der Chlorophyllbänder in manchen Fäden bedingt ist. Diese Erscheinung ist so auffallend, dass sie früheren Beobachtern nicht gänzlich entgehen konnte. So möchte ich wenigstens annehmen, dass ein Theil der von Wittrock*) an *Gonatonema* — einer mit *Mesocarpus* verwandten Gattung — gemachten Beobachtungen sich auf Erscheinungen bezieht, welche mit den hier zu besprechenden übereinstimmen und wohl auch auf dieselbe Ursache zurückzuführen sein werden.

Die zu meinen Versuchen dienenden Algen bringe ich in niedere Glasgefässe mit ebenen Wänden oder auch einfach auf Glasplatten in grössere flach ausgebreitete Wassertropfen, welche die Anwendung stärkerer Objective noch zulassen.

Bei einer genaueren vergleichenden Betrachtung der Chlorophyllplattenstellung in den verschiedenen *Mesocarpus*fäden ergibt sich, dass dieselbe durchaus keine regellose ist, wenn das Präparat vor der Beobachtung eine Zeit lang ruhig stehen geliebt ist. Man findet nämlich, dass in gerade gestreckten Fäden sämtliche Bänder in einer Ebene angeordnet sind. Die Orientirung der Platten ist ferner dieselbe in allen einander parallel liegenden Exemplaren, aber eine verschiedene in solchen, die sich kreuzen. Ist ein Faden knieförmig gebogen, so ist die Plattenstellung verschieden in beiden Knieschenkeln; im Knie selbst beobachtet man intermediäre Stellungen.

Der Einfachheit halber werde ich hier bloss diejenigen Fäden berücksichtigen, welche horizontal ausgebreitet sind und senkrecht zu ihrer Längsaxe vom diffusen, vom Fenster her auf das Präparat fallenden Tageslichte getroffen werden. An diesen gewinnt man am leichtesten die Ueberzeugung, dass die Richtung der Chlorophyllbänder vom Lichteinfall abhängt. Unter den gewöhnlichen Beleuchtungsbedingungen traf bei meinen Versuchen das

*) Wittrock, On the sporeformation of the Mesocarpeae and especially of the new genus *Gonatonema* (Swed. ac. of sc. 1877). Wittrock sah unter anderen Chlorophyllbänder sich um 90° um ihre Längsaxe drehen und nachher wieder ihre ursprüngliche Stellung einnehmen.

*) Verhandl. der phys.-med. Ges. zu Würzb. 1879.

**) De Bary, Untersuchungen über die Familie der Conjugaten.

vorn vom Fenster her kommende Licht den Objecttisch unter einem Winkel von etwa 30—40°. Unter diesen Umständen kehrten die Bänder dem Beobachter weder genau eine Fläche, noch eine Kante zu: sie nahmen eine intermediäre, zum Lichtstrahl senkrechte Stellung ein.

Wurde alles Licht, mit Ausnahme der ungefähr dem Objecttisch parallel verlaufenden Strahlen, abgeblendet, so drehten sich die grünen Platten, bis sie eine genau verticale Stellung einnahmen und somit vom Beobachter im Profil gesehen wurden. Die Profilsicht konnte in eine Flächenansicht umgewandelt werden durch Abschliessung der dem Objecttisch parallelen Lichtstrahlen und ausschliessliche Beleuchtung der Präparate von unten mit Hilfe des Mikroskopspiegels. Hierbei liess sich direct eine langsame, ca. 90° betragende Drehung der Platte um ihre Längsaxe verfolgen. In manchen Fällen bleibt das Chlorophyllband vollkommen flach ausgebreitet und bietet denselben Anblick wie ein langes, an beiden Enden festgehaltenes Tuch, welches langsam um seine Längsaxe herumgedreht wird. Oft findet die Drehung nicht gleichzeitig in allen Theilen des Bandes statt. Bald eilt die Mitte der Platte den Enden, bald wieder diese dem mittleren Theile voraus, so dass nicht selten ein Stück des Bandes die durch den veränderten Lichteinfall bedingte Stellung bereits eingenommen hat, wenn die übrigen Theile noch in ihrer ursprünglichen Lage verharren. Hier stehen dann die gedrehten und die nicht gedrehten Abschnitte des Bandes senkrecht auf einander; durch weitere in demselben Sinne erfolgte Drehung des beweglicheren Theiles der Platte können die verschiedenen Abschnitte wieder in eine Ebene zu liegen kommen, wo dann aber das Band nicht mehr ein einfach umschriebenes Viereck darstellt, sondern aus zwei bis drei, durch tiefe Einschnürungen getrennten Theilen zusammengesetzt erscheint. — Die durch veränderten Lichteinfall hervorgerufenen Stellungenänderungen der Chlorophyllbänder erfolgen ziemlich gleichzeitig in benachbarten, gleich situirten Zellen. In warmen Sommertagen und bei kräftig vegetirenden Pflanzen ist der Stellungswechsel schon in wenigen Minuten vollendet.

Der Zellkern, welcher dem Chlorophyllband seitlich anliegt, findet sich bald auf der der Lichtquelle zugekehrten Seite desselben, bald auf der Schattenseite. Lässt man auf

vertical orientirte Platten, an welchen der der Mitte anliegende Zellkern besonders deutlich hervortritt, das Licht plötzlich in entgegengesetzter Richtung einfallen, so erfolgt keine bemerkenswerthe Veränderung. Der Zellkern verharrt in seiner vorherigen Lage; dasselbe gilt für das grüne Band, welches sich nur insofern verschiebt, als es vielleicht in der neuen Lage nicht mehr genau senkrecht zur Lichtquelle gestellt war.

Bei diffusum Lichte ist also die Stellung senkrecht zur Lichtquelle die Gleichgewichtslage der Chlorophyllbänder von *Mesocarpus*; wird der Chlorophyllapparat aus dieser Lage verschoben, so werden durch den Lichtreiz Bewegungen hervorgerufen, deren Resultat die Wiederherstellung der Gleichgewichtslage ist. Hierbei ist es gleichgültig, ob die Chlorophyllplatte von der einen oder von der anderen Seite vom Lichte getroffen wird.

Einfluss der Lichtintensität auf die Orientirung der Chlorophyllplatte. Die bisher beschriebenen Versuche wurden alle bei diffusum Lichte ausgeführt. Schon sehr schwaches Dämmerungslicht genügt, um die Senkrechtstellung herbeizuführen; dieselbe Orientirung beobachtete ich auch dann noch, wenn die Versuchsobjecte dem relativ starken, von hellen Wolken kommenden Lichte ausgesetzt waren. Directes Sonnenlicht bewirkte dagegen stets nach kurzer Zeit eine Stellungenänderung der Chlorophyllbänder.

In einem grösseren, mit Wasser angefüllten Gefässe vertheilte *Mesocarpus*fäden wurden von der am Horizont stehenden Sonne beschienen. Die eine Hälfte des Gefässes empfing das Sonnenlicht direct, nachdem dasselbe nur die gläserne Gefässwand passirt hatte; die andere Hälfte erhielt blos das durch geeignete Schirme gedämpfte Licht. In dem beschatteten Theile des Gefässes fand ich nach einiger Zeit die Farbstoffbänder vertical gestellt, also senkrecht zum Lichteinfall orientirt, während die dem directen Sonnenlichte ausgesetzten Chlorophyllplatten horizontal ausgebreitet waren, der Sonne hiermit eine Kante zukehrten. Wurden nun die Schirme in der Weise verschoben, dass die vorher beschatteten Fäden nunmehr dem ungedämpften Sonnenlichte ausgesetzt waren, die vorher intensiv beleuchteten dagegen nur noch das bedeutend geschwächte Sonnenlicht erhielten, so erfolgte in beiden Fällen eine Drehung der beiden Chlorophyllbänder um

einen Viertelkreis. Diese Drehungen konnten vielfach und mit demselben Erfolge hervorgerufen werden. In allen Fäden, welche senkrecht zu ihrer Längsaxe vom Lichte getroffen wurden, kehrten die Chlorophyllplatten ihre Fläche der Lichtquelle zu, so lange die Intensität derselben ein gewisses, nicht näher bestimmtes Maass nicht überschritt. Oberhalb dieser Grenze änderte sich das Verhalten des Farbstoffträgers; derselbe erfuhr eine Viertelkreisdrehung, so dass die Kante der Sonne zugekehrt war: die Flächenstellung wurde durch die Profilstellung ersetzt.

Da bei diesen Versuchen die Temperatur des Mediums nur geringen Schwankungen unterworfen war, so ist das verschiedene Verhalten der Farbstoffbänder in beiden Fällen dem alleinigen Einfluss des Lichtes zuzuschreiben. Da ausserdem aber die Richtung der Lichtstrahlen unverändert, wohl aber die Intensität eine verschiedene war, so ist in dieser allein die Ursache der Orientierungsänderungen zu suchen. Wir haben also hier, wie bei den Schwärmsporen, Closterien, Oscillarien u. s. w., einen sehr prägnanten Fall verschiedener Reaction des Protoplasmas gegenüber dem durch dasselbe äussere Agens hervorgerufenen Reiz.

Das Licht übt einen richtenden Einfluss auf den Chlorophyllapparat von *Mesocarpus*. Bei schwächerem Lichte orientirt sich derselbe senkrecht zum Strahlengang (Flächenstellung), bei intensiver Beleuchtung fällt dessen Ebene in die Richtung des Strahlengangs (Profilstellung).

Die durch den Wechsel der Intensität veranlassten Umdrehungen erfolgen ganz in derselben Weise, wie diejenigen, welche durch den veränderten Lichteinfall bedingt sind. Das Band durchzieht nach wie vor die Zelle in ihrer ganzen Länge und reicht seitlich bis zum wandständigen Plasma. Bei lange andauernder starker Insolation erfolgt jedoch Contraction des Farbstoff führenden Bandes: dasselbe zieht sich, von der Peripherie der Zelle zurückweichend, zu einem dunkelgrünen wurmförmigen Körper zusammen, um später unter günstigen Bedingungen wieder seine ursprüngliche Gestalt anzunehmen.

Die Schwerkraft ist ohne Einfluss auf die Orientirung der Chlorophyllplatten. Gesunde Exemplare unserer Versuchspflanze (*Mesocarpus*) wurden ausschliesslich diffus, vom Mikroskopspiegel kommenden Lichte ausgesetzt. Nach einiger Zeit

fanden sich alle Chlorophyllbänder senkrecht zur Lichtquelle orientirt und nahmen demgemäss eine horizontale Stellung ein. Nun wurde das ganze Mikroskop mit einem schwarzen Recipienten bedeckt, welcher den Eintritt des Lichtes vollkommen verhinderte. Nach vierstündiger Verdunkelung war die Lage der horizontalen Bänder noch unverändert. Die Entfernung des Recipienten machte sich bald darin geltend, dass die nunmehr dem directen vom Fenster her kommenden Lichte ausgesetzten Farbstoffplatten ihre Lage veränderten, um die Stellung senkrecht zur Lichtquelle einzunehmen.

Dasselbe Resultat erhielt ich, wenn ich vertical gestellte Bänder verdunkelte. Die Lage derselben war nach Stunden noch unverändert, während kurze Beleuchtung vom Mikroskopspiegel her genügte, um die verticale Stellung in die horizontale überzuführen. — Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass die jeweilige Stellung der Chlorophyllbänder unserer Alge lediglich von der Richtung des Lichteinfall es abhängig ist.

(Fortsetzung folgt.)

Litteratur.

Actes du Congrès international de botanistes, d'horticulteurs, de négociants et de fabricants de produits du règne végétal, tenu à Amsterdam en 1877. Leide 1879. 399 S. 8^o.

1. Section für Botanik (S. 57—254).

An der Grenze des Jahres 1880, also fast 3 Jahre nachdem der Congress gehalten, erscheint der Bericht über seine Verhandlungen. Der Inhalt dieses ist daher, wie in unseren publicationsfreundigen Tagen nicht anders zu erwarten, zum grössten Theile bereits anderweitig bekannt gemacht, so dass wir uns hier auf kurze Uebersicht beschränken, bei Seite lassend, was sich auf Mitgliederlisten, Organisation u. dergl. bezieht.

Weddell, Sur les Aegagropiles de mer. Diese bis faust- und Cocosnuss-gross werdenden Körper, welche sich an den Ufern des Mittelmeeres finden, bestehen aus den verfilzten Fasern, welche als die Reste abgestorbener Blätter von *Posidonia Caulini* zurückbleiben. Die Wogen, welche am Strande auf- und abgehen, rollen diese Fasern auf dem Uferkies um ein Rhizomstück oder ein vom Rhizom losgerissenes grösseres Faserbüschel, nehmen das so entstandene Bündel mit, stets auf- und abrollend, und fügen ihm auf diesem Wege immer neue Fasern hinzu; das verfilzte Bündel wächst wie der über den Schnee rollende Schneeball.

Engler, Sur la morphologie des Aracées. (Vergl. Bot. Ztg. 1877. S. 440.)

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche (Forts.). — Clastoderma A. Blytt. — **Litt.:** P. Kaiser, Ueber die tägliche Periodicität der Dickendimensionen der Baumstämme. — **Anzelge.**

Anzeige.

Herr Prof. L. Just in Karlsruhe wird von jetzt ab an der Redaction der Botanischen Zeitung Theil nehmen. Drucksachen, Referate und kritische Besprechungen, welche für die Bot. Ztg. bestimmt sind, bitte ich in Zukunft an Herrn Prof. Just, sonstige Manuscripte an mich adressiren zu wollen.

Strassburg, April 1880.

de Bary.

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.

Hierzu Tafel VI.
(Fortsetzung.)

Die Zahl der Pflanzen, bei welchen der Chlorophyllapparat, wie bei *Mesocarpus*, in der Mitte der Zelle aufgespannt ist und bei welchen also einfach eine Drehung um die Längsaxe der Zelle genügt, um Profil- oder Flächenstellung gegenüber der Lichtquelle herbeizuführen, ist eine beschränkte. In den weitaus häufigsten Fällen sind die Chlorophyllkörper dem wandständigen Protoplasma eingebettet. Bei einer Anzahl kleiner Conferven ist das Chlorophyll an eine einzige Platte gebunden, welche dem wandständigen Plasma einverleibt ist und ungefähr die Hälfte der cylindrischen Schlauchwand bekleidet.

In Fäden, welche längere Zeit ungestört senkrecht zur Längsaxe von diffusum Tageslichte getroffen worden waren, fand ich sämmtliche Chlorophyllbänder dergestalt orientirt, dass sie der Lichtquelle ihre concave Seite zukehrten. Wurde der Lichteinfall um etwa 90° gedreht, so erfolgte eine Verschiebung des

Farbstoffträgers längs der Zellwand, bis derselbe wieder an der von der Lichtquelle abgekehrten Seite des Schlauches zur Ruhe kam. In dieser Stellung war die ursprüngliche Orientierung zur Lichtquelle wieder erreicht.

Im directen Sonnenlichte sah ich in einzelnen Fällen eine seitliche Verschiebung der Chlorophyllplatte eintreten, durch welche eine der Profilstellung von *Mesocarpus* entsprechende Anordnung herbeigeführt wurde. Weiter variierte Versuche wurden mit den genannten, ihrer Kleinheit halber wenig geeigneten, Algen nicht ausgeführt.

Viel complicirter sind die Erscheinungen bei denjenigen Algen, deren Chlorophyll an zahlreiche wandständige Körner gebunden ist.

In den querwandlosen Schläuchen der Vaucherien sind vielfach die reichlich vorhandenen Chlorophyllkörner ungefähr gleichmässig ringsum den Schlauch vertheilt. Diesen Vertheilungsmodus finden wir auch in der Mehrzahl, vielleicht in allen Abbildungen von Vaucherien dargestellt. Wer sich jedoch eingehender mit diesen Gewächsen beschäftigt hat, dem muss mitunter eine abweichende Anordnung des Chlorophylls aufgefallen sein. Die Schläuche sind nicht ringsum gleichmässig grün, sondern es wechseln zwei farbige Längsstreifen mit zwei farblosen ab; die letzteren sind oft von Körnern vollständig entblösst. Diese Anordnung lässt sich künstlich herbeiführen.

Werden horizontal liegende Vaucherien-schläuche mit spärlicherem Chlorophyllwandbeleg ausschliesslich von senkrecht zur Fadenaxe einfallendem Lichte getroffen, welches blos durch einen schmalen wagerechten Spalt zu den Versuchsobjecten dringen kann, so findet man nach einiger Zeit alle Chlorophyllkörner an den der Lichtquelle zu- und abgekehrten Partien der Schläuche. Die Wand-

strecken, welche von der Lichtquelle aus im Profil gesehen werden, verlieren ihren Körnerbeleg.

Aenderung des Lichteinfalls bewirkt eine Verschiebung der Chlorophyllkörner, welche dahin führt, die vier Streifen wieder in die ursprüngliche Lage zum Lichte zu bringen. Diese Erscheinungen sollen in einem späteren Abschnitte an einem ähnlichen Beispiele eingehender erörtert werden.

Werden die Vaucheriefäden ebenfalls senkrecht zur Längsaxe vom directen Sonnenlichte getroffen, so treten in den Schläuchen wieder die vier Längsstreifen auf, die aber hier eine andere Vertheilung zeigen als in dem oben beschriebenen Fall. Die farblosen Längsstreifen nehmen die der Sonne zu- und abgewendeten Wandstrecken ein; die beiden dunkelgrünen Bänder liegen dem Schlauche an den zwei einander entgegengesetzten Parteen an, welche von der Sonne im Profil getroffen werden.

Das einzelne Chlorophyllkorn von *Vaucheria* nimmt also wie das Chlorophyllband von *Mesocarpus* eine bestimmte Stellung zur Richtung der Lichtstrahlen ein. Bei diffussem Tageslichte kehrt dasselbe der Lichtquelle die Fläche zu; die Flächenstellung kann aber sowohl an den der Lichtquelle zugekehrten Wandparteen als an den entgegengesetzten eintreten. Uebersteigt die Intensität des Lichtes eine gewisse obere Grenze, so nehmen die Chlorophyllkörner, wie die Bänder von *Mesocarpus*, Profilstellung ein. Diese Stellung finden sie an den Wandstrecken, welche selbst von der Sonne im Profil beschienen werden. Dieselben Resultate — Flächenstellung, Profilstellung — werden aber in beiden Fällen auf verschiedene Weise erlangt: bei *Vaucheria* durch Verschiebung der Körner längs der Wände, bei *Mesocarpus* durch einfache Drehung des Bandes um die Längsaxe der Zelle.

In den besonnten Vaucherienschläuchen sind die grünen Streifen anfangs homogen. Bei lange andauernder Besonnung lösen sich die Bänder in einzelne Gruppen auf, die sich zu dicken, der Wand anliegenden Haufen zusammenballen. Diese Erscheinung, sowie die oben besprochenen, treten sowohl an Pflanzen auf, welche auf feuchter Erde wachsen, als an Wasserculturen, bei denen eine zu grosse Erwärmung vermieden werden kann:

sie sind daher als Wirkungen der Sonnenstrahlen zu betrachten.

Bei *Vaucheria* tritt diese Zusammenballung der Chlorophyllkörner erst nach längerer Insolation ein. Besonders auffällige und rasch eintretende Lichtwirkungen sind von de Bary für *Acetabularia mediterranea**) beschrieben worden. »Werden lebhaft vegetirende einige Millimeter lange Schläuche von den Sonnenstrahlen direct getroffen, so ballt sich das chlorophyllführende Protoplasma augenblicklich zu unregelmässigen Klumpen zusammen. Man sieht die einzelnen Körner rapide ihren Ort verlassen und gleichsam gegen einander stürzen, an einzelnen Punkten sich zu Ballen anhäufen, welche durch Hinzutritt immer neuer Körner zu dicken, den ganzen Querschnitt des Schlauches wie Pflöpfe ausfüllenden Klumpen anschwellen, während aus den angrenzenden Querabschnitten alles Chlorophyll verschwindet. Nach wenigen Minuten erscheint daher der vorher gleichmässig grüne Schlauch bei Betrachtung mit blosssem Auge oder mit der Lupe in ungleich grosse und unregelmässig geordnete, abwechselnd dunkel schwarzgrüne und ganz farblose Querzonen getheilt.« Im diffussem Tageslichte tritt eine rückgängige Bewegung der Körner schon in kurzer Zeit ein, die annähernd gleichförmige wandständige Vertheilung derselben wird wieder hergestellt. — *Acetabularia* scheint also dem Lichtreize gegenüber ganz besonders empfindlich zu sein; die bei *Vaucheria* erst nach anhaltender Insolation stattfindende Zusammenballung tritt hier äusserst rasch ein. Aus dem eben Mitgetheilten ist jedoch nicht ersichtlich, ob, wie bei *Vaucheria*, das Licht auch einen richtenden Einfluss auf die Umlagerungen der Chlorophyllkörner ausübt. Versuche bei einseitiger Beleuchtung müssten hierüber näheren Aufschluss geben.

Wie verschieden die Empfindlichkeit des chlorophyllführenden Plasmas dem Lichtreize gegenüber ist, zeigen mit *Nitella syncarpa* angestellte Versuche. Selbst nach mehrstündiger Insolation traten in den Internodialzellen keine merklichen Aenderungen in der Vertheilung der Chlorophyllkörner ein. Die Indifferenzstreifen blieben hierbei ebenfalls vollkommen unverändert in ihrer Lage.

Chlorophyllwanderung in zu Geweben verbundenen Zellen. Die Pflanzentheile, welche in dem vorhergehenden

*) *Acetabularia mediterranea* von A. de Bary und E. Strasburger. Bot. Ztg. 1877.

Abschnitte auf das Verhalten ihres Chlorophyllapparates dem Lichte gegenüber geprüft worden sind, bestehen aus cylindrischen — gegliederten oder ungliederten — Schläuchen, deren Wandungen ringsum frei und gleichmässig ausgebildet sind. Das Licht hat in Folge dessen von allen Seiten her gleich freien Zutritt auf den Chlorophyllapparat. Für die in der Mitte der Zelle suspendirte Platte von *Mesocarpus* haben wir daher auch gefunden, dass die Orientirung derselben ganz allein von der Richtung des Lichtes abhängig ist. Das Gleiche gilt mutatis mutandis für die Chlorophyllwanderung bei den Fadenalgen mit wandständigen Chlorophyllkörnern.

Nicht mehr so einfach sind die Erscheinungen, wenn die Zellen nicht ringsum frei, sondern zu einschichtigen Scheiben oder gar zu complicirteren Geweben verbunden sind, wie dies ja in der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen wirklich der Fall ist. — Hier nehmen die Chlorophyllkörner vielfach nur gewisse Wandpartieen ein. Auch können unter bekannten, meist für die Vegetation ungünstigen, Umständen Umlagerungen der Chlorophyllkörner an gewisse Wandpartieen stattfinden, welche ganz unabhängig vom Lichte erfolgen, wohl aber in Beziehung stehen zu dem wechselseitigen Einfluss, welchen benachbarte Zellen an ihren Berührungsflächen auf einander ausüben. Gerade bei den höheren Pflanzen, wo die Erscheinungen viel complicirter sind und der Einfluss von Beleuchtung und Lichteinfall durch andere Factoren verändert oder sogar verdeckt werden kann, ist die Erscheinung der Chlorophyllwanderung zuerst entdeckt und zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gewählt worden.

Böhm*) machte zuerst die Wahrnehmung, dass bei einigen *Sedum*arten die Vertheilung der Chlorophyllkörner eine verschiedene ist je nach der Intensität des Lichtes, welchem die Pflanzen während einiger Zeit ausgesetzt gewesen sind. Bei diffusum Lichte sah er die Chlorophyllkörner der Zellwand anliegen; nach kaum einstündiger Insolation fand er dagegen alle Chlorophyllkörner einer Zelle zu einer Gruppe vereinigt.

Eingehendere Auskunft über den uns hier beschäftigenden Gegenstand verdanken wir aber erst Famintzin**), Frank***) und

*) J. Böhm, Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls. Sitzb. der Wiener Akademie. 1856.

**) Famintzin, Ann. des sc. nat. 5. Sér. VII.

***) B. Frank, Ueber die Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasmas in der Zelle u. s. w. Pringh.'s Jahrb. Bd. VIII. 1872.

amentlich Borodin*), dessen Angaben ich, so weit ich sie prüfte, vollkommen bestätigen kann.

Tagesstellung und Nachtstellung der Chlorophyllkörner. — Epistrophe und Apostrophe. Famintzin hatte bei einer *Mnium*species gefunden, dass die Vertheilung der Chlorophyllkörner in den Blattzellen bei anhaltender Verdunkelung sich verändert. Diese Beobachtungen wurden bald von Borodin bestätigt und erweitert in einer ersten Arbeit, aus welcher ich die hier zu berücksichtigenden Daten auszugsweise mittheile.

In den aus einer einfachen Zellschicht bestehenden Moosblättern, sowie in den einschichtigen Partieen der Farnprothallien liegen unter gewöhnlichen Umständen die Chlorophyllkörner beinahe ausschliesslich den freien Aussenwänden der Zellen an, und dies sowohl an der Unterseite als an der Oberseite der Blätter oder Prothallien. Diejenigen Zellwände, welche an die Nachbarzellen grenzen, sind von Chlorophyllkörnern vollkommen entblösst. Als besonders geeignetes Versuchsobject empfiehlt Borodin die Blätter von *Funaria hygrometrica*. Hier genügt nämlich schon eine kurze Verdunkelung, um die vorher beschriebene Stellung der Chlorophyllkörner zu verändern. Dieselben verlassen die freien Aussenwände der Zellen und wandern auf die Seitenwände hinüber, so dass nach einiger Zeit die obere und untere Fläche jeder Zelle vollkommen chlorophyllfrei erscheinen. Werden die Blätter wieder dem Lichte ausgesetzt, so verlassen die Körner die Seitenwände, um wieder in kurzer Zeit ihre ursprüngliche Lage an den Aussenwänden einzunehmen**). Da bei *Funaria*, wie bei dem von Famintzin untersuchten *Mnium* diese Wanderungen durch abwechselnde Verdunkelung und Wiederbeleuchtung beliebig oft hervorgerufen werden können, so wurde die beim Lichte stattfindende Anordnung der Körner an den freien Aussenwänden als Tagesstellung bezeichnet; unter Nachtstellung

*) Borodin, Ueber die Wirkung des Lichtes auf einige höhere Kryptogamen. Bulletin de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg. 1868.

**) Borodin wies nach, dass diese sowie die durch intensive Beleuchtung bedingten Chlorophyllwanderungen nur durch die stärker brechbaren Strahlen hervorgerufen werden; gelbes Licht wirkt, nach ihm, wie Dunkelheit. Ich habe diese Fragen hier absichtlich unberührt gelassen. Als besonders geeignetes Object wäre für dergleichen Versuche der gegen Licht so sehr empfindliche *Mesocarpus* zu empfehlen.

verstand man die in Folge der Lichtentziehung eintretende Umlagerung der Körner an die Seitenwände. Diese zwei verschiedenen Vertheilungsweisen der Chlorophyllkörner constatirte Borodin bei verschiedenen Farnprothallien, in den Blättern vieler Laubmoose, sowohl in solchen, die gleich den *Mnium*blättern aus grossen parenchymatischen Zellen zusammengesetzt sind, als in aus langen und engen Zellen bestehenden. Dass die in Rede stehenden Erscheinungen nicht auf solche Pflanzentheile beschränkt sind, welche nur aus einer einfachen Zellschicht bestehen, zeigten zunächst die Beobachtungen an den Brutknospen von *Marchantia polymorpha*. »Hier*) ist der Unterschied zwischen der Nacht- und Tagesstellung des Chlorophylls sehr augenfällig; am Lichte sind die freien Aussenwände der oberflächlichen Zellen dicht mit Chlorophyllkörnern bedeckt, während sie in der Dunkelheit völlig chlorophyllfrei erscheinen, und nur die Seitenwände, sowie auch die innere Wand, sind mit Chlorophyllkörnern ausgekleidet, wodurch die Brutknospe bei schwacher Vergrösserung ein schaumiges Aussehen erhält.«

Auch bei höheren Pflanzen gelang es Borodin**), eine durch Verdunkelung hervorgerufene Chlorophyllwanderung nachzuweisen. Die flachen, thallusähnlichen Sprosse von *Lemna trisulca* sind beiderseits von einer, aus sehr plattgedrückten chlorophyllfreien Zellen bestehenden Epidermis überzogen. Zwischen den beiden Epidermisschichten liegt ein reichlich chlorophyllführendes Parenchym, welches an der Spitze und an den Rändern der Sprosse auf eine grosse Strecke einschichtig ist; der Basis und der Mediane des Sprosses näher, wird das Parenchym zweischichtig. Sowohl in dem ein- wie in dem zweischichtigen Parenchym findet man bei diffusum Tageslichte die der Oberfläche des Laubes parallelen Zellwände gleichmässig mit Chlorophyllkörnern bedeckt (Fig. 1 a). Nach 24stündiger Verdunkelung fand Borodin im einschichtigen Parenchymtheile die Chlorophyllkörner so gut wie sämmtlich auf die — zur Thallusoberfläche senkrechten — Seitenwände hinüber gewandert. Im zweischichtigen Parenchym war die Wanderung keine so vollständige gewesen: die die obere Parenchymlage von der unteren

trennenden Scheidewände waren noch mit Chlorophyllkörnern bedeckt; diese letzteren hatten nur die an die Epidermis grenzenden Zellwände verlassen (Fig. 1 c). Bei der Nachtstellung war also noch ein Theil der der Stammoberfläche parallelen Wände mit Chlorophyllkörnern besetzt. Ich bin auf diese Angaben, welche ich vollkommen bestätigen kann, deshalb etwas ausführlicher eingegangen, weil sie, wie wir später sehen werden, erlauben, die durch Verdunkelung hervorgerufene Chlorophyllvertheilung von der durch intensives Licht bedingten zu unterscheiden.

Der Einfluss der Verdunkelung auf die in der Tagesstellung befindlichen Chlorophyllkörner macht sich in der Mehrzahl der Fälle nicht sogleich geltend. Wie schon Borodin, besonders aber Frank*) gezeigt haben, machen sich hier spezifische und individuelle Verschiedenheiten in hohem Maasse geltend. Famintzin hat gefunden, dass bei der von ihm untersuchten *Mnium*art eine 4-5stündige Verdunkelung genüge, um die Chlorophyllkörner an die Seitenwände hinüber wandern zu lassen. Am raschesten aber macht sich wohl die Lichtentziehung in den Blattzellen von *Funaria hygrometrica* geltend. In heissen Junitagen fand Borodin**) schon nach einstündigem Verweilen im dunkeln Raume sämmtliche Chlorophyllkörner den Seitenwänden angelagert. Bei der grossen Mehrzahl der Pflanzen ist jedoch eine längere Lichtentziehung erforderlich, um die Nachtstellung herbeizuführen. Bei *Lemna trisulca* sah Borodin im einschichtigen Parenchymtheile der etwa 24 Stunden im dunkeln Raume gehaltenen Pflänzchen so gut wie sämmtliche Chlorophyllkörner den Seitenwänden ansitzend. Bei verschiedenen Laub- und Lebermoosen, bei Farnprothallien, bedarf es meist mehrtägiger Verdunkelung, um die Tagesstellung in die Nachtstellung umzutauschen. Noch weit langsamer vor sich gehen sah Frank die Wanderung in den Blättern von *Vallisneria* und *Elodea*, bei welcher letzteren erst nach einer 10wöchentlichen Verfinsterung die Chlorophyllkörner zu nahezu vollständigem Stellungswechsel gekommen waren.

Im Gegensatz hierzu geht in allen Fällen

*) l. c. S. 445.

**) Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner in den grünen Theilen der Phanerogamen. (Bulletin de l'Académie impériale des sc. de St. Pétersbourg. T. XIII. 1869.)

*) B. Frank, Ueber Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasmas in der Zelle, und deren innere und äussere Ursachen. (Pringsh.'s Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. VIII. 1872.)

**) l. c. 1. Abhandlung S. 580.

beim Wiedereintritt der Beleuchtung die Nachtstellung viel rascher in die Tagesstellung über. Bei *Funaria* ist hierzu weniger als eine Stunde schon hinreichend. Frank fand in den nämlichen Farnprothallien, welche erst nach mehreren Tagen die Dunkelstellung der Chlorophyllkörner erreicht hatten, schon nach eintägigem Lichtgenusse (von einem Mittag zum anderen, die nächtliche Verfinsterung eingerechnet) das Chlorophyll wieder in der normalen Vertheilung.

Aus dem eben Mitgetheilten erhellt zur Genüge, dass bei der grossen Mehrzahl der Pflanzen eine alltägliche, durch den Beleuchtungswechsel bedingte Chlorophyllwanderung nicht stattfindet. Mit wenigen Ausnahmen — *Funaria*, *Mnium* u. a. — verharren, unter gewöhnlichen Umständen die Chlorophyllkörner auch während der Nacht in der sogenannten Tagesstellung, so dass von einer Nachtstellung nicht die Rede sein kann.

Ausserdem besitzen wir von Frank*) eine Reihe von Beobachtungen, welche zeigen, dass eine gleiche Chlorophyllvertheilung, wie die durch Verdunkelung bedingte, durch verschiedene andere Umstände hervorgerufen werden kann. Werden Moosblätter oder Farnprothallien in kleinere oder grössere Stücke zerschnitten, so dass jedes derselben noch eine grössere Anzahl unverletzter Zellen enthält, so werden nach kürzerer oder längerer Frist Veränderungen in der Stellung der Chlorophyllkörner bemerkbar, welche zuletzt zu einer vollständigen Umlagerung der Chlorophyllkörner nach den Seitenwänden führen: die Trennung der Zellen aus ihrem normalen Verbands wirkt also hier wie andauernde Verdunkelung. Ganz in derselben Weise machen sich andere äussere ungünstige Einflüsse geltend, wie »Ueberschreitung der gewöhnlichen vitalen Temperaturgrenzen, Verminderung des Wassergehaltes unter ein gewisses Minimalmaass, Entziehung des Sauerstoffs.« Frank benutzte bei seinen Versuchen nicht nur einfach gebaute Organismen, wie Moosblätter und Farnprothallien, sondern er dehnte dieselben auch auf einige untergetauchte Wasserpflanzen, wie *Vallisneria*, *Sagittaria*, *Elodea*, aus. »Ueberall«, sagt er, »ist das chlorophyllführende Protoplasma einer zweifachen Vertheilung in der Zelle fähig, indem beide Male verschiedene, aber bestimmte Zellwände es sind, an welchen sich dasselbe ausschliesslich oder doch in weitaus grösster Menge ansam-

*) l. c. Zusammenfassung der Resultate auf S. 289 f.

melt.« Das Morphologische dieser Orientirung lässt sich unter einen allgemein gültigen Gesichtspunkt bringen. Es besteht ein Gegensatz zwischen denjenigen Stellen der Zellhaut, welche mit anderen Zellen in Verbindung stehen, und denjenigen, welche frei liegen, sei es, dass dieselben die Oberfläche des Pflanzentheiles einnehmen, sei es, dass sie an intercellulare Räume angrenzen. Die beiden entgegengesetzten Typen der Protoplasmavertheilung sind dadurch charakterisirt, dass die chlorophyllführende Hauptmasse des Protoplasmas bei dem einen die freien, bei dem anderen die Fugenwände — welche benachbarte Zellen von einander trennen — der Zellen bekleidet(*)).

Denjenigen Zustand, in welchem das chlorophyllführende Protoplasma an die freien Stellen der Zellwand vorgerückt ist, nennt Frank Epistrophe, denjenigen, in welchem es sich an die Fugenseiten zurückgezogen hat, Apostrophe. Die Epistrophe ist, wie aus Obigem hervorgeht, der Ausdruck eines völlig normalen, kräftigen Lebenszustandes; »die Apostrophe dagegen das Symptom einer geminderten Lebensenergie.« Wird eine Zelle jenen oben genannten ungünstigen Vegetationsbedingungen ausgesetzt, so tritt vorübergehend oder dauernd die Apostrophe an Stelle der Epistrophe. Ausserdem wechseln auch diese Zustände »unter gleichen äusseren Verhältnissen normal in bestimmten Lebensstadien der Zelle. Aus einer zur Jugendzeit herrschenden, im Allgemeinen indifferenten Vertheilung des chlorophyllbergenden Protoplasmas stellt sich allmählich die Epistrophe her, welche während der Dauer der Entwicklungshöhe der Zelle sich erhält. Geht letztere in die Senescenz über, so schwindet jene unwiederbringlich, und die Apostrophe tritt an ihre Stelle.«

Frank's Epistrophe — d. h. die Vertheilung der Chlorophyllkörner, wie sie an ausgewachsenen, unter normalen Bedingungen bei diffusum Tageslichte vegetirenden Parenchymzellen beobachtet wird — entspricht also gewissermassen der Tagesstellung Borodin's. Für diesen letzteren besteht das Charakteristische der Tagesstellung in der Anordnung der Chlorophyllkörner an den zur Oberfläche des Pflanzentheils parallelen Zellwänden; Frank dagegen legt das Hauptgewicht auf den Umstand, dass bei der Epistrophe die Chlorophyllkörner ausschliesslich oder doch vorwie-

*) l. c. S. 299.

gend diejenigen Wände bedecken, welche entweder frei an der Oberfläche der Organe liegen oder an Intercellularräume grenzen.

Für viele Fälle mag die Frank'sche Fassung genau zutreffend sein; dass dieselbe jedoch keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen darf, davon kann man sich leicht durch die Untersuchung geeigneter Objecte überzeugen.

Die Blätter von *Elodea canadensis* bestehen mit Ausnahme des Randes und der Mittelrippe aus zwei Schichten eng mit einander verbundener Zellen. Diejenige Zellschicht, welche die Oberseite des Blattes bildet, besteht aus parallelepipedischen Zellen von ziemlich beträchtlichen Dimensionen; die Zellen der unteren Schicht sind beträchtlich kleiner, im Uebrigen gleichgestaltet. Wie der Querschnitt senkrecht zur Blattmittelrippe zeigt, stehen sämtliche Zellen in lückenlosem Verbands, bis auf ziemlich enge Intercellulargänge (Fig. 2), von ungefähr quadratischem Querschnitt, welche die Stelle einnehmen, wo je zwei der grösseren Zellen (der oberen Schicht) und zwei der kleineren Zellen (der unteren Schicht) an einander grenzen. Flächenansichten des Blattes bei durchfallendem Lichte zeigen uns diese mit Luft erfüllten Intercellularräume als schwarze, das Blatt der Länge nach durchziehende, hier und da anastomosirende Längsstreifen.

Um die Vertheilung des Chlorophylls kennen zu lernen, ist es zweckmässig, Querschnitte durch die Blätter herzustellen, weil die den Aussenwänden anliegenden Chlorophyllkörner eine ungetrübte Einsicht in das Blatt nicht gestatten. Um die Chlorophyllkörner in der eben innegehabten Lage zu fixiren, legte ich die frisch von der Pflanze entnommenen Blätter in einprocentige Osmiumsäure oder auch einfach in gehörig gewässerten Alkohol, wobei eine merkliche Contraction des wandständigen Plasmas vermieden wurde.

Wie Fig. 2 zeigt, bedecken hier die Chlorophyllkörner sowohl die Aussenwände wie die Innenwände der Zellen beider Schichten, unbekümmert ob die Wände an Intercellularräume grenzen oder nicht. Die Seitenwände sind dagegen frei von Chlorophyll: dasselbe nimmt die zur Blattoberfläche parallelen Wände ein.

Noch weniger in das Frank'sche Epistrophenschema passt die Chlorophyllvertheilung in den flachen untergetauchten Stämmchen

von *Lemna trisulca*. In der Nähe des Randes besteht das Laub, wie wir schon oben gesehen haben, aus einer einzigen chlorophyllführenden Parenchymschicht, welche beiderseits von der spaltöffnungsfreien Epidermis überzogen ist (Fig. 1 a). In anderen Stellen ist das Parenchym zweischichtig. In diesen Laubtheilen, die ich hier ausschliesslich betrachten werde, sind bis auf wenige Intercellularräume sämtliche Zellen sowohl der Epidermis als des Parenchyms in engem Verbande. An Pflänzchen, die unter normalen Verhältnissen bei diffusum Tageslichte vegetiren, ist die Chlorophyllvertheilung folgende. An denjenigen Stellen, wo das Parenchym einschichtig ist, bedecken die Chlorophyllkörner die beiden an die Epidermis grenzenden Aussenwände, wo also von Intercellularräumen keine Spur vorhanden ist. Im zweischichtigen Parenchym liegt das Chlorophyll sowohl beiden Aussenwänden als den Innenwänden, wo je zwei Parenchymzellen an einander stossen, an.

Hier wie bei *Elodea* kann also von einer bestimmten Beziehung des chlorophyllführenden Plasmas zu den freien — an Intercellularräume grenzenden — Zellwandtheilen nicht die Rede sein. Es liesse sich noch eine Reihe von Pflanzen anführen, bei denen ähnliche Verhältnisse obwalten; es sind dies aber, so viel ich bis jetzt erfahren konnte, durchweg Pflanzen mit relativ schwach entwickelten Lufträumen.

Zieht man dagegen Gewächse mit reich ausgebildeten Luftcanalssystemen in Betracht, so lässt sich nicht verkennen, dass in der Mehrzahl der Fälle die Chlorophyllkörner vorwiegend denjenigen Zellhautpartieen anliegen, welche an Lufträume grenzen.

Wenn die Frank'sche Charakterisirung der Epistrophe also nur für eine begrenzte Zahl von Fällen zutreffend ist, so ist die Lagerung der Chlorophyllkörner an den zur Organfläche parallelen Wänden auch nur für eine bestimmte Kategorie von Fällen die thatsächlich vorhandene. In den Zellen des Palissadenparenchyms bedecken die Körner die zur Blattspreite senkrechten Wandpartieen, in den tonnenförmigen Zellen vieler Fettpflanzen nehmen sie meist eine zwischen Flächen- und Profilstellung intermediäre Lagerung ein. Genauere Flächenstellung finden wir dagegen vorzugsweise in solchen Zellen, welche durchschnittlich geringere Lichtmengen empfangen.

Einfluss intensiven Lichtes auf die Lagerung der Chlorophyllkörner.

Die geeignetsten Objecte bieten hier wiederum die aus einer einfachen Zellschicht bestehenden Moosblätter und Farnprothallien, ferner diese sehr einfach gebauten Blätter untergetauchter Wasserpflanzen, welche ohne Beschädigung einer directen mikroskopischen Beobachtung unterzogen werden können. Die erste genauere Darstellung der Veränderungen, welche directe Insolation in der Vertheilung der Chlorophyllkörner hervorruft, verdanken wir Borodin*), dessen Abhandlung ich zunächst Folgendes entnehme.

Im einschichtigen Parenchym von *Lemna trisulca* findet man am gewöhnlichen Tageslicht, wie mehrfach erwähnt, die der Oberfläche des platten Stengels parallelen Zellwände des Parenchyms gleichmässig mit Chlorophyllkörnern bedeckt. Wird aber eine solche Pflanze der Wirkung des directen Sonnenlichtes ausgesetzt, so tritt rasch eine Veränderung der Chlorophyllkörnervertheilung ein. Nach 10—15 Minuten bedecken sie gleichmässig die Seitenwände, d. h. diejenigen Wände, mit denen die chlorophyllführenden Zellen an einander stossen. Die Chlorophyllkörner verlassen also die der Stammoberfläche parallelen Wände, um auf die zu derselben senkrechten Wandungen hinüber zu wandern (Fig. 1 b). Auf Flächenansichten des Thallus bilden die Chlorophyllkörner in diesem Stadium ein regelmässiges Netz, dessen Maschen den einzelnen Parenchymzellen entsprechen. Nach länger andauernder Sonnenbeleuchtung ist das regelmässige Chlorophyllnetz nicht mehr vorhanden; die Körner bilden jetzt unregelmässige Gruppen, die die Ecken, wo mehrere Zellen zusammenstossen, einnehmen. Damit hat die Wanderung der Chlorophyllkörner ihr Ende erreicht, denn bei weiter fortgesetzter Beleuchtung erfolgt keine weitere Veränderung ihrer Vertheilung. Wird die Pflanze aber aus dem Sonnenlichte entfernt und bloß diffusem Tageslichte ausgesetzt, so verlassen die Chlorophyllkörner die Seitenwände und wandern auf die Aussenwände hinüber. Diese Ueberführung der Chlorophyllkörner aus einer Lagerung in die andere kann durch alternirende Versetzung aus dem diffusen Tageslichte ins directe Sonnenlicht und umgekehrt an einer und derselben Pflanze beliebige Male erzielt werden.

*) Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner in den grünen Theilen der Phanerogamen. (Bulletin de l'Académie impér. des sc. de St. Pétersbourg. T. XIII. 1869.)

Das hier Mitgetheilte bezieht sich nicht nur auf das einschichtige Parenchym, sondern auch auf die übrigen Thallustheile. Im zweischichtigen Parenchym findet man unter denselben Umständen zwei über einander liegende Chlorophyllnetze (Fig. 1 b). Bei fortgesetzter Beleuchtung wird auch hier die regelmässig netzförmige Vertheilung in eine gruppenweise übergeführt.

Die eben für *Lemna trisulca* geschilderten Erscheinungen beobachtete Borodin in übereinstimmender Weise an den mit Wasser injicirten Blättern von *Callitriche verna*, sowie bei *Stellaria media*: auch hier wanderten die Chlorophyllkörner nach kurzer Insolation auf die Seitenwände. Da nun in der Dunkelheit bei vielen Pflanzen das Chlorophyll ebenfalls auf die Seitenwände wandert, so sah sich Borodin veranlasst, die sogenannte Nachtstellung der durch directe Insolation hervorgerufenen Chlorophyllvertheilung zu vergleichen. »Die Abwesenheit des Lichtes ruft im Wesentlichen dieselbe Vertheilung der Chlorophyllkörner wie das directe Sonnenlicht hervor, nur ist die Wirkung des letzteren stets viel rascher und intensiver.«

Die Dunkelstellung — Apostrophe von Frank — ist in der That in manchen Fällen nicht von der durch Insolation bedingten zu unterscheiden, so bei Moosblättern und Farnprothallien, wenn die Sonne dieselben von der Fläche bescheint. So hat Borodin bemerkt, dass in einem aus der Dunkelheit ins directe Sonnenlicht versetzten *Funariablatte* die nächtliche Lagerung der Chlorophyllkörner unverändert bleibt, während dieselben am zerstreuten Tageslichte rasch auf die Aussenwände hervorkriechen. Es liessen sich noch viele ähnliche Beobachtungen anführen.

Wird aber umgekehrt z. B. ein Farnprothallium, in dessen Zellen die Körner durch das Sonnenlicht veranlasst worden waren, sich auf die Seitenwände zu begeben, plötzlich ganz dunkel gestellt, so bleiben die Körner nicht in allen Fällen an den Seitenwänden sitzen. Prothallien von nicht nicht näher bestimmter Herkunft — wahrscheinlich von *Pteris serrulata* —, in deren Zellen in Folge von Insolation die Chlorophyllkörner die Seitenwände bedeckt hatten, zeigten nach 17-stündiger Verdunkelung in vielen Zellen, namentlich in den jüngeren Randzellen, die Chlorophyllkörner ungefähr gleichmässig auf die verschiedenen Wände vertheilt. Die Dun-

kelstellung — Apostrophe — trat erst nach mehrtägigem Lichtabschluss ein.

In vielen Fällen ist nun aber die Apostrophe von der durch Insolation bedingten Chlorophyllvertheilung verschieden. Besonders deutlich tritt dies bei *Lemna trisulca* hervor. In den Figuren 1 a, b, c sind die drei Typen der Chlorophyllanordnung auf Querschnitten schematisch angedeutet. In Fig. a ist die Flächenstellung der Körner, wie dieselbe bei diffusum Tageslichte auftritt, dargestellt; in Fig. b die durch Insolation hervorgerufene Profilstellung; in Fig. c endlich die nach anhaltender Verdunkelung eintretende Apostrophe.

Wird ein Lemnenspross, dessen Chlorophyll die durch Fig. b illustrierte Profilstellung zeigt, verdunkelt, so tritt nach kürzerer oder längerer Zeit die in c angedeutete Lagerung ein; umgekehrt macht an einem aus der Dunkelheit in das Sonnenlicht gebrachten Pflänzchen die Apostrophe rasch der Profilstellung Platz. Bei der letzteren Anordnung sind die zur Sprossoberfläche parallelen Wände ihres Chlorophylls entblösst; bei der Apostrophe bedecken die Körner die an gleichwerthige Nachbarzellen grenzenden Wände.— Auch in den Brutknospen von *Marchantia* ist (s. oben S. 327) bei der Dunkelstellung ein Theil der der Stammoberfläche parallelen Wände mit Chlorophyllkörnern besetzt. Wird eine solche Brutknospe der Sonne ausgesetzt, so werden die genannten Wände von den Körnern verlassen, welche letztere nur noch den Seitenwänden, an welchen sie die Profilstellung finden, angeschmiegt sind.

Die Apostrophe, wie sie durch Frank ausführlich charakterisirt wurde, darf also mit der Anordnung, welche die Chlorophyllkörner in Folge von Besonnung annehmen, nicht verwechselt werden. Dort begeben sich, unter gewissen meist ungünstigen Vegetationsbedingungen, die Körner an solche Partien der Zellwand, wo benachbarte Zellen an einander grenzen. Hier ist die Profilstellung das Ergebnis der Körnerschiebungen: dieselbe wird zwar in vielen Fällen an denjenigen Wandflächen erreicht, die auch bei eintretender Apostrophe einen Körnerbeleg erhalten. Dieses Zusammentreffen ist jedoch kein unbedingt nothwendiges. Dies zeigten schon die Beobachtungen an *Lemna trisulca* und *Marchantia*; das gleiche soll weiter unten für Farnprothallien und Moose dargethan werden, bei welchen es unter gewissen Beleuchtungsbedingungen gelingt, durch Insolation eine

von der gewöhnlich vorkommenden ganz abweichende Körnervertheilung herbeizuführen. Die durch das Licht veranlassten Chlorophyllwanderungen sind von der Richtung des Strahlenganges abhängig; bei der eher pathologischen Erscheinung der Apostrophe sind dagegen lediglich die anatomischen Verhältnisse für die Umlagerung von maassgebendem Einfluss.

Allgemeinere Verbreitung der durch Schwankung der Lichtintensität hervorgerufenen Chlorophyllwanderungen. Ausser den einfach gebauten Moosblättern und Farnprothallien hatte Borodin besonders noch die Blätter untergetauchter Wasserpflanzen berücksichtigt, deren Durchsichtigkeit ebenfalls eine directe mikroskopische Beobachtung der Chlorophyllumlagerungen zulässt. Ueberall konnten die zwei entgegengesetzten Anordnungsweisen des Chlorophylls nachgewiesen werden. Es liessen sich zu den von Borodin besprochenen Pflanzen noch viele andere anfügen, bei welchen ein identisches Verhalten beobachtet wurde.

Ein etwas abweichendes Verhalten ist dagegen für *Elodea canadensis* beschrieben worden*). Bei diffusum Tageslichte sieht man (Fig. 2) die Chlorophyllkörner gleichmässig zerstreut über die der Blattfläche parallelen Wandungen der Zellen. Bringt man dagegen ein vorher besonntes Blatt rasch unter das Mikroskop, so sieht man die Chlorophyllkörner in jeder Zelle zu einem Haufen an irgend einem Punkte der Wandung versammelt. Hier tritt also die auch bei *Lemna trisulca* u. s. w. beobachtete Gruppierung der Chlorophyllkörner zu Klumpen viel rascher und in auffallenderem Maasse auf.

Borodin berichtet allerdings, dass er auch in den Blättern von *Elodea* bei intensiver Beleuchtung die Chlorophyllkörner von den äusseren auf die seitlichen Wandungen der Zellen hinüberwandern gesehen habe. Ich selbst konnte diese Erscheinung nur in seltenen Fällen und niemals in so ausgeprägter Weise als bei anderen Pflanzen wahrnehmen. Es wäre jedoch möglich, dass, bei der dem Lichte gegenüber besonders empfindlichen *Elodea*, das von Borodin beobachtete Verhalten nur

*) Frank l. c. S. 303, Nachträgliche Bemerkungen und E. Prillieux, Sur les conditions qui déterminent le mouvement des grains de chlorophylle dans les cellules de l'*Elodea canadensis*. (Comptes rendus 1874. T. LXXVIII. p. 750.)

bei einer gewissen, nicht zu hohen Intensität einträte.

Wie dem auch sei, bildet *Elodea* nur eine unwesentliche Ausnahme von dem bisher constatirten Verhalten der Chlorophyllkörner gegenüber verschieden starkem Lichte. Eine genauere Betrachtung der zu einem Klumpen vereinigten Körner zeigt nämlich, dass die grosse Mehrzahl derselben, namentlich die am Rande der Gruppe gelegenen, der Sonne nicht die Fläche, sondern eine Kante zukehrt. Bei intensivem Lichte tritt also auch hier wieder die Profilstellung der Chlorophyllkörner ein. Grössere Schwierigkeiten als die untergetauchten Wassergewächse setzen dem Beobachter diejenigen Pflanzen, namentlich Landpflanzen, entgegen, deren Blätter durch zahlreiche luffüllte Intercellularräume in hohem Grade undurchsichtig gemacht werden. Borodin entfernte aus den Blättern von *Callitriche verna* und *Stellaria media* die Luft mittels der Luftpumpe und fand, dass Blätter, deren Intercellularräume mit Wasser injicirt sind, sich dem Lichte gegenüber den normalen luftführenden ganz gleich verhalten. Die Injectionsmethode ist jedoch nicht für alle Fälle ausreichend und namentlich bei dickeren, zumal bei Palissadenparenchym führenden Blättern nicht mehr anwendbar. Ich fand bald, dass wenn es nicht mehr darauf ankommt, die Chlorophyllbewegungen selbst zu beobachten, sondern blos die Resultate der Ortsveränderungen nachzuweisen, es genügt, die ganzen Blätter in Alkohol zu legen. Die jeweiligen Zustände der Chlorophyllvertheilung werden dann beinahe momentan fixirt. Ist der Alkohol nicht zu stark, so zieht sich das Plasma kaum von den Wänden zurück und es lassen sich an den genügend erhärteten Präparaten in beliebiger Weise Quer- und Flächenschnitte der Blätter herstellen, welche dann ausserdem in beinahe unverändertem Zustande aufbewahrt werden können. Durch den Vergleich solcher Spirituspräparate mit anderen von lebendigen Objecten frisch gefertigten, in einprocentige Osmiumsäure oder auch blos in Wasser gelegten Schnitten konnte ich mich überzeugen, dass sowohl die Lagerung der Chlorophyllkörner, wie auch ihre Gestalt, durch die Behandlung mit Alkohol nicht wesentlich verändert werden.

Das Mesophyll der Blätter von *Oxalis acetosella* ist aus drei Lagen von Parenchymzellen zusammengesetzt. Die Zellen der oberen, an die Epidermis grenzenden Schicht sind zu mehr oder weniger stumpfen Kegeln

ausgebildet, die mit ihrer Basis der Epidermis aufsitzen. Die zwei unteren Mesophylllagen bestehen aus flachen sternförmigen Zellen, welche parallel zur Blattfläche beträchtlich ausgedehnt sind.

Gesunde Blätter unserer Pflanze wurden flach auf einem Teller ausgebreitet und den senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen ausgesetzt. Durch Uebergiessen mit frischem Wasser wurde eine zu grosse Erwärmung der Blätter verhindert. Einzelne Blättchen wurden durch Papierschirme vor den directen Sonnenstrahlen geschützt. Nach etwa einer Stunde wurden die markirten Blättchen in Alkohol gelegt. Die entfärbten Blättchen waren so durchsichtig, dass schon die Beobachtung bei durchfallendem Lichte genügend war, um die verschiedene Vertheilung der Chlorophyllkörner in den Mesophyllzellen der beschatteten und besonnenen Blättchen festzustellen.

In Fig. 3 a, b, c sind in der Flächenansicht einige der sternförmigen Zellen der untersten, an die Epidermis der Blattunterseite grenzenden Schicht dargestellt. Fig. a ist einem beschatteten Blättchen entnommen: die Chlorophyllkörner sind ungefähr gleichmässig auf die der Blattfläche parallelen Wände vertheilt. In Fig. b sind die Körner auf die zur Blattfläche senkrechten Wandpartien hinübergewandert: diese Vertheilung findet man in den Blättern nach nicht zu langer Insolation. Sind die Blätter längere Zeit, etwa eine Stunde oder darüber, von der Sonne beschienen worden, so trifft man die in Fig. c dargestellte Chlorophyllanordnung. Die Körner liegen, zu Klumpen vereinigt, an den zwei benachbarten Sternzellen gemeinsamen Wandungen.

Diese Chlorophyllvertheilung entspricht also vollkommen derjenigen von *Lemna trisulca*; sie ist aber, in der besprochenen Weise, nur in den zwei unteren Mesophylllagen ausgeprägt, welche aus sternförmigen Zellen bestehen. In den kegelförmigen Zellen der obersten, an die Epidermis der Blattoberseite grenzenden, Schicht ist die Lageveränderung der Chlorophyllkörner viel geringer. In diffussem Lichte ragen allerdings die Körner weiter auf die mit der Oberhaut verbundene Wand hinüber als im Sonnenlichte; eine ergiebige Ortsveränderung ist aber hier kaum zu beobachten. Nur selten finden sich einzelne Körner auf der zur Blattfläche parallelen Wand der kegelförmigen Parenchymzellen. Doch hiervon später.

Bei durchfallendem Lichte, von der Oberseite betrachtet, bietet daher ein *Oxalis*blatt

ein ganz verschiedenes Bild, je nachdem es unmittelbar vor der Behandlung mit Alkohol diffusum Tageslichte oder der directen Sonne ausgesetzt gewesen war. Im ersteren Falle ragen zunächst die Chlorophyllkörner der obersten Parenchymlage weiter ins Innere der Zelle hervor. Rücken wir durch tiefere Einstellung das Präparat dem Auge näher, so bekommen wir die sternförmigen Mesophyllzellen zu Gesicht, deren Chlorophyllkörner uns alle die Fläche zukehren. Wenden wir eine schwache Vergrößerung an, welche uns erlaubt, das ganze übrigens sehr dünne Mesophyll auf einmal zu übersehen, so erscheint das Gesichtsfeld von den Chlorophyllkörnern ganz fein und regelmässig betupft: das Blatt erhält dadurch ein gleichmässig opakes Aussehen.

In dem vor der Fixirung durch Alkohol besonnenen Blatte scheinen dagegen die Chlorophyllkörner zu dichten Gruppen vereinigt, zwischen welchen kaum noch einzelne Körner wahrzunehmen sind. In den kegelförmigen Zellen der oberen Parenchymschicht sind die weniger tief in das Zellumen hineinragenden Chlorophyllkörner zu dichten Ringen vereinigt; diejenigen der Sternzellen sind, wie wir oben gesehen (Fig. 3 c), zu Gruppen vereinigt, die sich ihrerseits im Schatten der über ihnen liegenden Ringe befinden. Selbst wenn den Blättern der grüne Farbstoff durch Alkohol entzogen ist, sind die der Sonne ausgesetzten Blätter durchsichtiger als die, welche bloss diffuses Tageslicht empfangen hatten. Sind die Körner noch mit ihrem grünen Farbstoff versehen, so ist die Färbungsdifferenz noch viel auffallender. Das Erbleichen der Blätter vieler Pflanzen im Sonnenlichte ist daher auch lange vor der Entdeckung der Chlorophyllwanderung bekannt geworden.

Die hier für *Oxalis* mitgetheilten Erscheinungen habe ich in allen darauf näher untersuchten Blättern nachweisen können. Zuerst wandern die von der Sonne beschienenen Chlorophyllkörner von den zur Oberfläche des Blattes parallelen Wänden auf die zu ihr senkrechten; bei andauernder Insolation findet dann meist noch die Vereinigung der Körner zu einem oder mehreren Klumpen statt.

Ich unterlasse es, über diesen Gegenstand weitere Einzelheiten mitzutheilen, da die Erscheinungen überall in wesentlich derselben Form auftreten. Es mögen hier nur noch zwei einigermaßen abweichende Fälle etwas eingehender besprochen werden.

Den Einfluss von Besonnung auf die Blät-

ter von *Selaginella Martensii* hat Prillieux*) ausführlich beschrieben. Bemerkenswerth ist hierbei das Verhalten des Chlorophyllapparates in den Epidermiszellen der Blattoberseite. In der Mehrzahl**) der Zellen ist hier das chlorophyllführende Plasma nicht in einzelne Körner zerfallen, sondern es bildet eine ununterbrochene Schicht, welche den Grund der Zelle einnimmt und auf Blattquerschnitten die Gestalt eines Halbmondes aufweist, dessen Concavität der Blattoberfläche und in Folge dessen dem Lichte zugekehrt ist.

Bei Besonnung wandert das grüne Plasma von der Unterwand auf eine der Seitenwände. Auf Flächenansichten des Blattes zeigt dasselbe nun Halbmondgestalt. Nach Prillieux spaltet sich bei manchen Selaginellen das Chlorophyll in Folge von Besonnung in zwei Portionen, so dass dann in jeder Zelle, statt einem, zwei grüne Halbmonde vorhanden sind.

Bei den Selaginellen findet also wie in allen bisher betrachteten Fällen, bei diffusum Lichte Flächenstellung, bei intensiver Beleuchtung Profilstellung statt.

Ein in anderer Beziehung einigermaßen abweichendes Verhalten ist in den Blättern vieler Fettpflanzen — *Sedum*-, *Sempervivum*-arten u. a. — zu beobachten. Die Chlorophyllkörner nehmen hier gewöhnlich nicht die zur Blattfläche parallelen Wandpartieen ein, sondern sie bedecken, selbst bei diffusum Lichte, vielfach nur solche Stellen der Zellwand, welche annähernd senkrecht zur Blattoberfläche orientirt sind.

Für Fettpflanzen ist zuerst festgestellt worden, dass durch intensive Besonnung die gewöhnliche Vertheilung der Chlorophyllkörner gestört wird. Böhm***) hatte Pflänzchen von *Sedum sexangulare*, *S. dasyphyllum*, bei denen sich die Chlorophyllkörner an der Zellwand befanden, zur Mittagszeit in den heissen Julitagen den Sonnenstrahlen ausgesetzt und nach kaum einer Stunde gefunden, dass alle Chlorophyllkörner einer jeden Zelle sich zu einer Gruppe vereinigt hatten. Aehnliche Erscheinungen wurden von demselben Autor im Stengel von *Sedum telephium* u. a. beobachtet.

Frank†) bestritt die Böhm'schen Angaben, ohne jedoch die oben genannten Pflanzen auf

*) E. Prillieux, Mouvements de la Chlorophylle chez les Sélaginelles. Compt. rend. 1874. T. LXXVIII.

**) in der Nähe der Blattbasis sah ich namentlich das chlorophyllführende Plasma in mehrere Portionen (Körner) zerklüftet.

***) Böhm, Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls. Sitzb. der Wiener Akademie. 1856.

†) l. c. S. 254.

ihr Verhalten dem Sonnenlichte gegenüber zu prüfen. Bei *Sedum dasyphyllum* sind nun in der That die Wirkungen des Sonnenlichtes sehr auffallend. Nach 1 $\frac{1}{2}$ stündiger Insolation fand ich alle Körner zu Klumpen vereinigt, welche die weiter unten für *Sempervivum* zu beschreibende Lage inne hatten. Im diffusen Lichte zerstreuten sich die Körner, um wieder ihre normale Vertheilung anzunehmen.

Selbst in den von Frank untersuchten *Sempervivum*arten (u. a. *S. ruthenicum*) konnte ich bei anhaltender Insolation eine Gruppierung der Körner zu Klumpen beobachten.

Die bei *Sempervivum* vorkommende Anordnung der Mesophyllzellen hat Frank ausführlich dargelegt. Die tonnenförmigen Zellen sind in Longitudinalreihen geordnet, welche der Längsaxe des Blattes parallel laufen. Diese Reihen liegen in radialen (zur Blattfläche senkrechten) Streifen und sind in dieser Richtung auch ziemlich fest verbunden, indem die Zellen an ihrer vorderen und hinteren Wand, wenigstens in einem mittleren Streifen, mit ihren Nachbarinnen zusammengewachsen sind. Die benachbarten Zellen dieser Longitudinalreihen stehen in lückenlosem Verbande, indem die beiderseitigen Membranthteile zu einer einfachen Platte innig verwachsen sind. Die in tangentialer Richtung neben einander liegenden Zellenstreifen stehen in der Regel nirgends im Zusammenhange: die linken und rechten Wände sind nämlich ziemlich convex und in ihrer ganzen Ausdehnung frei. Es liegen also continuirliche, ziemlich weite, lufthaltige Intercellulargänge radial zwischen den einzelnen Reihen.

Frank hebt nun hervor, dass an Individuen, welche soeben von ihrem natürlichen Standorte genommen sind oder auch im Zimmer am Fenster im diffusen Tageslichte gestanden haben, die Chlorophyllkörner im Allgemeinen nur in den beiden freien radialen Längswänden gefunden werden; die Vorder- und Hinterwand und zumal mit aller Strenge die beiden Querwände sind nicht damit besetzt. Nach mehrtägiger Verdunkelung sah Frank die Körner ziemlich gleichmässig sich über alle Zellwände verbreiten, im directen Sonnenlichte dagegen beobachtete er nur die oben geschilderte regelmässige Anordnung des Chlorophylls, die allerdings jetzt einen auffallend hohen Grad von Vollständigkeit angenommen hatte.

Bei *Sempervivum* ist also schon bei diffusem Tageslichte die Stellung der Chlorophyllkörner zur Lichtquelle gewöhnlich eine andere

als die, welche wir bei Farnprothallien, bei *Lemna trisulca*, im Schwammparenchym vieler Dikotylen finden. Nichtsdestoweniger ist auch hier, wie schon aus Frank's Angaben hervorgeht, der Einfluss der Lichtintensität auf die Vertheilung der Körner bemerkbar.

Stöcke von *Sempervivum ruthenicum*, die an einem sonnigen Standorte gestanden hatten und bei welchen die oben beschriebene Vertheilung des Chlorophylls herrschte, wurden in eine vor dem directen Sonnenlichte geschützte, etwas schattige Lage gebracht. Nach einigen Tagen waren die Chlorophyllkörner ganz beträchtlich auf die zur Blattfläche parallelen Wandpartieen hervorgerückt.

Exemplare derselben Art, welche sich bei diffusem Lichte im Zimmer entwickelt hatten, waren von auffallend dunkelgrüner Färbung. Die Mesophyllzellen waren auf dem Querschnitt ziemlich genau quadratisch, die Chlorophyllkörner bedeckten ausschliesslich die zur Organfläche parallelen Wände. Hier, bei schwacher Beleuchtung, hatten also die Körner vollständig Flächenstellung angenommen. Wurden diese Pflanzen dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, so wanderten die Körner zunächst auf die Seitenwände, wo sie die Profilstellung fanden.

Nach länger andauernder Insolation sah ich, wie bei *Sedum dasyphyllum*, die Körner sich zu Gruppen vereinigen, welche bestimmten, an Intercellularräume grenzenden Stellen der Seitenwände anlagen. Einstündige Besonnung genügte — im Monat Juli —, um die Zusammenballung des chlorophyllführenden Plasmas hervorzurufen. Die Erscheinung konnte auch an im Freien gewachsenen Exemplaren beobachtet werden. Die Zusammenballung trat, wie vergleichende Querschnitte durch die *Sempervivum*blätter lehrten, zuerst in den Parenchymzellen der Blattoberseite ein, um sich von hier aus allmählich auf tiefere Lagen zu erstrecken. Nach halbstündiger Beschattung war die gewöhnliche Vertheilung des Chlorophylls wieder eingetreten.

Wir finden also bei *Sempervivum* wieder die drei verschiedenen Zustände der Chlorophyllvertheilung, welche verschiedenen Beleuchtungsintensitäten entsprechen: Flächenstellung, Profilstellung, Zusammenballung der Körner zu Klumpen. Nur treten sie uns nicht mehr in ausgeprägter Weise bei allen Exemplaren entgegen. Genaue Flächenstellung tritt wohl nur noch bei Exemplaren auf, die an schattigen Orten sich entwickelt haben oder doch wenigstens längere Zeit dort zuge-

bracht haben. An freien Standorten tritt, selbst bei bedecktem Himmel, nicht mehr genaue Flächenstellung aller Körner ein; dieselben nehmen, der Tonnengestalt der Parenchymzellen entsprechend, intermediäre Stellungen ein. Um bei directer Besonnung Profilstellung zu erreichen, ist dagegen nur eine geringe Verschiebung längs der Zellwände nöthig. — Wie innig die Beziehungen zwischen Anordnung und Wanderung der Chlorophyllkörner und der Gestalt der Parenchymzellen sind, soll hier nicht näher untersucht werden. In einer späteren Abhandlung werde ich zeigen, in welchem hohem Grade die Gestalt der chlorophyllhaltigen Zellen von den Beleuchtungsbedingungen abhängig sind, unter welchen sich die betreffenden Organe entwickelt haben. (Fortsetzung folgt.)

Clastoderma A. Blytt,

novum Myxomycetum genus.

Sporangia discreta, calce destituta, stipitata. Columella brevissima aut subnulla. Capillitium e columella ortum, ramis solidis, lilacinis, demum lutescentibus, repetite bifurcatis, ramulis non anastomosantibus. Sporangii maturi membrana in fragmenta membranacea subhyalina inter se libera et distantia divisa. Fragmenta irregulariter rotundata, oblonga aut subpolygona, ramulis ultimis capillitii singulis vel 2-5 affixa. Sporaelilacinae.

C. Debaryianum n. sp.

Sporangia sphaeroidea, diam. $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ mm. Stipes fusco-flavescens erectus 1,3—1,4 mm. longus, e basi latiori versus apicem sensim attenuatus (basi 210—215 μ , apice ca. 8 μ latus), ad basin columellae annulo membranaceo angustissimo cinctus. Columella subnulla rotundata aut brevissima (30 μ longa), apice dilatato rotundata. Sporae sphaeroideae laeves, diam. 9,5—11 μ . Fragmentorum membranaceorum diametrus 10—15 μ , in fragmentis oblongis diametrus longior usque ad 30 μ longa.

Hab. in Polyporo emortuo, faciei inferiori gregarie insidens, in silva abiegna prope Fornebo Christianiae (Norvegiae) mense Septembri 1879 (A. Blytt).

Obs. Nomen generis e *κλαστός* fractus et *δέρμα* pellis derivatur. Speciem clarissimo professori de Bary dedicavimus.

Litteratur.

Ueber die tägliche Periodicität der Dickendimensionen der Baumstämme. Von P. Kaiser. Dissertation. Halle 1879.

Kraus hatte bekanntlich nachgewiesen, dass in der Querspannung der Rinde dikotyler Bäume eine täg-

liche Periodicität stattfindet, und daraus geschlossen, dass mit der Spannungserhöhung zugleich eine Verdickung der Rinde und damit des Stammes verbunden sein müsse. Der Verf. hat diese Aenderungen im Dickendurchmesser durch eine grössere Zahl von Messungen, hauptsächlich an dikotylen Bäumen, aber auch an *Dracaena Draco* und *Pinus Strobus* näher untersucht, und die oben angeführte Folgerung von Kraus bestätigt. Er kommt dabei zu folgenden Resultaten, die wir nach seinem Resumé mittheilen.

1) Die Stämme unserer Bäume sind einer täglich wiederkehrenden, regelmässigen Veränderung ihres Durchmessers unterworfen.

2) Der Durchmesser der Bäume nimmt von den frühesten Morgenstunden bis in die ersten Nachmittagsstunden stetig an Grösse ab, und erreicht um diese Zeit ein Minimum. Von da ab tritt eine kontinuierliche Vergrösserung des Durchmessers ein, bis gegen Eintritt der Dunkelheit ein erstes (kleines) Maximum erreicht wird. Nach kurzem Sinken steigt die Durchmessergrösse wiederum, und erreicht gegen die Zeit der Morgendämmerung ein grosses Maximum, um dann wieder die Tagessenkung einzugehen.

3) Dieser Gang der radialen Schwellung der Baumrinde coincidirt also genau mit dem Gange der Spannungsänderung derselben.

4) Wie aus der Curvenconstruction sofort ersichtlich, ist der Gang der Diameteränderung und der der Temperatur im Grossen und Ganzen umgekehrt correspondirend, und augenblicklich erkenntlich ist im Allgemeinen die umgekehrte Lage der Maxima und Minima: dem Heben der Temperatur entspricht eine Senkung des Diameters und umgekehrt.

5) Es ist aber auch ebenso ersichtlich, dass die Maxima und Minima nicht genau coincidiren; das nächtliche Dickenmaximum tritt lange vor dem Temperaturminimum der Nacht ein, und umgekehrt das Tagesmaximum der Temperatur vor dem Minimum der Dicke. Es lassen sich demnach zweifellos ausser der Temperatur noch andere massgebende Factoren als Ursache der Diameteränderung vermuthen.

Wie sich aus den Tabellen ergibt, handeltes es sich bei Bäumen mit einem Stammdurchmesser von 40—50 Mm. um Grössendifferenzen, die hinter $\frac{1}{2}$ Mm. meist beträchtlich zurückbleiben. G.

Anzeige.

Hugo Voigt, Hofbuchhandlung in Leipzig.

Soeben erschien bei mir und wird gegen Einsendung von 2 *M* (= 1 fl. 25 kr. = 2 sh. = 2 fr. 50 = 1 Rubel Papier) am einfachsten in Briefmarken, franco versandt:

Untersuchungen

über die

Entwicklungsgeschichte und Fermentwirkung

einiger

Bakterien-Arten.

Von

Dr. Adam Prażmowski.

gr. 80. Mit 2 Tafeln. Preis 2 *M*.

Diese Herrn Prof. Dr. Schenk, Director des bot. Gartens zu Leipzig gewidmete Schrift dürfte für jeden Botaniker von Interesse sein, zumal über Bakterien noch wenig erschienen ist. (24)

Dieser Nummer liegt bei ein Prospect der Verlagsbuchhandlung von J. Springer in Berlin, betr. Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München. Von Prof. Dr. E. Hartig.

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche (Forts.). — Litt.: L. Koch, Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen. — Neue Litteratur. — Anzeige.

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungs- erscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.

Hierzu Tafel VI.
(Fortsetzung.)

Einfluss der Lichtrichtung auf Anordnung und Bewegung der Chlorophyllkörner in zu Geweben verbundenen Parenchymzellen. Frank*) hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass Chlorophyllkörner in dem geschlossenen Raume einer Zelle bei vorwiegend einseitiger Beleuchtung Bewegungen ausführen können, welche bestimmte Beziehungen zur Richtung der die Zelle treffenden Lichtstrahlen zeigen. Diese »Lichtwärtsbewegungen« wurden von ihrem Entdecker dem für die Schwärmsporen vieler Algen und die Oscillarien bekannten Verhalten gegenüber dem Lichte verglichen. Was nun diese »Lichtwärtsbewegung« betrifft, so hebt Frank ganz ausdrücklich hervor, »dass es sich hier um eine ganz andere Erscheinung handle, als um die durch Famin tzin und Borodin bekannt gewordenen Lagenveränderungen der Chlorophyllkörner in den Zellen mancher Moose und Farnprothallien beim Wechsel von Beleuchtung und Dunkelheit.« »Dort orientiren sich unter der lediglich erregenden Wirkung des Lichtes ganz unabhängig von der jeweiligen Stellung der Zelle zur Richtung der Lichtstrahlen die Chlorophyllkörner an morphologisch bestimmten Zellwänden und sammeln sich bei völligem

Ausschlusse des Lichtes wiederum an anderen morphologisch bestimmten Punkten der Zelle.« Nach Frank ist also diejenige Vertheilung der Chlorophyllkörner, die wir als Tagesstellung bezeichnet haben, ohne Beziehung zur Richtung der Lichtquelle.

Ehe ich diesen Punkt einer eingehenderen Besprechung unterziehe, ist es nothwendig, die Erscheinung der »Lichtwärtsbewegung« der Chlorophyllkörner, wie dieselbe von Frank geschildert wird, ausführlicher zu besprechen.

Nicht näher bestimmte Farnprothallien wurden horizontal mit der Oberseite zenithwärts auf den Boden einer innen feucht gehaltenen Glasbüchse gesetzt. Diese letztere wurde ringsum mit einer lichtabschliessenden Hülle umgeben, bis auf eine dem Zimmerfenster zugekehrte Längsspalte, durch welche allein in sehr schiefer Richtung Tageslicht auf die Cultur fallen konnte. Als die Pflänzchen nach einigen Tagen untersucht wurden, zeigte sich, dass die Chlorophyllkörner nicht mehr die regelmässige Anordnung an den Aussenwänden inne hatten. Und zwar war dies am ausgeprägtesten an denjenigen Körnern, die unter der Oberwand lagen und direct beleuchtet wurden; dieselben hatten sich, und zwar in allen Zellen übereinstimmend, nach einer Seite hingezogen. Dort standen sie dicht gedrängt, ihre breite Seite der Zellwand zuehend. Hierbei waren bloß die Aussenwände der Zellen von Körnern bedeckt, die Seitenwände waren davon frei. Die Richtung, nach welcher sich die Chlorophyllkörner bewegt hatten, war nun in allen Zellen eine und dieselbe; sie fiel mit der Richtung der durch die Spalte kommenden Lichtstrahlen zusammen, so dass überall die Chlorophyllkörner den nach der Lichtquelle gelegenen Rand ihrer Zelle eingenommen hatten.

*) B. Frank, Ueber lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner. Bot. Ztg. 1871. Ausserdem Pringsheim's Jahrbücher. Bd. VIII. S. 257 f.

Das eben Mitgetheilte gilt nur für die Oberwand, welche bei diesem Versuche von dem sehr schief kommenden Lichte direct beleuchtet wurde.

Auf der Unterwand fand Frank die schon vordem bestehende Vertheilung der Chlorophyllkörner immer weniger gestört. Wenn sich aber auch hier eine Veränderung bemerken liess, dann war sie die gerade entgegengesetzte von der an der Oberwand bestehenden. Es war nämlich der Chlorophyllbeleg am spärlichsten an derjenigen Seite, wo an der Oberwand die grösste Anhäufung der grünen Körner stattfand; dagegen hatten sich die Chlorophyllkörner an dem entgegengesetzten Rande, also dort, wo an der Oberwand dieselben verschwunden waren, am dichtesten gesammelt.

Fig. 4 stellt solch eine Vorkeimzelle im Profil dar mit dem Chlorophyllwandbelege α der oberen und β der unteren Wand. Die schief durchgehende Linie ab bedeutet die Richtung, in welcher die Lichtstrahlen die Zellen durchdringen. Es ist nun selbstverständlich, sagt Frank, dass für die Oberwand der nach der Lichtquelle a schauende Rand α derjenige ist, von welchem her das intensivste Licht kommt, und dort sammeln sich denn auch die Chlorophyllkörner an. Der dadurch gebildete Haufen α wirft aber seinen Schatten unter sich (auf γ), und darum ist die darunter stehende Zellwand offenbar an dem entgegengesetzten Rande bei β am stärksten beleuchtet, weil über diesem keine schattenwerfenden Körperchen sitzen. Da sich nun auch wirklich die Chlorophyllkörner der Unterwand an dieser Stelle (β) ansammeln, so darf die einfache Annahme, dass die Chlorophyllkörner stets die stärkste Beleuchtung aufsuchen, mit den Beobachtungen im Einklange befindlich betrachtet werden.

Velten*) zeigte jedoch, dass Frank's Annahme unberechtigt ist. In der That werfen die bei α befindlichen Chlorophyllkörner keineswegs ihren Schatten auf γ , sondern gerade auf diejenige Stelle der Unterwand β , welcher die Körner der Unterseite vorzugsweise anliegen. Die Folgerung, welche Velten aus dem von Frank beobachteten, von ihm selbst nach Prüfung richtig gefundenen Thatbestande zieht, lautet folgendermassen: »Die Chlorophyllkörner der der Lichtquelle zunächst gekehrten Seite wandern an diejenige

*) Velten, Activ oder Passiv? (Sep.-Abdruck aus der öst. bot. Zeitschrift. 1876. Nr. 3.)

Stelle der Zelle, wo die intensivsten Lichtstrahlen einfallen; die der abgekehrten zeigen ein negatives Verhalten.«

Meine eigenen Beobachtungen stimmen mit denjenigen von Frank im Wesentlichen überein. Da Frank der Einfluss der Intensität des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner nicht bekannt war, so beziehen sich seine Angaben bloss auf das Verhalten der Körner gegenüber gemässigtem Tageslichte. Auch in dem Folgenden handelt es sich, insofern nicht das Gegentheil bemerkt wird, bloss von Beobachtungen, welche in den Herbstmonaten, also durchweg bei relativ schwachem diffusum Tageslichte ausgeführt worden sind.

Um eine Einsicht über den Einfluss zu gewinnen, welchen die Richtung des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner ausübt, empfiehlt es sich, die Beobachtungen mit Pflanzentheilen zu beginnen, deren Zellen nicht zu Gewebeflächen verbunden, sondern entweder ganz frei oder doch nur zu Fäden mit einander vereinigt sind. Die querwandlosen Schläuche von *Vaucheria* würden hierzu ein passendes Beobachtungsmaterial liefern. Zu dem hier verfolgten Zwecke viel geeigneter sind jedoch die Vorkerne vieler Farne, welche mit einem cylindrischen quergegliederten Faden beginnen und sich allmählich zu einer Zellfläche verbreitern.

Im unteren fädigen Theile des Vorkerms sind die Zellen — bis auf die zur Längsaxe senkrechten Querwände — ringsum vollkommen frei. Weiter nach oben, wo der Vorkern aus zwei, dann aus drei Zellreihen u. s. w. besteht, grenzen die Zellen erst auf einer, dann auf beiden Seiten an Nachbarzellen. Hier sind dann die freien Ober- und Unterwände von den zwei Nachbarzellen gemeinschaftlichen Seitenwänden zu unterscheiden.

Als Untersuchungsobject dienten mir die grosszelligen und sehr durchsichtigen Prothallien von *Ceratopteris thalictroides*; dieselben befanden sich, vor Druck geschützt, zwischen zwei Glasplatten in einer ziemlich hohen Wasserschicht.

Beachten wir zunächst das Verhalten der Chlorophyllkörner in den ringsum freien cylindrischen oder tonnenförmigen Zellen des unteren Theils des Vorkerms. Der Einfachheit halber sollen, wie bei *Mesocarpus*, bloss diejenigen Fälle berücksichtigt werden, in welchen das Licht die Zellen senkrecht zu ihrer Längsaxe trifft.

Wird eine Zelle, deren Chlorophyllkörner eine beliebige Vertheilung zeigten, ausschliesslich vom Spiegel des Mikroskops her beleuchtet, so findet man nach einiger Zeit die Körner derart angeordnet, dass ein Theil derselben die nach unten schauende, der Lichtquelle zugekehrte Wandstelle bedeckt, ein anderer dagegen eine diametral entgegengesetzte Lage inne hat; dieselben liegen der dem Beobachter zugekehrten Wandpartie an. Da die Chlorophyllkörner ziemlich spärlich vorhanden sind, so bilden sie zwei grüne über einander liegende Streifen. Hat die einseitige Beleuchtung längere Zeit gedauert, so sind die übrigen Wandtheile von Körnern vollständig entblösst. Fig. 5 stellt eine solche Zelle schematisch im Querschnitt dar; ab bezeichnet den Verlauf der Lichtstrahlen. Die Körner bei a werfen ihren, allerdings nicht sehr dichten, Schatten auf diejenigen, welche bei β angeordnet sind. — Nehmen wir nun vorläufig an, dass das Verhalten der Chlorophyllkörner gegenüber dem Lichte wirklich demjenigen der frei beweglichen Organismen — wie Algenschwärmersporen, deren Bewegungsrichtung mit derjenigen der Lichtstrahlen zusammenfällt — vergleichbar sei.

Vor Anstellung des Versuches waren die Körner ungefähr gleichmässig auf die Zellwände vertheilt. Um ihre respectiven Lagen bei α und β einzunehmen, haben sich einige Körner der Lichtquelle a nähern, andere sich von derselben entfernen müssen. Die Körner bei β würden also, in der oben gemachten Voraussetzung, das Licht der gegebenen Intensität fliehen, während die bei α es aufsuchen. Lassen wir nun gleich starkes Licht von einer anderen Seite auf die Zelle fallen, so müssen, wenn alle anderen Bedingungen gleich geblieben sind, die Chlorophyllkörner bei α wieder die der Lichtquelle zugekehrte Wandfläche einnehmen, die bei β dagegen sich nach der entgegengesetzten Seite hin bewegen.

Blenden wir das Licht vom Mikroskopspiegel ab und lassen wir nur directes, dem Objecttisch paralleles Licht auf die Zelle fallen, so werden die jetzigen Strahlen die früher vom Spiegel auf das Präparat geworfenen ungefähr rechtwinklig schneiden: sie durchdringen die Zelle nunmehr in der Richtung $a'b'$ (Fig. 5 b). Ist die vorher gemachte Voraussetzung richtig, so werden die Körner bei α insgesamt nach a' hinsteuern müssen, die bei β nach b' . Dies trifft nun aber thatsächlich

nicht zu. Einen Theil der Körner bei a — etwa die beiden rechts — sieht man nach a' hin rutschen, während andere — die beiden links — nach b' hin gleiten. Dasselbe gilt für die der oberen Zellwand (bei β) anliegenden Chlorophyllkörner: ein Theil geht nach rechts, ein anderer nach links. Das Resultat dieser Wanderungen ist, dass diejenigen Wandflächen, welche rechtwinklig vom Lichte durchstrahlt werden, wieder von Körnern besetzt sind.

Aehnliche Versuche wurden noch mehrfach und mit übereinstimmenden Resultaten ausgeführt. Bei vorwiegend einseitiger Beleuchtung begeben sich die Chlorophyllkörner immer auf diejenigen Stellen der Zellwand, welche der Lichtquelle zu- bzw. abgekehrt sind, und zwar bewegen sich dieselben, so viel ich beobachtet habe, nach derjenigen der beiden bezeichneten Wände hin, welcher sie am meisten genähert sind.

Die Chlorophyllkörner liegen mit ihrer flachen Seite der Zellwand an; die Wandstellen, welche sie unter den gegebenen Umständen bedecken, sind diejenigen, welche auf der Flächeneinheit am meisten Licht erhalten: die Körner kehren in dieser Stellung ihre Fläche der Lichtquelle zu, sie stehen, wenn auch nicht ganz genau, so doch annähernd rechtwinklig zum Lichteinfall. Die Flächenstellung ist also bei diffusiver Lichte die Gleichgewichtslage der Chlorophyllkörner. Hierbei ist es gleichgültig, in welcher Richtung dieselben vom Lichte durchstrahlt werden.

Schon bei *Mesocarpus* wurde gefunden, dass bereits senkrecht zum Lichte gestellte Chlorophyllbänder keine Drehung erleiden, wenn dieselben plötzlich von der entgegengesetzten Seite beleuchtet werden. Wird eine cylindrische Zelle des Vorkeims von *Ceratopteris*, in welcher die Chlorophyllkörner die Flächenstellung an den einander entgegengesetzten Wänden eingenommen haben, um 180° gedreht, so dass die vorher der Lichtquelle zugekehrten Flächen der Körner nunmehr von derselben abgewendet sind, so erfolgt keine sichtbare Drehung der Körner, auch verharren dieselben unter den veränderten Bedingungen an ihren respectiven Wänden, wobei allerdings geringe Ortsveränderungen nicht ausgeschlossen sind.

Das hier Mitgetheilte wird wohl genügen, um zu zeigen, dass jeder weiter ins Einzelne gehende Vergleich der durch den Lichteinfall

bedingten Chlorophyllwanderungen mit der Lichtwärtsbewegung der Schwärmsporen unzulässig ist. Wohl aber besteht eine gewisse Aehnlichkeit zwischen dem Verhalten der Chlorophyllkörner und demjenigen des einzigen Chlorophyllbandes von *Mesocarpus*, welches gleichsam als Typus für die Orientirungsverhältnisse der Chlorophyllkörner gegenüber dem Lichte angesehen werden kann. Bei *Mesocarpus* wird einfach durch Drehung die der jeweiligen Beleuchtung entsprechende Orientirung des Farbstoffbandes — Flächenstellung, Profilstellung — herbeigeführt. Wandständige Chlorophyllkörner erreichen dasselbe Resultat durch Verschiebung längs der Zellwände, durch Wanderung nach denjenigen Stellen der Zellwand, welche eine bestimmte Lage zum Lichteinfall inne haben.

Ehe ich den behandelten Gegenstand verlasse, mögen hier einige Bemerkungen Platz finden, die sich aus der Betrachtung der mitgetheilten Thatsachen unmittelbar ergeben.

Die Frage, ob die Bewegungen der Chlorophyllkörner als active oder passive zu betrachten seien, ist schon mehrfach erörtert worden. Für die letztere Ansicht, dass nämlich die Wanderungen der Chlorophyllkörner auf Bewegungen des Plasmas, dem sie eingebettet sind, beruhen, sprach sich zuerst Sachs*) aus. Frank begründete diese Annahme zunächst für die von ihm vorwiegend berücksichtigten Ortsveränderungen, welche zu den als Epistrophe und Apostrophe bezeichneten Chlorophyllvertheilungen führen, um dann diese Anschauungsweise auch auf die »directe Hinwanderung der Chlorophyllkörner nach der Quelle intensivster Beleuchtung innerhalb der Zelle« zu übertragen.

Ich glaube, dass die in diesem Abschnitt mitgetheilten Thatsachen zur Bekräftigung dieser Annahme beitragen werden. Das Verhalten der einzelnen Chlorophyllkörner bei verändertem Lichteinfall ist, wie schon hervorgehoben wurde, mit der Annahme einer selbständigen Bewegung derselben nicht vereinbar. Da die definitive Anordnung der Chlorophyllkörner bestimmte Beziehungen zum Lichteinfall zeigt, so muss dies auch für die Plasmaströmungen gelten, welche die Körner an ihren Platz bringen. Da eine Gesamtverschiebung des Plasmas, wodurch dasselbe wieder die vorher zur Lichtquelle innegehabte Lage einnehmen würde, nicht stattfindet, so

*) Lehrbuch der Botanik. 1. Aufl. S. 568.

liess sich vielleicht der ganze Vorgang in folgender Weise auffassen.

Die beiden einander entgegengesetzten, vom Lichte durchstrahlten Plasmapartien werden zu Anziehungscentren für das chlorophyllführende Plasma; es werden durch den Lichtreiz Strömungen eingeleitet, welche, immer weiter um sich greifend, die in ihren Bereich kommenden Körner mit sich führen, um sie schliesslich an den Ausgangspunkten der Strömungen zur Ruhe kommen zu lassen.

Die Frage, ob die Körner sich bei diesen Vorgängen ganz und gar passiv verhalten oder sich in irgend einer Weise bei den Bewegungen dem Lichtreize gegenüber thätig erweisen, dürfte wohl kaum mit Sicherheit zu entscheiden sein. Die letztere Annahme gewinnt allerdings einige Wahrscheinlichkeit bei Erwägung der später zu besprechenden Gestaltsveränderungen von Chlorophyllkörnern, welche in manchen Fällen ziemlich rasch auf den Lichtreiz erfolgen.

Beziehungen der Tagesstellung der Chlorophyllkörner zur Lichtrichtung. In dem Vorhergehenden wurde gezeigt, dass in den cylindrischen Zellen des jungen Farnvorkeims die Vertheilung der Chlorophyllkörner ganz und gar unter dem Einfluss der die Zelle treffenden Lichtstrahlen steht. Bei schwachem Lichte findet Flächenstellung an den dem Lichte zu- und abgekehrten Seiten der Zelle statt; intensive Beleuchtung veranlasst die Körner die Flächenstellung mit der Profilstellung zu vertauschen: das Chlorophyll wandert nach denjenigen Wandflächen, welche von der Lichtquelle aus im Profil gesehen werden. Diese verschiedenen Vertheilungsweisen werden natürlich am stärksten hervortreten in solchen Zellen, welche nur einen spärlichen Chlorophyllwandbeleg führen.

Das von Frank entdeckte Verhalten der Chlorophyllkörner bei einseitig auffallendem Lichte wurde weiter oben ausführlich besprochen, der Thatbestand selbst in eine andere Fassung gebracht. — Den oben mitgetheilten Erfahrungen zu Folge über den massgebenden Einfluss, welcher der Richtung des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner in dem schlauchförmigen Theil der Farnvorkeime zukommt, drängt sich die Frage auf, in wie weit sich der Einfluss einseitiger Beleuchtung noch geltend mache in den zu Gewebeflächen verbundenen Zellen; ist die »Lichtwärtsbewegung« von der gewöhnlichen Tages-

stellung — Anordnung der Chlorophyllkörner an den zur Oberfläche des Pflanzentheils parallelen Wänden — durchaus zu sondern? Ist, wie Frank annimmt, die letztere lediglich der erregenden Wirkung des Lichtes zuzuschreiben und unabhängig von der jeweiligen Stellung der Zelle zur Richtung der Lichtstrahlen?

Zur Entscheidung dieser Frage verwenden wir wieder die jungen Prothallien von *Ceratopteris*. Berücksichtigen wir zunächst das Verhalten der Chlorophyllkörner in den Zellen, welche die Stelle einnehmen, wo der erst fädige Vorkeim allmählich zur Zellfläche übergeht. Fig. 6a stellt in schematischer Form einen Querschnitt durch ein aus vier nebeneinander verlaufenden Zellreihen zusammengesetztes Prothallium dar. Die beiden äusseren Zellen sind im Querschnitt betrachtet bis auf eine gemeinschaftliche Wand ringsum frei, die beiden inneren dagegen bis auf Ober- und Unterwand mit ihren Nachbarinnen verwachsen.

Die Prothallien der Farne stellen, insofern sie nicht zu dicht wachsen und genügend starkes Licht erhalten, ihre Flächen ungefähr senkrecht zur Richtung des Lichtes. Exemplare, welche in ihrer ursprünglichen Stellung zum Lichte nicht gestört worden sind, zeigen uns in den einzelnen Zellen die gewöhnliche Tagesstellung der Chlorophyllkörner. Diese letzteren bedecken in gleichmässiger Vertheilung die rechtwinklig vom Lichte durchstrahlten Ober- und Unterwände (Fig. 6a). Wir haben also hier dasselbe Verhalten, wie es weiter oben für die cylindrischen, ringsum freien Zellen des Keimfadens geschildert worden ist.

Was geschieht nun, wenn das Licht nicht mehr senkrecht, sondern unter einem spitzen Winkel auf das Prothallium einfällt? Ist der Lichtstrahl nur wenig zur Vorkeimfläche geneigt, wie dies etwa in der bereits besprochenen Fig. 4 der Fall ist, so wird eine geringe Verschiebung der Körner — an der Oberwand nach links, an der Unterwand nach rechts — genügen, um dieselben wenigstens annähernd wieder in ihre ursprüngliche Stellung zum Lichte zu bringen; die Erreichung dieses Zieles wird durch die Wölbung von Ober- und Unterwand unterstützt.

Nimmt die Neigung der Lichtstrahlen zur Vorkeimfläche noch weiter zu, so wird bald ein Zeitpunkt eintreten, wo die den

Aussenwänden anliegenden Körner von der Lichtquelle aus eher im Profil als von der Fläche gesehen werden.

Die Prothallien unserer Versuchspflanze sind sehr durchsichtig. Es ist daher anzunehmen, dass das Licht, namentlich bei untergetauchten, von der anhaftenden Luft befreiten Prothallien, ohne grössere Störung seinen Weg durch die Zellen nehmen wird, selbst dann noch, wenn der Vorkeim unter sehr spitzem Winkel vom Lichte getroffen wird. — Werden nun unter solchen Umständen die Körner an den Aussenwänden verharren oder wird ein Theil derselben auf die Seitenwände, welche nunmehr dem Lichte die Fläche zukehren, übersiedeln? Frank hebt hervor, dass in seinen mit weissem Tageslichte angestellten Versuchen, die Chlorophyllkörner bei einseitiger Ansammlung sich dennoch streng an der Aussenwand hielten und nicht auf die Seitenwände traten; dieses letztere soll dagegen in seinen Versuchen mit rothem Lichte eingetroffen sein*). Bei meinen Versuchen habe ich, um die Fragestellung nicht zu compliciren; nur mit weissem Tageslichte experimentirt und festgestellt, dass auch bei dieser Beleuchtung die Chlorophyllkörner auf die Seitenwände hinüberwandern, sobald die Neigung der Lichtstrahlen eine beträchtlichere wird. In Fig. 6b bedeutet *ab* die Richtung des Strahlenganges. In der am weitesten nach links gelegenen Zelle bedeckt das Chlorophyll vorwiegend die freie der Lichtquelle zugekehrte Wand, in geringerer Menge die entgegengesetzte; auch in der äussersten Zelle nach rechts nehmen die Körner die beiden entgegengesetzten Wandpartieen ein. — In den beiden inneren Zellen, deren Verhalten für uns von besonderem Interesse ist, finden wir eine von der gewöhnlichen Tagesstellung völlig abweichende Vertheilung der Chlorophyllkörner.

Die beiden Aussenwände sind ihres Chlorophyllbelegs ganz oder beinahe völlig entblösst: die Körner liegen ganz vorwiegend den Seitenwänden an; bald sind sie in grösserer Anzahl auf den von der Lichtquelle abgekehrten, bald und dies zwar häufiger auf den dem Lichte zugekehrten Wänden vorhanden. Dass die Lagerung des Chlorophylls an den an Nachbarzellen grenzenden Wänden nicht etwa durch zu geringe, wie gänzliche Verdunkelung wirkende Beleuchtung hervor-

*) Frank, Ueber lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner. Bot. Ztg. 1871. S. 229.

gerufen ist, zeigt die Körnervertheilung in den beiden Aussenzellen, welche von der Dunkelstellung gänzlich verschieden ist.

Diese Beobachtungen wurden mehrfach und mit übereinstimmenden Resultaten wiederholt. Sobald ich das Licht nur durch einen schmalen horizontalen Spalt auf die vor sonstiger Beleuchtung geschützten Prothallien einwirken liess, trat eine der eben geschilderten ähnliche Chlorophyllvertheilung ein. Ein Theil der Chlorophyllkörner, welche die Aussenwände bedeckten, wanderte nach denjenigen Partien der Zellwand, die unter den neuen Verhältnissen senkrecht vom Lichte getroffen wurden. In den zu Geweben verbundenen Zellen finden wir also in den Hauptzügen dasselbe Verhalten der Körner, welches wir für die fadenförmigen Zellen des Vorkeims kennen gelernt hatten. Die Tagesstellung ist daher nur ein Specialfall der allgemeinen Regel, dass die Chlorophyllkörner bei diffusem Lichte die zum Lichteinfall senkrechten Wandpartien bedecken. Da unter gewöhnlichen Umständen, bei genügend starkem Lichte, die Farnprothallien eine zur dominirenden Lichtrichtung senkrechte Lage einnehmen, so kann man auch erwarten, an den aus ihrem ursprünglichen Standorte entnommenen Pflänzchen in der Mehrzahl der Fälle die gewöhnliche Tagesstellung zu finden.

Ausser den Farnprothallien habe ich das Verhalten des Chlorophylls bei einseitiger Beleuchtung noch bei Moosen studirt, für welche Frank auch die Lichtwärtsbewegung der Chlorophyllkörner, in ähnlicher Weise wie für die Farne, nachgewiesen hatte.

Ganze Rasen von *Funaria hygrometrica* wurden bis auf eine horizontale das Licht durchlassende Spalte verdunkelt. Durch diese letztere trat diffuses Tageslicht auf die eingeschlossenen Pflänzchen. — Diejenigen Blätter, welche dem Lichte ihre Fläche darboten, zeigten die gewöhnliche Chlorophyllvertheilung an den Aussenwänden. In den Zellen der eingerollten Blattränder oder solcher Blätter, welche von den Lichtstrahlen im Profil getroffen worden waren, zeigte sich bald die einseitige Ansammlung der Körner an dem der Lichtquelle zugekehrten Rande der Aussenwand, bald waren die Körner in mehr oder

weniger grosser Anzahl auf die Seitenwände hinübergewandert. In den der Mittelrippe genäherten Zellen sah ich die erwähnten Erscheinungen niemals so deutlich ausgeprägt wie in der Nähe des Blattrandes. Hier waren nämlich in nicht wenigen Zellen die Aussenwände ihres Chlorophylls vollständig entblösst, während die zur Lichtquelle senkrecht orientirten Seitenwände damit dicht besetzt waren. Oft zeigte sich die vom Lichte abgekehrte Wand gegenüber der entgegengesetzten durch die Reichlichkeit ihres Chlorophyllbelegs bevorzugt. Bei *Funaria* kehren also die bei *Ceratopteris* constatirten Erscheinungen wieder.

Directes Sonnenlicht veranlasst, wie bekannt, in kurzer Zeit ein Hinüberkriechen der Chlorophyllkörner von den Aussenwänden auf die Seitenwände. Der nachstehende Versuch zeigt, dass auch diese Wanderung von der Richtung des den Plasmaleib treffenden Lichtes beeinflusst ist.

Unversehrte Rasen von *Funaria* wurden auf einem Teller in eine sie ganz bedeckende Wasserschicht untergetaucht, die Blätter von der anhaftenden Luft befreit und nun der directen Augustsonne ausgesetzt. Durch wiederholtes Begiessen mit frischem Wasser wurde eine stärkere Temperaturerhöhung vermieden. Nachdem die Pflänzchen längere Zeit unverrückt gestanden hatten, wurden verschiedene Blätter, deren Orientirung zur Sonne vorher genau gemerkt worden war, mikroskopisch auf die Lagerung ihrer Chlorophyllkörner untersucht.

Senkrecht zu den Aussenwänden vom Sonnenlicht getroffene Zellen zeigten die bekannte Lagerung der Körner an den Seitenwänden; in Zellen, deren Orientirung zur Lichtquelle eine andere war, fand ich die Aussenwände minder vollständig ihres Chlorophyllbelegs entblösst. Einzelne in der Nähe des Blattrandes liegende Zellen endlich, welche von der Sonne im Profil getroffen worden waren, führten ausschliesslich an den Aussenwänden Chlorophyllkörner.

Bei directem Sonnenlichte kann also, bei einem gewissen Lichteinfall, eine Chlorophyllanordnung zu Stande kommen, welche mit der gewöhnlich bei diffusem Lichte eintretenden übereinstimmt.

Alle diese Versuche zeigen aufs Deutlichste, dass sowohl die gewöhnliche Tagesstellung, wie auch die Anordnung der Körner bei intensivem Lichte, nicht etwa unter einem

*) Selbstverständlich gilt das hier Gesagte in dieser Form nur für diejenigen Zellen, welche eine der in Farnprothallien vorkommenden ähnliche Chlorophyllvertheilung zeigen.

blos erregenden Einfluss des Lichtes stehen, durch welchen gewisse Umlagerungen von bestimmten Wandstellen an andere hervorgerufen würden, sondern direct von der Richtung der Sonnenstrahlen bedingt sind. Wenn aber schon in einfachen Gebilden, wie Moosblättern, Farnprothallien, welche aus einer einfachen Zelllage bestehen, Abweichungen von dem gewöhnlichen Verhalten — Flächenstellung der Körner an den Seitenwänden, Profilstellung an den Aussenwänden — nur unter besonderen Bedingungen eintreten, so wird man kaum mehr darauf rechnen dürfen, ähnliche Abweichungen in den zusammengesetzteren Blättern der höheren Pflanzen aufzufinden. Dort werden namentlich für tiefer im Organ liegende Zellen den ungefähr senkrecht zur Blattfläche auffallenden Lichtstrahlen gegenüber andere kaum mehr in Betracht kommen.

Vom Licht abhängige Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner. Die erste Angabe über eine durch intensives Licht hervorgerufene Gestaltveränderung von Chlorophyllkörnern rührt von Micheli*). In den Blättern von *Ceratodon purpureus* fand derselbe die Chlorophyllkörner (in der Flächenansicht des Blattes) nach Insolation contrahirt, die Distanzen zwischen den einzelnen Körnern vergrößert; nach Entfernung der Blätter aus dem Sonnenlichte kehrten die Körner wieder zu ihrer ursprünglichen Grösse zurück. Micheli drückt in Zahlen die Durchmesseränderungen der Körner aus und fügt einige Skizzen bei, in welchen die Umrisse der Körner einzelner Blattzellen bei verschiedenen Beleuchtungsbedingungen veranschaulicht werden.

Ich habe Micheli's Beobachtungen mit ähnlichen Resultaten wiederholt; die engen Zellen des oberen Blatttheils von *Ceratodon*, welche als Untersuchungsobject verwendet wurden, sind jedoch für die Entscheidung der Frage wenig günstig. Wenigstens lassen sich die verschiedenen Dimensionsverhältnisse, welche von Micheli abgebildet worden sind, vollkommen durch die damals unbekannt, durch Besonnung hervorgerufene Chlorophyllwanderung erklären, zumal eine solche in den weiteren Zellen der Blattbasis in charakteristischer Weise auftritt. (Forts. folgt.)

*) Micheli, Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle. Archives des sciences de la Bibliothèque universelle de Genève. T. 29. 1867.

Litteratur.

Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen. Von Ludwig Koch. Veröffentlicht mit Unterstützung des k. preuss. Ministeriums für Landwirthschaft, Domänen und Forsten. Heidelberg 1879. 130 S. 16 Tafeln fol.

Der Verf. gibt in dieser Arbeit die Darstellung eigener Untersuchungen über Morphologie und Anatomie einer Anzahl Arten der Gattung *Sedum*, in Verbindung mit einer Uebersicht über die von Anderen über andere Crassulaceen veröffentlichten Arbeiten morphologischen und anatomischen Inhalts.

Der erste den eigenen Untersuchungen gewidmete Abschnitt behandelt Sprossfolge und Gliederung des vegetativen Sprosssystems der *Sedum*-Arten, die Resultate früherer Beobachter, zumal Irmisch's und Wydler's und die kurzen Angaben der Floristen in manchen Punkten erweiternd und berichtigend. Die nächstfolgenden Abschnitte (III—VIII) gehen ausführlich ein auf den Bau des Stammes und der Wurzel von successive *Sedum spurium*, *album*, *rupestre*, *populifolium*, *Aizoon*, *Telephium*, mit gelegentlicher Berücksichtigung noch anderer Arten. Abschnitt IX fasst dann Resultate der vorigen und das von der Anatomie anderer Crassulaceen in der Litteratur Vorhandene zusammen.

Suchen wir, ohne natürlich auf Details einzugehen, zunächst diese anatomischen Abschnitte kurz zu charakterisiren, so wird, zumal für *Sedum spurium*, der Bau des Vegetationspunktes, der Gang der Gewebedifferenzirung eingehend untersucht und die Uebereinstimmung der hier beobachteten Vorgänge mit den bei anderen Pflanzen, z. B. den Melastomeen von Vöchting gefundenen in der Hauptsache nachgewiesen. Von grossem Interesse sind sodann die Untersuchungen über das secundäre Dickenwachsthum der Stämmchen, die ungleiche Betheiligung der primären Gefässbündel bei dem cambioten Dickenzuwachs, die Verschiedenheiten in dem Vorhandensein oder Fehlen und der Ausbildung eines mechanisch wirksamen »Holzringes«, je nachdem es sich um aufrechte oder um niederliegende oder bodenständige, eines Festigungsapparates nicht bedürftige Triebe handelt. Eine ganz eigenartige Erscheinung fand Verf. in den mehrjährigen aufrechten Stämmchen von *S. populifolium*, indem hier das Cambium (wie auch bei anderen Arten) successive mit (gefässführenden) Parenchymzonen abwechselnde Faserzellringe oder -Ringabschnitte bildet, diese aber bei *S. populifolium* in dem Maasse als sie älter werden und in derselben centrifugalen Folge, in welcher sie entstanden, durch Korksichten aussen abgegrenzt und nach innen gleichsam abgestossen werden. Aeltere Stämmchen bestehen daher aus diesen so zu sagen inneren Borken-

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche (Forts.). — **Litt.:** J. Sachs, Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. — G. Hesselbarth, Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes. — **Sammlungen.** — **Personalnachrichten.** — **Nachrichten.** — **Prelauschreiben.** — **Neue Litteratur.** — **Berichtigung.**

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.

Hierzu Tafel VI.
(Fortsetzung.)

Ein geeigneteres Object boten mir die Blätter von *Funaria hygrometrica*. — Pflänzchen, welche längere Zeit ungestört bei diffusum Tageslichte gestanden haben, zeigen in den Zellen der oberen Blatthälfte die Chlorophyllkörner auf die beiden Aussenwände vertheilt. In vielen Zellen sind diese Wände von den Körnern gleichmässig bedeckt; diese letzteren zeigen, in der Flächenansicht, polygonale Gestalt; die einzelnen Körner berühren sich beinahe und sind nur durch schmale farblose Streifen, welche zusammen ein zartes Netz bilden, von einander getrennt.

Dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, zeigen die polygonalen Chlorophyllkörner schon nach wenigen Minuten beträchtliche Gestaltveränderungen. Die vorspringenden Ecken werden eingezogen: von polygonal wird der Umriss der Körner bald rundlich oder oval; hierbei ist zugleich eine Umfangsverminderung zu bemerken. So verhielt sich z. B. der Durchmesser eines und desselben Kornes vor und kurz nach der Insolation wie 5 zu $3\frac{1}{2}$. Da alle Körner beinahe gleichzeitig dieselben Umrissänderungen erleiden, so werden die hellen Grenzen zwischen den einzelnen Individuen grösser, die Körner scheinen aus einander gerückt.

Diese Gestaltveränderungen treten deutlich hervor, noch ehe der Beginn der Umlagerung des Chlorophylls auf die Seitenwände sich bemerkbar macht.

Werden die Blätter aus dem Sonnenlichte entfernt, so nehmen die Körner nur sehr langsam wieder den polygonalen Umriss an; ob dies auch bei völligem Lichtabschluss geschieht, habe ich nicht nachzuweisen versucht.

Auch in den Schläuchen von *Vaucheria sessilis* habe ich durch Besonnung verursachte Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner wahrgenommen. Körner von verlängerter Gestalt, mit beiderseits in der Richtung des Schlauches spindelförmig ausgezogenen Enden nahmen, dem Sonnenlichte ausgesetzt, kreisförmigen oder elliptischen Umriss an. Das ursprüngliche Aussehen kehrte erst wieder nach 24 Stunden zurück.

Auf eine ähnliche Erscheinung wurde schon weiter oben bei Gelegenheit der Orientirung der Chlorophyllbänder bei *Mesocarpus* hingewiesen: bei anhaltender Besonnung zieht sich das vorher durch die ganze Zelle der Länge nach ausgebreitete Chlorophyllband von den Zellenden zurück und zu einem wurmförmigen Körper zusammen.

Unter denselben Bedingungen fand ich in den breiten, flachen Zellen von *Micrasterias rota* die gewöhnlich nahezu bis zum Rand der Strahlen reichende gelappte Chlorophyllplatte bis auf die Hälfte ihres Durchmessers, nach der Mitte der Zelle hin, zusammengezogen. Im diffusen Lichte nahm nach längerer Zeit der Chlorophyllapparat wieder seine gewöhnliche Gestalt und Ausdehnung an.

Ganz ähnliche Erscheinungen sah ich in den Chlorophyllkörpern von *Zygnema* durch Besonnung hervorgerufen.

Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner in den Zellen des Palisadenparenchyms. In dem Abschnitt über die von der Intensität des Lichtes abhängigen Chlorophyllumlagerungen sind nur solche Parenchymzellen in Betracht gezogen worden, welche mehr oder weniger parallel

zur Oberfläche des Blattorgans gestreckt sind. Im einfachsten Fall haben diese Zellen cylindrische, tonnenförmige oder parallelepipedische Gestalt; bei den sternförmigen Mesophyllzellen gilt das oben Gesagte für deren einzelne Abschnitte. In allen diesen Zellen gestatten die räumlichen Verhältnisse eine vollständige Ueberwanderung der Chlorophyllkörner von den parallelen auf die zur Blattfläche senkrecht gestellten Wandpartien.

Eine ebenfalls sehr verbreitete Form, in welcher uns das chlorophyllführende Parenchym entgegen tritt, hat man nach ihrer Gestalt und Anordnung als Palissadenparenchym bezeichnet. Die dasselbe zusammensetzenden Palissadenzellen sind länglich-prismatisch oder cylindrisch und, im Gegensatze zu der oben besprochenen Zellform senkrecht zur Oberfläche des Gesamtorgans gestreckt. Zwischen beiden Zellformengibt es alle Uebergangsstufen. Hier sollen uns zunächst nur die charakteristischen Palissadenzellen beschäftigen, wie wir dieselben z. B. in den Blättern von *Dictamnus fragranella* finden.

Die Blätter eines an sonnigem Standorte gewachsenen Exemplars dieser Pflanzen zeigten auf dem Querschnitt das Mesophyll aus zwei scharf gesonderten Schichten zusammengesetzt. Der Epidermis der Blattunterseite liegt ein aus mehreren Lagen bestehendes Schwammparenchym auf; über demselben das ebenso mächtige Palissadengewebe, das aus einer einzigen Zellenlage gebildet ist. Die Palissadenzellen haben die gewöhnliche cylindrische Gestalt, beiderseits mit abgerundeten Enden. Der Längsdurchmesser übertrifft den Querdurchmesser um das 7-8fache. Die zur Organoberfläche senkrechten Wandpartien sind also im Verhältniss zu den zur Blattfläche parallelen ganz unverhältnissmässig stark entwickelt. Eine Umlagerung der reichlich vorhandenen Chlorophyllkörner, wie dieselbe bei den quer zur Organfläche gestreckten Parenchymzellen vorkommt, ist also hier ausgeschlossen. Wir finden daher in diesen Palissadenzellen, wie bekannt, auch an Blättern, welche blos diffusum Tageslichte ausgesetzt waren, die Chlorophyllkörner den zur Organfläche senkrechten Seitenwänden anliegend.

Diese Thatsache, dass nämlich die Chlorophyllkörner in den Palissadenzellen schon bei schwacher Beleuchtung diejenige Stellung — Profilstellung — zum Lichte einnehmen, welche in den bisher besprochenen, quergestreckten Zellformen erst bei gesteigerter

Lichtintensität eintritt, hat im ersten Augenblick etwas Befremdendes. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass stark entwickeltes Palissadenparenchym nur bei solchen Pflanzen vorkommt, welche an sonnigen oder wenigstens lichtreichen Standorten wachsen und dass dasselbe auch bei diesen ganz vorwiegend auf der Oberseite des Blattes entwickelt ist. Chlorophyllführende Zellen, deren Chlorophyllkörner bei diffusum Lichte Flächenstellung an den Aussen- und Innenwänden zeigen, nehmen in dickeren Blättern meist die Blattunterseite ein, befinden sich also im Schatten der über ihnen liegenden Palissadenzellen. Direct dem Lichte zugänglich finden wir sie bei manchen Monocotylen, bei untergetauchten Wasserpflanzen, besonders aber bei Schattenpflanzen (Laub-, Lebermoose, Farnprothallien). Ausführlichere Beobachtungen über diese schon von Treviranus angedeuteten Verhältnisse werde ich in einer späteren Abhandlung mittheilen.

Trotzdem die Chlorophyllkörner in den Palissadenzellen beständig die zur Blattfläche senkrechten Wände einnehmen, kommt ihnen doch die Fähigkeit zu dem Lichte, je nach dessen Stärke, eine grössere oder kleinere Fläche darzubieten.

In den auf dem Wasserspiegel schwimmenden Blättern von *Potamogeton natans* zeigt die grosse Mehrzahl der Zellen Palissadenform; der grösste Durchmesser derselben ist der zur Blattlamina senkrechte. An der Blattoberseite liegen diese Palissadenzellen zu drei bis mehreren in Längsreihen über einander.

Von derselben Pflanze entnommene Blätter wurden, nachdem die einen mehrere Stunden diffusum Tageslichte ausgesetzt, die anderen ebenso lange von der Sonne beschienen worden waren, theils direct frisch untersucht, theils in Alkohol gelegt. Es stellte sich hierbei heraus, dass die jeweiligen Zustände der Chlorophyllkörner durch die Alkoholbehandlung sofort fixirt werden. Die Spirituspräparate haben ausserdem noch den Vortheil, längere Zeit beinahe unverändert aufbewahrt werden zu können, was bei den von lebendigem Material hergestellten Schnitten in weit geringerem Maasse der Fall ist.

In Fig. 7 a und b sind zwei Palissadenzellen der obersten, an die Epidermis der Blattoberseite grenzenden Reihe abgebildet; a ist einem dem diffusum Lichte ausgesetzten Blatte entnommen; in b ist die Wirkung anhaltender Insolation dargestellt.

Im beschatteten Blatt liegen einzelne Körner an den Querwänden*), um jedoch dieselben bei anhaltender Besonnung zu verlassen. Hier soll nur von den an den Seitenwänden vorhandenen Chlorophyllkörnern die Rede sein. In Fig. 7a (Schattenblatt) sind auf beiden Seiten die Chlorophyllkörner in der Profilsicht, die drei in der Mitte in der Flächenansicht gezeichnet worden. Das Gleiche gilt für das einem besonnten Blatte entnommene Bild Fig. 7b. Die Figuren a' und b' geben das Aussehen der Chlorophyllkörner, wie es auf Querschnitten durch die Palissadenzellen gewonnen wurde.

Von der Fläche gesehen, sind im Schattenblatt die Körner rund und mit scharf umschriebenen Umrissen; die Profilsicht nähert sich mehr oder weniger einem Halbkreis: die Chlorophyllkörner sind nämlich halbkugelig und ragen ziemlich weit in das Zelllumen hervor.

In Flächenansichten der aus besonnten Blättern präparierten Palissadenzellen fallen vor Allem die Undeutlichkeit der Chlorophyllkörner und ihre verschwommenen Umrisse auf; dieselben heben sich kaum noch durch ihre grössere Dichtigkeit von dem übrigen Protoplasma ab. Dies rührt, wie Profilsichten (Fig. 7b und b') zeigen, von auffallenden Gestaltveränderungen her. Der grösste Durchmesser der von der Fläche gesehenen Körner beträgt oft das doppelte desjenigen der beschatteten Chlorophyllkörner. Mit dieser Zunahme des einen Durchmessers ist eine Abnahme des anderen verbunden. Die Gestalt der Farbstoffträger ist nicht mehr einer Halbkugel, sondern Segmenten von Kugeln von weit grösserem Radius zu vergleichen.

Auf optischen Längsschnitten sowohl wie auf Querschnitten durch die Palissadenzellen, ragen im besonnten Blatte die Chlorophyllkörner bei weitem nicht so stark ins Zelllumen hervor, als dies im Schatten der Fall ist. Eine Gruppierung der Körner zu Klumpen habe ich selbst nach lange andauernder Besonnung bei dieser Pflanze nicht bemerken können.

Aehnliche Gestaltveränderungen, wie die eben beschriebenen, habe ich bei zahlreichen Pflanzen aus den verschiedensten Familien beobachtet. Besonders auffallend sind dieselben in solchen Palissadenzellen, welche einen reichlichen Wandbeleg von Chlorophyllkörnern besitzen.

*) Die zur Blattfläche parallelen Wände nenne ich hier der Kürze halber Querwände, die zur Oberfläche senkrechten Wandpartien Seitenwände.

In Fig. 8b ist ein Fragment der Flächenansicht einer Palissadenzelle aus dem Blatte des Tabaks abgebildet. Das Blatt war vor der Behandlung mit Alkohol mehrere Stunden intensivem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen. Die Chlorophyllkörner von polygonalem Umriss sind einander dicht genähert. Auf Profilsichten findet man die Körner der Zellwand eng angeschmiegt und nur wenig ins Zelllumen hineinragend.

In beschatteten Blättern sind, von der Fläche betrachtet, die Chlorophyllkörner entweder rund oder doch in geringerem Maasse polygonal (Fig. 8a), die Zwischenräume zwischen den einzelnen Individuen grösser. Auch ragen, wie bei *Potamogeton*, die Körner weiter ins Lumen der Zelle hinein.

In den sehr langgestreckten Palissadenzellen von *Ricinus* treten ebenfalls die durch starke Lichtintensität hervorgerufenen Gestaltänderungen der Chlorophyllkörner, besonders in Profilsichten, recht deutlich hervor. Einige Messungen der Durchmesser der Körner nach verschiedenen Richtungen ergaben folgendes Durchschnittsergebnis.

In den beschatteten Blättern hatten die Körner ziemlich genau die Gestalt von Halbkugeln. Der Durchmesser der der Zellwand anliegenden Basis (0,0063 μ .) übertraf nur um Weniges die Höhe des Körpers (0,0057 μ .). In besonnten Blättern traten die Chlorophyllkörner in Gestalt flacher Scheiben auf, deren Dicke in der Mitte kaum 0,0036 μ . erreichte, während der Durchmesser der der Zellwand anliegenden Basis bis 0,0083 μ . betrug.

Zu den angeführten Beispielen liessen sich noch viele hinzuzählen. Ich nenne hier bloss die Namen einiger Pflanzen, an welchen dieselben Erscheinungen besonders auffallend hervortreten: *Dipsacus fullonum*, *Tropaeolum majus*, *Vinca minor*, die Gartenbalsamine, *Yucca gloriosa*, *Tritoma uvaria*.

Besonders energische Gestaltveränderungen treten bei *Amarantus Blitum* und *A. retroflexus* auf. In beschatteten Blättern von *A. Blitum* ragen die Chlorophyllkörner weit ins Lumen der Palissadenzellen vor (Fig. 9a), so dass sie oft nur noch mit verschmälert Basis die Wand berühren, während sie in den besonnten Blättern derselben mit breiter Grundlage anliegen (Fig. 9b).

Die in dem Vorhergehenden beschriebenen Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner sind nicht auf den Assimilationsapparat der

höheren Pflanzen beschränkt. Es gelang mir, dieselben in übereinstimmender Weise auch in den flachen Sprossen von Riccien und Marchantien zu beobachten. Das chlorophyllführende Gewebe von *Riccia glauca* besteht bekanntlich aus ziemlich weiten Zellen, die durch ihre vertical-reihenförmige Anordnung eine gewisse Aehnlichkeit mit den Palisadenzellen höherer Pflanzen bekunden. Wie aus den beiden Figuren 10 *a* und *b* hervorgeht, zeigen auch die Chlorophyllkörner verschiedenes Aussehen, je nachdem die Pflänzchen, welchen die Präparate entnommen worden sind, von der Sonne beschienen (*b*) oder bloß von diffusum Tageslichte getroffen worden waren (*a*). Im ersten Fall sind sie von flacher Gestalt und der Zellwand mit breiter Basis angedrückt. In den beschatteten Pflänzchen sehen wir die annähernd halbkugeligen Chlorophyllkörner ziemlich weit in den Zellraum hervortreten.

In den chlorophyllführenden verzweigten Zellreihen, welche aus dem Grunde der Athemhöhle von *Marchantia polymorpha* hervorra-gen, nehmen die einzelnen Zellen manchmal langgestreckte Form an, so dass der zur Thalusoberfläche ungefähr senkrechte Längsdurchmesser den Querdurchmesser bedeutend übertrifft. Hier habe ich ebenfalls die Fähigkeit der Chlorophyllkörner, je nach der Beleuchtungsintensität ihre Gestalt zu verändern, in ganz prägnanter Weise constatiren können.

Die mitgetheilten Fälle mögen genügen, um zu zeigen, dass die Erscheinung der Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner, obwohl weniger auffallend als ihre Wanderungen, dennoch als eine allgemeiner verbreitete Erscheinung betrachtet werden muss. Ueberall, wo ich mich bemühte, genauere vergleichende Versuche anzustellen, konnte ich die Accommodationsfähigkeit der Chlorophyllkörner gegenüber schwächerem und stärkerem Lichte constatiren. Die Umrissänderungen fallen bald stärker, bald schwächer aus. Für die Chlorophyllwanderungen hat Frank nachgewiesen, dass dieselben immer rascher in jugendlichen als in älteren Zellen eintreten und in letzteren schliesslich ganz aufhören. Ich habe es leider zur günstigen Jahreszeit unterlassen, die uns hier beschäftigende Erscheinung auch nach dieser Richtung zu verfolgen, halte es aber, nach gelegentlichen Beobachtungen zu urtheilen, für wahrscheinlich, dass auch das Accom-

modationsvermögen bei zunehmendem Alter der Chlorophyllkörner abnehmen dürfte.

(Fortsetzung folgt).

Litteratur.

Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Herausgegeben von Prof. Dr. J. Sachs. Bd. II. Heft 3. 181 S. mit 5 Tafeln. Leipzig 1880.

XV. K. Göbel, Ueber die Verzweigung dorsiventraler Sprosse*).

XVI. K. Göbel, Zur Embryologie der Archegoniaten*).

XVII. J. Sachs, Stoff und Form der Pflanzenorgane. In dem einleitenden Paragraphen erläutert der Verf., anknüpfend an einige Sätze von Duchamel dasjenige Princip, das nach ihm die Grundlage jeder weiteren morphologischen Betrachtung werden muss, das Princip nämlich, dass jede Pflanzenform ursächlich bedingt ist durch den sie bildenden Stoff. Damit wendet sich der Verf. scharf gegen die bisherige Morphologie, die die Form nur losgelöst von ihrer materiellen Beschaffenheit als etwas für sich Existirendes betrachtet.

Nach obigem Princip müssen nun den Formenverschiedenheiten Verschiedenheiten in der materiellen Zusammensetzung zu Grunde liegen. Und in der That zeigt der Verf., wie die normale Ausbildung der ersten Blüthen bei etiolirenden Pflanzen, diejenige fast sämtlicher Blüthen, wenn diese dunkel gestellt, einige Laubblätter aber dem Lichte ausgesetzt waren, ferner das Verhalten der Pflanzen nach Wegnahme der Blütenknospen, die Beziehung zwischen Ernährung der Hauptwurzel und Bildung der zahlreichen Seitenwurzeln, alles dieses dafür spreche, »dass in der Pflanze verschiedene Bildungstoffe in begrenzten Quantitäten erzeugt werden, welche specifisch geeignet sind, Organe von bestimmter Form zu erzeugen.« Auch die Missbildungen, die Vergrünungen der Blüthen, die Vertretung von Organen durch andere lassen sich nach dem Verf. dadurch erklären, »dass in Folge störender Einflüsse die specifischen Bildungstoffe gelegentlich an Orte gelangen können, wo normal andere Substanzen zur Organbildung schreiten, welche nun durch jene verdrängt oder mit ihnen gemischt werden, so dass sogenannte Uebergangsformen, besser Mischbildungen, eintreten oder geradezu Ersatz eines Organs durch ein anderartiges stattfindet.«

Dasselbe Princip wendet der Verf. weiter an auf die Betrachtung der Neubildungen von Organen besonders hinsichtlich ihrer räumlichen Anordnung. Er verwirft den Gedanken Vöchtling's, welcher in seinem Werke »Organbildung im Pflanzenreiche« die räumliche

* Ein Referat darüber wird später erscheinen.

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche (Forts.). — Litt.: V. Borbás, Ueber das Verbasum blattforme Gris. — Neue Litteratur.

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.
Hierzu Tafel VI.
(Fortsetzung.)

Ortsveränderungen der Chlorophyllkörner in den Palissadenzellen. In dem Vorhergehenden wurde von der Voraussetzung ausgegangen, dass die Chlorophyllkörner, während den durch Insolation oder Beschattung bedingten Gestaltveränderungen, ihre jeweilige Anordnung an den Seitenwänden beibehalten. In vielen Fällen scheint dies nun in der That zuzutreffen. Palissadenzellen, welche mit einem dichten Wandbeleg von Chlorophyllkörnern versehen sind, weisen, was die Vertheilung der letzteren betrifft, kaum ein verschiedenes Aussehen auf, ob die Blätter vor der Fixirung durch Alkohol von der Sonne beschienen oder bloß diffusen Tageslichte ausgesetzt gewesen sein mögen.

In anderen Fällen kann man nach anhaltender Besonnung eine Vereinigung der Körner zu einem oder mehreren Klumpen beobachten. Am raschesten scheint diese Erscheinung bei durchsichtigen, fleischigen Blättern einzutreten.

Unter gewissen Umständen treten auch einseitige Ansammlungen der Chlorophyllkörner an bestimmten Wandpartieen auf. Einzelne genauer untersuchte Fälle zeigten mir, dass auch hier — in den Palissadenzellen — die einseitigen Gruppierungen von dem richtenden Einfluss des Lichtes abhängig sind.

Blätter von *Fuchsia globosa* waren längere Zeit in unveränderter Lage der Sonne ausgesetzt gewesen und zwar so, dass die einen

senkrecht zur Blattfläche, die anderen unter einem Winkel von 45° vom Sonnenlichte getroffen worden waren.

In den rechtwinklig zur Oberfläche getroffenen Blättern war die Chlorophyllvertheilung rings um die Palissadenzellen eine gleichmässige. Auf Flächenschnitten, welche von der Blattoberfläche abgetragen worden waren, bildeten die Chlorophyllkörner, bei beliebiger Einstellung des Mikroskops, geschlossene Ringe rings um die Innenwand der Palissadenzellen.

Die schief besonnenen Blätter dagegen zeigten einseitige Körneransammlungen an bestimmten Wandpartieen, andere Theile waren dagegen vollständig von Körnern entblösst. Diese Wanderungen waren in allen Zellen gleichsinnig erfolgt, die Abhängigkeit derselben von der Richtung des Strahlengangs nicht zu verkennen. Auf Querschnitten durch den oberen Theil der Palissadenzellen bildeten nämlich die Chlorophyllkörner keine geschlossenen Ringe mehr, sondern hufeisenförmige Ansammlungen. Die Oeffnung aller Hufeisen war von der Lichtquelle abgekehrt. Der Chlorophyllbeleg der Palissadenzellen zeigte jedoch diesen Hufeisenquerschnitt nur in den obersten an die Epidermis grenzenden Regionen; bei allmählich tieferer Einstellung wurden die von Chlorophyllkörnern entblössten Wandpartieen immer kleiner, bis zuletzt der Körnerbeleg auf dem Querschnitt einen geschlossenen Ring bildete.

Die Chlorophyllkörner hatten sich also von denjenigen Wandpartieen, welche das am wenigsten geschwächte Sonnenlicht empfangen hatten, zurückgezogen, um sich auf die von ihren Nachbarinnen mehr oder weniger beschatteten Regionen der Zellwand zu begeben. — In manchen Fällen findet man das körnerführende Plasma im Grunde der Palis-

sadenzelle zu einem Klumpen zusammengeballt. — Auf weitere Einzelheiten will ich hier nicht eingehen; das Mitgetheilte wird genügen, um zu zeigen, dass auch in den Palissadenzellen der Einfluss der Lichtrichtung auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner sich noch bis zu einem gewissen Grade geltend macht.

Erlassen der Blätter im Sonnenlichte. Ueber die von Marquart entdeckte Thatsache des Erbleichens grüner Pflanzentheile im Sonnenlichte werde ich mich kurz fassen können. Die Erscheinung wurde ausführlicher von Sachs*) verfolgt. »Grüne Blätter, besonders solche von zarterer Structur, nehmen bei starkem Sonnenlichte eine hellere Färbung an, um im Schatten nach kurzer Zeit wieder dunkelgrün zu werden. Durch theilweise Beschattung eines Blattes gelingt es, Schattenbilder auf seiner grünen Fläche zu erzeugen, die aber, sobald das ganze Blatt entweder beschattet oder beleuchtet wird, wieder verschwinden, indem im ersteren Falle die ganze Fläche dunkler, im zweiten heller wird.«

Was die verschiedenen Erklärungsversuche dieser Erscheinung betrifft, so ist auf die citirten Abhandlungen von Sachs und Borodin hinzuweisen.

Borodin schloss sich Böhm's Ansicht an, welcher auf die Lageveränderung der Chlorophyllkörner im directen Sonnenlichte als die wahrscheinliche Ursache des abwechselnden Erbleichens und Dunkelwerdens der Blätter bei wechselnder Beleuchtung hingewiesen hatte und wies die Richtigkeit dieser Erklärung durch vergleichende Versuche nach.

Micheli**) hatte dagegen versucht, nach einigen Andeutungen von Sachs***), die Erscheinung auf Gestaltveränderungen der Chlorophyllkörner zurückzuführen. Ich glaube nun, dass beide Erklärungsversuche zum Theil das Richtige getroffen haben. Die von Sachs vermuthete Formveränderung der Chlorophyllkörner ist, wie wir gesehen haben, eine in den Palissadenzellen allgemein verbreitete Erscheinung. Das bald stärkere, bald schwä-

*) Berichte der math.-phys. Cl. der k. s. Ges. der Wiss. 1859 und Experimentalphysiologie. S. 16.

**) l. c. S. 26.

***) Man könnte hypothetisch annehmen, »dass die wandständigen Chlorophyllkörner sich zusammenzögen, oder auch radial gegen das Zelllumen sich ausdehnten und in den tangentialen Richtungen kleiner würden, sich somit von einander entfernten, ohne ihren Platz an der Zellenwand zu verlassen; auch so könnte der Farbton des ganzen Gewebes für das Auge sich ändern. Experimentalphysiologie S. 16.

chere Hervorragungen der Körner in das Lumen der Zellen kann wohl den Blättern bald eine dunklere, bald eine blässere Färbung verleihen. Dass aber die in Folge der Wanderung eingetretenen verschiedenen Orientirungen der Körner — Flächenstellung, Profilstellung, sowie Zusammenballung — grössere Färbungsunterschiede hervorrufen müssen, als die weniger ergiebigen Gestaltveränderungen, ist ohne Weiteres einzusehen. Dafür sprechen auch die Wahrnehmungen, dass die Verfärbungserscheinungen weniger auffallend sind bei dickeren, viel Palissadenzellen führenden Blättern als bei den zarteren Blattorganen der Schattenpflanzen, welche vorzugsweise aus parallel zur Fläche gestreckten Elementen zusammengesetzt sind.

Die verschiedene Vertheilung der Chlorophyllkörner, sowie deren Gestaltveränderungen genügen jedenfalls, um die abwechselnden Farbenveränderungen zu erklären, ohne dass es nothwendig wäre, eine partielle Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffs bei intensivem Lichte anzunehmen*).

Hier mögen einige Versuchsergebnisse mitgetheilt werden, welche das eben Gesagte in recht anschaulicher Weise illustriren.

In einer grösseren Wasserschicht horizontal ausgebreitete grüne Watten, welche beinahe ausschliesslich aus *Mesocarpus* bestanden, wurden der am Horizont stehenden Sonne ausgesetzt. Alles andere Licht wurde sorgfältig abgeblendet. Ein Theil der Algen empfing das directe Sonnenlicht. Die Chlorophyllbänder der Fäden, welche beinahe alle so ausgebreitet worden waren, dass sie senkrecht zur Längsaxe vom Lichte getroffen wurden, kehrten bald alle der Lichtquelle eine Kante zu: die Bänder waren somit alle parallel und wagerecht angeordnet.

Eine andere Partie der Algen wurde nur von dem durch passende Schirme geschwächten Sonnenlichte getroffen. Die Bänder stellten sich senkrecht zur Lichtquelle, in diesem Fall vertical.

Sowohl bei auffallendem, als bei durchfallendem Lichte, war die Färbung der beiden, verschiedenen Lichtintensitäten ausgesetzten Fadengruppen sehr verschieden gesättigt: hier waren im Gegensatz zu den für die Laubblätter bekannten Erscheinungen, die direct insolirten Algen auffallend grüner

*) c. f. Pringsheim, Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. (Monatsbericht der königl. Akademie der Wiss. zu Berlin. 1879.)

gefärbt, als diejenigen, welche blos das gedämpfte Sonnenlicht erhalten hatten.

Bedeutung der Chlorophyllwanderung. Böhm erblickt in der von ihm entdeckten Chlorophyllwanderung ein Schutzmittel gegen die Zerstörung des grünen Farbstoffes durch intensives Licht.

Pringsheim (l. c.) betrachtet dagegen das Chlorophyll als eine schützende Decke, welche den schädlichen Einfluss des Lichtes auf das Protoplasma mässigen soll. Diese Ansicht ist jedoch mit der Erscheinung der Chlorophyllwanderung nicht vereinbar. Sobald nämlich das Licht eine gewisse Intensität überschreitet, geht, in Folge der Ueberwanderung der Körner von den Aussenwänden auf die Seitenwände, die »schützende Decke« verloren, also dann, wenn dieselbe nach Pringsheim's Auffassung erst recht nothwendig sein würde.

Aus allen in dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen ergibt sich unmittelbar ein durchgreifendes Resultat. Bei schwacher Beleuchtung wird der Lichtquelle die grösste Fläche des Chlorophyllkorns zugekehrt; das Licht wird so viel wie möglich aufgefangen. Ein entgegengesetztes Verhalten macht sich bei sehr starker Beleuchtung bemerkbar: es wird dem Lichte eine kleinere Fläche dargeboten. Auf ganz verschiedenem Wege wird ein und dasselbe Ziel erreicht: die Chlorophyllkörner schützen sich, bald durch Drehung (*Mesocarpus*), bald durch Wanderung oder Gestaltveränderung vor zu intensiver Beleuchtung. Welche Bedeutung nun aber dieser Erscheinung zukommt, ist zur Zeit noch nicht mit Sicherheit anzugeben. Es liegt allerdings sehr nahe, mit Böhm anzunehmen, dass durch die Wanderung einer Zerstörung des Chlorophylls vorgebeugt wird. Doch müsste zuerst festgestellt werden, ob in ausgebildeten Vegetationsorganen, bei gewöhnlichem Sonnenlicht, das Chlorophyll wirklich unmittelbar zerstört wird, wenn die Wanderung der Körner auf irgend eine Weise verhindert wird. Es liesse sich nämlich recht wohl denken, dass die geringere Entfaltung des Chlorophyllapparates den Zweck habe, einer übermässigen, für den Organismus schädlichen, Anhäufung von Assimilationsproducten vorzubeugen.

(Fortsetzung folgt.)

Litteratur.

Ueber das Verbascum blattifforme Gris. Von V. Borbás.

(Sitzung der ung. naturw. Ges. vom 17. April 1878.)

Dasselbe ist bisher nur in Rumelien und wenigen Ortschaften des Szörényer Comitates gefunden. B. fand

es jedoch bei Vésztó im Békésér Comitát und bei der Pulvermühle nächst Altöfen. An einem Exemplar beobachtete er am Gipfel der Blüthentraube, dass statt der Samenknospen sich mit Blättchen reich bedeckte kleine Zweige entwickelten.

Neue Litteratur.

Abhandlungen, herausgegeben vom naturw. Verein zu Bremen. 6. Bd. 2. Heft. 1879. — Fr. Buchenau, Kritische Zusammenstellung der bis jetzt bekannten Juncaceen aus Süd-Amerika. S. 353—451. Taf. III u. IV. — Ders., Gefüllte Blüten von *Scirpus caespitosus* L., S. 452. — Th. Irmisch, Die Wachstumsverhältnisse von *Bowiea volubilis* Hooker fil. S. 433—440. Taf. V. — L. Häpke, Notizen über die Flora von Borkum. S. 507—509. — W. O. Focke, Fremde Ruderalpflanzen in der Bremer Flora. S. 509—512.

— **3. (Schluss-Heft.) 1880.** — Fr. Buchenau, Merkwürdig veränderte Blüte einer cultivirten Fuchsia. S. 555—557 (1 Holzschnitt). — W. O. Focke, Die Vegetation im Winter 1879/80. — H. A. Schumacher, Linné's Beziehungen zu Neu-Granada. S. 559—576. — Fr. Buchenau, Ausserordentlicher Fall von vorschreitender Metamorphose bei einer Gartenrose. — Ders., Bemerkungen über die Flora der Insel Neuwerk und des benachbarten Strandes bei Duhnen. — Ders., Vorkommen europäischer *Luzula*-Arten in Amerika. S. 617—624.

Gartenflora, Regel's. März 1880. — Abgebildete Pflanzen: *Salvia farinacea* Benth., *Iris laevigata* Fisch. var. *Kaempferi*, *Anthurium Walpewi* Rgl. — A. Regel, Aus Turfan. — Göppert, Ueber Einwirkung niedriger Temperatur auf die Vegetation. — E. Örtgies, Blühende Orchideen im December.

Ampelographische Berichte. 1880. Nr. 3. (vergl. Bot. Ztg. S. 31.) W. Rasch, Ueber die Aufzucht von Reben aus Samen. — H. Goethe, Bericht über die VII. Jahresversammlung der internat. ampelogr. Commission in Buda-Pest v. 17.—21. Sept. 1879 (Schluss): Veredelte Reben; Richtungstellung des Namens Mosler und Furmint. — Molnár, Kurze Skizze der Geschichte der ungar. Weincultur.

Landwirthschaftliche Jahrbücher. IX. Band. Heft 1. — Krocker, Zur Lupinenkrankheit der Schafe. Mittheilungen über a) Bestimmung der Quantität an Alkaloiden in den verschiedenen Pflanzentheilen von gelber Lupine. b) Lupinenheu v. gelber Lupine, welches Vergiftungserscheinungen bei Schafen veranlasste; nebst Berichten von Metzdorf: Ueber eine Lupinen-Enzootie unter Schafen der Domäne Slawentzitz in Oberschlesien und Sorauer: Ueber den mikroskopischen Befund von Lupinenstroh und von Früchten, durch welche die Lupinenvergiftung in Slawentzitz herbeigeführt worden ist. — H. de Vries, Ueber die Contraction der Wurzeln. — Müller-Thurgau, Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. (Mit Tafel I-IV.) — W. Rimpau, Das Aufschiessen der Runkelrüben.

Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Bd. XXV. Heft 1 und 2. — J. Moritz, Ueber die Wirkungsweise des Schwefels als Mittel gegen d. Traubenpilz (*Oidium Tuckeri*). — E. v. Raumer u. Ch. Kellermann, Ueber die Function des Kalks im Leben der Pfl. — A. Funaro, Studien über die Bildung der fetten Oele und über die Reifung der Oliven. — R. Pott, Untersuchungen über die Wachstumsverhältnisse der Leguminosen. — Behrend, Maercker und

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche (Forts.). — **Litt.:** Flora brasiliensis. F. Hegelmaier, Lemnaceae; A. Engler, Araceae. — Wheeler, Report upon United States geographical Surveys west of the 100th meridian. — Crepin, Primitiae Monographiae Rosarum. — A. Oborny, Die Flora des Znaimer Kreises. — **Nachrichten.** — **Personalnachrichten.** — **Anzeigen.**

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.

Hierzu Tafel VI.
(Fortsetzung.)

Einfluss des Lichtes auf die Bewegungen der Desmidiaceen. Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bewegungserscheinungen der Desmidiaceen liegen zur Zeit nur wenige, höchst fragmentarische Angaben vor. Es ist zunächst eine bekannte und leicht zu beobachtende Erscheinung, dass, wenn man desmidiaceenhaltigen Schlamm in ein dem Lichte ausgesetztes Gefäss ausgiesst, die Pflänzchen nach einiger Zeit aus dem Schlamme hervortreten, um auf dessen Oberfläche einen grünen Ueberzug zu bilden. Ausserdem wird unter solchen Umständen nach längerer Zeit, zumal bei Closterien, eine Ansammlung der Pflänzchen an der der Lichtquelle zugekehrten Seite des Gefässes bemerkt.

Von mikroskopischen Beobachtungen über den richtenden Einfluss des Lichtes auf die Desmidiaceen ist mir folgende Stelle aus Braun's Verjüngung (S. 217) bekannt:

»*Penium curtum* ist dadurch merkwürdig, dass es die den Desmidiaceen eigenthümliche Bewegung regelmässiger und lebhafter zeigt, als die übrigen Glieder der Familie, eine Bewegung, welche von derjenigen der Diatomaceen sehr verschieden ist. Es ist ein wunderbarer Anblick, wie sich in einer Wasserschüssel alle Individuen in kurzer Zeit mit ihrer Längsaxe gegen das Licht richten und sich dadurch innerhalb der Gallertmasse in

schöne Streifen ordnen. Die Beobachtung unter dem Mikroskop zeigt, dass sich dabei die jüngere Hälfte der Zelle, die noch längere Zeit nach der Theilung als solche unterscheidbar bleibt, dem Lichte zukehrt.«

Die hier mitgetheilte Angabe Braun's findet sich mehrfach in der Literatur citirt, ohne meines Wissens jemals eine Bestätigung oder Erweiterung erfahren zu haben.

Zu meinen Versuchen benutzte ich quadratische Glaskammern von etwas geringerer Grösse als der Objecttisch des Mikroskops, mit ebenfalls aus hellem Glase bestehenden, niedrigen, etwa 1 Cm. hohen Seitenwänden. — Die hier zunächst mitzutheilenden Versuche wurden bei diffussem, wenig intensivem Tageslichte ausgeführt. Die zu meinen Experimenten verwendete Art bestimmte ich als *Closterium moniliferum*.

Schon kurze Zeit nachdem ich gesunde Closterien enthaltendes Wasser in solche Kammern ausgegossen hatte, konnte ich bemerken, dass die Längsaxe der meisten Individuen ungefähr mit der Richtung des vom Fenster her auf das Präparat fallenden Lichtes zusammenfiel; und zwar sassen die Closterien mit dem einen von der Lichtquelle abgekehrten Ende auf dem horizontalen Boden der Glaskammer fest, während das andere, dem Lichte zugekehrte Ende, der Neigung des Lichtstrahls auf die horizontale Glasplatte entsprechend, frei schwebte und in manchen Fällen mehr oder minder erhebliche Schwankungen nach verschiedenen Seiten von der Gleichgewichtslage ausführte.

Wurde das Präparat von einer anderen Seite beleuchtet, so zeigten sich schon nach kurzer Zeit die Folgen dieser Veränderungen. — Um die beim Drehen des Präparates unvermeidlichen Schwankungen des Wassers zu ver-

hüten, verfuhr ich in der Weise, dass ich die Glaskammer ruhig stehen liess, das Licht aber mittelst kleiner Spiegel bald von rechts, bald von links auf das Präparat warf, während das directe Licht selbst durch schwarze Schirme abgehalten wurde. Durch diese Vorrichtung konnte ich, ohne auch nur das Präparat zu berühren, die Richtung der dasselbe treffenden Lichtstrahlen beliebig und plötzlich ändern.

Wurde die Glaskammer nun so beleuchtet, dass die vorher bereits orientirten Closterien nunmehr senkrecht zu ihrer Längsaxe von dem Lichte getroffen wurden, so begannen einzelne Individuen sogleich, andere nach einiger Zeit, sich langsam um ihr feststehendes Ende zu drehen, um nach einer bis zwei Minuten die oben beschriebene Stellung — parallel dem Lichteinfall — wieder einzunehmen.

Dasselbe Resultat erhielt ich, wenn ich das vom Fenster direct auf die Algen fallende Licht vollkommen abschloss und das Präparat ausschliesslich mit Hilfe des Mikroskopspiegels von unten beleuchtete: das vorher dem Fenster zugekehrte, frei schwebende Ende strebte der Lichtquelle entgegen und kam in Berührung mit dem Boden der Glaskammer, an welchen es sich anlegte; bald darauf hob sich das andere Ende vom Boden ab, die ganze Zelle nahm, der Richtung der von unten einfallenden Lichtstrahlen entsprechend, eine nahezu verticale Stellung ein. Es war jetzt, im Gegensatze zu dem vorher beschriebenen Fall, das feststehende Ende das der Lichtquelle zugekehrte.

Liess ich ferner auf bereits orientirte Closterien mittelst der Spiegel das Licht plötzlich in entgegengesetzter Richtung einfallen, so dass die vorher von der Lichtquelle abgewendeten Enden nunmehr derselben entgegenschauten, so erfolgte eine langsame ca. 180° betragende Drehung derselben um ihren Stützpunkt, in Folge deren die frühere Stellung zum Lichte aufs neue erreicht wurde.

Aus diesen und ähnlichen in verschiedener Weise abgeänderten Versuchen ergibt sich erstens, dass das Licht einen richtenden Einfluss auf die Closteriumzelle ausübt, welche bestrebt ist, ihre Längsaxe in die Richtung der Lichtstrahlen zu stellen, zweitens dass ein gewisser Gegensatz zwischen beiden Hälften besteht, welcher sich darin geltend macht, dass die eine Extremität gleichsam

vom Lichte angezogen, die andere von demselben abgestossen wird.

Periodische Stellungsänderungen. Im Anschluss an die oben mitgetheilte Angabe Braun's, wonach bei *Penium curtum* immer die jüngere Zellenhälfte dem Lichte zugekehrt sein soll, erwartete ich bei *Closterium* einen ähnlichen Gegensatz zwischen den beiden ungleich alten, auch hier lange erkennbaren Zellhälften aufzufinden. Aus einer genaueren Durchmusterung einer grösseren Anzahl orientirter Individuen ergab sich aber im Gegentheil, dass bei den einen Exemplaren die jüngere, bei den anderen die ältere Hälfte der Lichtquelle zugewendet war. Ich beobachtete nun einzelne Individuen ununterbrochen während längerer Zeit und fand, dass periodische Stellungsänderungen vorkommen, in Folge deren abwechselnd bald die eine, bald die andere Zellhälfte der Lichtquelle entgegenschaut.

Setzt man Closterien dem vom Fenster her auf die Glaskammer fallenden Lichte aus, so findet man nach einiger Zeit alle beweglicheren Individuen in der oben beschriebenen Weise orientirt: die eine Extremität sitzt am Boden der Glaskammer fest, die andere frei schwebende ist der Lichtquelle zugewendet. Fortgesetzte Beobachtung einzelner Exemplare lehrt, dass die beschriebene Lage, verschieden grosse Schwankungen abgerechnet, längere Zeit beibehalten wird, bis auf einmal das freie Ende sich abwärts neigt und in Folge dessen auf den Boden des Gefässes gelangt. Bald darauf hebt sich das vorher feststehende Ende von dem Substrate ab, die ganze Zelle beschreibt, die andere, soeben mit der Glasplatte in Berührung gekommene Extremität als Stütze benutzend, einen weiten Bogen, bis die dem Lichteinfall parallele Orientirung wieder erreicht ist: die vorher der Lichtquelle zugekehrte Hälfte ist nunmehr von derselben abgewendet, die ganze Zelle hat sich um 180° gedreht.

Die neu eingenommene Stellung wird nun einige Zeit beibehalten; eine neue Umdrehung bringt die ursprüngliche Richtung wieder und so fort. Ich habe viele Exemplare mehrfach in dieser Weise ihre Orientirung ändern sehen; meist trat nach einiger Zeit eine Pause ein, während welcher die Lichtempfindlichkeit überhaupt eine geringere zu sein schien.

Die Zeitdauer, welche zwischen je zwei Umwendungen liegt, schwankt innerhalb

ziemlich weiter Grenzen. In einer Versuchsreihe, während welcher die Temperatur der umgebenden Luft 33° C. betrug, verstrichen 6—8 Minuten zwischen je zwei Umdrehungen eines Individuums; in einem anderen bei 17° beobachteten Falle wurde die jeweilige Lage viel länger eingehalten (15—35 Minuten). Weitere vergleichende Beobachtungen habe ich nicht angestellt, so dass ich einstweilen nicht genauer anzugeben vermag, in wie weit Temperatur des Mediums und (innerhalb gewisser Grenzen) Lichtintensität auf die Dauer der Perioden von Einfluss sind.

Durch den oben beschriebenen, vielfach sich wiederholenden, Process des Umschlagens schreitet, zumal auf horizontalem Substrate, die Closteriumzelle in einer bestimmten Richtung vorwärts. Kämen die Stützpunkte, welche während der einzelnen Lagen eingehalten werden, in eine gerade Linie zu liegen, so würde bei jedem Umschlage die Closteriumzelle um ihre Körperlänge in dieser bestimmten Richtung vorrücken. Dies ist jedoch in der Regel nicht der Fall; der von einer Zelle beschriebene Weg ist eine gebrochene Linie, deren einzelne Segmente mehr oder weniger von der Richtung des einfallenden Lichtes divergiren, die aber im Ganzen die genannte Richtung einhält, so dass die Closterien dadurch der Lichtquelle näher rücken.

Ausser diesen Umdrehungen findet unter den genannten Umständen ein langsames Fortgleiten der auf der Unterlage gestützten Zelle in der Richtung der Lichtquelle statt; der auf diese Weise zurückgelegte Weg war aber, in den von mir beobachteten Fällen, ein sehr kleiner im Vergleich zu dem in Folge des Umdrehens zurückgelegten.

Wird die Glasplatte, auf welcher sich die Closterien bewegen, ausschliesslich vermittelt des Mikroskopspiegels von unten beleuchtet, so machen sich die periodischen Richtungsänderungen in der Weise geltend, dass die Zelle abwechselnd bald auf das eine, bald auf das andere Ende*) gestützt, sich von dem Boden des Gefässes erhebt.

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich, dass die Closterien periodisch ihre Stellung der Lichtquelle gegenüber

*) Die das Substrat berührende Extremität der Closteriumzelle haftet mit ziemlich grosser Gewalt an derselben. Selbst wenn dieselbe erst seit kurzer Zeit mit der vollkommen reinen Glasplatte in Berührung gekommen ist, sind relativ starke Wasserbewegungen erforderlich, um die Adhäsionskraft zu überwinden und die Zelle von ihre Stütze wegzuspülen.

ändern und zwar in der Weise, dass beide Hälften abwechselnd nach einander der Lichtquelle zustreben.

Bevor ich zur Mittheilung weiterer Beobachtungen übergehe, will ich bemerken, dass die hier beschriebenen Versuche sich nur mit ganz gesundem, lebhaft vegetirendem Material ausführen lassen. Dickwandige, mit Reservestoffen angefüllte Individuen, wie dieselben zu jeder Jahreszeit vorkommen, zeigen sich dem Lichtreize gegenüber meist vollkommen unempfindlich. Selbst unter dem kräftigen, in üppiger Vermehrung begriffenen Material, welches ich zu meinen Versuchen verwendete, fanden sich immer zahlreiche Individuen, die sich durch ihre geringe Beweglichkeit auszeichneten. Es empfiehlt sich daher für die Versuche, nur lebhaftere Exemplare zu verwenden; dass übrigens selbst bei diesen auf Zustände der grösseren Lichtempfindlichkeit — bzw. Beweglichkeit — Zustände einer geringeren Reactionsfähigkeit folgen, habe ich schon früher hervorgehoben.

Die bisher mitgetheilten Versuche wurden, wie ich weiter oben angegeben habe, sämmtlich bei diffusem, wenig intensivem Tageslichte ausgeführt. Lässt man allmählich stärkeres Licht auf die Pflänzchen fallen, so tritt bald ein Moment ein, wo die Orientirung der Closterien sich ändert. Das eine Ende bleibt mit der Unterlage in Berührung, während das andere einen Bogen von ca. 90° beschreibt. Die Längsaxe der Alge fällt nun nicht mehr mit der Richtung der Lichtstrahlen zusammen, sondern stellt sich senkrecht zu denselben.

Bei mässig starkem Lichte sah ich einzelne Individuen oft stundenlang unverändert an ihrem Platze in der beschriebenen Querstellung verharren. Wurde durch Schirme das Licht beträchtlich geschwächt, so trat wieder die zum Strahlengang parallele Orientirung ein, verbunden mit dem langsamen Lichtwärtsgleiten und den plötzlich eintretenden Purzelbäumen. Nach Entfernung der Schirme trat wieder die Querstellung ein.

Werden die Pflänzchen intensivem Sonnenlichte ausgesetzt, so bleibt die Querstellung beibehalten, zugleich ist aber eine nicht unerhebliche Ortsveränderung der einzelnen Individuen zu bemerken. Auf ein Ende gestützt gleiten die Closterien langsam in der Richtung des Strahlengangs fort; hierbei kehren die meisten Individuen der Sonne den Rücken zu. Es findet also bei intensiver Beleuchtung

ein langsames Entfernen der Closterien von der Lichtquelle statt.

In Culturen, wo Hunderte von Pflänzchen freudig gedeihen, sind die Resultate der Ortsveränderungen schon mit blossem Auge wahrzunehmen. Bei schwachem Lichte findet, wie schon früher erwähnt wurde, eine Massenbewegung der Closterien nach der Lichtseite des Gefässes statt. Wird dieses letztere ausschliesslich von oben beleuchtet, so findet man nach einigen Tagen alle beweglicheren Individuen in der Höhe der Wasseroberfläche. Stellt man dagegen das Gefäss an einen sonnigen Standort, so wandern die Pflänzchen nach dem Boden des Glases, wo sie bald einen dichten Ueberzug bilden. — Die Bedeutung dieser Bewegungen für die Existenz dieser Pflänzchen braucht kaum weiter hervorgehoben zu werden. Werden dieselben auf irgend eine Weise in Schlamm vergraben oder gelangen sie an Orte, wo ihnen zu wenig Licht zu Gebote steht, so treten die Lichtwärtsbewegungen ein, welche erst dann aufhören, wenn die Algen die ihnen zusagende Lichtintensität gefunden haben. Bei starkem Sonnenlichte dagegen entfernen sich die Closterien von der Oberfläche des Wasserspiegels. Hierdurch werden sie sowohl vor zu intensiver Beleuchtung, als vor derselben häufig folgenden Eintrocknung bewahrt.

So merkwürdige Bewegungserscheinungen, wie sie bei *Closterium* vorkommen, konnte ich bisher, trotz vielfacher Bemühungen, bei keiner anderen Desmidiengattung beobachten.

Bei einer nicht näher bestimmten *Pleurotaenium*species sah ich bei schwachem Lichte die Zellen in der Richtung des Strahlengangs orientirt. Hierbei war, in Uebereinstimmung mit den von Braun an *Penium curtum* gemachten Beobachtungen, die leicht kenntliche jüngere Hälfte der Zelle der Lichtquelle zugekehrt. Das bei *Closterium* beobachtete Umschlagen der Pflänzchen konnte hier nicht wahrgenommen werden. In Uebereinstimmung mit *Closterium* stellten sich bei intensiverer Beleuchtung die *Pleurotaenium*exemplare senkrecht zum Lichteinfall.

Die scheibenförmigen Zellen von *Micrasterias Rota* sah ich, selbst bei schwachem Lichte, immer nur die Fläche der Lichtquelle entgegenwenden. In den auf dem Objecttisch des Mikroskops ruhenden Glaskammern stellten sich die auf eine beliebige Kante gestützten Pflänzchen aufrecht, ihre breite Seite dem Fenster zuehend. Wurde das Gefäss nur

von unten beleuchtet, so nahmen die Zellen eine horizontale Stellung ein. Ob die Senkrechtstellung bei allen Intensitätsgraden beibehalten wird, habe ich bei der Trägheit der Bewegungen meines Materials noch nicht entscheiden können. In einigen Fällen sah ich allerdings bei directer Besonnung die Zellen der Lichtquelle die Schneide zuwenden, ohne mich jedoch von einer bestimmten Gesetzmässigkeit dieser Erscheinung überzeugen zu können. — Bei anderen Desmidiien aus den Gattungen *Euastrum*, *Cosmarium*, konnten vielfach durch plötzliche Aenderung der Lichtrichtung Orientirungsänderungen erzielt werden, die aber eine genauere Beziehung zum Strahlengang nur in wenigen Fällen erkennen liessen. Diese Pflänzchen scheinen sich in ihrem Verhalten dem Lichte gegenüber eher den Diatomeen als den bisher besprochenen Gattungen anzuschliessen.

Bringt man nämlich eines jener braunen Schleimklümpchen, welche namentlich im Frühjahr die an Flussufern unter Wasser liegenden Steine überziehen und zahlreiche bewegliche *Navicula*exemplare enthalten, in eine dünne, auf einer Glasplatte ruhende Wasserschicht und lässt das Ganze im Zimmer bei diffusem Tageslichte stehen, so wird man bald die grosse Mehrzahl der Schiffchen an dem der Lichtquelle zugekehrten Rande des Tropfens angekommen finden. Eine bestimmte Orientirung der Zellen zum Strahlengang ist, wie schon Cohn bemerkt hat, hierbei nicht zu beobachten.

Verfolgt man ein einzelnes Exemplar genauer, so sieht man das bekannte Hin- und Hergleiten der Schiffchen, wobei die Richtung zur Lichtquelle sich alle Augenblicke ändern kann. Nichtsdestoweniger wird man aber wahrnehmen, dass nach einer Anzahl von Oscillationen das Schiffchen sich der Lichtquelle genähert hat.

Den umgekehrten Fall, Entfernung von der Lichtquelle, sah ich bei intensivem Lichte eintreten.

(Schluss folgt.)

Litteratur.

Flora brasiliensis. Fasc. 76. Lemnaceae, auct. F. Hegelmaier: p. 1—24 et tab. 1; Araceae, auct. A. Engler. p. 25—224, tab. 2—52.

Dieser Fascikel bringt nicht nur die Flora brasiliensis, deren Vollendung jetzt nach einem zweijährigen Stillstande zu hoffen steht, einen wesentlichen Schritt

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: E. Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche (Schluss). — K. Goebel, Erwiderung. — Litt.: L. Simkovic, Bericht über botanische Untersuchungen im Banat und im Hunyader Comit. — P. Liborius, Untersuchungen über die Wurzelfasern von *Rhinacanthus communis*. — L. Haynald, A szentirási mézgák és gyanták termönövényei. — Sammlungen. — Neue Litteratur. — Anzeigen.

Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Von
E. Stahl.
Hierzu Tafel VI.
(Schluss.)

Einfluss des Lichtes auf die Bewegungsrichtung der Schwärmosporen. Aus einem früheren Aufsätze*) theile ich hier nur diejenigen Punkte mit, die im Vergleich mit den erörterten Chlorophyllwanderungen und Bewegungen der Desmidiiden von Interesse sind. Für weitere Details ist auf Strasburger's Abhandlung (Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmosporen. Jena 1878), sowie auf meinen soeben erwähnten Aufsatz zu verweisen. — Das Licht übt einen richtenden Einfluss auf den Schwärmosporenkörper, in der Weise, dass dessen Längsaxe annähernd mit der Richtung des Lichtstrahls zusammenfällt. Hierbei kann das farblose, cilientragende Ende entweder der Lichtquelle zu- oder von derselben abgewendet sein. Beiderlei Stellungen können, unter sonst unveränderten äusseren Bedingungen mit einander abwechseln und dies zwar, wie ich mich vielfach überzeugt habe, bei sehr verschiedenen Graden der Lichtintensität. Den grössten Einfluss auf die relative Stellung hat die Intensität des Lichtes. Bei intensiverem Lichte kehren die

*) Einige Bemerkungen über photometrische und aphotometrische Schwärmosporen (Würzburger Verhandlungen 1879). Prof. Strasburger erklärte sich brieflich mit meinen Einwendungen gegen die von ihm getroffene Unterscheidung der Schwärmosporen in »phototaktische und photometrische« einverstanden und erlaubte mir seine Erklärung an passendem Orte zu veröffentlichen.

Schwärmer ihr Mundende von der Lichtquelle ab, sie entfernen sich von derselben; bei schwächerem Lichte bewegen sich die Zoosporen in Folge ihrer Orientirung lichtwärts. Die Wirkung der Intensität kann, wie aus Strasburger's schönen Untersuchungen hervorgeht, durch andere Factoren — Wärme, mangelhafte Durchlüftung des Wassers — modificirt werden.

Dass es sich übrigens hier blos um Richtungsverhältnisse handelt, welche von der rotirenden, vorwärts schreitenden Bewegung selbst unabhängig sind, hatte ich mehrfach Gelegenheit bei Euglenen zu beobachten und zwar am schönsten bei einer sehr langgestreckten Form, die in Folge ihrer äusserst trägen Bewegung sich auch für andere Beobachtungen als sehr günstig erwiesen hatte.

Diejenigen Individuen, welche nicht frei umher schwammen, sassen mit ihrem zugespitzten Hinterende an dem Objectträger oder an anderen Körpern fest, während das freie Vorderende, je nach Umständen, der Lichtquelle zugekehrt oder von derselben abgewendet war. Die Längsaxe dieser Euglenen fiel, wie bei den frei schwimmenden Individuen, annähernd mit der Richtung des Lichtstrahls zusammen. Auch reagirten diese fest-sitzenden Exemplare, wie die frei schwimmenden auf plötzliche Aenderung der Intensität oder der Richtung des sie treffenden Lichtes, nur traten die Reactionen meist viel langsamer ein. Wurde z. B. der Objectträger plötzlich um 180° gedreht, so trat meist nach erfolgter Contraction, die vorher eingehaltene Stellung zum Lichte erst langsam wieder ein, während die schwimmenden Individuen, unmittelbar nach der Aenderung der Lichtrichtung, die vorher eingehaltene Bahn verliessen, um wieder die ursprüngliche Orientirung zum Lichte einzunehmen.

Die Eigenschaft, der Lichtquelle gegenüber verschiedene Stellungen einzunehmen — bald das Vorderende, bald das Hinterende derselben zuzukehren —, kommt jedenfalls der grossen Mehrzahl der lichtempfindlichen Schwärmsporen und Flagellaten zu. Es fragt sich jedoch, ob es nicht auch Formen gebe, welche unter den verschiedensten Umständen nur die eine oder die andere Lage der Lichtquelle gegenüber einzunehmen vermögen? Unter den zahlreichen Formen, welche ich zu meinen Untersuchungen benutzte, fanden sich keine, welche ein derartiges Verhalten bekundet hätten. Bei sämtlichen lichtempfindlichen Schwärmsporen scheint vielmehr mit der Lichtempfindung überhaupt zugleich ein Unterscheidungsvermögen für verschiedene Lichtstärke verbunden zu sein. Ob bei anderen frei beweglichen Organismen, wie Desmidiaceen, wirklich Formen vorkommen, denen dieses Unterscheidungsvermögen abgeht, welche also unter den verschiedensten Bedingungen ihre relative Stellung zum Lichte nicht zu ändern vermögen, muss einstweilen dahingestellt bleiben.

Schlussbemerkungen.

Die Lichtwirkungen, von welchen in dieser Abhandlung die Rede gewesen ist, sind sehr verschiedener Art. In dem einen Falle werden geformte Inhaltsbestandtheile (Chlorophyllkörner) im Innern des Plasmaleibes in Bewegung gebracht und innerhalb des Zellraumes an Orte geführt, welche eine ganz bestimmte Beziehung zur Richtung der Lichtstrahlen zeigen. Im anderen Falle macht sich der richtende Einfluss des Lichtes nicht auf gewisse Theile, sondern auf den ganzen frei beweglichen Organismus geltend.

Trotz der Verschiedenheiten, welche zwischen den Einzelfällen bestehen, ist doch vor Allem auf eine gemeinsame und gewichtige Erscheinung hinzuweisen, dass, unter sonst gleichen Bedingungen, namentlich bei gleich bleibender Lichtrichtung, die Reactionen auf den Lichtreiz ganz verschieden ausfallen können und dass diese Verschiedenheit bloss von der Intensität des Lichtes abhängt.

Bei ganz gleich bleibender Lichtrichtung stellt sich die Chlorophyllplatte von *Mesocarpus* quer zum Lichteinfall bei schwächerer Beleuchtung; übersteigt die Lichtstärke eine gewisse Grenze, so dreht sich die Platte um 90° : es tritt Profilstellung ein.

Eine Schwärmspore kehrt (im Allgemeinen) schwächerem Lichte das Mundende entgegen;

bei stärkerem Lichte tritt die entgegengesetzte Orientirung ein.

Dies gilt sowohl für die positiv heliotropischen, als für die senkrecht zur Lichtquelle gewachsenen Fäden.

Auch die Closterien verhalten sich anders gegenüber starkem als gegenüber schwachem Lichte. Aehnliches gilt für die Diatomeen; nach älteren Beobachtungen wohl auch für die Oscillarien und Myxomyceten.

Die verschiedene Reactionsfähigkeit des vegetabilischen Protoplasmas gegenüber dem Lichte, welche hier für eine Anzahl einfacherer Fälle festgestellt wurde, ist jedenfalls auch bei den verschiedenen Stellungenverhältnissen complicirterer Organe gegenüber dem Lichte von massgebender Bedeutung. Ein Beispiel wird das Ange deutete genauer präcisiren.

Bei einseitiger Beleuchtung sehen wir einen Vaucherienschlauch eine zum Lichteinfall senkrechte Wachstumsrichtung einhalten, so lange die Beleuchtung eine gewisse Stärke erreicht. Wird die Pflanze, unter sonst gleichen Bedingungen, von der Lichtquelle entfernt, so tritt früher oder später ein Grad der Beleuchtungsstärke ein, bei welchem der Faden seine Wachstumsrichtung verändert: derselbe wird, wie der hergebrachte Ausdruck lautet, positiv heliotropisch; er wächst mehr oder minder genau der Lichtquelle entgegen. Wird die Pflanze aus ihrer Lage zur Lichtquelle verrückt, so erreicht sie durch Krümmung die ihr zusagende Stellung zum Lichte wieder. Dies gilt sowohl für die positiv heliotropischen, als für die senkrecht zur Lichtquelle gewachsenen Fäden.

Wenn auch die Vorgänge, durch welche eine im Boden wurzelnde *Vaucheria* die eingegebenen Lichtintensität entsprechende Orientirung erreicht, von den in dieser Abhandlung besprochenen Erscheinungen weit verschiedene sind, so glaube ich doch nicht zu irren in der Annahme, dass die Grundursachen hier wie dort übereinstimmender Natur und in der, einstweilen nicht weiter zu erklärenden, Eigenschaft des lichtempfindlichen Protoplasmas zu suchen sind.

Erklärung der Figuren zu Tafel VI.

Sämmtliche Figuren sind schematisch gehalten.

Fig. 1: Querschnitt durch das Laub von *Lemna trisulca*. a Flächenstellung (Tagstellung) der Chlorophyllkörner; b Anordnung der Körner bei intensivem Lichte; c Dunkelstellung (Apostrophe).

Fig. 2. Querschnitt durch ein Blatt von *Elodea canadensis*. Anordnung der Körner bei diffusum Lichte.

Fig. 3. Schwammparenchymzellen aus der untersten Parenchymlage von *Oxalis acetosella*. *a* Flächenstellung bei diffusum Lichte; *b* Anordnung der Körner nach kurz andauernder Besonnung (Profilstellung); *c* Chlorophyllvertheilung nach anhaltender Insolation.

Fig. 4. Zelle aus einem Farnprothallium. Anordnung der Körner bei etwas schief einfallendem Lichte.

Fig. 5 und 6. Schemata, deren Erklärung im Text gegeben ist.

Fig. 7. Palissadenzellen aus der obersten Reihe des Blattes von *Potamogeton natans*. *a* Aussehen der Chlorophyllkörner bei diffusum Lichte. *a'* Querschnitt einer Zelle. *b* aus einem besonnten Blatte entnommen; *b'* Querschnitt durch *b*.

Fig. 8. Flächenansichten der Palissadenzellen des Tabaks. *a* bei diffusum Lichte, *b* bei Insolation.

Fig. 9. Querschnitte durch Palissadenzellen von *Amarantus Blitum*. Aussehen der beschatteten (*a*) und besonnten (*b*) Chlorophyllkörner.

Fig. 10. Zellen aus dem Laube von *Riccia glauca*. *a* einer beschatteten, *b* einer besonnten Pflanze entnommen.

Erwiderung.

Von
K. Goebel.

Die Bemerkungen, welche L. Čelakowský über meine Mittheilung in Nr. 1 der Bot. Ztg. 1879 gemacht hat (Flora 1879. Nr. 32 und 33), veranlassen mich zu einer kurzen Erwiderung. Čelakowský sagt, er sehe sich genöthigt, meine Einwürfe ausführlich zu beantworten, da meine Ansicht durch eine neue Thatsache scheinbar gestützt werde, und daher für manchen Leser etwas Bestechendes haben könne, ja er vermuthet, dass manche Botaniker zum Nachtheile der Brongniar'schen Ovulartheorie »im Stillen« ähnliche Anschauungen hegen. Es ist diese Vermuthung Čelakowský's allerdings begründet, ich will indess nicht wie dieser Schriftsteller diejenigen »competenten« Autoritäten aufhären, auf deren Zustimmung ich mich berufen könnte. Derlei Personalfragen können einer Sache nichts nützen, die, wie ich glaube, laut genug für sich selbst spricht, und ja auch von mir entfernt nicht zum ersten Male ausgesprochen wurde. Aus denselben Gründen habe ich mich in der citirten Mittheilung mit einem kurzen Hinweis auf die theoretische Bedeutung der dort beschriebenen Thatsache begnügt, da mir nichts ferner lag, als auf den von Č. vertretenen Standpunkt näher einzugehen, oder gar eine Widerlegung desselben zu versuchen. Auch diese Erwiderung hat nur den Zweck, einerseits einige Punkte zu be-

richtigen, in denen Č. mich missverstanden hat, und andererseits darauf hinzuweisen, dass der Gegensatz unserer Anschauungen ein principieller ist. Ein Principienstreit ist aber bekanntlich immer fruchtlos.

Ich hatte den Fall der Sprossbildung auf *Isoëtes*-blättern dazu benutzt, um die phylogenetische Bedeutung der Vergrünungen zu bestreiten. Dem gegenüber versucht Č. zuerst nachzuweisen, dass die aus den Vergrünungen über die Natur des Ovulums hergeleiteten Schlüsse auch dann gerechtfertigt wären, wenn wir gar nichts von einer Descendenztheorie wüssten, zweitens dass die Missbildungen unzweifelhaft Rückschlagsbildungen seien und drittens dass der Fall von *Isoëtes* von den Ovularvergrünungen himmelweit verschieden sei. Mit dem ersten der erwähnten Punkte hat Č. mir indirect ein wichtiges Zugeständniss gemacht. Wenn hinter der ganzen Deutung schliesslich nur die Metamorphosenlehre steckt, so ist mit der Anerkennung dieser Thatsache der beste Schritt zur principiellen Klarlegung von Č.'s Standpunkt gethan. Die Metamorphosenlehre ist nun eine Sache für sich*), und ich wende mich zunächst zu Č.'s angeblichem Nachweis, dass die Missbildungen »unzweifelhaft« Rückschlagsbildungen seien. Wenn ein Systematiker, sagt Č., zwei Formen A und B durch offenbare Uebergänge verbunden finde, so erkläre er sie für Formen einer Art, ebenso beweisen auch die Uebergänge von dem normalen Ovulum zu einem vergrüneten, d. h. »einem den Nucleus tragenden Blättchen«, dass beide identisch seien. Es ist offenbar, dass dies kein Beweis, sondern ein Analogieschluss, und zwar ein ganz verfehelter ist. Ein vergrünetes Ovulum und ein normales sind eben keine »verwandten Formen«, sondern ein vergrünetes Ovulum ist eine krankhafte Bildung, die einem normalen bald mehr, bald weniger ähnlich sehen kann, bis endlich ein blattähnliches Gebilde da auftritt, wo sonst ein Ovulum ist. Die Uebergänge zwischen zwei Dingen beweisen gar nicht die Identität beider. Zwischen Roth, Orange und Gelb z. B. gibt es im Spectrum bekanntlich alle Uebergänge; ist deshalb Roth Gelb? Ebenso gibt es zwischen normalen und fasciirten Stengeln alle Uebergangsstufen, ohne dass deshalb Č. wird behaupten wollen, dass die Fasciation ein Rückschlag sei. Ich meinerseits vermag in einem fasciirten Stengel nur eine mehr oder weniger weit gehende krankhafte Veränderung eines normalen Stengels zu sehen, ebenso wie ich z. B. die Mikrocephalie nicht für einen Rückschlag zum Affentypus, sondern für eine krankhafte Veränderung der normalen Schädelbildung ansehe, obwohl es auch in diesem Falle nicht an Uebergängen vom normalen Menschenschädel bis zu dem eines vollendeten Idioten fehlt. Die »Uebergänge« zwischen normalem Ovulum

* Ich werde bei anderer Gelegenheit auf diesen Punkt eingehen.

und an dessen Stelle stehendem Blättchen beweisen also keineswegs die Identität beider. »Da nun aber die Verwandten der ältesten Ahnen der Gefässkryptogamen, die Farne, allerdings Laubblätter mit sorustragenden Abschnitten als Fruchtblätter besitzen, so muss die Vergrünung Erscheinungen herbeiführen, welche kraft der Vererbung den noch jetzt bei Farnen bestehenden Verhältnissen sehr ähnlich sein müssen« (Č. a. a. O.). Es ist dies in der That eine merkwürdige Folgerung. Woher lässt sich denn irgend ein stichhaltiger Grund dafür hernehmen, dass die Vergrünung, wenn sie eine Rückschlagsbildung wäre — wie Č. hier wieder, ohne es bewiesen zu haben, voraussetzt —, so ungeheuer weit zurückgreift? Sodann aber bestreite ich entschieden, dass die Vergrünung Erscheinungen hervorruft, die denen der Farne sehr ähnlich sind. Wenn man an Stelle des Ovulums ein Blättchen findet, das einen Höcker trägt, so müsste Č. zuerst nachweisen, dass dieser Höcker einige Aehnlichkeit mit einem Sporangium habe. Dies hat Č. nicht gethan, meines Wissens hat er bei den von ihm beschriebenen Fällen nicht untersucht, ob der erwähnte Höcker auch nur überhaupt einen Embryosack enthält. Eigentlich aber scheint diese angebliche Aehnlichkeit der vergrünten Ovula mit einem sorustragenden Farnblatte der Hauptgrund für die phylogenetische Deutung zu sein, ein Grund, der ein durchaus unstichhaltiger ist. Wodurch ist man denn eigentlich zu der Homologie zwischen Embryosack und Makrospore gekommen? Doch wahrhaftig nicht durch das Studium der Vergrünungen, sondern durch die Entwicklungsgeschichte und den Vergleich. Und gerade derjenige Forscher, dem man die Erkenntniss dieser Homologie verdankt, Hofmeister, hat, wie ich aus mehrjährigem persönlichen Verkehr anführen kann, und vielleicht auch irgend wo in seinen Abhandlungen ausgesprochen ist, aufs Energischeste die Anschauung festgehalten, dass aus Ovularvergrünungen phylogenetisch gar nichts zu folgern sei, eine Ansicht, die auch A. Braun vertritt (Ueber die Gymnospermie der Cycadeen, Monatsberichte der Berliner Akademie. 1875).

Es wäre hier indess zu weitgehend, die eigenthümliche Weise, in der bei Č. Sätze aus einander abgeleitet werden, näher zu verfolgen. Mir genügt es, darauf hingewiesen zu haben, dass nach Č.'s eigener Meinung der Kern der Ovulardeutung in der Metamorphosenlehre liegt. Der morphologische Werth soll den neueren Autoren deshalb zweifelhaft geworden sein, weil er ohne den Metamorphosenbegriff ein willkürliches Schema sei. Es freut mich, hier meine Uebereinstimmung mit Č. ausdrücken zu können. Ich halte die Metamorphosenlehre in der Goethe'schen Fassung allerdings für einen principiellen Irrthum, und die morphologischen »Werthe«, wie ich dies früher ausgesprochen habe, für Schemata. Allerdings nicht

für willkürliche und bedeutungslose, sondern für Schemata, die ihren Werth und ihre Bedeutung darin haben, dass sie eben Schemata sind, die als solche zu gegenseitiger wissenschaftlicher Verständigung nicht entbehrt werden können. Ich komme darauf unten noch kurz zurück, und wende mich zu Č.'s dritten Punkte, dass nämlich die Sprossbildung auf den *Isoëtes*blättern von den Ovularvergrünungen »himmelweit verschieden sei, während ich beide Erscheinungen für übereinstimmend erklärt hatte, indem ich der Ansicht bin, dass bei *Isoëtes* aus der Sporangiumanlage sich ein Spross entwickelt, ebenso wie bei der Ovularvergrünung aus der Ovularanlage sich ein mehr oder minder blattähnliches Gebilde entwickelt. Nach Č. sollen »jedoch nur solche Gebilde verschieden sein, die niemals in und aus einander metamorphosirt werden können, d. h. niemals in allen erforderlichen Zwischenstufen in einander übergehen können.« Das »d. h.« in diesem Satze verdeckt einen bedeutenden logischen Sprung. Denn es müsste doch erst nachgewiesen werden, dass zwei verschiedene Gebilde nur durch Mittelstufen in einander übergehen können. Ich behaupte das Gegentheil, nämlich dass zwei Gebilde direct in einander übergehen können, und stütze mich dabei auf die Erfahrung. Seit lange ist es bekannt, dass die Wurzeln von *Neottia nidus avis* sich direct in Sprosse umwandeln können, und ich habe neuerdings (Bot. Ztg. 1878) denselben Fall für *Anthurium longifolium* nachgewiesen. Wo sind denn hier die Uebergänge? Der Vegetationspunkt der Wurzel verwandelt sich direct in den eines Sprosses. Will nun Č. daraus schliessen, dass Wurzel und Spross keine verschiedenen Kategorien bilden, sondern in eine und dieselbe gehören, so ist dagegen zu bemerken, dass die Wurzeln denn doch eben eine ganz scharf charakterisirte Organgruppe sind. Wie ein Wurzelvegetationspunkt sich in einen Stammvegetationspunkt, so verwandelt sich eine Sporangienanlage von *Isoëtes* in eine Sprossanlage. Unter den vielen damals von mir untersuchten Exemplaren fanden sich auch solche, die zwar Sporangien trugen, aber nur eine kümmerliche Ausbildung der sporogenen Schicht zeigten. (Die Makro- und Mikrosporen von *Isoëtes* entstehen, wie ich dies demnächst ausführlicher zeigen werde, aus subepidermoidalen Zellschichten ganz ebenso wie Pollen und Embryosäcke der Phanerogamen.) Bei anderen war dieselbe auf wenige Zellen reducirt, und bei einer dritten Kategorie endlich konnte ich die sporogene Schicht gar nicht mehr nachweisen. Die Sprosse auf den *Isoëtes*blättern sind nun meiner Ansicht nach direct aus solchen Sporangienanlagen entstanden, bei welchen die Ausbildung der sporogenen Schicht unterblieben ist.

Den Nachweis, dass es in der Natur wirklich verschiedene »Werthe« gebe, verschiebt Č. auf eine spätere

Publication. Um diesen Nachweis dreht sich nun freilich ein weiterer wesentlicher Differenzpunkt unserer Auffassung, und auf ihm beruht auch die ganze Metamorphosenlehre. Ich hatte in Bezug auf die Unterscheidung der verschiedenen Organe einen Satz von Sachs angezogen, Č. citirt nur einen Theil desselben, und sagt, er passe nicht zu dem von mir Gesagten. Ich habe jenen Satz citirt, weil in ihm mit klaren Worten ausgesprochen ist, dass jede Definition willkürlich sei, und als Abstractionen und Definitionen hatte ich kurz vorher die morphologischen »Werthe« erklärt. Definiren kann man eben bekanntlich nur Begriffe und Worte, nicht aber Dinge. Ich hatte also nicht nöthig — wie Č. sagt —, bei der »Histiogenie« und Phylogenie nach der Natur des Ovulums zu fragen. Dass über die letztere überhaupt noch Zweifel bestehen, darüber wundert sich Č., und sagt, »was ich für Lösung dieser Frage in meinen Arbeiten dargethan habe, scheint für ihn (Goebel) nicht da zu sein.« Ich muss bekennen, dass dies der Fall ist. Bei aller Achtung vor Č.'s wissenschaftlichen Arbeiten kann ich doch von meinem Standpunkt aus seine Vertheidigung der Brongniart'schen Ovulartheorie nicht in Betracht ziehen, denn erstens halte ich diese Theorie für eine unrichtige, und zweitens die Methoden, die Č. zu ihrer Stütze in Anwendung bringt, für verfehlt, denn Vergrünungen beweisen für mich, wie ich eben hervorgehoben habe, in dieser Frage gar nichts. Dass der Eikern dem Makrosporangium der Gefässkryptogamen entspreche, hält Č. für eine weitere Stütze seiner Schlüsse. Nun ist aber bekanntlich diese Anschauung keineswegs, wie Č. anzunehmen scheint, eine Errungenschaft der Neuzeit, sondern schon von Hofmeister begründet, und z. B. 1868 von Sachs (Lehrbuch 1. Aufl. S. 384) aufs Klarste betont worden. Dass der Eikern eine seitliche Bildung am Ovularhöcker sei, das ist eine entschieden irrige Meinung, und ich sehe deshalb nicht ein, wie Č. in der besprochenen Homologie für seine Schlüsse eine Stütze findet. Die Integumente sind einfach Hüllen des Makrosporangiums, wie ja durch die ganze Pflanzenreihe das Bestreben zu verfolgen ist, die Geschlechtsorgane mit Hüllen zu umgeben, ich erinnere hier nur an die Archegonien der Marchantieen, das Velum der *Isoëtessporangien* etc. Ich hatte ferner gesagt, es sei nichts damit gewonnen, wenn man ein *Isoëtessporangium* als eine Emergenz bezeichnen wolle, dies sei nur ein Ausdruck dafür, dass sie in die Kategorienreihe Kaulom, Phyllo, Trichom nicht passe. Č. nennt das einen »sonderbaren Einwand«. Wenn er glaubt, wirklich damit etwas gewonnen zu haben, ein Sporangium und einen Stachel etc. mit dem gemeinsamen Namen Emergenz zu bezeichnen, so ist dagegen weiter nicht zu streiten, ich bin aber vom Gegentheile überzeugt, und schliesse mich an A. Braun an, der sagt (a. a. O.

S. 263): »es wird wohl bei der alten Trias von Wurzel, Stengel, Blatt bleiben müssen.« Gerne gebe ich Č. zu, dass diese Kategorienreihe nicht vollständig ist und habe auch nichts dagegen einzuwenden, wenn er das »Trichom« bekämpft. Aber auch Č.'s »Kategorienreihe« ist keine vollständige. Oder lässt sich etwa irgend ein Grund dafür angeben, dass die Organe der Pflanzen eingetheilt werden müssen in Kaulome, Phyllo, Emergenzen, Metablasteme etc.? Ich vermag nicht einzusehen, warum nicht auch z. B. eine Kategorie der Sporangien aufgestellt wird, die doch jedenfalls den Vorzug einer genauen Definirbarkeit hätte.

Es führt mich dies zu dem oben erwähnten principiellen Gegensatz zurück, den ich kurz dahin präcisiren möchte, dass nach Č.'s Ansicht die Pflanzenorgane entweder Kaulome oder Phyllo etc. sein müssen, während ich die morphologischen »Werthe« für Begriffe halte. Begriffe aber haben reale Geltung nur innerhalb unseres Verstandes, sie sind aber nicht Eigenschaften des »Dinges an sich.« Es war deshalb eine vollkommen consequente Folgerung, welche A. Braun in seiner mehrerwähnten Abhandlung zog, wenn er darauf aufmerksam machte, dass man nicht das Laubblatt als das »Urblatt« bezeichnen dürfe, aus dessen Metamorphose die übrigen Blätter zu erklären seien. Das Blatt ist für die Metamorphosenlehre; die A. Braun in seiner Abhandlung in klarster Weise darlegt, ohne sie wie Č. mit Phylogenie zu vermischen, eben ein Begriff, der nicht in einer einzelnen Form seinen Ausdruck und seine Realisirung findet, sondern eine ganze Anzahl von Formen umfasst, von deren Besonderheit abstrahirt worden ist, um zu dem allgemeinen Begriffe »Blatt« zu kommen. Ebensovienig wie man ein beliebiges Haus als das »Urhaus« bezeichnen kann, kann man auch nach Braun's Auffassung eine beliebige Blattformation als das »Urblatt« bezeichnen. Damit ist aber schärfer, als dies durch eine lange Darlegung meinerseits möglich wäre, die Richtigkeit meiner Behauptung dargethan, dass die morphologischen Werthe »Begriffsschemata« seien. Als solche sind sie für die Verständigung unentbehrlich, es ist aber klar, dass es nur eine Nomenclaturfrage ist, wenn man diese Begriffe nun auf alle Pflanzenorgane ausdehnen will. Die Thatsache, dass Begriffe als etwas Reelles betrachtet, und zur Erklärung von Naturerscheinungen benutzt werden, ist übrigens eine so alte und immer wiederkehrende, dass es überflüssig wäre, hier wieder auf dieselbe zurückzukommen. Das aber möchte ich hier aufs Nachdrücklichste betonen, dass diese uralte, meiner Ansicht nach durch Kant endgültig entschiedene Frage es ist, auf die Alles ankommt, und den Nachweis dafür, für die Realität der Begriffe hätte also Č. versprochenemassen in seiner »Anaphytosenlehre« zu führen.

Kaum aber könnte etwas bezeichnender sein für die Differenz zwischen meiner und Č.'s Auffassung, als wenn Č. sagt: »für *Isoëtes* führt K. Goebel selbst Apogamie als wahrscheinliche Ursache der Stellvertretung von Sporangium und Spross an, worin man ihm vorläufig sehr willig beistimmen kann.« Ich muss diese Behauptung aufs Entschiedenste zurückweisen. Was ist denn die Apogamie? In der Natur gibt es doch wahrhaftig keine reale Existenz oder Kraft die man »Apogamie« nennen und aus der man etwas erklären könnte. Der Ausdruck Apogamie ist vielmehr nur ein Name, eine treffend von de Bary gewählte Bezeichnung, unter der wir eine Anzahl von Erscheinungen zusammenfassen. Einen solchen Begriff als »Ursache« einzuführen, das ist mir nie eingefallen, und ich »wundere mich«, dass Č. nicht erkannt hat, dass in der Frage nach der Realität der Begriffe die unsere Auffassungen trennende Kluft liegt. Hätte ich die von mir für *Isoëtes* beschriebene Erscheinung auf Apogamie als Ursache zurückzuführen versucht, so würde das eben so sein, als wenn man z. B. Impotenz für die Ursache der Zeugungsunfähigkeit halten wollte. Eine solche Erklärung müsste sich den Vorwurf gefallen lassen, den Kant der Metaphysik macht (Vorrede zur Kritik der reinen Vernunft. 3. Aufl. S. XIV u. XV), »in ihr muss man unzählige Mal den Weg zurückthun, weil man findet, dass er dahin nicht führt, wo man hin will, und was die Einhelligkeit ihrer Anhänger betrifft, so ist sie nicht so weit davon entfernt, dass sie vielmehr ein Kampfplatz ist, der ganz eigentlich dazu bestimmt zu sein scheint, seine Kräfte im Spiegelechte zu üben, auf dem noch niemals irgend ein Fechter sich auch den kleinsten Platz hat erkämpfen, und auf seinen Sieg einen dauerhaften Besitz gründen können. Es ist also kein Zweifel, dass ihr — der Metaphysik — Verfahren bisher ein blosses Herumtappen, und, was das Schlimmste ist, unter blossen Begriffen gewesen sei.« — Damit nehme ich meinerseits Abstand von jeder weiteren Polemik in dieser Frage. Ich glaube meinen Standpunkt hinreichend scharf präcisirt zu haben. Von tutenförmig missbildeten *Syringablättern*; wie sie Č. beschreibt, erwarte ich keine weiteren morphologischen Aufschlüsse oder Analogien, wohl aber von den Resultaten der Einzelforschung, bezüglich welcher ich mich hier nur auf Strasburger's wichtige Entdeckungen zu berufen brauche.

Litteratur.

Bericht über botanische Untersuchungen im Banat und im Hunyader Comit. Von L. Simkovic's.

(Sitzung d. ung. Akademie d. Wiss. v. 15. April 1878.)

Der Bericht enthält im ersten Abschnitt den Umriss des durchforschten Gebietes, im zweiten die phyto-

geographische Charakteristik desselben und im dritten die Aufzählung der beobachteten Pflanzen, 447 Genera mit 1348 Arten. Ferner werden einige neue Formen beschrieben, zahlreiche irrige Daten richtig gestellt und die bisher lückenhaften Angaben über die Hätzzeiger Alpenflora ergänzt und in ein zusammenhängendes Bild gebracht. Schliesslich folgt eine Zusammenstellung der botanischen Literatur über das Gebiet des Banates.

Untersuchungen über die Wurzelfasern von *Rhinacanthus communis*. Von P. Liborius.

(Sitzungsberichte der Dorpater Naturforscher-Ges. Jahrg. 1880.)

Die Arbeit gibt die Resultate chemischer Untersuchungen der erwähnten Wurzelfasern, die in Indien, China etc. gegen Herpes tonsurans, Frieselflechten, Syphilis angewendet werden. Vf. stellte als wirksames Princip der Wurzeln einen neuen Körper dar, »Rhinacanthin«, von der Zusammensetzung $C_{14}H_{18}O_4$, der noch nicht genügend untersuchte Stoff scheint eine chinonartige Substanz zu sein. L. J.

A szentírásí mézgak és gyanták termönövényei. Die Harz und Gummi liefernden Pflanzen der heil. Schrift. Populärer Vortrag, gehalten in der feierlichen Sitzung der ung. Akademie der Wissenschaften. Von Dr. Ludwig Haynald, Erzbischofe von Kalocsa und Bács, dirig. und Ehren-Mitglied der ung. Ak. der Wiss. Klausenburg 1879. 48 S. 8^o.

(Sep.-Abdruck aus d. III. Jahrg. d. ung. bot. Zeitschr.)

In klarer, leicht verständlicher, aber dabei glänzender Sprache, hat der gelehrte Cardinal das etwas spröde Thema behandelt; er war bestrebt, die Resultate der Forschung möglichst zu verwerthen, seine grossartige Bibliothek — die in diesem Falle von der grossen Belesenheit ihres Eigenthümers zeugt — kam ihm sehr zu statten und es wäre nur zu wünschen, dass dieser glänzend begabte und für die Botanik begeisterte Kirchenfürst sich entschliesse, alle Pflanzen der Bibel in gleicher Weise zu bearbeiten. Der Inhalt des Werckens ist folgender: Nach einer kurzen Einleitung (S. 3—5) werden besprochen: I. Ladanum (S. 5—8), II. Tragant (S. 9—11), III. Myrrhe (S. 11—15), IV. Weihrauch (S. 16—20), V. Bdellium (S. 20—23), VI. Balsam (S. 23—27), VII. Mastix (S. 27—30), VIII. Coniferen-Harz (S. 30—32), IX. Galbanum (S. 32—36), X. Storax (S. 36—39), XI. Pannag (S. 39—41), XII. Bernstein (S. 41—45), XIII. Asphalt (S. 45—48). x†.

Sammlungen.

Marcus E. Jones zu Grinnell in Jowa (Jowa College) offerirt Pflanzensammlungen aus Utah und Colorado.

E. Verin zu Cambrai, rue des Chanoines, bietet Pflanzen aus dem Norden von Frankreich und Belgien