Über Chlorophyllbildung im Finstern bei Kryptogamen.

Von **Karolina Bittner** (Prag).

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 78 der 2. Folge.)

Einleitung.

Es ist längst bekannt, daß höhere Gewächse, die unter normalen Verhältnissen grün werden, bei Entziehung von Licht kein Chlorophyll mehr bilden. Unter den Phanerogamen trifft dies für die Angiospermen ausnahmslos zu, während bekanntlich im Finstern gezogene Keimlinge der Gymnospermen (mit Ausnahme von *Gingko biloba*¹⁾, *Cycas* und *Zamia*²⁾) ergrünen.

Über das Verhalten der Kryptogamen im Finstern finden sich zwar verschiedene Angaben vor, doch sind dieselben vielfach zerstreut, auch beruhen sie auf mehr gelegentlichen, in anderer Absicht unternommenen Beobachtungen. Zweck der vorliegenden kleinen Arbeit ist, das darüber Bekannte zusammen zu stellen, kritisch zu sichten und durch eigene Beobachtungen zu ergänzen. Im nachfolgenden sollen die einzelnen Stämme der chlorophyllführenden Kryptogamen in aufsteigender Reihenfolge besprochen werden.

I. Algen.

Schimper³⁾ ist auf Grund einiger Versuche der Ansicht, daß sämtliche Algen im Dunkeln Chlorophyll bilden. Dieser Schluß scheint mir zu weit zu gehen, denn wenn auch durch die Untersuchungen von Radais, Matruhot et Molliard, Etard et Bonillac, Beijerinck, Krüger und besonders von Artari⁴⁾ Schimpers Ansicht bestärkt wurde, da die von diesen untersuchten Algen zumal bei organischer Ernährung imstande sind, im Finstern durchwegs Chlorophyll zu bilden, gibt es einerseits ganze Klassen von Algen, wie z. B. die Diatomeen⁴⁾, die überhaupt im Dunkeln nicht weiter wachsen, während andererseits zugleich der Nachweis erbracht wurde, daß, wenn auch bei bestimmten Algen in einer Lösung von bestimmter Zusammensetzung im Dunkeln,

¹⁾ Molisch, Notiz über das Verhalten von *Gingko biloba* im Finstern. Öst. Bot. Zeitschrift 1889, Nr. 3.

²⁾ A. Burgerstein, Über das Verhalten der Gymnospermen-Keimlinge im Licht und im Dunkeln. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1900, S. 168.

³⁾ A. F. W. Schimper, Untersuchungen über die Chlorophyllkörner und die ihnen homologen Gebilde. Pringsheims Jahrbücher für wiss. Bot. 16. Bd. 1885, pag. 159.

⁴⁾ P. Miquel, De la culture artificielle des Diatomées. Le Diatomiste. Bd. 1897, pag. 97.

⁵⁾ A. Artari, Über die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1892, pag. 201. Hier auch die übrige diesbezügliche Literatur.

unter gewissen Umständen sogar im Lichte keine Chlorophyllbildung eintritt.

Mit der Chlorophyllbildung bei den Algen habe ich mich nicht beschäftigt, ich kann daher den vorliegenden Untersuchungen nichts Neues zufügen und wende mich gleich den folgenden Abteilungen zu.

II. Moose.

A. Lebermoose.

Wie sich der Thallus der Lebermoose im Finstern verhält, darüber konnte ich in der Literatur keine Angaben finden. Versuche mit *Marchantia polymorpha* und *Lunularia spec.* gaben kein befriedigendes Resultat, da Dunkelkulturen bald abstarben. Dabei zeigten sich am Thallus oft weißgelbe Partien, die aber nicht auf Etiolement, sondern auf eine dem Absterben vorausgehende Entleerung der Zellen zurückzuführen sind. Dagegen ist *Fegatella conica* L. ein recht geeignetes Versuchsobjekt. Der Thallus wächst im Dunkeln weiter, wobei eine Änderung im äußeren Habitus, nicht aber im Chlorophyllgehalte eintritt. Der Thalluslappen spitzt sich an seinem Vegetationsscheitel zu und wächst, die seitlichen Ränder nach aufwärts geschlagen, als ein schmales, bandförmiges Gebilde weiter, wobei sich die sonst stark hervortretende Felderung der Oberfläche verliert.

Die vegetativen Vermehrungsorgane, die Brutknospen, entwickeln sich nach den Angaben von Pfeffer¹⁾, Haberlandt²⁾ und nach eigenen Erfahrungen meist gar nicht im Finstern oder gelangen doch nie über das allererste Entwicklungsstadium hinaus. Benecke³⁾ stellte behufs Beantwortung der Frage, ob das Licht nur im Beginne der Keimung nötig sei, bereits ausgekeimte Brutknospen dunkel. Der Sproß streckte sich interkalar, ohne sich aber im Dunkeln viel weiter zu entwickeln, und dasselbe erfolgte auch in Zuckerlösung, wo nur eine Stärkeanreicherung, aber kein weiteres Wachstum konstatiert werden konnte.

Auch die Sporen können bei Lichtabschluß nicht zur Keimung gebracht werden. Nach Leitgeb⁴⁾ unterbleibt hier auch die der Keimung vorangehende Chlorophyllbildung in der Spore.

B. Laubmoose.

Auch bei den Laubmoosen ist zur Sporenkeimung Licht nötig und künstliche organische Ernährung vermag dieses nicht zu er-

¹⁾ Pfeffer, zitiert nach Haberlandt.

²⁾ Haberlandt, Über das Längenwachstum und den Geotropismus der Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia*. Ost. bot. Zeitschr. 1889, pag. 94.

³⁾ Benecke, Über die Keimung d. Brutknospen v. *Lunularia cruciata*. Bot. Zeit. 1903, Heft II.

⁴⁾ Leitgeb, Die Keimung der Lebermoossporen in ihrer Beziehung zum Licht. 1876. (Sep. a. Sitzungsab. d. Wien. Akad., Bd. 74, Abt. 1).

setzen¹⁾. Doch kultivierte Klebs²⁾ bei äußerst schwacher Beleuchtung grünes Protonema, das in diesem Falle steril blieb und gleichsam in eine Dauerform übergang, die jahrelang weiter wuchs.

Ob auch bei gänzlichem Lichtmangel, vielleicht bei organischer Ernährung, Wachstum und Chlorophyllbildung bei den Sporenprotonemen stattfindet, bliebe noch zu untersuchen.

Meine Untersuchungen erstreckten sich nicht auf das Protonema der Sporen, sondern auf das der Blätter. Losgelöste Moosblätter³⁾ wurden in Petrischalen auf feuchtes Filtrierpapier oder zur bequemeren mikroskopischen Beobachtung einfach auf den besetzten Objektträger gelegt und das ganze verdunkelt. Bestimmte Zellen der Blätter, die Correns⁴⁾ Nematogone nennt und die sich durch geringere Größe, sowie durch viel kleinere Chlorophyllkörner als Ursprungszellen der Rhizoiden⁵⁾ kundgeben, wuchsen zu schlauchförmigen Gebilden aus, die durch wiederholte Zellteilungen zu langen Protonemafäden wurden. Die Chlorophyllkörner wanderten aus den Nematogonen in die Rhizoiden hinein, und vermehren sich hier so reichlich, daß man daraus auf eine Vermehrung des Chlorophylls im Finstern mit Sicherheit schließen kann.

Wie zu erwarten, findet diese Rhizoidenbildung im Lichte viel reichlicher statt. Etwa eine Woche nach deren Eintritt entstehen an den Rhizoiden grüne Moosknospen, welche zu aufrechten neuen Moospflänzchen heranwachsen.

Im Dunkeln nun bildeten sich bei anorganischer Ernährung diese Moosknospen nur sehr spärlich, sie entwickelten sich nicht weiter, sondern blieben wegen Nahrungsmangel auf dieser Stufe stehen.

War aber das Filtrierpapier mit einer 2%igen Zuckerlösung getränkt, so erfolgte nicht nur eine viel reichlichere Rhizoidenbildung im Dunkeln, sondern nach drei bis vier Wochen trug auch jedes Blatt, eigentlich dessen Protonema, mindestens ein Stämmchen von etwa 2 cm Höhe mit winzigen Blättchen, bis gegen 30 an der Zahl. Unter dem Mikroskop waren dann noch zahlreiche kleine Moosknospen, meist nahe dem Ursprunge der Rhizoiden, zu sehen.

¹⁾ Schulz, Über die Einwirkung des Lichtes auf die Keimungsfähigkeit der Moose, Farne und Schachtelhalme. Beihefte zum Bot. Zentralblatt, Bd. X, pag. 81.

²⁾ Klebs, Über den Einfluß des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. Biolog. Centralbl. XIII. Bd. 15. Nov. 1893.

³⁾ Als ausgezeichnetes Versuchsobjekt erwies sich *Mnium rostratum* Schrad, auf das sich auch die folgenden Beobachtungen beziehen.

⁴⁾ Correns, Über die Vermehrung der Laubmoose durch Blatt- und Sproßstecklinge. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1898, S. 22.

⁵⁾ Den Nachweis, daß zwischen Rhizoid und Protonema kein prinzipieller Unterschied besteht, erbrachte Hermann Müller-Thurgau (Die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmoose. Sachs, Arbeiten d. bot. Instituts Würzburg, pag. 474). Auch Correns gebraucht beide Bezeichnungen als gleichbedeutend.

Während Klebs¹⁾ „bei äußerst schwacher Beleuchtung, fast im Dunkeln“ an langen „farblosen Fäden“ des Blattprotonema einzelne kümmerlich bleibende Knospen beobachtete, ergab sich im Laufe meiner Untersuchungen, daß in vollständiger Dunkelheit nicht nur Chlorophyllbildung in den Rhizoiden stattfand, sondern an den letzteren auch Moosknospen entstanden, welche bei geeigneter Ernährung zu ganz stattlichen Stämmchen heranwuchsen.

De Forest Heald²⁾ berichtet von der Knospenbildung im Dunkeln am Blattprotonema verschiedener Moosarten, aber gerade bei der Gattung *Mnium* beobachtete er diese nur am Licht.

Die solcherart im Finstern entstandenen Stämmchen sind freudig hellgrün, ihre Zellen enthalten sehr kleine Chlorophyllkörner, meist auf einen Punkt zusammengedrängt, während die ganze übrige Zelle leer erscheint. An dem Vegetationspunkte ist das Chlorophyll angehäuft, was sich schon makroskopisch durch die viel intensivere Grünfärbung kundgibt.

Die winzigen Blättchen sind ganz durchsichtig und sehr schwach lichtgrün. Von den Zellen sind viele hyalin, der Chlorophyllgehalt der Zellen an der Blattbasis beschränkt sich auf wenige Körner, die meist an der oberen oder unteren Scheidewand liegen; gegen die Blattspitze nimmt das Chlorophyll rasch ab, um hier meist ganz zu verschwinden.

Schimpers³⁾ Bemerkung über das Wachstum verdunkelter Moosrasen kann ich nur bestätigen. Die im Dunkeln neugebildeten Partien stimmen im äußeren Habitus und auch im mikroskopischen Bilde ganz mit den eben beschriebenen Stämmchen überein, nur daß sie diese an Länge bedeutend übertreffen, denn bis 8 cm lange lichtgrüne Sprosse sind nicht selten. In den alten, noch im Lichte gebildeten Blättern geht ein allmähliches Verschwinden des Chlorophylls im Finstern vor sich, das mit dem Kleinerwerden der Chlorophyllkörner beginnt. Wie nach den Ausführungen von Busch⁴⁾ zu erwarten ist, geht dieses Verschwinden des Chlorophylls sehr langsam vorstatten, da wir es hier mit Pflanzen zu tun haben, die einer sehr geringen Lichtintensität angepaßt sind.

Ob alle Laubmoose sich so verhalten, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, da viele Moose im Finstern nicht weiter wachsen und eben deshalb auf ihre Fähigkeit, im Finstern Chlorophyll zu bilden, nicht geprüft werden können. Némec⁵⁾ fand dies bei *Hypnum cupressiforme* L. (nach demselben Autor wächst da-

¹⁾ Klebs, Über den Einfluß des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. Biologisches Centralblatt, XIII. Bd., 15. Nov. 1893.

²⁾ de Forest Heald, A study of regeneration as exhibited by mosses, Bot. Gaz. XXVI, 1908. Referat in Justs Botanischem Jahresbericht 1898, pag. 737.

³⁾ Schimper l. c.

⁴⁾ Busch, Untersuchungen über die Frage, ob das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen oder einzelner Pflanzenorgane gehört. Berichte der Deutsch. Bot. Gesellschaft, 1889, pag. (25)–(30).

⁵⁾ Némec, Die Induktion der Dorsiventralität bei einigen Moosen. Bulletin international de l'Académie des Sciences de Bohême, 1904.

gegen *Hypnum crista castrensis* sehr gut im Dunkeln) und ich machte diese Erfahrung mit *Sphagnum cymbifolium* L. und *Fontinalis antipyretica* L.

III. Filices.

Über die Möglichkeit, Farnsporen bei Lichtabschluß zum Keimen zu bringen, liegen in der Literatur¹⁾ eine Menge vielfach widersprechender Angaben vor, die diese Frage vorwiegend in negativem Sinne beantworten. In neuester Zeit wurde auch Göpperts immer wieder angeführte Behauptung, innerhalb sechs Tagen grüne Prothallien aus Sporen von *Osmunda regalis* und *Osmunda gracilis* im Dunkeln erhalten zu haben, durch Burgerstein²⁾ widerlegt. Forest Healds auf Grund einer einzigen Beobachtung aufgestellte, ganz allgemein gehaltene Behauptung, daß Farnsporen im Dunkeln bei erhöhter Temperatur keimen, wurde durch Schulz³⁾ auf den einzigen Fall *Ceratopteris thalictroides* beschränkt, wiewohl letztere Art, als im Wasser lebend, von den anderen Farnen sowohl anatomisch als auch physiologisch abweicht und sich hiebei mehr den Rhizokarpeen nähert, bei deren Sporen, wie Woronow⁴⁾ nachwies, auch im Dunkeln die Keimfähigkeit erhalten bleibt.

Farn-Prothallien erleiden bei schwacher Belichtung mannigfache Veränderungen. Die Flächenform tritt zugunsten des Längenzwachstums zurück⁵⁾, in einzelnen Fällen bilden sich Adventivprothallien⁶⁾, aber bei ganzlichem Lichtabschluß erfolgt nach Burgerstein⁷⁾ keine Weiterentwicklung. Bezüglich der Chlorophyllbildung ist demnach keine Entscheidung zu treffen.

Erfolg versprochen dagegen Versuche mit der ungeschlechtlichen Generation der Filices, den „Farnkräutern“ im gewöhnlichen Sinne, welche in ihren Rhizomen so viel Reservestoffe gespeichert haben, daß ohne CO₂-Assimilation, also bei Lichtabschluß, ein Austreiben des Wedel möglich ist. Die Versuche wurden im Gewächshause des pflanzenphysiologischen Instituts der hiesigen deutschen Universität ausgeführt. Die Pflanzen wurden mit Zinnstürzen bedeckt, die mit ihrem unteren Rande in eine mehrere Zentimeter hohe Sandschicht tauchten, um auch von hier jede Spur von Licht abzuhalten. Es kamen auch große, umgestürzte Blumentöpfe in Verwendung, deren Ausflußöffnung auf das sorgfältigste bedeckt war.

1) Siehe bei Schulz, l. c.

2) Burgerstein, Keimen Farnsporen bei Lichtabschluß? Wiener Illustrierte Gartenzeitung, H. 3, 2. S. Referat in Justs Bot. Jahresbericht 1900, II, 286.

3) Schulz l. c.

4) Siehe bei Schulz, l. c.

5) Prantl, Über den Einfluß des Lichtes auf die Bilateralität der Farnprothallien. Bot. Zeitung 1879, pag. 701.

6) Heim, Untersuchungen über Farnprothallien. Flora 1896, pag. 320.

7) Burgerstein, l. c.

Um den vollständigen Lichtabschluß zu kontrollieren, wurde in der Dunkelkammer eine photographische Platte unter einen Sturz gebracht und dieser dann mehrere Tage dem Sonnenlicht exponiert. Vor dem Entwickeln der Platte wurde die eine Hälfte derselben drei Sekunden lang durch ein brennendes Zündhölzchen belichtet. Nur diese so behandelte Partie zeigte sich nach dem Entwickeln geschwärzt, während die andere auch nicht eine Spur einer Lichteinwirkung zeigte.

Nach Schimper¹⁾ findet bei den Filices im Finstern Chlorophyllbildung statt.

Und in der Tat fand sich bei den zahlreichen von mir untersuchten Farnspezies²⁾ auch nicht eine, welche bei Lichtabschluß vollkommen etioliert wäre, d. h. kein Chlorophyll gebildet hätte. Versteht man aber unter Etiolement alle die eigentümlichen Veränderungen im äußeren Habitus und anatomischen Bau, die bekannterweise bei den Samenpflanzen beim Wachstum im Dunkeln vor sich gehen, so ist diese Bezeichnung auch bei den Farnen mit großem Recht anzuwenden, denn die beiden Hauptmerkmale der Dunkelpflanze, überverlängerte Stiele und verkümmerte Lamina, charakterisieren auch die im Dunkeln gezogene Farnpflanze. Eigentümlich aber ist eine übermäßige Verdickung des Stieles, die sehr häufig neben dessen Verlängerung auftritt.

Trotzdem nun aber ausnahmslos jede der untersuchten Farnspezies im Finstern ergrünte, so war doch bezüglich des Chlorophyllgehaltes in den einzelnen Spezies ein gradueller Unterschied konstatierbar. Um eine Übersicht in die Darstellung dieser so variierenden Erscheinung zu bringen, bemühte ich mich, die untersuchten Arten nach ihrem Chlorophyllgehalte in drei Gruppen einzureihen, die natürlich nicht streng voneinander geschieden sind.

In die erste Gruppe möchte ich alle diejenigen stellen, bei denen der ganze Wedel, das ist Stiel und Lamina, gleich intensiv grün waren; und, abgesehen von der Form äußern, dem Kontroll-exemplar bezüglich des Chlorophyllgehaltes nicht nachstanden.

Anders verhielt sich eine zweite Gruppe von Farnen, bei welchen der Stiel, so weit er nicht an die Lamina grenzte, absolut chlorophyllfrei war. Die Lamina war jedoch auch hier mehr minder grün.

Gleichsam ein Mittelglied zwischen diesen beiden Gruppen bildet eine Anzahl von Farnen, deren Stiel im Dunkeln schwach lichtgrün war, jedoch besonders bei den später erscheinenden Wedeln die Tendenz zeigte, farblos zu werden. Diese dritte Gruppe ist die

¹⁾ Schimper, l. c.

²⁾ Die Pflanzen waren bei der Versuchseinstellung meist noch eingezogen, sie trieben erst im Finstern aus. Teils wurden sie im Ruhezustande bezogen, teils im Freien ausgegraben, wo ihre unterirdischen Teile dem Lichte noch nicht exponiert waren. Trug die Versuchspflanze jedoch schon im Lichte gebildete Wedel, so wurden dieselben entfernt.

wenigst scharf abgegrenzte und durch vielfache Übergänge mit den beiden ersten verbunden.

I. Gruppe.

1. *Asplenium Trichomanes* L. Das verdunkelte Exemplar verlor bald die einzelnen Fiederblättchen, ging also scheinbar ein. Als ich nach Monaten die während der ganzen Zeit dem Lichte entzogene Pflanze aus der Erde nahm, zeigten sich am Wurzelstock unterirdische, winzige, sattgrüne Wedel, die dann bei weiterem Verdunkeln der Pflanze an die Oberfläche kamen.
2. *Asplenium septentrionale* Hoffmann zeigte dasselbe Verhalten. Die alten Blätter starben ab und nach monatelanger Versuchszeit trieben erst neue sattgrüne Wedel mit verkümmelter Lamina aus.
3. *Scolopendrium vulgare* Smith. Bei dieser Spezies war die Lamina verhältnismäßig am stärksten ausgebildet, sie erreichte fast die halbe Breite von der der normalen Pflanze. Durch die übermäßige Streckung des Mittelstranges wurde jedoch die mit diesem ihrer ganzen Länge nach verbundene Lamina zerrissen, meist nur auf einer Seite, wo sie dann stellenweise auf großen Strecken fehlte.
4. *Alsophila australis*. Die noch eingerollten jungen Wedel harren über der Erdoberfläche ihrer weiteren Entwicklung. Sie sind schon unter der ungemein dichten Schuppenhülle intensiv grün und blieben es auch nach ihrer Entfaltung im Dunkeln.
5. *Aspidium Lonchitis* Swartz. Ebenso.

II. Gruppe.

1. *Aspidium spinulosum* Swartz. Der Stiel war farblos glasig, die Blättchen lichtgrün. Die Wedel starben, wenn sie fingerlang wurden, ab, ohne die Lamina auszubreiten.
Ein viel länger andauerndes Wachstum im Dunkeln bei sonst gleichem Verhalten wie letztere Spezies zeigten:
2. *Aspidium Filix mas* Swartz.
3. *Onoclea sensibilis*.
4. *Cystopteris asplenioides*.
5. *Struthiopteris germanica* Willd.
6. *Aspidium violascens*. Bei ganzlichem Chlorophyllmangel im Stiel trat in letzterem intensive Rotfärbung, durch Antokyanbildung verursacht, ein.
7. *Osmunda regalis* L. Die weißen Blattstiele waren sehr verdickt, die eingerollten Wedel und die Sporophylle¹⁾ freudig grün.
8. *Pteris aquilina* L. Diese Spezies zeigte am deutlichsten und schönsten die verminderte Chlorophyllbildung bei Lichtabschluß. Die schon im Herbst vorgebildeten, oft einige Dezimeter unter der Erde befindlichen Wedel ließen keine Spur von Chlorophyll erkennen.

¹⁾ Über die Bildung der Sporophylle siehe weiter unten.

Trieben sie im Dunkeln aus, so waren sie schneeweiß, ganz von langen Seidenhaaren eingehüllt, und erst spät, oft nach Wochen, Monaten, wenn der Blattstiel sich auch zwischen den Fiederchen streckte, wurde die lichtgrüne Farbe der letzteren sichtbar. Bei dieser Spezies erfolgte die Chlorophyllbildung wahrscheinlich erst nach dem Austreiben. Der Stiel blieb aber weiß, während die im Lichte gezogenen Exemplare einen intensiv grün gefärbten Stiel besaßen.

III. Gruppe.

Nach diesen beiden extremen Fällen bleiben als in diese Gruppe gehörig noch zu nennen übrig:

Polypodium vulgare L.,
Ceterach officinarum Willd.,
Aspidium Thelypteris Swartz,
Aspidium Sieboldii,
Blechnum Spicant Withering,
Asplenium Adiantum nigrum L.,
Pteris Cretica.

Außer den Blattfiederchen ergrünte auch bei den der II. Gruppe eingereichten Farnen stets jener Teil des Stieles, der sich zwischen den Fiederchen befindet, also die Blattspindel. War auch der andere Teil des Stieles farblos, die der Lamina angehörige Region ergrünte stets.

Auf eine merkwürdige Erscheinung sei noch besonders hingewiesen, auf die Bildung von vier mächtigen Sporophyllen (neben den sterilen Wedeln) eines Exemplars von *Osmunda regalis*, das zu Beginn der Verdunkelung noch ganz eingezogen war. Der Stiel der Sporophylle glich ganz dem der Wedel, er war stark verdickt, weiß, in seinem obersten Teile schwach grün. Die Sporangien selbst aber waren womöglich noch intensiver grün als die der Lichtpflanze, da ihre Membranen nicht wie bei den letzteren gebräunt, sondern ganz durchsichtig waren und die grünen Sporen durchleuchten ließen. Im äußeren Habitus waren die Sporangienstände viel ansehnlicher und breiter als die im Lichte gezogenen wegen der sowohl im Längen- als auch im Dickenwachstum geförderten Stiele und Stielchen.

Die im Dunkeln gebildeten Sporen waren von den Lichtsporen nicht zu unterscheiden, sie enthielten ebensoviel Chlorophyll wie diese und keimten gut am Lichte.

Es ist dies der einzige beobachtete Fall von Sporangienbildung im Dunkeln. Bei den nicht heterophyllen Farnkräutern ist sie im Vorhinein nicht zu erwarten, da sich die Wedel in den seltensten Fällen überhaupt aufrollen und daher auch keine Sporangien tragen.

Wie die Wand des Sporangiums, so entbehrten bei Lichtabschluß auch die Blattschuppen der sonst normalen Einlagerung braunen Farbstoffes; sie waren daher ganz durchsichtig, turgescens und erschienen gegenüber den belichteten viel größer.

IV. Hydropterides.

Die Rhizokarpeen verhielten sich nicht ganz übereinstimmend mit den Filices.

Im Dunkeln gebildete Blätter von *Marsilia quadrifolia* L. hatten einen ganz chlorophyllfreien Stiel, die zusammengeschlagenen Blättchen waren kräftig grün. Dagegen scheint *Pilularia globulifera* L. sehr wenig, bei langandauerndem Lichtabschluß vielleicht gar kein Chlorophyll zu bilden. Die linealen Blättchen waren nur an der äußersten Spitze grün, die letzterschiedenen aber ganz weiß. *Salvinia natans* Allioni und *Azolla caroliniana* Willd. gingen bald nach dem Verdunkeln ein.

Erwähnt wurde bereits, daß Woronow bei den Rhizokarpeen Sporenauskeimung im Finstern beobachtete.

V. Equisetaceen.

Nach den Angaben von Stahl¹⁾, Sadebeck²⁾ und Forest Heald³⁾ findet bei den Equisetaceen Sporenauskeimung im Dunkeln statt und auch N. Schulz⁴⁾, der das Gegenteil zu beweisen sucht, beobachtete an den Sporen von *Equisetum silvestre* Zellteilung im Dunkeln. Die Entwicklung bleibt auf den allerersten Stufen stehen, geht aber dann, wenn die Kultur ans Licht gebracht wird, weiter vor sich.

Nach Schimper⁵⁾ bleibt im Finstern die Chlorophyllbildung bei *Equisetum silvestre* aus. Eigene Versuche mit *Equisetum repens*, *E. limosum* L. und *E. arvense* L. stimmten mit Schimpers Beobachtung überein; die im Dunkeln neuentstandenen Sprosse bildeten kein Chlorophyll und gingen nach Entwicklung einiger Internodien zugrunde.

VI. Lycopodiaceen.

In ebenso hohem Maße scheint bei den Lycopodiaceen die Chlorophyllbildung vom Lichte abhängig zu sein. In der freien Natur keimen die Sporen unterirdisch, also bei Lichtabschluß, und die Prothallien, die erklärlicherweise nur selten gefunden werden, sind absolut chlorophyllfrei.

Es gelang mir, Sprosse von *Lycopodium clavatum* L. im Dunkeln weiter zu kultivieren. Die bei Lichtabschluß neugebildeten Seiten- und Endsprosse waren gelbweiß, ohne eine Spur von Chlorophyll zu zeigen.

¹⁾ Stahl, Einfluß der Beleuchtungsverhältnisse auf die Teilung der Equisetensporen. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 1882, pag. 336.

²⁾ Sadebeck, Über die Entwicklungsgeschichte der Prothallien und die Embryologie der Schachtelhalme. Bot. Zeit. 1877.

³⁾ Forest Heald, zitiert nach Schulz, l. c. pag. 81.

⁴⁾ Schulz, l. c. pag. 81—97.

⁵⁾ Schimper, l. c.

Diese Erscheinung deckt sich mit der Mitteilung von Macfarlane¹⁾, der bei *Lycopodium alopecuroides* Zweige beobachtete, die durch positiv geotropisches Wachstum in den Erdboden gelangen, hier farblos werden und veränderte Blätter tragen. Im Frühjahr wachsen sie wieder zur Oberfläche und entwickeln sich normal weiter.

VII. Selaginellaceen.

Schimper²⁾ wollte es nicht gelingen, Selaginellen im Dunkeln fortzubringen. Mit *Selaginella apoda* hatte ich gleiches Mißgeschick. Die zarte Pflanze verfügt augenscheinlich über zu wenig Reservestoffe, die ihr ein Weiterwachsen im Dunkeln ermöglichen würden. Als ein günstiges Versuchsobjekt erwies sich mir jedoch *Selaginella Willdenowii*. Ich verdunkelte teils die ganze Pflanze, teils nur einzelne, gerade austreibende Blattsprosse, um diesen durch die anderen assimilierenden Sprosse eine bessere Ernährung zu gestatten.

In beiden Fällen trat nach dreimonatlicher Verdunkelung dieselbe Erscheinung ein wie bei den Filices, der überverlängerte und verdickte Stiel war chlorophyllfrei, die winzigen, an der Vegetationspitze zusammengedrängten Blättchen aber waren deutlich grün.

Zusammenfassung.

Die Ergebnisse meiner Arbeit lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Die Kryptogamen verhalten sich bezüglich der Chlorophyllbildung im Finstern verschieden.

2. Die Algen zeigen nach Artari im Finstern bei Darbietung günstiger organischer Nahrung Chlorophyllbildung. Letztere bleibt bei manchen Arten aus, wenn man den Stickstoff in nicht passenden Verbindungen oder Kohlehydrate in zu starker Konzentration bietet.

3. Der Thallus der Lebermoose wächst im Finstern gewöhnlich nicht weiter; falls er es tut, wie z. B. bei *Fegatella conica* L., bildet er Chlorophyll.

4. Auch die im Finstern kultivierten Laubmoose zeigen Chlorophyllbildung in allen ihren Teilen, jedoch stärker in den Stämmchen, weniger oder fast gar nicht in den sehr reduzierten Blättchen. Ebenso verhalten sich die aus losgelösten Blättern im Dunkeln entstandenen Protonemen mit ihren Sprossen.

5. Verdunkelte Rhizome verschiedener Farne bildeten Wedel, deren sehr verkümmerte Lamina durchwegs lebhaft grün gefärbt

¹⁾ J. M. Macfarlane, Perennation in the stem of *Lycopodium alopecuroides* Bot. Gaz. XXIX. Referat in Justs Bot. Jahresbericht 1900, II, pag. 336.

²⁾ Schimper, l. c.

war, während die überverlängerten und meist auch stark verdickten Stiele im Gegensatz zu den im Licht gezogenen Kontrollexemplaren wenig oder bei vielen Arten gar kein Chlorophyll aufwiesen.

Osmunda regalis L. bildete große Sporophylle mit grünen, keimungsfähigen Sporen.

6. Equiseten ergrünen, wie Schimper schon angibt, im Dunkeln nicht.

7. *Lycopodium clavatum* bildete im Dunkeln neue Sprosse, in denen kein Chlorophyll nachzuweisen war.

8. Viele Selaginellen wachsen im Dunkeln nicht weiter, einzelne jedoch, welche über mehr Reservestoffe verfügen, bilden neue Blattsprosse mit langem, chlorophyllfreiem Stengel und verkümmerten, grünen Blattflächen.

Von Interesse ist, daß mit höherer Organisationsstufe die Fähigkeit, Chlorophyll im Finstern zu bilden, vielfach verloren geht. So bei den Equiseten und den Lycopodiaceen. Doch ist diese Erscheinung keine durchgreifende, denn *Selaginella*, die wohl als eine von den höchst entwickelten Kryptogamen bezeichnet werden darf, vermag noch im Finstern Chlorophyll zu bilden, eine Fähigkeit, die auch den meisten Gymnospermen zukommt.

Zum Schluß sei mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Hans Molisch, für die vielfachen Anregungen und Ratschläge, die er mir bei der Ausführung vorliegender Arbeit gütigst zuteil werden ließ, meinen innigsten Dank auszusprechen.

Zur Embryogenie der Gattung *Gnaphalium*.

Vorläufige Mitteilung von Dr. Jos. Schiller (Wien).

Seit beinahe zwei Jahren bin ich mit embryologischen Untersuchungen mehrerer Spezies der Gattung *Gnaphalium* im Botanischen Institute der Universität in Wien beschäftigt. Infolge bedeutender technischer Schwierigkeiten konnte ich bis heute zu einer abschließenden Publikation meiner Resultate noch nicht gelangen. Doch kann ich bereits als sicher hinstellen, daß bei Arten der Gattung *Gnaphalium* doppelte Befruchtung vorhanden ist. Ich behalte mir weitere Untersuchungen dieser Gattung vor und hoffe, bis Weihnachten dieselben zu Ende führen zu können.

Wien, 12. Juli 1905.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [055](#)

Autor(en)/Author(s): Bittner Karolina

Artikel/Article: [Über Chlorophyllbildung im Finstern bei Kryptogamen. 302-312](#)