

## Sitzung vom 25. April 1902.

Vorsitzender: Herr A. ENGLER.

Als ordentliches Mitglied ist vorgeschlagen Herr  
**von Fedtschenko, Boris**, Conservator am kaiserlichen botanischen Garten  
 in **St. Petersburg** (durch P. MAGNUS und J. URBAN).

Zu ordentlichen Mitgliedern sind proclamirt die Herren:

**Fürnrohr, Dr. Heinrich**, in **Regensburg**,  
**Malkoff, Konstantin**, z. Z. in **Göttingen**.

## Mittheilungen.

### 22. **Alexander Artari: Ueber die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen.**

Eingegangen am 17. April 1902.

In einer ganzen Reihe von Arbeiten der letzten Zeit<sup>1)</sup> ist eine wichtige Thatsache constatirt worden, nämlich die Bildung des Chlorophylls von vielen Algen bei vollständigem Fehlen des Lichts. Eine kleine Anzahl von Zellen, welche an's Ende einer Platinnadel gebracht werden, entwickelt sich üppig bei Uebertragung auf die Oberfläche einer Nährgelatine oder in eine Nährflüssigkeit in absoluter Dunkelheit zu einer Menge von Zellen neuer Generationen von normal grüner Farbe. Eine genaue spektroskopische Untersuchung<sup>2)</sup> hat die Identität eines grünen in der Dunkelheit gebildeten Stoffes mit Chlorophyll erwiesen.

1) Litteraturangaben siehe unten.

2) RADAIS l. c.

Trotz zahlreicher Untersuchungen, welche über Chlorophyll angestellt wurden, ist die Kenntniss von den Bedingungen seiner Bildung bis dahin noch lange nicht ergründet worden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die mit Algen angestellten Versuche, die besonders mit reinen Culturen dieser letzteren gemacht werden, die Möglichkeit geben, diese Bedingungen genauer und leichter zu bestimmen und einen sicheren Weg zur allgemeinen Bearbeitung dieser Frage zu finden.

In dem gegenwärtigen Artikel, welcher eine kurze Darlegung der Resultate meiner bis dahin noch nicht völlig beendigten Arbeit enthält, beabsichtige ich, die Frage der Bildung des Chlorophylls durch einige Algen und der Abhängigkeit derselben von verschiedenen in das Entwicklungsmedium eingeführten organischen Stoffen zu berühren und die von mir erhaltenen Resultate mit den Resultaten anderer in dieser Frage unternommenen Untersuchungen zusammenzustellen<sup>1)</sup>.

Vor allem über die Versuche mit *Stichococcus bacillaris*. Die Versuche mit dieser Alge wurden von mir schon im Sommer 1900 angefangen. Die ersten Resultate habe ich Anfangs 1901 veröffentlicht und einige der vorliegenden Versuche schon angedeutet. Für weitere Versuche wurde zuerst die Frage gestellt, wie sehr die Chlorophyllbildung im Dunkeln von verschiedenen Stickstoffverbindungen abhängig ist. Für diese Versuchsreihe habe ich die Grundleistung von der folgenden Zusammensetzung genommen:

|   |        |
|---|--------|
| Traubenzucker . . . . .                   | 1 pCt. |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . . . . . | 0,3 „  |
| MgSO <sub>4</sub> . . . . .               | 0,1 „  |
| CaCl <sub>2</sub> . . . . .               | 0,1 „  |
| Fe <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> . . . . . | 3 „    |

Zu dieser Grundleistung wurden die zu prüfenden Stickstoffverbindungen gegeben, und zwar je:

Pepton  
Asparagin  
Leucin  
Weinsaures Ammonium  
Ammoniumsulfat  
Ammoniumnitrat und  
Kalialpeter.

Die Stickstoffverbindungen wurden in der Quantität 5 pro Mille gegeben.

1) Der Inhalt dieser Arbeit wurde mit Demonstrationen in der botanischen Abtheilung der Kaiserl. Gesellschaft von Freunden der Naturkunde in Moskau im Mai 1901 mitgetheilt.

Nach einer etwa einmonatlichen Versuchsdauer wurden folgende Resultate erzielt. Bei der Gegenwart von Pepton, Asparagin und weinsaurem Ammonium entwickelt sich die Alge sehr gut. Die Algenmasse erscheint von lebhaft grüner bis zu dunkelgrüner Farbe. Die einzelnen Zellen werden von hellgrüner bis zu lebhaft grüner Farbe. Was die Chromatophoren anbetrifft, so bleiben dieselben meistens nicht normal, wie es schon von BEIJERINCK (III) und später von MATRUHOT und MOLLIARD<sup>1)</sup> bemerkt wurde; entweder zerfallen sie in einzelne Körner oder werden schwach vom Protoplasma abgegrenzt und sind oft gar nicht wahrnehmbar. Diese Veränderungen werden besonders in Dunkelculturen beobachtet.

Die Versuchsergebnisse bei Gegenwart von Leucin und besonders von Kalisalpeter unterscheiden sich bedeutend von den oben angeführten. Bei diesen Stickstoffquellen erscheinen die Algenmassen blassgrün, manchmal ganz farblos. Die einzelnen Zellen sind entweder ganz farblos oder haben eine kaum wahrnehmbare grüne Schattirung. Die Chromatophoren bei diesen Bedingungen sind kaum oder schwach bemerkbar.

Die Culturen mit farblosen oder fast farblosen Zellen werden wiederum grün, wenn wir dieselben in die Sonne stellen oder in ein frisches Nährsubstrat übertragen und im Lichte cultiviren werden. Die Chromatophoren sehen in diesen grünen Zellen normal aus. Die Frage darüber, ob diese Chromatophoren auf's Neue entstehen, mit anderen Worten, ob ihre Neubildung stattfindet, bleibt noch offen, denn genauere Untersuchung in dieser Richtung habe ich noch nicht vorgenommen.

Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass, wenn wir mittelst einer Pipette einen Tropfen mit einigen farblosen oder fast farblosen Zellen aus Nährlösung mit Kalisalpeter in Nährlösung mit Asparagin oder Ammoniumnitrat oder auf Bierwürzegelatine übertragen und die Culturkölbchen in's Dunkle stellen, sich die Zellen entwickeln, die in der Masse mit blossen Auge oder im Einzelnen unter dem Mikroskope grün erscheinen.

Es folgt daraus, dass das Chlorophyll bei passenden Nährbedingungen, genauer gesagt bei entsprechender Stickstoff- (und Kohlenstoff)quelle, in den Zellen entsteht, die sich aus farblosen Algen im Dunkeln entwickeln.

Jetzt gehe ich zur Frage über die Abhängigkeit der Chlorophyll-

1) Aus den interessanten Versuchen von MATRUHOT und MOLLIARD sieht man auch, dass *Stichococcus bacillaris* bei verschiedenen Bedingungen theils oder ganz sein Chlorophyll verliert. Leider zeigt die Untersuchung dieser Verfasser nicht immer klar und exact den Einfluss jedes von ihnen geprüften Stoffes auf die Chlorophyllbildung, besonders in den Versuchen im Dunkeln. Auf Widersprüche unserer Versuchsergebnisse ist weiter hingewiesen.

bildung von der Kohlenstoffquelle. Die Grundlösung für diese Versuchsreihe war:

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . . . . . | 0,5 pCt. |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . . . . . | 0,2 „    |
| $\text{MgSO}_4$ . . . . .          | 0,1 „    |
| $\text{CaCl}_2$ . . . . .          | 0,1 „    |
| $\text{Fe}_2\text{Cl}_3$ . . . . . | Sp.      |

Zu dieser Grundlösung wurden folgende Kohlenstoffverbindungen gegeben:

|               |            |
|---------------|------------|
| Erythrit      | Lävulose   |
| Mannit        | Rohrzucker |
| Dulcit        | Maltose    |
| Milchzucker   | Inulin.    |
| Traubenzucker |            |

Die Kohlenstoffverbindungen wurden in der Quantität 10 g pro Mille gegeben. Der Traubenzucker wurde in der Quantität von 30, 50, 60 und 100 g pro Mille gegeben. Die Resultate dieser Versuche haben gezeigt, dass bei der Kohlenstoffquelle in Form von Mannit, Milchzucker, Traubenzucker, Lävulose, Rohrzucker<sup>1)</sup>, Maltose und Inulin sich die Alge sehr gut entwickelt; die Algenmassen sind von hellgrüner bis lebhaft grüner Farbe; die einzelnen Zellen werden von blassgrüner bis hellgrüner Farbe beobachtet.

Bei der Kohlenstoffquelle in Form von Erythrit und Dulcit entwickeln sich die Algen schwach, und die Zellen erscheinen blassgrün.

Interessant ist es, dass bei Mannit mit  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  sich die Algen gut entwickeln und hellgrün erscheinen, aber bei Mannit in der Verbindung mit Kalisalpeter blassgrüne und farblose Zellen beobachtet werden und die Algen sich hier schwächer entwickeln.

Jetzt einige Worte über die Lichtculturen bei  $\text{CO}_2$ -Zutritt, die bald parallel den Dunkelculturen, bald ganz unabhängig von denselben angestellt wurden. Alle Lichtculturen bei den oben erwähnten N- und C-Quellen erschienen von lebhaft bis dunkel grüner Farbe.

Nach MATRUCHOT und MOLLIARD<sup>2)</sup> erscheint *Stichococcus bacillaris* bei Lichtkultur bei Gegenwart von 3 pCt. Glykose arm an Chlorophyll

1) Im Gegensatz zu den Angaben von MATRUCHOT und MOLLIARD. (Comptes rendus, T. CXXXIII, No. 25). Die ausführliche Arbeit dieser Verfasser habe ich noch nicht gesehen.

2) Die Alge *Stichococcus bacillaris* wächst relativ schnell, und das üppigste Wachstum findet im Laufe des ersten Monats statt; aber später verzögert sich allmählich das Wachstum, die Zellen werden blass und gehen in Stillstand über oder sterben ab. Vielleicht haben MATRUCHOT und MOLLIARD solche zu lange gestandenen Culturen für unter dem Einflusse der 3procentigen Glykoselösung entfärbte gehalten.

und wird sogar farblos. Eine Reihe von mir angestellter Versuche bei Gegenwart von 1, 3, 5 und sogar 10 pCt. Glykose haben die Angaben dieser Verfasser nicht bestätigt; im Gegentheil wurden Zellen von hellgrüner bis lebhaft grüner Farbe beobachtet; die Algenmassen erschienen meistens lebhaft grün. Die Chromatophoren bei diesen Bedingungen waren deutlich, normal, seltener in Körner zerfallen oder etwas spiral gebogen. Nach MATRUCHOT und MOLLIARD werden die Chromatophoren bei Gegenwart von Pepton spiral und in Maltose körnig. Es zeigt sich aus meinen Beobachtungen, dass bei Gegenwart von Pepton die Chromatophoren in runde Körner zerfielen, aber spiralförmige Chromatophoren nicht selten in Nährlösung, die starke Zuckerconcentration hat, beobachtet werden. Die Veränderung der Form dieses Organs ist nicht nur von der Natur des Stoffes, sondern auch von seiner Concentration in Nährlösung abhängig.

Etwas andere Resultate haben Gonidien aus *Xanthoria parietina* ergeben. Die Versuche mit dieser Peptonalge mit verschiedenen Stickstoffquellen sind mehr oder weniger bemerklich. Doch aus den im Dunkeln angestellten Culturen mit weinsaurem Ammonium und Leucin zeigte es sich, dass die Zellen dabei relativ blasser werden. Bei Kohlenstoffquelle in Form von Mannit (und Pepton) bilden sich auch hellere Culturen. Bis jetzt gelang es mir nicht, ganz oder fast farblose Zellen bei dieser Alge zu bekommen, wie es bei *Stichococcus bacillaris* der Fall ist. Ich bemerke noch, dass vierjährige Culturen (von Zeit zu Zeit fanden Ueberimpfungen statt) sowohl im Lichte, wie im Dunkeln ganz grün blieben; doch bei Dunkelculturen localisirt sich Chlorophyll in einem Theile des Chromatophoren. Die Nährlösungen, die 3 pCt. und 5 pCt. Traubenzucker hatten, veränderten das Resultat nicht.

Die Versuche mit anderen Algen, die ich in den Kreis meiner Untersuchungen eingeschlossen habe, und zwar mit *Pleurococcus vulgaris*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus caudatus* und *Rhaphidium polymorphum*, sind noch bei Weitem nicht abgeschlossen, und werde ich darüber später mittheilen. Jetzt nur einige Notizen.

In Bezug auf *Chlorella vulgaris* erwies es sich, dass bei dieser Alge Chlorophyllbildung (im Dunkeln) auch in hohem Grade von dem Nährsubstrate abhängig ist. In den Nährlösungen, die Pepton oder Asparagin als Stickstoffquelle hatten, waren die Zellen von hell- oder lebhaft grüner Farbe; bei Gegenwart von Kalisalpeter werden die Zellen dagegen blasser. Der von mir neuerdings wiederum isolirte *Scenedesmus caudatus* wächst in starken Concentrationen des Traubenzuckers langsam und entfärbt sich am Lichte schon in 3- bis 5procentiger Zuckerlösung, aber er entwickelt sich in 0,5 pCt. Glykose besser und bleibt grün. Schöne Entwicklung bei Licht geht vor

sich auch ohne Zucker bei Stickstoffquelle in Form von Ammoniumnitrat.

Die oben angeführten Versuche zeigen ganz klar die Abhängigkeit der Chlorophyllbildung von dem Nährsubstrate. Die Chlorophyllquantität (grössere oder geringere Farbenintensität) ist von diesem Factor auch abhängig.

Trotz der geringen Zahl der Algen, die jetzt in Bezug auf ihr Chlorophyllbildungsvermögen etwas bekannt sind, äusserte sich schon die Differenz verschiedener Algen in dieser Beziehung. So erscheint *Stichococcus bacillaris* im Dunkeln bei N-Quelle in Form von Pepton. Asparagin und Ammoniumnitrat grün und in Kalisalpete blass oder farblos. Die Lichtculturen sind unter sehr verschiedenen Nährbedingungen, sogar in 3,5- und 10procentiger Zuckerlösung grün. *Chlorococcum infusionum* (aus *Xanthoria parietina*) ist bei sehr verschiedenen Nährbedingungen wie am Lichte so im Dunkeln grün<sup>1)</sup>. Nach BEIJERINCK entfärbt sich *Scenedesmus acutus* am Lichte in Gegenwart von Maltose (12 pCt.). Ebenso verliert *Scenedesmus caudatus* seine Farbe in 3 bis 5 pCt. Glykoselösung. Nach KRÜGER entfärbten sich *Chlorothecium* und *Chlorella protothecoides* am Lichte in Cultur von einigen Nährlösungen und auf Bierwürzegeelatine.

Die Thatsache des Chlorophyllverschwindens am Lichte bei reicher organischer Ernährung und im Dunkeln bei schlechteren Nährbedingungen (Kalisalpete) weist, zum mindesten in Bezug auf einige grüne Algen, auf den Unterschied in den Nährlösungen der Chlorophyllbildung bei Licht und im Dunkeln hin. Jedenfalls spielen die Nährbedingungen für diesen Process eine hervorragende Rolle. Das lässt sich nicht nur aus der Zusammenstellung der oben angeführten Versuchsergebnisse schliessen, sondern auch aus der Thatsache des Chlorophyllverlustes von vielen algenähnlichen Pilzen und chlorophyllosen Blütenpflanzen. Dieser Verlust entstand augenscheinlich unter dem Einflusse der veränderten Nähr- und nicht der Lichtbedingungen.

Die Versuche in Betreff der Frage über den Einfluss der Temperatur auf die Chlorophyllbildung bei den Algen habe ich nur angefangen, und soviel die ersten Resultate sich beurtheilen lassen, findet sich hier Abweichung von den Thatsachen, welche bei Untersuchung der höheren Pflanzen erzielt wurden.

Ich erwähne schliesslich noch, dass die Frage über den Einfluss verschiedener Stoffe auf die Chlorophyllbildung auch betreffs höherer

1) Die Gonidien von *Xanthoria parietina*, die gewöhnlich unter dem Namen *Chlorococcum* (*Cystococcus*) *humicola* angeführt werden, bilden nach meiner Auffassung mit *Chlorococcum infusionum* eine und dieselbe Art. In meinen Mittheilungen habe ich den letzten Namen vorgezogen.

Pflanzen berührt wurde. So äusserte sich nach PALLADIN's Untersuchungen über Ergrünen etiolirter Pflanzen die Bedeutung verschiedener Verbindungen für das Ergrünen etiolirter Blätter. Aber die Resultate von PALLADIN weichen in wesentlichen Punkten von den meinigen ab. Nach diesem Verfasser soll das Asparagin die Chlorophyllbildung hemmen. Aus den oben erwähnten Versuchen ist es dagegen klar zu ersehen, dass das Asparagin zu denjenigen Stoffen gehört, welche die Chlorophyllbildung am meisten begünstigen. Dieselbe Controverse ergiebt sich für Inulin und Mannit. Diese widersprechenden Resultate erklären sich zum Theil durch die verschiedenen Objecte, die wir gewählt haben.

Jedenfalls ist es jetzt augenscheinlich, dass der Einfluss verschiedener Bedingungen auf die Chlorophyllbildung nicht so allgemein wie es angenommen wurde und für verschiedene Pflanzen verschieden ist. Weiteren Untersuchungen kommt es zu, diese höchst wichtige und interessante Frage näher und tiefer kennen zu lernen.

Moskau, Botan. Laboratorium der Kais. Techn. Hochschule.

### Litteratur.

- A. ARTARI, I. Zur Frage über Ernährung der Flechtengonidien mit organischen Verbindungen. Sitzungsber. der Kais. Naturforscher-Ges. in Moskau vom 15./27. October 1898 (russisch).
- II. Ueber die Entwicklung der grünen Algen unter Ausschluss der Bedingungen der Kohlensäure-Assimilation. Bull. des Natur. de Moscou, 1899, No. 1.
- III. Zur Ernährungsphysiologie der grünen Algen. Ber. der Deutschen Bot. Ges., 1901, Bd. XIX, Heft 1.
- BEIJERINCK, I. Culturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. Bot. Zeit. 1890.
- II. Bericht über meine Culturen niederer Algen auf Nährgelatine. Centralbl. für Bact., XIII. Bd., 1893.
- III. Notiz über *Pleurococcus vulgaris*. Centralbl. für Bact., II. Abth., IV. Bd., 1898.
- ETARD, A. et BOUILLAC, Sur la présence de la chlorophylle dans un *Nostoc* cultivé à l'abri de la lumière. Comptes rendus de l'Ac. des sciences, T. CXXIV, No. 2, 1898.
- W. KRÜGER, Beitrag zur Kenntniss der Organismen des Saftflusses (sog. Schleimflusses) der Laubbäume. II. Ueber zwei aus Saftflüssen rein gezüchtete Algen. Beitr. zur Phys. und Morph. niederer Organismen, herausgegeben von W. ZOPF, IV. Heft, 1894.
- MATRUHOT et MOLLIARD, Variations de structure d'une algue verte *Stichococcus bacillaris* Naeg. sous l'influence du milieu. Comptes rendus, T. CXXXI, No. 26, 1900.
- PALLADIN, Recherches sur la formation de la chlorophylle dans les plantes. Revue générale de Botanique, T. IX, 1897.
- RADAIS, Sur la culture pure d'une algue verte; formation de chlorophylle à l'obscurité. Comptes rendus, T. CXXX, No. 12, 1900.

## Berichtigungen.

- Seite 1, Zeile 2 von oben lies: „Vorsitzender: Herr A. ENGLER“ statt „Herr L. KNY“.
- „ 2, „ 18 und 19 von oben soll lauten: „. . . da die Entwicklung dieser ähnlich der bei den anderen beobachteten Coniferennadeln verläuft.“
- „ 5, „ 6 von oben streiche „auch“.
- „ 5, „ 16 von oben setze „Fig. 11, g“ statt „Fig. 9, g“.
- „ 6, „ 13 von oben setze „dabei“ für „durch dasselbe“.
- „ 7, „ 9 von oben streiche „jedenfalls“.
- „ 7, „ 15 von unten setze „Fig. 7—8. *Abies*“ statt „Fig. 7—9, *Abies*“.
- „ 36, „ 12 von oben lies: „welcher leichter löslich ist“, statt „welche schwer löslich ist“.
- „ 176 wünscht der Verfasser durch die folgende Berichtigung zu ergänzen:  
 „In meiner Arbeit über die Luftwurzeln von *Avicennia* (S. 176) ist meine Darstellung des Streites über den Organcharakter dieser Gebilde leicht etwas missverständlich. WESTERMAIER will sie nämlich nicht selbst als Stammorgane aufgefasst wissen, er betont nur im Gegensatz zu den früheren Autoren diejenigen Eigenthümlichkeiten, welche sie mit Stammgebilden gemeinsam haben, bezeichnet sie selbst aber als Organe sui generis“.
- „ 202, Zeile 12 von unten setze „ $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  . . . Spur“ statt „ $\text{Fe}_2\text{Cl}_3$ “ . . . 3“.
- „ 202, „ 15 von unten setze „0,2 pCt.“ statt „0,3 pCt.“
- „ 204, „ 7 von oben setze „ $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$ “ statt „ $\text{Fe}_2\text{Cl}_3$ “.
- „ 205, „ 18 von oben setze „beschwerlich“ statt „bemerklich“.
- „ 293, „ 20 von unten setze „Wirthszelle“ statt „Wirthspflanze“.
- „ 323, „ 7 bis 9 von oben ist zu setzen: „. . . dass die concave Krümmung der Sprosse aufgehoben wird und der Spross gerade und schief nach oben gerichtet erscheint.“
- „ 328, Anm. 2, setze hinter „Gesellsch.“ die Jahreszahl „1888“, in Anm. 4 hinter „1892“ die Seitenzahl „442“; statt „ZIEGENHEIN“ setze „ZIEGENBEIN“.
- „ 330, Zeile 2 von unten setze „untersuchenden Lösungen“ statt „untersuchenden“.
- „ 331 setze in der ersten Zeile hinter I.: „Die Culturen wurden vor dem Versuch . . .“
- „ 393, Zeile 2 von unten setze „der südasiatischen Zuckerpalme“ statt „der süd-afrikanischen Zuckerpalme“.
- „ 397, „ 3 von oben setze „28“ statt „27“.
- „ 401, „ 2 von oben setze „Wurzeln“ statt „Wurzel“.
- „ 428 setze über die letzte Kolonne der zweiten Tabelle „27—29tägige Keimlinge“ statt „40tägige Keimlinge“.
- „ 430, Zeile 2 von oben setze „Gesamt- und Eiweissphosphorbestimmung“ statt „gesamten Eiweissphosphorbestimmung“.
- „ 430 setze in der vorletzten Kolonne „0,4656“ statt „0,4645“.
- „ 524, Zeile 4 von unten, lies „Saumbreite“ statt „Samenbreite“.

In Band XIX ist auf S. 560 in Anm. 1, Zeile 9 von unten, „20—36  $\mu$ “ statt „20—23  $\mu$ “ zu setzen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Artari Alexander

Artikel/Article: [Ueber die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. 201-207](#)