

XV.

Beiträge zur Kenntniß der Chlorophyllfunktion.

Von

Dr. Atsusuke Nagamatz

aus Tokio.<sup>1)</sup>

Der Zweck meiner hier zu beschreibenden Versuche war, eine Reihe von Fragen experimentell zu entscheiden, die sich auf die Stärkebildung im Chlorophyll unter bestimmten, bisher noch nicht untersuchten Umständen beziehen.

Ich ging dabei von der durch SACUS längst klar gelegten Thatsache aus, daß die Sauerstoffabscheidung bei der Kohlensäurezersetzung in grünen Blättern am Licht das äußere Zeichen dafür ist, daß im Chlorophyll Stärke oder Zucker gebildet wird und daß ebenso die Stärkebildung in einem vorher stärkefreien Blatt den Beweis liefert, daß in diesem Kohlensäure zersetzt und dabei Stärke gebildet worden ist. Dieser Vorgang wird nach SACUS als Assimilation bezeichnet.

Zum Nachweis der stattgehabten Stärkebildung durch Assimilation habe ich stets die von SACUS angewendete »Jodprobe« benutzt; es ist unnöthig, dieselbe hier zu beschreiben, da SACUS sein Verfahren (Arch. des bot. Instituts in Würzburg Bd. III Heft 1) genau mitgetheilt hat.

Da, wie SACUS gefunden, bei einer sehr großen Zahl von Pflanzen unter günstigen Vegetationsbedingungen die am Tage in den Blättern erzeugte Stärke während der folgenden Nacht vollständig aufgelöst wird und in die Stammtheile, Knospen u. s. w. auswandert, so sind die Blätter früh Morgens bei Sonnenaufgang oft ganz frei von Stärke und können in diesem Zustand den von mir gemachten Versuchen über Stärkebildung unterworfen werden.

Die atmosphärische Kohlensäure ist, in einem begrenzten kleinen Raume, wie ihn die Versuche erfordern, in so geringer Menge vorhanden, daß daraus nur äußerst wenig Stärke gebildet werden könnte, was eine sichere Beurtheilung des Resultats sehr erschweren würde. Es mußte also für reichliche Kohlensäurezufuhr gesorgt werden.

<sup>1)</sup> Als Dissertation gedruckt Würzburg 1886.

Bei den drei einzelnen Versuchsreihen wird die Art der Manipulation genauer angegeben, und möchte ich hier die Bemerkung vorausschicken, daß ich jeden einzeln beschriebenen Versuch wenigstens zweimal wiederholt habe.

Auch ist es nicht überflüssig, zu erwähnen, daß die hier beschriebenen Versuche sämtlich an den günstigen Tagen des April, Mai, Juni im Jahre 1886 auf dem Dache des neuen Hörsaales, welcher ganz freie Beleuchtung vom Himmel gestattet, gemacht wurden, nachdem ich ähnliche Versuche in großer Zahl schon 1885 im botanischen Garten selbst angestellt und mir dabei die nöthige Übung erworben hatte.

### I. Können Blätter von Landpflanzen unter Wasser assimiliren?

In der pflanzenphysiologischen Litteratur kehrt immer der Gedanke, zuweilen sogar durch Bilder illustriert (wie in VAN TIEGHEM'S Lehrbuch) wieder, daß die Blätter von Landpflanzen unter Wasser Kohlensäure zersetzen und Sauerstoff abgeben, was erstens nicht zu sehen ist und zweitens an neugebildeter Stärke im Chlorophyll der Blätter zu entscheiden sein müßte. Die von Prof. SACUS hervorgehobene Unwahrscheinlichkeit dieses Vorganges veranlaßte mich zu folgenden Versuchen.

Es lag nahe, je zwei Blätter vergleichend zu beobachten, von denen eines unter Wasser, das andere in Luft, aber beide gleichzeitig und in sonst gleichartiger Weise, einer zur Stärkebildung günstigen Beleuchtung ausgesetzt wurden. Um die Wirkung zu erhöhen, wurde das Wasser, in dem sich das eine Blatt befand, mit Kohlensäure versehen, dem andern in Luft befindlichen Blatt wurde ebenfalls Kohlensäure zugeleitet; in beiden Fällen wurden die höchst einfachen Methoden und Apparate angewendet, welche seit 16 Jahren im Würzburger Laboratorium gebräuchlich und schon vor mir von verschiedenen Schülern dieser Anstalt benutzt worden sind. Daß eine gewisse Höhe des Kohlensäuregehalts des Wassers sowohl wie der Luft nicht überschritten werden darf, geht aus früheren, hier gemachten und ausführlich publizirten Versuchen hervor und ist allgemein bekannt.

Dagegegen muß ich hier auf einen Punkt besonders aufmerksam machen, weil er den Erfolg des Versuchs betreffs der Stärkebildung in Blättern betrifft, die unter kohlensaures Wasser getaucht sind. Es ist bekannt und in den Büchern von SACUS wiederholt hervorgehoben, daß viele Blätter, besonders dann, wenn sie dicht behaart oder mit Wachsausscheidungen bekleidet sind, bei dem Untertauchen in Wasser von einer Luftschicht umgeben bleiben, die sich ohne Verletzung kaum entfernen läßt; viele Blätter dieser Art sind unter Wasser gewissermaßen von einem Sack umgeben, der einen praehtvollen Silberglanz ausstrahlt und eben aus adhärierender Luft besteht. Es ist nun leicht ersichtlich, daß ein solches

Blatt in kohlen-saurem Wasser von einer kohlen-säurereichen Atmosphäre umgeben ist, denn die im Wasser absorbirte Kohlensäure muß in den Luft-sack hinein diffundiren.

Die betreffenden Blätter befinden sich also bei kräftiger Beleuchtung unter sehr günstigen Assimilationsbedingungen, und man darf, wie mir Prof SACS voraussagte, erwarten, daß sie nach genügender Insolation eine beträchtliche Stärkebildung im Chlorophyll zeigen werden. Zahlreiche andere Blätter jedoch benetzen sich bei dem Untertauchen im Wasser sofort, oder es genügt, die anhängenden Luftbläschen mit einer Federfahne abzustreichen, damit volle Benetzung eintritt. Offenbar befinden sich solche Blätter bei der Exposition unter ganz anderen Assimilationsbedingungen, als die erstgenannten. Möglicherweise und sehr wahrscheinlich schließen sich bei ihnen die Spaltöffnungen bei der Benetzung mit Wasser, und dann kann die Kohlensäure, welche im Wasser diffundirt ist, nicht unmittelbar durch die Spaltöffnungen in das Mesophyll gelangen; oder die Spaltöffnungen bleiben trotz der Benetzung offen; in diesem Falle kann dann die Kohlensäure, welche im Wasser absorbirt ist, nur in äußerst geringen Mengen in die bekanntlich sehr engen Poren eindringen, und durch diese in das Mesophyll eintreten. In diesen beiden Fällen aber wird die Stärkebildung im Chlorophyll sehr gering sein und auch die Bildung aufsteigender Sauerstoffblasen muß ganz oder fast ganz aufhören.

Nach den angegebenen Gesichtspunkten werden die Resultate der hier folgenden Versuche leicht erklärlich sein.

Zu den Versuchen benutzte ich die Blätter von *Rumex orientalis*, *Caltha palustris*, *Dipsacus laciniatus*, *Atropa Belladonna*, *Sambucus nigra*, *Menyanthes trifoliata*, *Beta trigyna*, *Mirabilis longiflora*.

Sämmtliche Blätter wurden früh Morgens in stärkefreiem Zustand geerntet und in dunklem Raum bis zur Versuchszeit aufbewahrt. Die Versuche wurden gewöhnlich Nachmittags angestellt.

Ein Glaseylinder von 4600 Cc Inhalt wurde mit Brunnenwasser gefüllt, das zu untersuchende Blatt durch Anhängung eines Gewichts untergetaucht, die Kohlensäure kontinuierlich in das Wasser hineingeleitet, so daß in einer Minute circa 70 Gasblasen (20 Cc) sich entwickelten. Das Gas wurde in bekannter Weise aus Calciumcarbonat in Salzsäure bereitet. Die Temperatur des Wassers höchstens auf 25° C. gehalten.

In einem zweiten Cylinder, welcher circa 3400 Cc Luft enthielt, befand sich ein Blatt, welches als Kontrollblatt benutzt wurde. Der Cylinder wurde oben zugeschlossen; der Luft etwa 6% Kohlensäure zugesetzt. Die Temperatur der kohlen-sauren Luft erhob sich bis auf 28° C. Um die weitere Erwärmung der Luft zu vermeiden, wurde der Cylinder in ein mit Wasser gefülltes Gefäß eingetaucht, dessen Wasser von Zeit zu Zeit regenerirt werden konnte.

Vermittelst eines Thermometers wurde die Temperatur in beiden Cylindern abgelesen.

Die Dauer dieser Versuche war zwei bis drei Stunden.

Sofort nach Beendigung eines Versuches wurden diese Blätter mit der Jodprobe geprüft, gleichzeitig auch ein Blatt von der Pflanze im Garten abgenommen und untersucht.

Es stellt sich nun in sämtlichen Versuchen heraus, daß das in Wasser untergetauchte Blatt keine Stärke bildete, wenn es vollständig benetzt war, obschon eine beträchtliche Menge von Kohlensäure absorbiert war. Bei dem Blatt, welches in kohlensaurer Luft sich befand, war dagegen stets eine reichliche Menge von Stärke nachweisbar.

Dagegen zeigte sich, daß diejenigen Blätter, deren Flächen in's Wasser untergetaucht, mit silberglänzender Luftschicht überzogen waren, viel Stärke bildeten.

### Versuche.

A. Das untergetauchte Blatt in jedem einzelnen Versuch vollständig benetzt, die anhängenden Luftbläschen mit einer Federfahne abgestrichen.

#### Versuch I. *Rumex orientalis*.

Am 18. April. Zwei Blätter wurden früh Morgens abgeschnitten und zur Untersuchung benutzt. Um 1 Uhr Nachmittags hat der Versuch begonnen und bis 4 Uhr gedauert. Während des Versuchs wolkenloser Himmel, die Temperatur der Luft 18° C. Die Temperatur des Wassers und der kohlensauren Luft 18° resp. 24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch II. *Rumex orientalis*.

Am 19. April. Versuchsdauer 1½ bis 4½ Uhr. Der Himmel mit weißen Wolken bedeckt, die Lufttemperatur 20° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 20° resp. 24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch III. *Rumex orientalis*.

Am 20. April. Die Versuchszeit war 1 bis 4 Uhr. Anfang des Versuchs Sonnenschein, am Schluß weiße Wolken, die Temperatur der Luft 19° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 19° resp. 24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in Kohlensäurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

Versuch IV. *Caltha palustris*.

Am 20. April. Die Versuchszeit war von 1 bis 4 Uhr. Wolkenloser Himmel, die Temperatur der Luft  $18^{\circ}$  C. Die Temperatur des Wassers und der Kohlensäuren Luft  $18^{\circ}$  resp.  $24^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in Kohlensäurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

Versuch V. *Caltha palustris*.

Am 19. April. Versuchsdauer  $1\frac{1}{2}$  bis  $4\frac{1}{2}$  Uhr. Der Himmel mit weißen Wolken bedeckt, die Lufttemperatur  $20^{\circ}$  C. Die Temperatur des Wassers und der Kohlensäuren Luft  $20^{\circ}$  resp.  $24^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in Kohlensäurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

Versuch VI. *Caltha palustris*.

Am 20. April. Versuchsdauer 1 bis 4 Uhr. Anfang des Versuchs Sonnenschein, am Schluß weiße Wolken, die Temperatur der Luft  $19^{\circ}$  C. Die Temperatur des Wassers und der Kohlensäuren Luft  $19^{\circ}$  resp.  $24^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in Kohlensäurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

Versuch VII. *Dipsacus laeiniatus*.

Am 22. April. Der Versuch hat von  $1\frac{1}{2}$  bis  $4\frac{1}{2}$  Uhr gedauert. Der Himmel bewölkt, die Temperatur der Luft  $19^{\circ}$  C. Die Temperatur des Wassers war  $19^{\circ}$ — $23^{\circ}$  C. und die der Kohlensäuren Luft  $19^{\circ}$ — $25^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in Kohlensäurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

Versuch VIII. *Dipsacus laeiniatus*.

Am 23. April. Die Versuchszeit dauerte von  $1\frac{1}{2}$  bis  $4\frac{1}{4}$  Uhr. Sonnen-

schein, die Temperatur der Luft 47° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 47° resp. 25° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch IX. *Dipsacus laeiniatus*.

Am 24. April. Versuchsdauer 4½ bis 4 Uhr. Schöner Tag, die Lufttemperatur 21° C. Die Temperatur des Wassers 20°—25° C., die der kohlen-sauren Luft 21°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch X. *Beta trigyna*.

Am 24. April. Versuchsdauer 4½ bis 4 Uhr. Schönes Wetter, die Temperatur der Luft 21° C. Die Temperatur des Wassers 20°—25° C., die der kohlen-sauren Luft 21°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch XI. *Beta trigyna*.

Am 25. April. Versuchszeit von 9 Uhr Vormittags bis 12 Uhr Mittags. Schönes Wetter, die Temperatur der Luft 48°—49° C. Die Temperatur des Wassers 49°—24° C., die der kohlen-sauren Luft 48°—27° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

#### Versuch XII. *Beta trigyna*.

Am 26. April. Der Versuch wurde um 9 Uhr Vormittags angefangen und 4½ Uhr beendet. Die Temperatur des Wassers 49°—24° C., die der kohlen-sauren Luft 48°—26° C.

Die Sonne schien ununterbrochen, die Temperatur der Luft 44° bis 48° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.

2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XIII. *Atropa Belladonna*.

Am 26. April. Versuchsdauer 9 Uhr Vormittags bis 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr. Wolkenloser Himmel, die Temperatur der Luft 14°—18° C. Die Temperatur des Wassers 19°—24° C., die der kohlen-sauren Luft 18°—26° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Reichlich Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XIV. *Atropa Belladonna*.

Am 28. April. Anfang des Versuchs um 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr, Ende um 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr. Das Wetter war schön, die Lufttemperatur 23° C. Das kohlen-saure Wasser hatte die Temperatur von 21°—25° C., während die der kohlen-sauren Luft 23°—28° C. war.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Reichlich Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

Versuch XV. *Atropa Belladonna*.

Am 29. April. Versuchsdauer 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr Vormittags bis 12 Uhr Mittags. Der Himmel bewölkt, am Schluß des Versuchs Gewitter, die Temperatur der Luft 20° C. Die Temperatur des Wassers 19°—27° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Reichlich Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XVI. *Sambucus nigra*.

Am 5. Mai. Ein Zweig wurde zum Versuch benutzt. Anfang des Versuchs um 2 Uhr, Ende um 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr. Das Wetter war klar, die Temperatur der Luft 14° C. Die Temperatur des Wassers 19°—22° C., die der kohlen-sauren Luft 14°—24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

Versuch XVII. *Sambucus nigra*.

Am 6. Mai. Versuchsdauer 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 4 Uhr. Wolkenloser Himmel, die

Temperatur der Luft 16° C. Die Temperatur des Wassers 18°—21° C., die der kohlensauren Luft 16°—24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Reichlich Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch XVIII. *Sambucus nigra*.

Am 8. Mai. Versuchsdauer 4 $\frac{1}{2}$  bis 4 Uhr. Heiterer Himmel, die Temperatur der Luft 20° C. Die Temperatur des Wassers 19°—25° C., die der kohlensauren Luft 19°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Reichlich Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch XIX. *Menyanthes trifoliata*.

Am 18. Mai. Versuchsdauer 2 $\frac{1}{2}$  bis 3 Uhr. Es war schönes Wetter, die Temperatur der Luft 24° C. Die Temperatur des Wassers 23°—25° C., die der kohlensauren Luft 24°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Ziemlich viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

#### Versuch XX. *Menyanthes trifoliata*.

Am 19. Mai. Anfang des Versuchs um 1 $\frac{1}{2}$  Uhr, Ende um 4 Uhr. Heiteres Wetter, die Temperatur der Luft 29° C. Die Temperatur des Wassers 24°—25° C. und die der kohlensauren Luft 24°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

#### Versuch XXI. *Menyanthes trifoliata*.

Am 20. Mai. Versuchsdauer 12 $\frac{1}{2}$  bis 3 Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft 28,5° C. Die Temperatur des Wassers 21°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.



Versuch XXII. *Mirabilis longiflora*.

Am 20. Mai. Versuchsdauer 12 $\frac{1}{2}$  bis 8 Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft 29,5° C. Die Temperatur des Wassers 21°—25° C., die der kohlen-sauren Luft 21°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XXIII. *Mirabilis longiflora*.

Am 21. Mai. Versuchsdauer 12 $\frac{1}{2}$  bis 3 Uhr. Heiterer Himmel, die Temperatur der Luft 30° C. Die Temperatur des Wassers 23°—25° C., die der kohlen-sauren Luft 23°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Reichlich Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XXIV. *Mirabilis longiflora*.

Am 22. Mai. Versuchsdauer 11 Uhr Vormittags bis 1 $\frac{1}{2}$  Uhr Nachmittags. Heiteres Wetter, die Temperatur der Luft 32° C. Die Temperatur des Wassers 22°—25° C., die der kohlen-sauren Luft 23°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Keine Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

**B. Einige Versuche, in welchen das untergetauchte Blatt von einer Luftschicht umgeben war.**

Versuch I. *Trifolium pratense*.

Am 19. April. Die Versuchszeit war 1 $\frac{1}{2}$  bis 4 $\frac{1}{2}$  Uhr. Der Himmel mit weißen Wolken bedeckt, die Temperatur der Luft 20° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 20° resp. 24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Wenig Stärke.

Versuch II. *Trifolium pratense*.

Am 20. April. Versuchsdauer 1 Uhr bis 4 Uhr. Anfang des Versuchs Sonnenschein, am Schluß weiße Wolken, die Temperatur der Luft 19° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 19° C. resp. 24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

#### Versuch III. *Aquilegia glauca*.

Am 20. April. Versuchsdauer 1 Uhr bis 4 Uhr. Anfang des Versuchs Sonnenschein, am Schluß weiße Wolken, die Temperatur der Luft 19° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 19° resp. 24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

#### Versuch IV. *Aquilegia glauca*.

Am 21. April. Versuchsdauer 4½ bis 4½ Uhr. Weiße Wolken, die Temperatur der Luft 18° C. Die Temperatur des Wassers und der kohlen-sauren Luft 19° resp. 24° C.

Bei der Jodprobe.

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

#### Versuch V. *Aquilegia glauca*.

Am 24. April. Versuchsdauer 4½ bis 4 Uhr. Schöner Tag, die Lufttemperatur 21° C. Die Temperatur des Wassers 20°—25° C., die der kohlen-sauren Luft 21°—28° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

#### Versuch VI. *Sanguisorba officinalis*.

Am 22. April. Der Versuch hat von 4½ bis 4½ Uhr gedauert. Der Himmel bewölkt, die Temperatur der Luft 19° C. Die Temperatur des Wassers 19°—23° C., und die der kohlen-sauren Luft 19°—26° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlen-saurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Ziemlich viel Stärke.

#### Versuch VII. *Sanguisorba officinalis*.

Am 23. April. Versuchsdauer 4½ Uhr bis 4½ Uhr. Sonnenschein,

die Temperatur der Luft 47° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 47° resp. 25° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das untergetauchte Blatt: Viel Stärke.
2. Das in kohlensaurer Luft befindliche Blatt: Viel Stärke.
3. Das von der Pflanze genommene Blatt: Viel Stärke.

## II. Hat das durch ein assimilirendes Blatt hindurchgegangene Licht noch die Kraft, in einem zweiten Blatte Assimilation zu bewirken?

SACUS hat in seinen »Vorlesungen« wiederholt die Thatsache betont, daß die chlorophyllführenden Zellenschichten in Blättern (auch wenn diese selbst sehr dick sind, ebenso in dicken Sproßaxen wie *Cereus*, *Opuntia* u. a.) und anderen assimilirenden Organen jederzeit sehr dünn sind, 0,1 bis 0,2 mm dick; woraus er den Schluß zog, daß so dünne chlorophyllhaltige Gewebeschichten hinreichend dick sind, um die Assimilationskraft des auffallenden Sonnenlichtes vollständig zu erschöpfen. An diese Thatsache schließt sich die weitere Erfahrung, daß das durch eine Chlorophylllösung hindurchgegangene Licht (SACUS, Lehrbuch 3. Auflage p. 668) nur in sehr geringem Grade die Fähigkeit besitzt, die Blätter der Wasserpflanzen zur Sauerstoffabscheidung zu veranlassen.

Es ist also auf Grund dieser Erfahrungen anzunehmen, daß das durch lebende assimilirende Blätter hindurchgegangene Sonnenlicht, wenn es auf ein anderes lebendes Blatt, zumal derselben Pflanzenart trifft, nicht mehr im Stande sein wird, Assimilation und Stärkebildung in diesem hervorzurufen, oder mit anderen Worten, daß Blätter, welche von anderen lebenden Blättern beschattet werden, nicht oder nur sehr spärlich Stärke bilden.

Die Versuche zur Entscheidung dieser Frage wurden nun in folgender Weise eingerichtet: von dem zu untersuchenden Blatt wurde früh Morgens die eine Längshälfte mit sorgfältigster Schonung der Mittelnerven abgetrennt und sofort der Jodprobe unterworfen, um die Abwesenheit von Stärke zu konstatiren. Die andere noch mit der Mittelrippe versehene, am Blattstiel sitzende Blatthälfte war das Objekt des Versuchs. An der Sproßaxe der Pflanze wurde nun ein anderes Blatt aufgesucht, welches über dem Versuchsblatt (resp. der Blatthälfte) stand, und dieses wurde mit letzterem so zusammen gekoppelt, daß es einige Centimeter hoch über ihm schwebte, und daß das Versuchsblatt vollkommen durch jenes beschattet wurde, wobei nur wenig Licht von den Seiten her auf die untersuchte Blatthälfte treffen konnte.

Das Gesamtergebnis war nun, daß, wenn der Versuch früh Morgens mit stärkefreien Blättern begann, und mehrere Stunden andauerte, das

obere direkt beleuchtete Blatt reichlich Stärke bildete, während das untere (halbe) Blatt keine Stärke erzeugte.

Da die mikrometrische Messung ergab, daß keines der Blätter im Mesophyll dicker als 0,2 mm war, von welcher Ziffer nun noch die Dicke der beiden Epidermen abzurechnen ist, so ergibt sich, daß eine chlorophyllhaltige Gewebeschicht des Mesophylls von weniger als 0,2 mm Dicke im Stande ist, die Assimilationskraft der Sonnenstrahlen vollständig zu erschöpfen.

#### Versuch I. *Rumex orientalis*.

Am 23. April. Früh Morgens um 6 $\frac{1}{2}$  Uhr sogleich nach einem Regen wurde eine Blatthälfte beschattet. Nach 8 Uhr wurde das Wetter schön, die Temperatur der Luft 10°—17° C. Um 5 Uhr wurden die beschattete Blatthälfte und das überstehende Blatt abgenommen und untersucht.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch II. *Rumex orientalis*.

Am 24. April. Die Beschattung des Blattes früh um 6 $\frac{1}{2}$  Uhr eingerichtet. Schönes Wetter, früh 4°, später 21° C. Um 5 Uhr wurden die Blätter abgeschnitten.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch III. *Althaea rosea*.

Am 28. April. Beschattungsdauer 6 $\frac{1}{4}$  Uhr bis 5 Uhr. Schönes Wetter, die Temperatur der Luft früh 9°, später 23° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch IV. *Althaea rosea*.

Am 10. Mai. Die Beschattung des Blattes früh um 6 Uhr eingerichtet. Gutes Wetter, die Temperatur der Luft früh 8°, später 24°. Um 5 Uhr wurden die Blätter abgenommen.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

#### Versuch V. *Rheum Raponticum*.

Am 12. Mai. Die Beschattung früh um 6 Uhr eingerichtet. Regen, nach 3 Uhr Sonnenschein, die Lufttemperatur früh 12°, später 16° C. Um 5 Uhr wurden die Blätter abgenommen.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Wenig Stärke.

Versuch VI. *Rheum Raponticum*.

Am 18. Mai. Beschattungsdauer  $6\frac{1}{4}$  bis  $5\frac{1}{2}$  Uhr. Wolkenloser Himmel, die Temperatur der Luft  $10^{\circ}$ — $24^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch VII. *Humulus Lupulus*.

Am 19. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Heiterer Himmel, die Temperatur der Luft  $10^{\circ}$ — $29^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch VIII. *Humulus Lupulus*.

Am 20. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Heißer Tag, die Temperatur der Luft früh  $10^{\circ}$ , später  $29,5^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch IX. *Polygonum cuspidatum*.

Am 17. Mai. Früh um  $6\frac{1}{4}$  Uhr wurde das Blatt beschattet. Sonnenschein, die Temperatur der Luft früh  $10^{\circ}$ , später  $24^{\circ}$  C. Um 5 Uhr wurden die Blätter abgenommen.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch X. *Polygonum cuspidatum*.

Am 20. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Heiterer Himmel, die Temperatur der Luft  $10^{\circ}$ — $29,5^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch XI. *Bryonia alba*.

Am 20. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Heiterer Himmel, die Temperatur der Luft  $10^{\circ}$ — $29,5^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch XII. *Bryonia alba*.

Am 21. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr. Wolkenloser Himmel, die Temperatur der Luft 45°—30° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XIII. *Bryonia alba*.

Am 22. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft 45°—32° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Ziemlich viel Stärke.

Versuch XIV. *Menispermum eanadense*.

Am 21. Mai. Beschattungsdauer 4 Uhr bis 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr. Wolkenloser Himmel, die Temperatur der Luft 45°—30° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XV. *Menispermum eanadense*.

Am 22. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft 45°—32° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XVI. *Menispermum eanadense*.

Am 29. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 4 Uhr. Weiße Wolken, zuweilen Sonnenschein, die Temperatur der Luft 42°—23° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Ziemlich viel Stärke.

Versuch XVII. *Vitis Labrusca*.

Am 22. Mai. Früh um 6 Uhr wurde das Blatt beschattet. Ununterbrochener Sonnenschein, die Lufttemperatur früh 45°, später 32° C. Um 5 Uhr wurden die Blätter abgeschnitten.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Wenig Stärke.

Versuch XVIII. *Vitis Labrusca*.

Am 26. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Sonnenschein, zuweilen weiße Wolken, die Temperatur der Luft 10°—23° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Reichlich Stärke.

Versuch XIX. *Vitis Labrusca*.

Am 27. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 4 Uhr. Meistentheils Sonnenschein, die Lufttemperatur 12°—23° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Reichlich Stärke.

Versuch XX. *Sambucus nigra*.

Am 28. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr. Vormittags bewölker Himmel, Nachmittags Sonnenschein, die Temperatur der Luft 12° bis 19° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch XXI. *Sambucus nigra*.

Am 31. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 5 Uhr. Sonnenschein, die Temperatur der Luft 15°—24° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch XXII. *Aristolochia tomentosa*.

Am 27. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 4 Uhr. Meistentheils Sonnenschein, die Lufttemperatur 12°—23° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

Versuch XXIII. *Aristolochia tomentosa*.

Am 29. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 4 Uhr. Weiße Wolken, zuweilen Sonnenschein, die Temperatur der Luft 12°—23° C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Wenig Stärke.

#### Versuch XXIV. *Aristolochia tomentosa*.

Am 31. Mai. Beschattungsdauer 6 Uhr bis 3 Uhr. Sonnenschein, die Temperatur der Luft  $15^{\circ}$ — $24^{\circ}$  C.

Bei der Jodprobe:

1. Das beschattete Blatt: Keine Stärke.
2. Das überstehende Blatt: Viel Stärke.

### III. Einfluß des Welkens auf die Stärkebildung durch Assimilation.

Bei seinen 1883 gemachten und dann in den Arbeiten des bot. Instituts (Bd. III, Heft I) beschriebenen Versuchen machte SACUS gelegentlich und wiederholt die Wahrnehmung, daß welk gewordene Blätter auch bei günstiger Beleuchtung keine oder sehr wenig Stärke erzeugen, womit auch eine neuere Angabe KREUSLER's, der mit elektrischem Lichte arbeitete, übereinstimmt. Ich wurde von Herrn Prof. SACUS veranlaßt, diese Wahrnehmungen etwas eingehender zu prüfen.

Zu diesem Zwecke wurden früh Morgens Blätter paarweise je von derselben Pflanze abgeschnitten, ihre Reinheit von Stärke konstatiert und dann im dunkeln, feuchten Raume aufbewahrt, wobei sie frisch blieben. Wenn dann später bei stärkerer Beleuchtung der Versuch anfangen sollte, so wurde das eine Blatt herausgenommen, den Sonnenstrahlen in trockener Luft auf einige Minuten ausgesetzt und so zum Welken gebracht; sobald dies eintrat, wurde die Luft im Glaseylinder, in welchem das Blatt aufgehängt war, mit Kohlensäure bereichert, jedoch so, daß der Cylinder offen blieb, um die Luft hinreichend trocken zu halten, damit das Blatt welk bleibe.

Das andere Blatt wurde frisch, wie es war, in einen gleichen Glaseylinder gestellt, der unten Wasser enthielt, und damit das Blatt nicht welken könne, wurde dieser Cylinder oben geschlossen. Um auch in diesem Gefäß die Luft kohlenstoffreicher zu machen, wurde vor dem Verschließen des Cylinders eine Portion käuflichen kohlenstoffreichen Wassers gegossen, wie es SACUS auch bei seinen Demonstrationen über Kohlensäurezersetzung durch Wasserpflanzen am Sonnenlicht gelegentlich im Colleg anzuwenden pflegt.

Die beiden mit den Vergleichsblättern besetzten Cylinder (von je  $4\frac{1}{2}$  Liter Inhalt) wurden neben einander in größere gläserne, mit Wasser gefüllte Gefäße gestellt, um eine zu starke Erwärmung durch die Sonnenstrahlen zu vermeiden, da das Wasser des größeren Gefäßes durch Erneuerung die Temperatur in den Versuchsgläsern hinreichend zu regulieren er-



laubte. Die Temperatur der Luft in letzteren stieg gelegentlich bis auf  $28^{\circ}$  C., was nicht zu hoch ist.

Das durch die Jodprobe jedesmal festgestellte Resultat war nun, daß das gewelkte Blatt keine Stärke erzeugte, während diese in dem frischen, turgescennten Blatte reichlich erschien.

Es kommt mir nicht darauf an, zu erklären, warum dies so geschieht; ich wünsche hier vielmehr nur die Thatsache selbst festzustellen.

#### Versuch I. *Atropa Belladonna*.

Am 28. Mai. Ein offener Cylinder mit welkgewordenem Blatt und ein geschlossener Cylinder mit frischem Blatt wurden um 1 Uhr exponirt. Die Sonne schien ununterbrochen, die Temperatur der Luft  $19^{\circ}$  C. Die Temperatur in den beiden Cylindern  $20^{\circ}$ — $28^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

#### Versuch II. *Atropa Belladonna*.

Am 29. Mai. Anfang der Exposition um 2 Uhr, Ende um 4 Uhr. Der Himmel war mit helleuchtenden weißen Wolken überzogen, die Lufttemperatur  $23^{\circ}$  C. Die Temperatur der beiden Cylinder  $23^{\circ}$ — $28^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

#### Versuch III. *Sambucus nigra*.

Am 28. Mai. Expositionsdauer 1 Uhr bis 3 Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft  $19^{\circ}$  C. Die Temperatur in beiden Cylindern  $20^{\circ}$ — $28^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkevoll.

#### Versuch IV. *Sambucus nigra*.

Am 29. Mai. Expositionsdauer 2 Uhr bis 4 Uhr. Bewölkter Himmel, die Lufttemperatur  $23^{\circ}$  C. Die Temperatur in beiden Cylindern  $23^{\circ}$ — $28^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

#### Versuch V. *Beta trigyna*.

Am 31. Mai. Expositionsdauer  $12\frac{1}{2}$  bis  $2\frac{1}{2}$  Uhr. Sonnenschein, die Temperatur der Luft  $23^{\circ}$  C. Die Temperatur in beiden Cylindern  $23^{\circ}$ — $28^{\circ}$  C.

## Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkevoll.

Versuch VI. *Beta trigyna*.

Am 4. Juni. Expositionsdauer 12 $\frac{1}{2}$  Uhr bis 2 $\frac{1}{2}$  Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft 28° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 24°—28° C.

## Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

Versuch VII. *Aquilegia glauca*.

Am 31. Mai. Expositionsdauer 12 $\frac{1}{2}$  bis 2 $\frac{1}{2}$  Uhr. Sonnenschein, die Lufttemperatur 23° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 23° bis 28° C.

## Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

Versuch VIII. *Aquilegia glauca*.

Am 4. Juni. Expositionsdauer 12 $\frac{1}{2}$  bis 2 $\frac{1}{2}$  Uhr. Ununterbrochener Sonnenschein, die Temperatur der Luft 28° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 24°—28° C.

## Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

Versuch IX. *Vitis Labrusca*.

Am 3. Juni. Expositionsdauer 9 Uhr bis 11 Uhr. Sonnenschein, zuweilen weiße Wolken, die Temperatur der Luft 26° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 23°—28° C.

## Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkevoll.

Versuch X. *Vitis Labrusca*.

Am 2. Juni. Expositionsdauer 12 $\frac{1}{2}$  bis 2 $\frac{1}{2}$  Uhr. Sonnenschein, zuweilen weiße Wolken, die Lufttemperatur 28° C. Die Temperatur in beiden Cylindern 24°—28° C.

## Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das grüne Blatt: Stärkereich.

Folgende drei Versuche mit den im Topf eingewurzelten Pflanzen gemacht.

Versuch I. *Dipsacus laciniatus*.

Am 29. Mai. Zwei im Topf eingewurzelte Pflanzen wurden zum Versuch benutzt. Eine Pflanze wurde einige Tage lang nicht begossen, nach 8 Uhr fing sie an schlaff zu werden; die andere Pflanze, welche oft begossen wurde, war dagegen den ganzen Tag durch ganz frisch geblieben. Um 4 Uhr wurde je ein Blatt von jeder Pflanze abgenommen und untersucht. Weiße Wolken, die Lufttemperatur  $16^{\circ}$ — $23^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

Versuch II. *Dipsacus laciniatus*.

Am 31. Mai. Versuchsdauer 8 Uhr bis  $2\frac{1}{2}$  Uhr. Sonnenschein, die Temperatur der Luft  $19^{\circ}$ — $23^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

Versuch III. *Dipsacus laciniatus*.

Am 1. Juni. Versuchsdauer 8 Uhr bis  $2\frac{1}{2}$  Uhr. Die Sonne schien ununterbrochen, die Temperatur der Luft  $19^{\circ}$ — $28^{\circ}$  C.

Resultat:

Das welkgewordene Blatt: Stärkefrei.

Das frische Blatt: Stärkereich.

Würzburg, den 10. Juli 1886.

---

Anmerkung des Herausgebers. Die hier festgestellte Thatsache dürfte ihre genügende Erklärung in der Annahme finden, daß sich die Spaltöffnungen welkender Blätter schließen, den Eintritt kohlenstoffhaltiger Luft verhindern. Vgl. darüber H. LEITGEB, »Beiträge zur Physiol. der Spaltöffnungen« in »Mitth. des bot. Inst. zu Graz« (Jena 1886).

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Nagamatsz Atsusuke

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntniß der Chlorophyllfunktion 389-407](#)