

superantes, sparsissime patentiter pilosi. Alabastra obovoïdeo-subglobosa pilosa. Flores 2,5 cm diametro scutellati. Petala obovata flavida macula lutea instructa. Stamina valde inaequalia; filamenta exteriora non multo longiora et paullo latiora quam antherae oblongo-lineares, obcuneato-oblonga, ad apicem retusa vel obtusa, interiora similia, sed paullo angustiora. Folliculi circiter 12, plerumque glabri, saepe nonnullis perpaucis dispersis setulis instructi, magis constricti submoniliformes articulis neque omnino glabris neque ad latera distincte rugosis.

Kalifornien an der Küste des Meeres: Mendocino (H. E. BROWN, Calif. Pl. 1898, n. 811!), Bodega Point (Miss EASTWOOD), Point Reyes (Miss EASTWOOD).

Im Habitus dem *Platystemon californicus* ausserordentlich ähnlich, unterscheidet es sich doch von dieser Pflanze durch die schmälere Filamente der äusseren Staubgefässe und durch die deutlich torulosen, nur entfernt rosenkranzähnlichen Balgfrüchte. Diese sind keineswegs gänzlich unbehaart, sondern öfters mit einzelnen kleinen Börstchen besetzt, was bei *Platystemon leiocarpum* F. et M. nie der Fall ist. Die Pflanze ist nahe verwandt mit *Platystemon californicus* und gehört wie diese zur Sektion *Siliquaetorulosi* Fedde.

15. J. Reinke: Zur Kenntnis der Lebensbedingungen von *Azotobacter*.

(Mitteilung aus den Arbeiten des botanischen Instituts in Kiel.)

Eingegangen am 10. Februar 1904.

Aus den unter Leitung von Herrn Prof. BENECKE und mir von Herrn KEUTNER im hiesigen botanischen Institut angestellten Untersuchungen über stickstoffbindende Bakterien erlaube ich mir, nachstehend eine letzte Mitteilung zu machen¹⁾.

Nachdem Herr KEUTNER durch Untersuchung abgespülter *Volvox*-Kugeln gefunden hatte, dass der allgemein im Süsswasserplankton verbreitete *Azotobacter* an der Oberfläche von *Volvox* ebenso haftet, wie an der Oberfläche grösserer Algen, wurde der gleiche Versuch auch mit Meeresplankton gemacht, das überwiegend aus *Ceratium tripos*, zum geringeren Teil aus anderen Peridineen und aus Dia-

1) Vgl. diese Berichte 1903, Heft 6, 7, 8.

tomeen bestand. Es wurde eine Planktonprobe mit vielem Leitungswasser geschüttelt, absitzen gelassen, auf ein Filter gebracht und so lange mit Leitungswasser ausgewaschen, wie man im Laboratorium bei quantitativen Bestimmungen einen Niederschlag auszuwaschen pflegt. Eine Probe des so gereinigten Planktons ward einer geeigneten Nährlösung zugesetzt und ergab reichliche Entwicklung von *Azotobacter* unter entsprechender Bindung von Luftstickstoff.

Allerdings ist dieser Versuch nicht ganz beweiskräftig, wenn man daraus schliessen wollte, dass die Stickstoffbakterien lediglich an der Oberfläche der Ceratien usw. vegetieren. Denn während man aus unfiltriertem Ostseewasser und Teichwasser immer Stickstoffbakterien (*Azotobacter*) züchten kann, gelang dies niemals mit filtriertem Meer- oder Teichwasser bei Anwendung eines gewöhnlichen Löschpapierfilters; aus dem Filtrat konnte kein *Azotobacter* gezüchtet werden. Darin liegt ein starker indirekter Beweis dafür, dass *Azotobacter* an der Oberfläche anderer Plankton-Organismen vorkommt; dem unfiltrierten Wasser sind solche Organismen stets beigemischt, daher sind in ihm die an der Oberfläche von Diatomeen, Peridineen usw. haftenden Keime der Bakterien gegeben. Wollte man aber die Hypothese machen, dass in den Fällen, wo im filtrierten Wasser kein *Azotobacter* gefunden wurde, derselbe im natürlichen Meer- oder Teichwasser doch in reinen *Zoogloea*-Klumpen aufgetreten sei, die selbstverständlich durch Filtrierpapier zurückgehalten werden; so wäre das eine unwahrscheinliche Annahme, weil nach GERLACH und VOGEL¹⁾ *Azotobacter* seinen Kohlenstoff nur aus organischen Verbindungen aufzunehmen vermag, z. B. aus Traubenzucker oder noch besser aus Mannit, der ja gerade in Algen sich findet. Die Planktonalgen sind also ein naturgemässes Nährsubstrat der Stickstoffbakterien; darum ist nicht wahrscheinlich, dass diese frei im Plankton existieren. So fasse ich wenigstens das normale Vorkommen von *Azotobacter* im Plankton des reinen Meerwassers auf; ausnahmsweise können natürlich auch *Azotobacter*-Kolonien sich entwickeln an Stellen im Meere, wo von einem verwesenden Tang oder Fisch aus verbrennliche Kohlenstoffverbindungen in genügender Menge ins Wasser diffundieren. Auch dürften gelegentlich einzelne losgelöste Zellen von Stickstoffbakterien im Wasser des Meeres und der Teiche sich finden und in solchem Falle durch ein gewöhnliches Filter hindurchgehen²⁾. Dass aber die Stickstoffbakterien nie fehlende Bestandteile des Planktons sind, ist durch diese Untersuchungen sowohl für Meerwasser wie für Teichwasser bewiesen. —

1) GERLACH und VOGEL, Weitere Versuche mit stickstoffbindenden Bakterien, Bact. Centr. X, 1903, S. 636 ff.)

2) Herr KEUTNER fand, dass frei im Wasser verteilte *Azotobacter*-Zellen durch Löschpapierfilter hindurchgehen.

Zum Plankton im weitesten Sinne gehören auch die schwimmenden Moose, Farne und Blütenpflanzen.

Erst spät im Sommer war *Azolla caroliniana* in den Teich des botanischen Gartens ausgesetzt worden; das Wasser desselben dürfte durch die zahlreichen darin kultivierten Wasserpflanzen bereits einigermaßen an löslichen Stickstoffverbindungen erschöpft gewesen sein; ein Bach oder Rinnsal fließt nicht in den Teich. In ganz kurzer Zeit war eine enorme Vermehrung der *Azolla* eingetreten, sie überzog wie eine Teichlinse die ganze Oberfläche des Wassers. Dies erregte den Verdacht, dass der *Azolla* eine besondere Stickstoffquelle zu Gebote gestanden habe. In der Tat erwies sich auf der Oberfläche der Schwimmwurzeln *Azotobacter* angesiedelt, und eine mit einem Wurzelstück geimpfte Nährlösung ergab eine ansehnliche Bindung von Stickstoff. Das gleiche Resultat fand Herr KEUTNER bei Untersuchung der Schwimmwurzeln von *Lemna minor*. Es ist daher die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass *Azotobacter* assimilierten Stickstoff an *Azolla* bzw. *Lemna* abgegeben habe, deren gequollene Epidermismembranen ihn im Austausch mit Kohlenhydrat versorgten.

In bezug auf die geographische Verbreitung der Stickstoffbakterien sei bemerkt, dass sie ausnahmslos auf allen Meeresalgen von Helgoland gefunden wurden, die Herr Dr. KUCKUCK die Güte hatte, dem Botanischen Institute zu übersenden. Ausserdem fand sie Herr KEUTNER in Meeresschlamm, der teils von den Küsten Javas, teils von denen Ostafrikas stammte; also auch in den Tropen kommen sie vor. Wenn überwiegend *Azotobacter* nachgewiesen wurde, so beruht dies darauf, dass als Kohlenstoffquelle Mannit angewendet wurde, den dieser Spaltpilz bevorzugt; wurde der Lösung statt dessen Traubenzucker zugefügt, so entwickelte sich vorzugsweise *Clostridium Pasteurianum*. Es scheint, dass beide Spaltpilze durchweg gemeinsam vorkommen. —

Da im allgemeinen die Pflanzenwelt des Meeres eine völlig andere ist als die des süßen Wassers, so schien es mir besonders interessant zu sein, dass die Stickstoffbakterien in beiden Medien gut gedeihen, anscheinend beiden gleich gut angepasst sind: nach der Bezeichnung von KARL MÖBIUS sind sie weitgehend euryhalin. Um in dieser Hinsicht klarer zu sehen, veranlasste ich Herrn KEUTNER zur Ausführung folgender Untersuchungsreihe.

Eine Nährlösung wurde mit anscheinend reinem Material von *Azotobacter* geimpft; in den Kulturen war nachher mikroskopisch nur *Azotobacter* nachzuweisen. Die Nährlösung enthielt wie gewöhnlich auf 100 g Wasser: Mannit = 3,0; $K_2HPO_4 = 0,1$; $MgSO_4 + H_2O = 0,05$; $CaCO_3 = 0,3$. Die quantitative Analyse ergab in dieser Lösung eine Verunreinigung mit gebundenem Stickstoff im Betrage von 0,6 mg.

Mit dieser Lösung wurden zehn ERLÉNMEYER-Kolben beschickt und den Kolben 1 bis 10 g Chlornatrium zugesetzt; das Ergebnis war nach Ablauf von vier Wochen folgendes:

Bezeichnung des mit der Nährlösung beschickten Kolbens	Zusatz von Chlornatrium in Grammen	Ergebnisse der Analyse an gebundenem Stickstoff (durch <i>Azoto- bacter</i>) in Milligrammen	Aussehen der Lösung bei Beendigung des Versuchs
I	1	4,3	stark getrübt
II	2	4,6	stark getrübt
III	3	6,9	stark getrübt
IV	4	5,5	stark getrübt
V	5	4,7	stark getrübt
VI	6	4,5	stark getrübt
VII	7	3,2	ziemlich stark getrübt
VIII	8	2,3	trübe
IX	9	0,6	klar
X	10	0,58	klar

Die in diesen Zahlen sich darstellende Kurve hat die bemerkenswerte Eigenschaft, dass das Maximum der assimilatorischen Leistungskraft von *Azotobacter* einem Salzgehalt des Mediums von 3—4 pCt. entspricht, dass also *Azotobacter* dem Salzgehalt des Ozeans im Optimum angepasst zu sein scheint, geringere und etwas höhere Salz-mengen aber auch gut erträgt¹⁾. Wollten wir uns auf gewagte Spekulationen einlassen, so könnten wir hieraus die Hypothese ableiten, dass *Azotobacter* ein uralter, ursprünglich dem Meere eigentümlicher Bakterientyp sei, der sich später auch an das Festland und das Süßwasser gleichsam akklimatisiert habe. Vielleicht wird auch in Zukunft der Versuch gemacht werden, zahlreiche Rassen oder Spezies von *Azotobacter* zu unterscheiden, die an der Erdoberfläche Orte verschiedenen Salzgehalts bewohnen.

Unsere Kenntnisse von der Lebensweise des *Azotobacter* (wie auch von *Clostridium Pasteurianum*) haben durch Herrn KEUTNER'S Arbeit eine wichtige Erweiterung gefunden, dahingehend, dass diese Spaltpilze mit besonderer Vorliebe die Oberfläche von Algen des süßen wie des salzigen Wassers bewohnen, festgewachsene wie schwimmende Arten. *Azotobacter* ist auf jene Organismen angewiesen,

1) Selbstverständlich sind die Verhältnisse im Meere wegen dessen Salzmischung etwas anderes; es handelt sich hier um einen ersten Versuch in der angedeuteten Richtung.

weil es ihm sonst an den für seine Ernährung unumgänglich nötigen organischen Kohlenstoffverbindungen fehlen würde. Will *Azotobacter* aber den Algen Kohlenhydrate oder Mannit entnehmen, so muss seine Verbindung mit den Zellen derselben eine so innige sein, dass im Austausch dagegen auch von ihm durch Assimilation gebildete Stickstoffverbindungen an jene abgegeben werden können, denn in den höheren Pflanzen ist vielfach der Zellverband kein engerer, wenn ein entsprechender Stoffaustausch zwischen verschiedenen Zellen vorkommt¹⁾.

Durch BEIJERINCK's und anderer Arbeiten wissen wir, dass *Azotobacter* auf festem Erdboden die grösste Verbreitung besitzt. Wir brauchen nur eine Portion Ackererde in eine geeignete Kulturflüssigkeit zu bringen, um reichliche Entwicklung von *Azotobacter* zu erhalten; im unfiltrierten Pfützenwasser ist *Azotobacter* gleichfalls durch BEIJERINCK nachgewiesen worden. Dass im Kulturboden durch *Azotobacter* (wie durch *Clostridium Pasteurianum*) ein Erwerb und eine Bereicherung an Stickstoffverbindungen durch Assimilation des Luftstickstoffs stattfindet, kann nicht bezweifelt werden. Bemerkenswert sind in dieser Hinsicht die Versuche von JULIUS KÜHN²⁾. KÜHN hat bei Halle auf gewissen Feldparzellen 20 Jahre hindurch erfolgreich Winterroggen auf Winterroggen gebaut ohne Düngung mit Stickstoffverbindungen. Der anfänglich in der Ackererde gegebene Vorrat von gebundenem Stickstoff war gering; atmosphärische Niederschläge waren als Stickstoffquellen unzulänglich. Es kann nur eine Assimilation des elementaren Stickstoffs durch Bodenbakterien stattgefunden haben, ohne dass eine Symbiose mit Leguminosen in Frage käme. Endlich gelang es auch, Stickstoff assimilierende Bakterien aus jenem Boden durch Kultur zu gewinnen. Ob hierbei die Bakterien lediglich als lebende Zellen ihren assimilierten Stickstoff an die Roggenwurzeln abgaben oder im Absterben denselben dem Boden beimischten, bleibt weiteren Untersuchungen zu entscheiden vorbehalten.

Somit erhalten wir in Bezug auf den für die Pflanzenwelt gegebenen Vorrat an Stickstoffnahrung ein übereinstimmendes Bild

1) Das kontante Vorkommen von *Azotobacter* auf Algen Symbiose zu nennen, ist eine hypothesenfreie Bezeichnung, sobald man das Wort „Symbiose“ im ursprünglichen, von DE BARY angewendeten Sinne nimmt, der z. B. das Vorkommen von *Nostoc* in den Blatthöhlen von *Azolla* darunter begriff. Beschränkt man den Sinn von „Symbiose“ auf zusammenhängende Organismen, die Nährstoffe miteinander tauschen, so ist bei Anwendung des Wortes auf die mit *Azotobacter* behafteten Algen der Begriff natürlich ein hypothetischer.

2) J. KÜHN, Die Assimilation des freien Stickstoffs durch Bodenbakterien ohne Symbiose mit Leguminosen. (FÜHLING's Landw. Zeit. 1901, Heft 1 und 2): Referat im Bact. Centr. X, S. 601.

für alle drei grossen Medien, innerhalb deren sich das Pflanzenleben abspielt: für das feste Land, das Süsswasser und das Meer. In allen drei Medien stehen der Pflanzenwelt zur Verfügung:

- a) luftförmiger oder im Wasser absorbierter Stickstoff, der durch Stickstoffbakterien assimiliert wird und indirekt anderen Pflanzen zugute kommen kann;
- b) anorganische Stickstoffverbindungen, die auf elektrische Entladungen und Niederschläge der Atmosphäre zurückzuführen sind;
- c) organische Reste und Ausscheidungen von Organismen, die natürlich vor ihrer Assimilation durch Pflanzen auch erst in anorganische Verbindungen umgewandelt werden können.

Speziell in Bezug auf die Meeresalgen und auf die schwimmenden Pflanzen der süssen Gewässer habe ich die Frage gestellt, beziehungsweise die Arbeitshypothese entwickelt, ob den an ihrer Oberfläche vorkommenden Stickstoffbakterien, namentlich *Azotobacter*, nicht ein hervorragender Anteil, nicht der Löwenanteil an ihrer Versorgung mit Stickstoffverbindungen zukomme¹⁾. Es versteht sich von selbst, dass es vieler eingehender Untersuchungen bedarf, um jene von mir gestellte Frage endgültig zu beantworten. Die Ungeduldigen verweise ich dabei auf den Zeitraum, der vergangen, auf die vielen Arbeiten, die angestellt worden sind, um DE BARY's Vermutung und SCHWENDENER's erste Behauptungen über die Symbiose von Algen und Pilzen im Flechtenthallus durch umfangreiche Beweise endgültig zu bewahrheiten. Bevor ein Problem nicht erkannt ist, kann es auch nicht bearbeitet werden.

Der erste Schritt auf diesem Wege wird demnächst getan werden durch die ausführliche Veröffentlichung der von Herrn KEUTNER im Kieler botanischen Institut ausgeführten Untersuchungen über das Vorkommen von stickstoffbindenden Bakterien im Meere.

1) Sicher werden im Meere täglich viele Zentner Stickstoff durch Bakterien gebunden. Wo mögen diese Massen von Stickstoffverbindungen bleiben, und warum sollten sie nicht auf die eine oder andere Weise der Stickstoffernährung der Algen und Meerestiere zugute kommen?

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Reinke (Reincke) Johannes

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der Lebensbedingungen Azotobacter 95-100](#)