

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 55 (1904)
Heft: 4

Artikel: Die Nutzbarmachung des Luftstickstoffes durch Bodenbakterien
Autor: Burri, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764186>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Organ des Schweizerischen Forstvereins

55. Jahrgang

April 1904

N^o 4

Die Nutzbarmachung des Luftstickstoffes durch Bodenbakterien.

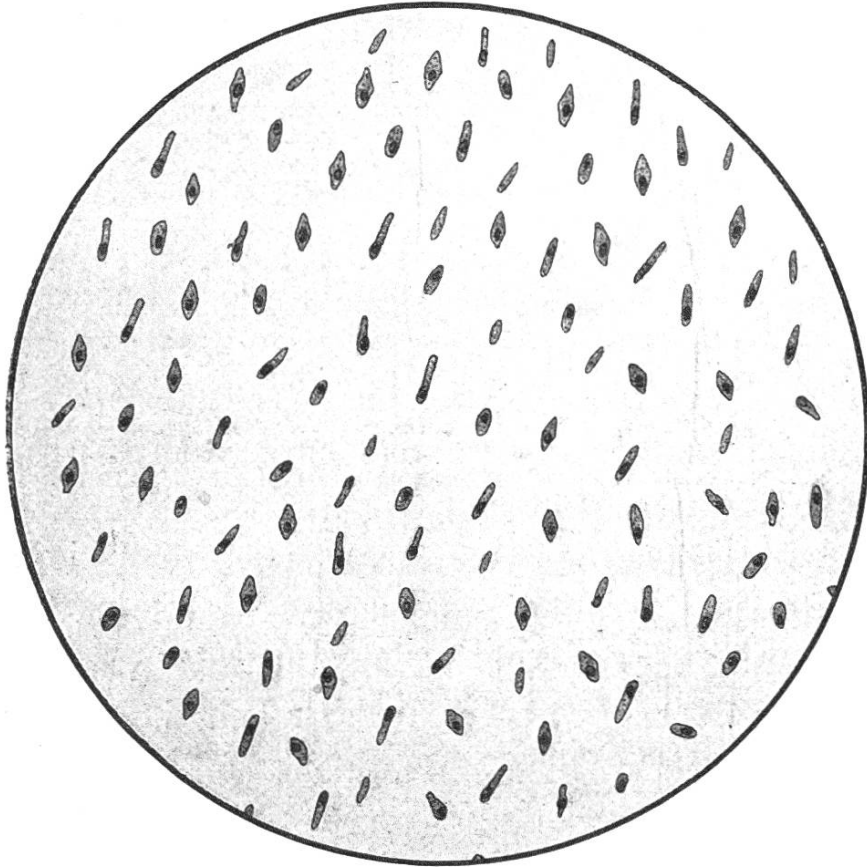
Von Dr. N. Burri, Professor für landw. Bakteriologie am eidg. Polytechnikum.

Bei der Stickstoffbindung durch Mikroorganismen haben wir auseinander zu halten einerseits die Bindung des freien Stickstoffs auf Grund eines symbiotischen Verhältnisses zwischen Pilz und Pflanze, wie es sich z. B. bei Leguminosen und Erlen zeigt, und andererseits die Bindung freien Stickstoffs durch selbständige Tätigkeit niedrig organisierter Bodenpilze.

Im folgenden soll nur die Fixierung des Luftstickstoffs durch frei im Erdboden lebende Organismen behandelt werden und ich möchte dabei kurz die sich zunächst aufdrängende Frage streifen, ob die Knöllchenbakterien während jener Zeit, in welcher sie nicht mit der Pflanze in Symbiose leben, sich auch den Luftstickstoff aneignen können. Sehr wahrscheinlich ist dies nicht der Fall, denn diesbezügliche mit Reinkulturen unternommene Versuche haben bis jetzt ein Stickstofffixierungsvermögen in nennenswertem Grade nicht nachweisen lassen.

Und doch drängten Beobachtungen verschiedener Art zu der Annahme, daß es Bodenorganismen geben müsse, die mit der fraglichen Eigenschaft ausgestattet sind. Schon im Jahre 1885 hat Berthelot eine dahingehende, auf gewisse Bodenbakterien sich beziehende Ansicht geäußert, ohne aber bestimmte Beweise für die Richtigkeit derselben liefern zu können. Später hat man grüne und blaugrüne Algen, welche regelmäßige Bewohner der oberflächlichen Erdschichten sind, als die Träger dieser Eigenschaften ansprechen wollen, doch wie sich bei näherer Untersuchung herausgestellt hat, nicht mit Recht. Erst im Jahr 1895 ist durch Winogradsky, den Entdecker der Nitrifika-

tionsbakterien, eine Mitteilung über eine im Boden freilebende Bakterienart erfolgt, deren hervorragendste Fähigkeit darin besteht, in völlig stickstofffreien Nährlösungen gedeihen, d. h. aus dem Stickstoff der Luft leben zu können. Dieser merkwürdige Organismus, von seinem Entdecker als *Clostridium Pasteurianum* bezeichnet, war in allen Erdproben aus der Umgebung von St. Petersburg zu finden. Er gehört zu den obligat Anaëroben, d. h. zu denjenigen Arten,



Clostridium Pasteurianum.

Nach Photogramm. 800 : 1.

M. Düggeli.

welche bei Zutritt des Sauerstoffs sich nicht entwickeln können und zwar speziell zur Gruppe der Butter säurebakterien. Bei Gegenwart von gewissen Kohlehydraten vergäht er dieselben hauptsächlich zu Butter säure, Essigsäure, Kohlensäure und Wasserstoff. An diese Gährtätigkeit ist die Fixierung des Stickstoffs gebunden, denn die bei der Spaltung des Kohlehydrates frei werdende Energie wird zum Teil dafür verwendet, um den elementaren Stickstoff in gebundene Form überzuführen. Es hat sich bei quantitativen Kulturversuchen gezeigt, daß unter günstigen Verhältnissen für jedes gr Trauben= zucker, das der Gährung anheimfiel, 2—3 mgr Stickstoff gebunden wurden.

Befremdlich muß auf den ersten Blick erscheinen, daß der stickstoffbindende Organismus zu den luftscheuen gehört. Man wird sich vielleicht fragen, wie er denn seine wichtige Funktion in normalen gut durchlüfteten Böden ausüben könne? Nun, die Erklärung ist enthalten in der Entdeckungsgeschichte dieses *Clostridium*. Winogradsky hat etwas Erde in eine Lösung gegeben, die nur die notwendigen Mineralsalze und als Kohlenstoffquelle 2% Traubenzucker enthielt. In dieser Lösung trat Buttersäuregärung und Hand in Hand damit Stickstofffixierung ein, ohne daß für Abschluß des Sauerstoffs gesorgt worden wäre. Es war eben mit der Erde ein Gemisch von luftscheuen und luftbedürftigen Bakterien in die Flüssigkeit gelangt und die luftbedürftigen Arten haben durch Wegnahme des Sauerstoffs den luftscheuen ein für ihre Entwicklung günstiges Medium geschaffen. Ganz ähnlich hat man sich das Nebeneinanderleben von Aëroben und Anaëroben im Boden zu denken. Es werden bei genügender Feuchtigkeit, namentlich zur Zeit herrschender Niederschläge, die Fälle nicht selten sein, wo kleinere und größere Bodenpartikel der vorübergehenden Entwicklung von luftscheuen Arten die nötigen Existenzbedingungen zu bieten vermögen.

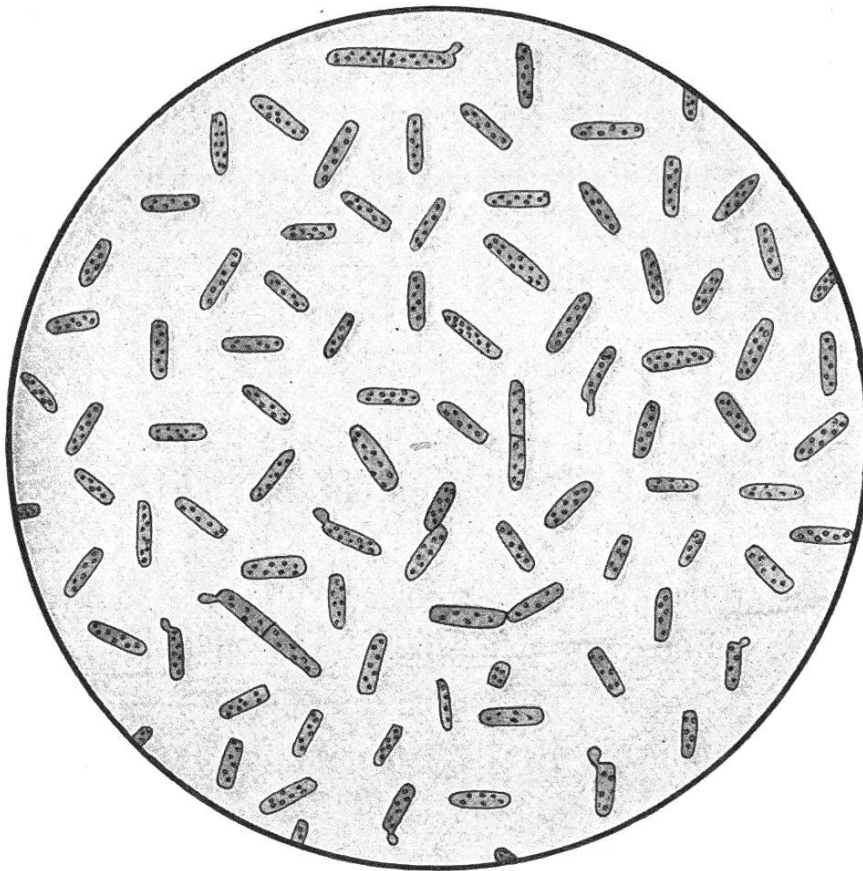
Daß mit der Entdeckung des genannten freilebenden stickstofffixierenden Bodenorganismus die Forschung auf diesem Gebiete nicht abgeschlossen sein würde, konnte vorausgesehen werden. Die Bestrebungen der Bakteriologen waren namentlich daraufhin gerichtet, stickstofffixierende Organismen aufzufinden, die in ihrer Tätigkeit durch den Zutritt der Luft nicht behindert sind. Wenn auch das erwähnte *Clostridium Pasteurianum* aus den angegebenen Gründen im Boden vielleicht häufiger zur Entfaltung der ihnen eigenen Kräfte kommt, als man bei oberflächlicher Betrachtung der Verhältnisse annehmen könnte, so müßte doch eine aërobe stickstofffixierende Art zum Vorneherein geeigneter erscheinen, die Rolle eines nützlichen Bodenbewohners in gedachtem Sinne zu spielen. Der Weg zur Gewinnung solcher Organismen war durch die Winogradsky'sche Arbeitsmethode vorgezeichnet. Bei der Wahl der vorhin erwähnten Nährlösung hat sich dieser Forscher von dem Gedanken leiten lassen, daß stickstofffixierende Bakterien in Nährmedien am ehesten zur Vermehrung gelangen, die frei von Stickstoffverbindungen sind, während gleichzeitig

viele an reichliche Stickstoffnahrung gewöhnte Organismen von Anfang an in demselben Medium nicht aufkommen können.

Auf ähnlichem Wege, nämlich mit Hilfe der Methode der „elektiven Kultur“ ist es andern Forschern gelungen, einen stickstofffixierenden Organismus zu isolieren, welcher im Gegensatz zu dem nur bei Sauerstoffabwesenheit gedeihenden *Clostridium Pasteurianum* auf den Zutritt der Luft angewiesen ist. Die ersten ausführlichen Mitteilungen über diese neue, wichtige Bakterienart stammen von Beyerinck aus dem Jahr 1901, nachdem schon im Jahr 1900 Krüger gelegentlich einer Abhandlung über die Frage, ob gewisse Algen den Luftstickstoff verwerten können, darauf aufmerksam gemacht hatte, daß es ihm gelungen sei, in Erde aus Hallenser Versuchsfeldern einen bei Luftzutritt wachsenden, stickstofffixierenden Organismus zu finden. Die betreffende Abhandlung von Beyerinck ist betitelt: „Über oligonitrophile Mikroben“. Als oligonitrophil bezeichnet Beyerinck jene Mikroorganismen, welche sich in Nährlösungen entwickeln, denen keine stickstoffhaltige Verbindung als Nährstoff zugesetzt wurde, die aber anderseits auch nicht von den letzten Spuren solcher Verbindungen freigehalten sind. Die von Winogradsky benutzte traubenzuckerhaltige Mineralsalzlösung würde demnach bei Impfung mit Erde, die ja immer geringe Mengen gebundenen Stickstoffs enthält, zur Entwicklung der oligonitrophilen Mikroben geeignet sein. Es sei hier eingeschaltet, daß Beyerincks Anschauung, daß die in solchen Lösungen vorkommenden Organismen sämtlich auf geringe Mengen gebundenen Stickstoffs angewiesen sind, wenigstens für das *Clostridium Pasteurianum* nicht zutreffend ist. Das letztere gedeiht und arbeitet in Nährlösungen, die absolut frei von gebundenem Stickstoff sind. Beyerinck hat nun darauf aufmerksam gemacht, daß wenn man Winogradsky'sche Nährlösung mit Erde impft und anstatt Traubenzucker gewisse andere Kohlehydrate wählt, z. B. Mannit oder Propionat, weniger die Butter säurebakterien als andere Bakterien überhandnehmen, worunter eine Art durch üppige Entwicklung und eigenartige Formverhältnisse besonders ausgezeichnet ist. Diese Art hat Beyerinck als *Azotobacter chroococum* bezeichnet. Sie bildet auf den durch Ausaat von Erde in geeignete Nährlösung erhaltenen Kulturen dicke

schleimige Häute, die sich bei mikroskopischer Betrachtung aus außerordentlich großen, plumpgestalteten, mitunter wurstartig gestreckten Bakterien zusammengesetzt erweisen.

Die letzteren haben eine mittlere Breite von 3—4 und eine mittlere Länge von 5—7 μ ($1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm}$). In solchen Kulturen nun, die das Azotobacter neben andern Bakterien enthielten, während Bakterien vom Typus des Clostridium Pasteurianum fehlten, konnte Beyerinck ganz beträchtliche Stickstoffanreicherung feststellen. Die



Azotobacter chroococum.

800 : 1.

M. Düggeli.

Annahme, daß jene große, luftliebende Bakterienart mit der konstanten Stickstofffixierung im Zusammenhang stehe, ist natürlich naheliegend und auch Beyerinck hat diese Art direkt als stickstofffixierend bezeichnet und übrigens durch die Bezeichnung Azotobacter deutlich genug seine Ansicht über die Bedeutung derselben zum Ausdruck gebracht. Merkwürdigerweise vertritt Beyerinck in einer späteren, im Jahr 1902 erschienenen Abhandlung den Standpunkt, daß nicht Azotobacter selber in den mit Erde geimpften Kulturen den Stickstoff in gebundener Form überführe, sondern verschiedene der

Begleitbakterien. Die letztern gäben dann eine Stickstoffverbindung in die Nährlösung ab, welche von *Azotobacter* leicht aufgenommen und zum Aufbau des umfangreichen Zelleibes benützt werden könne. Tatsächlich würde nach den Angaben Beyerinck's *Azotobacter* allein nicht imstande sein, nennenswerte Mengen von freiem Stickstoff festzulegen.

Diesen Angaben widersprechen aber ganz entschieden die Resultate, welche Gerlach und Vogel bei ihren Stickstoffassimilationsversuchen unter Anwendung von Reinkulturen des *Azotobacter chroococcum* erhalten haben. Die hierbei beobachteten Stickstoffgewinne sind ganz bedeutend, namentlich bei Verabreichung größerer Mengen von Traubenzucker. Von einer frischen, 18 Tage alten Kultur wurden z. B. in 5 Wochen assimiliert:

bei Zusatz von 12 gr Traubenz.	zum Lit. Nährlösung	127,9 mgr N
" " " 10 " " " "	" " " "	91,4 " N
" " " 8 " " " "	" " " "	68,0 " N

Es entfällt somit im günstigsten Falle auf die Zersetzung von 1 gr Traubenzucker die Assimilation von über 10 mgr Stickstoff.

Allerdings findet mit der Aufbewahrung der Reinkulturen trotz zeitweiser Übertragung auf frischen Nährboden eine starke Abschwächung der Virulenz, d. h. des Stickstoffaneignungsvermögens statt und darauf, wie auch auf die Verwendung von Mannit an Stelle des Traubenzuckers, sind vielleicht die negativen Ergebnisse der entsprechenden Beyerinck'schen Versuche zurückzuführen.

Daß *Azotobacter* in Reinkulturen freien Stickstoff assimiliert, hat auch v. Freudenreich bestätigen können, welcher die Organismen auf sterilisierten Gypsplatten kultivierte, die zum Teil in die Nährlösung tauchten. Die Ausbeute an gebundenem Stickstoff überstieg bei dieser Versuchsanordnung noch die von Gerlach und Vogel erhaltene.

Wir können also als Tatsache betrachten, daß es außer dem von Winogradsky beschriebenen, nur bei Luftabschluß gedeihenden *Clostridium Pasteurianum* noch mindestens eine, nur bei Luftzutritt wachsende, stickstofffixierende Bodenbakterie gibt, nämlich das von Beyerinck beschriebene *Azotobacter chroococcum*.

Gerlach und Vogel glaubten auf Grund der Untersuchung von 10 Bodenproben, die den verschiedensten Typen entsprachen, den Schluß ziehen zu dürfen, „daß dieser nützliche Organismus sehr weit verbreitet und wahrscheinlich in allen Böden vorhanden ist.“

(Schluß folgt.)



Die Witterung des Jahres 1903 in der Schweiz.

Von Dr. R. Billwiler, Direktor der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.

Im Mittel differiert die Temperatur des Jahres 1903 von der normalen nur wenig, strichweise kommt sie ihr sogar genau gleich; aber einzelne Monate zeigen zum Teil erhebliche Abweichungen. Relativ mild waren die ersten drei Monate; diesen folgte ein abnorm kalter April. Mai, August und September waren so ziemlich normal, während die andern Sommermonate, Juni und Juli, erheblich ($1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad) hinter dem Durchschnitt zurückblieben. Oktober und November weisen einen Wärmeüberschuß auf und Dezember war normal. Die Perioden mit relativ hoher Temperatur fielen also meist auf Monate, wo dieselbe der Vegetation nicht oder nur wenig zustatten kommen konnte. Die Niederschlagsmenge blieb im größten Teil des Landes etwas hinter der normalen zurück; im Tessin ergibt sich ein erhebliches Plus, herrührend hauptsächlich von den gewaltigen Regengüssen in der ersten Hälfte Mai. Vorwiegend trocken waren auf der Nordseite der Alpen die ersten sechs Monate, dann September und, wenigstens im größten Teil des Landes, Dezember. Die Helligkeitsverhältnisse waren nicht günstig. Die Registrierungen der Helio-graphen ergaben im April, Juni und Juli, sowie im November und Dezember beträchtliche Defizite, so daß auch die Jahressummen, abgesehen von Davos, überall unter dem Durchschnitt blieben. Recht sonnig waren nur März und besonders Mai.

Folgendes ist der Verlauf der Witterung in den einzelnen Monaten:

Zu Beginn und auch gegen Ende des J a n u a r herrschte außerordentlich mildes Winterwetter, so daß der Wärmeausfall, den eine große Zahl dazwischen liegender Frosttage brachte, mehr als kompensiert wurde und das Monatsmittel seit acht Monaten wieder zum