

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 74 (1923)

**Heft:** 11

**Artikel:** Die Bakterien des Waldbodens [Fortsetzung]

**Autor:** Düggeli, M.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765757>

#### **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:** 13.12.2025

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

$\frac{1}{2}$  bis 1 ha Größe), wobei der Eiche die besten Bodenpartien zugewiesen werden. Die seltenen Mastjahre bewirken, daß sehr häufig zur künstlichen Untersetzung geschritten werden muß, die, falls sie mangelhaft aufgegangen sein sollte, ebenfalls mit dreijährigen Sämlingen ergänzt wird. Auf einen dichten Jungwuchs wird großes Gewicht gelegt. Wenn immer möglich, wird mittelst einer sorgfältigen Durchforstung unter oder neben der Eiche die Buche aufgezogen; wo sie fehlt, wird auch hier unterpflanzt.

Andelfingen, im September 1923.

D. Bader, Forstmeister.

## Die Bakterien des Waldbodens.

Von Prof. Dr. M. Duggeli, Zürich.

(Fortsetzung.)

Die übrigen Bakteriengruppen des Bodens, wie Harnstoffvergärer, Denitrifizierende, Pektinvergärer usw. gelangen durch elektive Kultur zum Nachweis. Die erzielten Resultate sind Minimalzahlen in dem Sinne, als sie angeben: Es ließen sich pro Gramm feuchte Erde mindestens so viele Zellen jener spezifisch arbeitenden Bakterienart feststellen, als die angeführte Zahl mitteilt. Wenn beispielsweise in die Rubrik der Pektinvergärer die Zahl 10 000 eingetragen ist, so heißt das: In der Erdemulsion, die  $\frac{1}{10}$  000 g feuchte Erde enthielt, ließen sich noch Pektinzersetzer nachweisen, nicht aber mehr in der dezimal abgestuft folgenden Menge von  $\frac{1}{100}$  000 g Erde. Wir könnten deshalb auch bemerken: Pro Gramm feuchte Erde waren feststellbar 10 000, aber weniger als 100 000 Pektinstoffe zerstörende Bakterien.

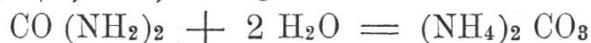
Ein großer Teil, wenn nicht die erdrückende Mehrzahl, der mittelst der elektiven Kultur nachweisbaren spezifisch arbeitenden Bakteriengruppen des Bodens gedeihen in den schon besprochenen Gufkulturen von Nährgelatine und Nähragar, sowie in den hohen Schicht-Kulturen von Zuckergar nicht und müssen zum Feststellen der Gesamtkeimzahl des Bodens zu jenen Resultaten zugezählt werden. Eine Ausnahme hiervon machen, da sie auf den erwähnten Kulturarten auch gedeihen, einige Harnstoffvergärer, denitrifizierende, Pektinvergärer, Buttersäurebakterien und anaerobe Eiweißzersetzer. Es ist oft für den eingearbeiteten Untersuchenden nicht leicht, zu entscheiden, welche unter den mittelst elektiver Kultur nachgewiesenen Arten schon auf den Platten- und in den hohen Schicht-Kulturen festgestellt worden sind und welche Spezies für die elektive Kultur als neu bezeichnet werden müssen.

Es ist auch darauf aufmerksam zu machen, daß ein und dieselbe Spezies bei der Prüfung auf verschiedene Gruppen von Bodenbakterien mit Hilfe der elektiven Kultur in mehreren der verwendeten Nährsubstraten zur Entwicklung kommen kann, ein Umstand, der bei der Beurteilung der

Resultate berücksichtigt werden muß. So vermag beispielsweise der *Bacillus amylobacter* in anaerob verschlossener Milch, in der Nährlösung für anaerobe Stickstoff fixierende Bakterien und in manchen Fällen auch im Nährsubstrat für die Pektinvergärer Wachstum und Zersetzung zu entfalten.

Die einzelnen, mit Hilfe der elektiven Kultur nachweisbaren Bakteriengruppen umfassen:

**Harnstoffvergäerer.** Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß sie das tierische Stoffwechselprodukt Harnstoff, infolge Überführung in Kohlensäures Ammoniak, der Pflanze als Nährstoff zugänglich machen. Vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet sind sie nützliche Bakterien. Zum Nachweis Harnstoff vergärender Spaltpilze werden passend erscheinende Quantitäten von Erdemulsion in Reagenzgläschchen mit steriler Harnstoffbouillon gegeben und bei 30° bebrütet. Bei Vorhandensein von Harnstoffzersetzern tritt in der Nährflüssigkeit nicht bloß Trübung, sondern auch Ammoniakproduktion ein. Durch Anlegen von Gusskulturen mittels Harnstoffgelatine gelingt es, die Anwesenheit der gesuchten Harnstoffvergäerer festzustellen und auch ihre Artzugehörigkeit zu bestimmen. Die Harnstoffzersetzung vollzieht sich nach der Formel:



Der Sauerstoffzutritt und die Abwesenheit von Luft spielen für den Verlauf dieses Hydratationsprozesses keine wahrnehmbare Rolle. Die bekannten Harnstoff zersehenden Bakterien wirken mit Hilfe eines von ihnen ausgeschiedenen Enzyms, der Urease. Der kräftigste, bekannt gewordene Harnstoffzerstörer ist der *Bacillus Pasteuri*, der in Bouillonkulturen innerhalb weniger Tage bis zu 10 % zugefügten Harnstoffes in Kohlensäures Ammon überführt. Diese Spezies ist aber relativ selten im Boden zu treffen, da sie das Vorhandensein von Eiweißstoffen als passende Stickstoffquellen voraussetzt. Dagegen treffen wir andere Arten, die mit Harnstoff als alleiniger Stickstoffquelle auskommen können im Boden, so das *Bacterium vulgare*, *Bact. fluorescens*, *Bact. coli*, *Bact. erythrogenes* u. a., sowie **Kokken** spezies. Prüfen wir die einzelnen Stämme und Rassen dieser Spezies auf ihr Harnstoffzersetzungsvermögen, so zeigen sich große Unterschiede, weshalb es nicht angezeigt erscheint, die Harnstoffbakterien in bestimmte Gattungen wie: *Urobazillus*, *Urosarzina*, *Urokokkus* usw. zu verweisen.

**Denitrifizierende oder Salpeter zerstörende Spaltpilze.** Diese schädlichen Lebewesen zersezten den als Pflanzennährstoff sehr geschätzten Salpeter so weitgehend, daß elementarer Stickstoff oder flüchtige Stickstoffverbindungen, wie Stickoxyd oder Stickoxydul, entweichen. Wird die Nitratzerlegung von den Bakterien selbst oder durch die von ihnen produzierten Enzyme ausgeführt, so spricht man von **direkter Denitrifikation**. In diesem Falle entweicht der Stickstoff ausschließlich

lich oder doch zum größten Teil in elementarer Form. Wird aber dem Salpeter der Sauerstoff durch Wasserstoff oder andere leicht oxydierbare Stoffwechselprodukte der Bakterien entzogen, so spricht man von indirekter Denitrifikation; sie gibt fast immer Veranlassung zum Auftreten ansehnlicher Mengen von Stickoxyd und Stickoxydul. Häufig treten beide Prozesse vereint in Erscheinung. Für das Leben der Bakterien ist die indirekte Denitrifikation ohne Bedeutung. Die direkte Salpeterzersetzung ermöglicht den hierzu befähigten Arten anaerobe Existenz, d. h. gestattet ihnen, auch bei Sauerstoffabschluß zu gedeihen, was sie ohne Denitrifikation nicht zu tun vermöchten. Mit Hilfe des dem Salpeter entnommenen Sauerstoffes veratmen diese Spaltpilzarten geeignete kohlenstoffhaltige Substanzen.

Die Denitrifikation kann unter Umständen zu bedeutenden Stickstoffverlusten Veranlassung geben, wird aber in einem normalen, gut durchlüfteten Boden kaum eine wichtigere Rolle zu spielen berufen sein.

Der Nachweis der denitrifizierenden Bakterien gelingt mittelst Nitratbouillon oder mit Giltay-Nährlösung. Die einsetzende Gasbildung und das Weiterimpfen auf Nitratgelatine und auf Nitratagar lassen das Vorkommen salpeterzerstörender Bakterien feststellen. Die häufigeren Denitrifikanten in unsern Böden sind: *Bacterium Stutzeri*, *Bact. denitrificans*, sowie manche Stämme von *Bact. fluorescens*, *Bacterium putidum* und *Bact. radiobacter*. Das Salpeterzerstörungsvermögen der denitrifizierenden Arten ist starken Schwankungen unterworfen und kann bei längerem Kultivieren auf nitratfreiem Substrat, sowie bei reichlicher Luftzufuhr zum Verschwinden gebracht werden.

Die Pektinvergäerer beteiligen sich lebhaft an der Zersetzung pflanzlicher Substanz, indem sie Pektinstoffe und Hemizellulosen, die im Pflanzenkörper nie fehlen, sondern als Zwischenlamellensubstanz und auch vielfach als Reservestoffe vorhanden sind, in Buttersäure, Essigsäure, Kohlendioxid und Wasserstoff überführen. Ich versuche sie nachzuweisen durch Zufügen verschiedener Erdquantitäten zu einer mineralischen Nährlösung, die neben einem Stückchen Kartoffel größere Mengen Kalziumkarbonat zum Binden der entstehenden organischen Säuren enthält. Zu 30—37° gebracht, setzt in den geimpften Gläschchen oft nach einiger Zeit Pektinierung ein, die bald durch starke Gasbildung und nicht selten eintretendes Schwimmen und allmähliches Zerschmelzen des Kartoffelstückchens auffällt. Durch das mikroskopische Bild der entwickelten Flora und durch Weiterimpfen auf geeignete Nährsubstrate können wir uns vom Vorhandensein der Pektinvergäerer überzeugen. In unsern Böden sind öfters von pektinvergärenden Spaltpilzen feststellbar: *Bacillus amylobacter*, *Bac. asterosporus*, *Bac. macerans* und Angehörige der *Heu-* und *Kartoffelbaziellenruppe*. Diese Pektinvergäerer sind die Hauptursache des raschen Zerschmelzes pflanzlicher Substanz an der Bodenoberfläche, indem sie die

zusammenkittend wirkenden Weltinstoffe zersezten, wodurch der Pflanzen- teil sein Gefüge einbüßt und nicht selten in seine Elemente, die Zellen, zerfällt.

Die nach dem Impfen mit Erde durch Phrogallolverschluß nach Wright-Burri vom Sauerstoff befreiten, ursprünglich sterilen, mit Milch beschickten Reagensgläschchen, geben für anaerobe Butter- säurebakterien und Milchsäurebildner günstige Existenzbedingungen. Der Phrogallolverschluß wird so angefertigt, daß man ein Bäuschchen Verbandwatte in das Reagenzglas schiebt, mit je 2 cm<sup>3</sup> 20 %iger Kalilauge und 20 %iger Phrogallussäurelösung tränkt und durch Aufsetzen eines Gummizapfens den weiteren Zutritt von Sauerstoff zum Innern des Gläschens verunmöglicht. Wenn die Milchgläschchen vor dem Anbringen des anaeroben Verschlusses mit Erdemulsion versetzt werden und nachher zu Bruttemperatur kommen, so entwickeln sich oft in der Milch Butter- säurebakterien. Diese Spaltpilze zersezten den Milchzucker der Milch zu Buttersäure, Kohlendioxyd und Wasserstoff. Die einsetzende Produktion von Säure und Gas ruft einer starken Kontraktion des Käseins. Der Käsestoff schwimmt nicht selten in Form einer schwammähnlichen Masse an der Oberfläche der zersepten Milch. Oft wird durch diese Buttersäure- bakterien so viel Gas gebildet, daß der aufgesetzte anaerobe Verschluß knallend weggeschleudert wird. Durch Anlegen von Zuckeragar hoher Schicht-Kultur gewinnt man Sicherheit über das Wesen der beobachteten Gärung und über die Artzugehörigkeit der tätigen Mikroorganismen. Recht oft lassen sich so in unsren Böden der Granulobacillus saccharo- butyricus immobilis und der Bacillus amylobacter nachweisen, während der Granulobacillus saccharobutyricus mobilis selten ist.

Öfters kann man in den geimpften, anaerob verschlossenen Milch- gläschchen statt Buttersäure- Milchsäuregärung eintreten sehen. Der Milchzucker wird dabei in Milchsäure übergeführt, wobei entweder kein oder doch nur ein kleines Quantum Gas gebildet wird. Infolge einsetzender Säuerung wird das Käsein der Milch ausgeschieden, so daß die Milch gallertig gerinnt. Öfters lassen sich so im Boden Langstäbchen aus der Verwandtschaft des Bacterium casei, hie und da auch Kurzstäbchen aus dem Formenkreis des Bacterium Güntheri, zwei typische Milchsäure- bakterienarten, nachweisen.

Um über das Vorkommen derjenigen Spaltpilze, die bei Luftab- schlus Eiweißstoffe zersezten können, die Fäulniserreger im engern Sinne des Wortes, orientiert zu werden, gebe ich zu einem Würfelchen gekochten Hühnereiweiß, das sich, mit steriles Leitungswasser über- gossen, in Reagenzgläsern befindet, dem sogenannten Achalm-Neuh- substrat, bestimmte Quantitäten Erde und setze den Phrogallolverschluß auf, befreie also von Luftsauerstoff. Nach 12—16 Tagen beginnt bei 37° das Eiweißwürfelchen langsam abzuschmelzen wie Butter in der

Wärme und verschwindet schließlich größtenteils oder ganz. Bei diesem unter Luftabschluß einsetzenden Eiweißabbau werden unangenehm riechende Stoffe wie Indol, Skatol, Mercaptan, Schwefelwasserstoff usw. erzeugt, die nach dem Entfernen des anaeroben Verschlusses leicht festgestellt werden können. In der Zuckeragar hohen Schicht-Kultur haben wir ein Mittel, um die bei Luftabschluß tätigen Eiweißzersetzer weiter verfolgen zu können. Durch dieses Vorgehen lassen sich in unsren Böden öfters feststellen: *Bacillus putrificus*, *Bac. paraputrificus*, *Paraplectrum foetidum*, hie und da auch *Bacillus Chauvoei*, *Bac. oedematis maligni* und *Bac. tetani*, drei pathogene Spaltpilzarten, welche Rauschbrand, malignes Ödem, bzw. Wundstarrkrampf erzeugen können.

Den anaeroben Zellulosevergären kommt die Fähigkeit zu, Zellulosen bei Luftabschluß zu zersezern unter vorwiegender Produktion von Buttersäure, Essigsäure, Kohlendioxyd, Wasserstoff und Methan. Das zu ihrem Nachweis geeignete Nährmedium enthält außer einer mineralischen Nährlösung reichlich Zellulosen in Form von schwedischem Filtrerpapier und daneben Kohlensäuren Kalk als Mittel zum Binden der entstehenden organischen Säuren. Um den Sauerstoffzutritt hintanzuhalten und die Entwicklung der Zellulosevergäer zu begünstigen, wird dieses Nährmaterial in Flaschen mit engem Hals gegeben und nach dem Impfen mit abgestuften Erdmengen zu 37° gestellt. Nach 10—20 Tagen trübt sich beim Vorhandensein der gesuchten Bakteriengruppen die Nährflüssigkeit, die Papierschnüsel erhalten zerfetzten Rand und werden ziemlich rasch der gänzlichen Auflösung entgegengeführt. Die einsetzende stürmische Gasbildung lässt das Aufsehen eines Gummipropfens nicht ratsam erscheinen. Das charakteristische mikroskopische Bild vermag die makroskopischen Beobachtungen über die eingetretene Zellulosezersetzung zu ergänzen. So gelingt es, *Bacillus methanigenes* und *Bac. fossicularum*, zwei solche anaerob arbeitende Zellulose zersezende Spaltpilzarten, nachzuweisen.

Die praktisch wichtigen Stickstoff fixierenden Bakterien vermögen den elementaren Stickstoff der Luft zum Körperaufbau zu verwenden. Diese Fähigkeit ist für die gesamte Lebewelt von großer Bedeutung, da nach erfolgter Bindung des freien Luftstickstoffs in der Bakterienzelle die weitere Verwendung der entstandenen Stickstoffverbindungen durch andere Lebewesen ermöglicht ist. Aus Wasser und passenden Kohlenstoffverbindungen produzieren die Zellen der Stickstoff fixierenden Bakterienarten unter Zuhilfenahme geeigneter Sulfate und Phosphate und unter Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffs Bakterien eiweiß. Damit ist der entscheidende Schritt zur weiteren Verwendung des nun gebundenen Stickstoffs der Atmosphäre durch andere Organismen getan. Die Art und Weise, wie dieser gebundene Stickstoff weiter verwendet werden kann, ist von sekundärer Bedeutung. Diese Verwendung geschieht in den einen Fällen so, daß zahlreiche niedere Tiere die Stickstoff fixierenden Spalt-

pilze als Nahrung benutzen. In andern Fällen liefern die Stickstoff bindenden Zellen nach ihrem Tode infolge Zersetzung ihrer Körpersubstanz Ammoniakverbindungen, die den höheren Pflanzen entweder direkt oder nach erfolgter Überführung in Nitrate zugute kommen. Wir haben aber noch einen dritten Fall des Auftretens Stickstoff bindender Spaltpilze zu erwähnen, denjenigen bei den Leguminosen oder Hülsenfrüchtlern, die mit solchen Stickstoff assimilierenden Bakterien eine Lebensgemeinschaft oder Symbiose eingehen. Die beiden erstgenannten Fälle der weitern Verwendung der Körper von Stickstoff fixierenden Bakterien faßt man zusammen und bezeichnet jene Spaltpilze als freilebende Stickstoff fixierende Bakterien, während die mit den Hülsenfrüchtlern symbiotisch lebende Gruppe als Knöllchenbakterien der Leguminosen bezeichnet wird, da diese Spaltpilze an den Wurzeln der genannten Pflanzen charakteristisch ausschende Knöllchen erzeugen.

Über die hohe Bedeutung der in die Art *Bacterium radicicola* zusammengefaßten Knöllchenbakterien der Leguminosen für den Stickstoffhaushalt der Natur sind wir uns rasch im klaren, wenn wir bedenken, daß durch die Tätigkeit dieser Mikroorganismen die Hülsenfrüchtler von den Stickstoffverbindungen des Bodens unabhängig werden. Während unsere sonstigen einheimischen Pflanzen die zum Körperaufbau unbedingt erforderlichen Stickstoffverbindungen in Form von Nitrat oder von Ammonosalzen dem Boden entnehmen müssen, vermögen die Leguminosen, dank der Symbiose mit dem *Bacterium radicicola*, den Luftstickstoff nach erfolgter Bindung im Wurzelnkölchen auszunutzen. Da die Hülsenfrüchtler bei uns unter den wildwachsenden Pflanzen sowohl wie unter den Kulturgewächsen zahlreiche Vertreter besitzen, gehört doch die Pflanzenfamilie der *Papilionaceen* oder *Schmetterlingsblütler* hierher, so ist uns die Wichtigkeit dieses Vorganges sofort klar.

Das Experiment wie die praktische Erfahrung lehren uns, daß die Schmetterlingsblütler, so z. B. die Kleearten auf Böden, welche alle notwendigen Pflanzennährstoffe mit Ausnahme geeigneter Stickstoffverbindungen enthalten, gut gedeihen, während Nichtleguminosen keine nennenswerte Entwicklung erfahren. Der Landwirt bezeichnet deshalb die Hülsenfrüchtler ganz richtig als Stickstoff sammelnde oder Stickstoff mehrende Pflanzen. Durch die Symbiose mit *Bacterium radicicola* vermögen die Leguminosen den Luftstickstoff nicht bloß soweit für die Produktion pflanzlicher Substanz heranzuziehen, als dies zur Erzeugung einer befriedigenden Ernte notwendig ist, sondern mit dem zurückbleibenden Wurzelwerk findet gleichzeitig eine Anreicherung des Bodens an Stickstoffverbindungen statt.

Außer den Leguminosen vermögen noch einige andere, meist ausdauernde, strauch- oder baumartige einheimische Gewächse den Luftstickstoff zu verwerten. Sie spielen zwar nicht als landwirtschaftliche Nutzpflanzen,

wohl aber als Pioniere der Kultur dadurch eine Rolle, daß sie manchen vom Menschen bis anhin noch nicht benutzten Boden an Pflanzen-nährstoffen, besonders an Stickstoff, anreichern. Zum Teil sind diese Gewächse für den Förster wichtig, wie die Erlen und die Ölweiden-ge wä chse (*Elaeagnus* und *Hippophaë*). Diese Pflanzen sind im Besitz ähnlicher, wenn auch meist viel mächtiger entwickelter und oft stark verholzter Knöllchen, in denen sich Stickstoff fixierende Mikroorganismen vorfinden, die dem *Bacterium radicicola* nahe zu stehen scheinen.

Nicht weniger wichtig als die Knöllchenbakterien der Leguminosen sind die Angehörigen der zweiten Gruppe der Stickstoff fixierenden Spalt-pilze, die freilebenden. Sie haben den Vorteil, daß sie in ihrer Tätigkeit nicht an das Wurzelwerk bestimmter Gewächse gebunden sind, sondern frei im Erdboden lebend, ihre höchst wichtige Funktion ausüben. Sie dienen entweder andern bodenbewohnenden Lebewesen zur Nahrung oder liefern nach erfolgtem Tode und der eintretenden Zersetzung ihres Körpers Pflanzen-nährstoffe, speziell Ammoniumverbindungen. Für die Versorgung unserer Wälder, Magermatten, Streuwiesen und Alpweiden spielen sie eine äußerst wichtige Rolle. Es scheint uns selbstverständlich, daß wir den genannten Pflanzenbeständen durch Wegnahme von Holz, Dürrfutter, Einstreu und Grünfutter stets Nährstoffe entnehmen, ohne sie wieder zu ersäzen. Durch das Vorwärtschreiten der Verwitterungsvorgänge im Boden ist die erneute Beschaffung von mineralischen Pflanzen-nährstoffen möglich, während die notwendigen Stickstoffverbindungen durch die Tätigkeit der freilebenden Stickstoff fixierenden Spaltipilze beschafft werden können.<sup>1</sup>

Um die Knöllchenbakterien der Leguminosen in ihren Lebens-eigentümlichkeiten studieren zu können, verwendet man nicht Boden, sondern die Wurzelknöllchen als Ausgangsmaterial, da sie sich in diesen Gebilden in großer Menge vorfinden. Zum Nachweis der freilebenden Stick-stoff Fixierenden dagegen dient der Boden als Ausgangsmaterial. Innerhalb der freilebenden Stickstoff fixierenden Spaltipilze werden unterschieden: aërope Arten, die den Stickstoff bei Sauerstoffzutritt binden und anaërope Arten, die dies nur bei mehr oder weniger gutem Sauerstoffabschluß tun.

Um die aëroben Stickstoff fixierenden Spaltipilzarten nachweisen zu können, benutzt man eine mineralische Nährlösung, die nach Zufügen von 1 % Mannit in weit ausladende Erlenmeyerkölbchen unter Watteverschluß gegeben wird. Nach erfolgtem Impfen mit Erdemulsion bildet die für uns speziell in Betracht kommende Art *Azotobacter chroo-*

<sup>1</sup> Näheres siehe in: Duggeli, M., Beitrag zur Frage über die Bedeutung der freilebenden, Stickstoff fixierenden Bodenbakterien für die Ernährung der höhern Pflanzen. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang 62 (1917), S. 394 – 422.

coccum bei 30° an der Oberfläche der Nährflüssigkeit eine erst graue, später braun werdende Decke. Neben Azotobakter entwickeln sich nicht selten verschiedene Protozoen, speziell Amöben, die Azotobakter als Nahrung benutzen und dadurch aufzehren. Die neben Azotobakter in wechselnder Menge vorkommenden andern Spaltpilze decken ihr Stickstoffbedürfnis ganz oder größtenteils aus den nach dem Tode der Azotobakterzellen entstehenden Stickstoffverbindungen. Außer durch die Deckenbildung erhalten wir von der Anwesenheit des Azotobakter auch Gewissheit durch das mikroskopische Bild und durch das Übertragen von Deckenfragmenten auf Mannitagar. Auf diesem Nährsubstrat ruft unser aërobae, Stickstoff bindende Organismus braune Beläge hervor. Der direkte Nachweis von Azotobakter im Boden durch Anlegen von quantitativ gehaltenen Gußkulturen von Mannitagar lässt nach meinen Erfahrungen weniger große Mengen der gesuchten Spaltpilzart feststellen, als bei Verwendung der elektiven Kultur mit Mannitnährösung.

Die anaeroben Stickstoff fixierenden Bakterienarten, vertreten durch *Bacillus amylobacter*, werden nachgewiesen durch eine mineralische Nährösung, der 1% Dextrose zugesetzt ist und die in Reagiergläsern nach dem Impfen mit Bodenemulsion, mit Gummistopfen verschlossen, bei sehr gehemmtem Sauerstoffzutritt zu 37° gestellt wird. Einsetzende Trübung, begleitet von Gasbildung und Buttersäuregeruch, zeigen an, daß der *Bacillus amylobacter* und seine Verwandten sich entwickeln. Durch das Anlegen von Präparaten im hängenden Tropfen und von Zuckeragar hoher Schicht Kultur, sowie durch das Weiterzüchten auf Spezialnährböden, lässt sich die Artzugehörigkeit der angereicherten Bakterien näher verfolgen.

Schließlich sei noch der Nachweis der nitrifizierenden oder salpeter bildenden Bakterien kurz beschrieben. Ihnen kommt die Fähigkeit zu, Ammoniakverbindungen in Nitrat überzuführen. Auch diese Spaltpilzgruppe ist als eine nützliche, in ihrer Tätigkeit willkommene zu bezeichnen. Immerhin ist hervorzuheben, daß das gebildete Nitrat vom Boden schlecht festgehalten wird und deshalb bei allzu intensiver Nitrifikation, infolge Auslaugens durch die Niederschlagswässer, Stickstoffverluste eintreten können. Auch ist darauf hinzuweisen, daß die nitrifizierenden Bakterien sich in und an feuchtem Mauerwerk festsetzend, Veranlassung zur Bildung des sogenannten Mauer salpeters geben, eine Erscheinung, die, sofern nicht hemmend eingeschritten wird, im Laufe der Zeit zum Morschwerden der Mauer und ihrem schließlichen Einsturz führt.

Um das Vorhandensein der nitrifizierenden Bakterien im Boden festzustellen, werden Erlenmeyerkölbchen mit einer dünnen Schicht mineralischer Nährösung versehen, der zur Säurebindung Magnesiumkarbonat zugesetzt wird, worauf das Impfen mit Bodenemulsion erfolgt.

Als Material, das nitrifiziert werden soll, kommt Ammoniumsulfat in Betracht. Die nach zwei bis vier Wochen, bei 30° einsetzende Tätigkeit der Nitrifizierenden, lässt sich mittels Diphenylamin und Schwefelsäure erkennen, indem die Nährlösung durch Blaufärbung im genannten Reagens die Anwesenheit von Nitrat anzeigt, während in den frisch mit Erdemulsion beschickten Röhlchen die Reaktion nicht eintritt, da der Salpeter fehlt.

Durch die vorstehend geschilderte Methode wird der zu untersuchende Boden geprüft auf das Vorkommen von Gelatine- und Agarplatten-, sowie in Zuckeragar höher Schicht kulturwüchsiger Keime, auf die Anwesenheit von Harnstoffvergären, Denitrifizierenden, Peptinvergären, Buttersäurebazillen, anaeroben Eiweiß- und Zellulosezersetzern, Stickstofffixierenden und Nitrifizierenden. Durch das Impfen der elektiv wirkenden Nährsubstrate mit geeignet erscheinenden Mengen von Bodenemulsion werden Anhaltspunkte über die Menge der vorhandenen, spezifisch arbeitenden Bakterien gewonnen. Es ist ohne weiteres selbstverständlich, daß noch mehr elektiv wirkende Nährsubstrate in den Dienst der bakteriologischen Bodenuntersuchung gestellt werden könnten. Dadurch würde der Einblick in die von den Mikroorganismen des Bodens ausgelösten und durchgeführten Zersetzung- und Umsetzungsprozesse vertieft.

Mit Hilfe dieser Untersuchungsmethode prüfe ich 10 Nadelwald- und 9 Laubwaldböden verschiedener Herkunft auf nachweisbare Mikroorganismen.

Bevor auf die in Tabellenform zusammengestellten Prüfungsergebnisse hingewiesen sei, will ich kurze Angaben über die Herkunft und die bodenkundliche Charakterisierung der Erdproben vorausschicken.

N 1. Dichter Fichtenbestand von Dreiwiesen, Zürichberg. Boden dicht bei einem 20 cm Durchmesser aufweisenden Stamm entnommen. Ein gelbbrauner, humushaltiger, tonreicher, kalkfreier Lehm, von wenig Pflanzenwurzeln durchsetzt.

N 2. Gleiche Örtlichkeit. Die Bodenprobe wurde aber in der Mitte zwischen vier 20 cm Durchmesser aufweisenden Stämmen entnommen. Gleicher Bodentypus, aber etwas humusärmer und von zahlreichen Pflanzenwurzeln durchwachsen.

N 3. Waldgarten Dreiwiesen, Zürichberg. Die Entnahmestelle ist mit jungen Fichten besetzt. Ein gelber, schwach humushaltiger, kalkfreier Tonboden, von wenig Pflanzenwurzeln durchzogen.

N 4. Gleiche Örtlichkeit, aber mit jungen Lärchen besetzt. Ein gelbbrauner humushaltiger, tonreicher, kalkfreier Lehmboden, mit ziemlich vielen Pflanzenwurzeln.

N 5. Dichter Fichtenbestand nordwestlich der sogenannten Batterie, Zürichberg. Boden dicht bei einem 20 cm Durchmesser besitzenden Stamm

entnommen. Ein graugelber, mittleren Tongehalt aufweisender, stein- und humushaltiger, kalkfreier Lehmboden, von wenig Pflanzenwurzeln durchsetzt.

N 6. Gleiche Örtlichkeit, aber die Bodenprobe wurde in der Mitte zwischen vier 20 cm Durchmesser besitzenden Stämmen enthoben. Ein graugelber, schwach humus- und kalkhaltiger, steinreicher, mittleren Tongehalt aufweisender, von zahlreichen Pflanzenwurzeln durchzogener Lehmboden.

N 7. Waldlichtung in einem Fichtenbestand bei Schönenwerd (Kanton Solothurn). Der Boden ist mit Gräsern und Brombeeren bedeckt und in unregelmäßigen Entfernungungen mit jungen Rot- und Weißtannen im Alter von 1—10 Jahren besetzt. Ein gelbbrauner, mäßig Ton enthaltender, humusarmer, kalkfreier Lehmboden.

N 8. Dichter, 15—20 jähriger Fichtenbestand in Schönenwerd (Kanton Solothurn). Brauner, humusreicher, kalkfreier, mittleren Tongehalt aufweisender Lehmboden.

N 9. Dicht stehender 8—10 jähriger Weißtannenbestand von Schönenwerd (Kanton Solothurn). Graugelbbrauner, humushaltiger, kalkführender, ziemlich schwerer Lehmboden.

N 10. Dichter Fichtenbestand am Rotsee bei Luzern. Die Probe wurde zwischen den je circa 20 cm Durchmesser aufweisenden Stämmen enthoben. Ein brauner, humusreicher, steinhaltiger, kalkfreier, leichter Lehmboden.

L 1. Ungefähr 300 m<sup>2</sup> messende Schneedruckstelle im Fichtenwald von Dreiwiesen, Zürichberg, mit jungen Buchen und Weißtannen bepflanzt. Zwischen den Pflanzlingen findet sich ein dichter Bestand von Gräsern und Brombeeren. Ein gelber, kalkfreier, schwerer Lehmboden, der zuoberst eine 3 cm mächtige, braune, humusreiche Schicht trägt.

L 2. Reiner Buchenbestand von Dreiwiesen, Zürichberg. Die 25—30 cm Durchmesser aufweisenden Buchenstämme sind licht gestellt, so daß sich eine dichte Bodendecke von Seggen, Waldmeister und Brombeeren bilden konnte. Ein gelber, humushaltiger, kalkfreier Tonboden.

L 3. Die Probeentnahmestelle zeigt gleiche Verhältnisse wie bei L 2 und ist ungefähr 30 m davon entfernt.

L 4 Mischwald nordwestlich der sogenannten Batterie am Zürichberg. Der Bestand setzt sich zusammen aus circa  $\frac{2}{3}$  Laubholz (Buchen von 15—20 cm Durchmesser) und  $\frac{1}{3}$  Nadelholz (Lärchen und Föhren von 20—30 cm Durchmesser). Eine beinahe geschlossene Decke von Seggen, Windröschen und Waldmeister überzieht den Boden. Es ist ein graugelber, humushaltiger, steinreicher, kalkfreier leichter Lehmboden, von Pflanzenwurzeln durchzogen und oben eine 2 cm mächtige, humusreichere Schicht tragend.

L 5. Reiner Buchenbestand nordwestlich der sogenannten Batterie am Zürichberg. Das Alter der Buchen und die Bodendecke entsprechen den Verhältnissen von L 4. Der Boden ist ein graubrauner,

humushaltiger, sehr steinreicher, kalkfreier, tonarmer Lehmb, von vielen Pflanzenwurzeln durchsetzt; oben findet sich eine zirka 1 cm mächtige humusreiche Schicht.

L 6. Reiner Buchenbestand bei der Batterie am Zürichberg. Die Bäume haben 25—35 cm Durchmesser. Die dicht stehende Bodendecke setzt sich zusammen aus jungen Buchen, Windröschen, Seggen und Waldmeister. Der Boden ist ein graubrauner, humushaltiger, tonreicher, kalkfreier Lehmb.

L 7. 15—20 jähriger Mischwald von Buchen, Fichten und Föhren in Schönenwerd (Kanton Solothurn). Die drei Holzarten kommen im Mischungsverhältnis 2 : 1 : 1 vor. Es ist ein graubrauner, humushaltiger, steinreicher, tonarmer Lehmb.

L 8. 30—35 jähriger dichter Buchenwald von Schönenwerd (Kanton Solothurn). Ein graugelber, humushaltiger, kalkreicher Lehmb, dicht von Pflanzenwurzeln durchzogen.

L 9. Licher Buchenwald am Rotsee bei Luzern. Die von vielen Pflanzenwurzeln durchsetzte Erdprobe wurde zwischen den 35—40 cm Stammdurchmesser aufweisenden Bäumen entnommen. Es ist ein graubrauner, schwach kalkhaltiger, humus- und steinreicher, mittleren Tongehalt aufweisender Lehmboden.

(Schluß folgt.)

## Über die Anpassung der Betriebseinrichtung an die heutigen waldbaulichen Verhältnisse.

Vortrag, gehalten anlässlich des forstlichen Fortbildungskurses in Zürich,  
am 8. März 1923, von Prof. Dr. Hermann Knuebel.

(Schluß.)

### V.

Nachdem ich in den ersten vier Abschnitten die Fehler und Mängel der alten Einrichtungsmethoden beleuchtet und die Umrisse eines auf den heutigen waldbaulichen Zuständen aufgebauten Verfahrens angedeutet habe, bleibt mir noch übrig, die wichtigsten Punkte einer neuen Ordnung im Zusammenhang zu erläutern.

Revolutionen stehen zwar heute schlecht im Kurs. Dennoch wage ich zu behaupten, daß die in den letzten Jahrzehnten durch allmähliche Entwicklung erzielten Fortschritte auf dem Gebiete des Waldbaus eine Revolution auf dem Gebiete des Einrichtungswesens notwendig machen. Die Einrichtungsverfahren, welche in Form von Vorschriften festgelegt sind, lassen sich nämlich nicht allmählich abändern, wie die Waldbilder, namentlich dann nicht, wenn die Grundlage, auf der sie aufgebaut sind, ins Wanken geraten ist. Die Änderungen der Vorschriften vollziehen sich vielmehr rückweise und es ist gut, wenn sie nicht allzu häufig stattfinden müssen.