Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal =

Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 74 (1923)

Heft: 10

Artikel: Die Bakterien des Waldbodens

Autor: Düggeli, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765753

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: 17.10.2025

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

- 5. Teilung der Lehrpragis in dem Sinne, daß eine halbjährige bis einjährige Pragis nach dem vierten Studiensemester resp. nach der zweiten Übergangsdipsomprüfung eingeschoben wird.
- 6. Herbeiziehung der Kommission für die praktische Staatsprüfung zur Schlußdiplomprüfung, bzw. theoretischen Staatsprüfung, in konsulativem Sinne.
- 7. Errichtung eines geeigneten Lehrreviers.

Die Bakterien des Waldbodens. 1

Bon Brof. Dr. M. Düggeli, Bürich.

Der Anfang und das Ende des Kreislaufes unserer Stoffe in der Natur liegen im Boden. Dem Leben, das wir in seinen mannigsaltigen Erscheinungen und Formen auf dem Boden bewundern, entspricht ein ebenso reiches Leben im Bodeninnern. Während aber das Leben auf dem Boden vorwiegend durch aufbauende Prozesse gekennzeichnet ist, betätigen sich die Lebewesen im Boden vorherrschend mit Abbauvorgängen. Die grüne Pflanze, die an der Erdobersläche wächst, vermag aus Wasser, Mineralstoffen und dem Kohlendioryd der Luft, unter Zuhilfenahme der Energie der Sonnenstrahlen, jene mannigsaltigen Stoffe zu produzieren, welche den Körper der höhern Gewächse bilden. Die erdrückende Mehrzahl der Lebewesen, die im Boden ihr Dasein fristen, verzehren und zersiehen jene Stoffe, die nach dem Tode der Tiere und der Pflanzen dem Schoß der Mutter Erde überantwortet werden.

Unsere Böden sind eine eigentliche Brutstätte für zahlreiche Mikrosorganismen. Diese unentbehrlichen Zersetzungsvorgänge, die sich in den Böden abspielen, sind vorherrschend an die Lebenstätigkeit der sich hier vorfindenden, einsach gebauten Organismen gebunden. Die meist mikrostopisch kleinen Bodenbewohner rekrutieren sich aus niedrig organissierten Tieren und Pflanzen. Sie umfassen Protozoen, Algen, Fadenpilze und Bakterien.

Die Bedeutung der Tätigkeit der Mikroorganismen für die Produktion pflanzlicher Substanz geht aus solgender Überlegung hervor. Die von uns mit Recht so hoch eingeschätzte Fruchtbarkeit eines Bodens wird bedingt durch die beiden Faktoren Reichtum und Tätigkeit. Dabei verstehen wir unter Reichtum des Bodens den Gesamtvorrat an Substanzen, welche für die Ernährung der höheren Gewächse bedeutungsvoll sind. Die chemische Analyse des Bodens gibt uns Anhaltspunkte über diese erste Bedingung für die Fruchtbarkeit. Unter der Tätigkeit verstehen wir die Gesamtheit jener Vorgänge, welche die im Boden ent-

¹ Nach einem im forstlichen Vortragszyklus am 5. März 1923 gehaltenen Vortrage.

haltenen Stoffe, also den Reichtum, der Pflanze zugänglich machen, ihn gewissermaßen vermitteln. Die Prüfung des Bodens auf vorhandene Mikrovrganismen, speziell auf anwesende Bakterien oder Spaltpilze
gibt uns Anhaltspunkte über diese zweite Bedingung für die Bodenfruchtbarkeit. Die Fruchtbarkeit eines Bodens wird deshalb nicht nur bedingt
durch seine chemischen und physikalischen, sondern ebensosehr durch
seine biologischen Eigenschaften. Von der Bedeutung der rastlosen Tätigkeit dieser Mikroslora können wir uns ein Bild machen, wenn
wir diese niedern Lebewesen durch Giste vernichten — ein mehr oder
weniger beträchtlicher Ernteausfall wird die Antwort auf diesen Eingriff
in die Lebewelt des Bodens sein.

Die Bedeutung der Tätigkeit der Bodenorganismen ist dem Forstmann auch aus seiner praktischen Ersahrung zur Genüge bekannt. Die Pflanzenreste, die in Form von Laubblättern, Nadeln, Zweigen, abgestoßener Borke oder in anderer Form auf die Obersläche des Waldbodens gelangen, müssen eine Zersetzung ersahren. Diese Reste sind als solche keine direkt verwendbaren Pflanzennährstosse, sondern erst durch den einsetzenden Abbau werden erneut verwendungsfähige Verbindungen gebildet. Findet diese wünschenswerte Zersetzung nicht innert nüplicher Frist statt, so entsteht eine schädlich wirkende Anhäusung von Pflanzenund Tierresten. Ist die Tätigkeit der Mikroorganismen durch natürliche oder durch künstlich vom Menschen herbeigeführte Umstände gehemmt, ja vielleicht gänzlich unterbunden oder wird die Zersetzung der Stosse in abnormale Bahnen gedrängt, dann entstehen ruinös wirkende Anhäussungen organischer Stosse. Von solchen satalen Bildungen sei hier nur die in der Forstwirtschaft gefürchtete Entstehung von Rohhumus erwähnt.

An Hand solcher Überlegungen machen wir uns ein richtiges Bild von der Bedeutung der Tätigkeit dieser Lebewesen des Bodens. Wären diese Organismen nicht ständig an der Arbeit, so müßte die Erdoberfläche schon längst ein großes Leichenfeld darstellen, auf welchem die Nachkommen früherer Generationen infolge Mangel an Platz und passenden Nährstoffen ein wenig beneidenswertes Dasein fristen würden, sosern ihre Existenz nicht gänzlich verunmöglicht wäre. Durch die rastlose Arbeit der niedern Lebewesen des Bodens, die weder den Achtstundens noch den Feiertag kennen, die auch nicht ferienbedürftig sind, werden die Tiersund Pflanzenreste normalerweise vorweg beseitigt und die darin enthalstenen Stoffe dem Kreislauf wieder zugeführt.

Unter den bodenbewohnenden Mikroorganismen sind, wie wir noch vernehmen werden, die Bakterien zwar die kleinsten, bekannten Lebe- wesen, dabei aber die zahlreichsten. Dank ihrer sehr bescheidenen Dimensionen besitzen sie im Verhältnis zum Zellinhalt eine bedeutende Körper- oberfläche, ein Umstand, der für die rasche Durchführung chemischer Prozesse von großer Bedeutung ist. Ausgeführte Versuche ergaben, daß

ein Gewichtsteil lebende Bakterienmasse innerhalb weniger Stunden das Hundert- bis Tausendsache des eigenen Körpergewichtes an Harnstoff, an Zucker und andern Stoffen umzusehen vermag. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes ist es verständlich, daß die winzigen Bakterien im Boden unter den Mikroorganismen die Hauptrolle spielen.

Wie aus den spätern Angaben ersichtlich ist, können in fruchtbaren Böden nicht selten zehn Millionen Bakterien pro Gramm seuchte Erde nachgewiesen werden. Bei der Berücksichtigung solcher Jahlen machen wir uns leicht die falsche Vorstellung, daß ein wesentlicher Teil des Bodens aus Bakterien bestehe. Wir müssen dann aber beim direkten mikrostopischen Betrachten eines solchen bakterienreichen Bodens, trot Inanspruchnahme von tausendsacher und noch stärkerer Vergrößerung zu unserm Erstaunen sessstellen, daß neben den übrigen Bodenbestandteilen nur vereinzelte Spaltpilze sichtbar werden. Dieser scheinbare Widerspruch, daß trot hohen Bakteriengehaltes beim Mikrostopieren des Vodens nur wenige Spaltpilze zu sehen sind, ist durch die kaum vorstellbare Winzigkeit der Bakterien erklärlich. Wir wollen versuchen, an einem Beispiele die Vershältnisse klarzulegen.

Angenommen, der Boden eines freudig wachsenden Laubwaldes enthalte pro Gramm feuchte Substanz zehn Millionen Bakterien. Wir wollen fernerhin voraussehen, daß die Bakterienzellen im Durchschnitt einem Würfel von ½1000 mm Kantenlänge entsprechen, eine Annahme, die der Wirklichkeit einigermaßen nahe kommen dürfte. Es hätten unter dieser Voraussehung bezüglich Körpergröße eine Milliarde Vakterienzellen in einem Würfel von einem Kubikmillimeter Plat. Die zehn Millionen Vakterien pro Gramm Boden würden also in einem Hundertstel Kubikmillimeter Unterkunft sinden. Ein Gramm feuchter Boden beansprucht ungefähr 300 Kubikmillimeter Plat. Es besteht das zehn Millionen Vakterien enthaltende Gramm Boden auß 29 999 Volumteilen Boden und nur einem Volumteil Bakterien.

Ühnlich gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir statt der Volum – die Gewichtsverhältnisse von Boden und darin reichlich enthaltenen Spaltpilzen in Rechnung stellen. Auch diese Beziehungen sollen an einem Beispiele erörtert werden. Angenommen, eine Laubwalderde enthalte bis zu 30 cm Tiese einen durchschnittlichen Bakteriengehalt von zehn Millionen pro Gramm seuchten Bodens. Das Gewicht dieser 30 cm mächtigen Bodenschicht dürsen wir pro Juchart auf 1 700 000 kg schäßen. Nehmen wir an, daß 1000 Millionen Bakterien rund ein Milligramm wiegen, so wäre das Gewicht der pro Juchart Laubwalderde sich vorsindenden Bakterien auf rund 34 kg pro 1 700 000 kg Erde zu schäßen. Bei Berücksichtigung solcher Verhältniszahlen ist es verständlich, daß beim direkten Mikroskopieren des Bodens die Bakterien nicht in Masse zu sehen sind, auch dann nicht, wenn ihre Zahl eine sehr stattliche ist.

Die gründliche Erforschung der Bakterienflora des Bodens als des einen die Fruchtbarkeit bedingenden Faktors, ist für die Wissenschaft wie für die Praxis gleich nutbringend.

Was für Methoden stehen uns heute zur Verfügung, um die Bakterienslora eines Bodens studieren zu können? Da muß leider gesagt werden, daß die heutigen bakteriologischen Untersuchungsmethoden nicht gestatten, einen sichern und erschöpfenden Einblick in den Fruchtbarkeitssgrad eines vorliegenden Bodens zu gewinnen. Drei verschiedene Wege können eingeschlagen werden, um die im Boden enthaltenen Mikroorganismen in ihrer Lebenstätigkeit zu verfolgen, nämlich: Das direkte Mikroskopieren, die mehrfache chemische Analyse der unter bestimmten Verhältnissen gehaltenen Bodenproben und das Kultursversaug, obwohl zuzugeben ist, daß auch die zweite Methode wertvolle Resultate ergeben kann.

Das direkte Mikroskopieren des Bodens wird unbefriedigende Resultate geben müssen, da, wie wir oben ausführten, auch in einem bakterienreichen Boden die Spaltpilze nur einen verschwindend kleinen Bruchteil des Gesamtvolumens des Bodens ausmachen. Beim Mikrostopieren des in sterisem Wasser aufgeschwemmten Bodens stören die toten Bodenbestandteile anorganischer und organischer Natur, so daß bei der Anwendung starker Vergrößerungen auch in bakteriologisch verschieden zusammengesetzten Böden mikroskopisch kaum nennenswerte Unterschiede feststellbar sind. Zudem können wir mit Hilfe des Mikroskopes nur die Form der im Boden vorhandenen Bakterien konstatieren, ohne über ihre Lebenseigentümlichkeiten Anhaltspunkte zu gewinnen. aber für die Spaltpilze charakteristisch, daß sie morphologisch sehr einfach und einförmig gebaut sind, trotdem aber in ihrer Biologie große Unterschiede zeigen. Das Mikroskopieren führt deshalb günstigsten Falles zur Feststellung, daß im Boden kugelige, zhlindrische oder schraubenförmige Spaltpilze mehr oder weniger reichlich vertreten seien; über ihre Lebens= tätigkeit, die praktisch das Maßgebende darstellt, erfahren wir aber nichts. Jeder, der sich mit der Mikroflora des Bodens beschäftigt, weiß aber schon längst, daß unter den Bodenbakterien die zylindrischen Formen die weit vorherrschenden sind.

Bedeutend besser ist der zweite erwähnte Weg, die mehrsache chemische Analyse der unter bestimmten Verhältnissen gehaltenen Bodenproben, um einen Einblick in die Tätigkeit der Mikroslora eines Bodens
zu erhalten. Wir geben bestimmte Mengen des zu untersuchenden Bodens
in Nährlösungen von bekannter Zusammensehung und stellen die chemischen Veränderungen, welche die Nährslüssigkeit unter dem Einfluß der Mikroflora des Bodens erseidet, quantitativ sest. Auf diese Weise wird beispielsweise die sogenannte Fäulniskraft eines Bodens festgestellt. Eine

Nährlösung mit bekanntem Peptongehalt wird in genau abgemessenen Mengen in eine Serie von Erlenmenerkölbehen abgefüllt, dort mit einer bestimmten Menge des zu prufenden Bodens versetzt und dann in den Brutschrank zu solchen Temperaturgraden gegeben, welche für die peptonzersetzenden Mikroorganismen des Bodens günstig sind. Die mit dem eingeimpften Boden in die Nährlösung gelangenden peptonabbauenden Spaltpilze werden ihre Tätigkeit entfalten und mit der Überführung des Beptons in Ammoniakverbindungen beginnen. Unterwerfen wir die Verjuchskölbehen nach bestimmten Zeitintervallen der Brüfung auf Ammoniakverbindungen, so erhalten wir einen Einblick in die sogenannte Fäulnisfraft des Bodens. Entsprechend können wir auf andere bakteriologische "Kräfte" des Bodens prüfen, indem wir andere Nährlösungen und Versuchsbedingungen in den Dienst der bakteriologischen Bodenuntersuchung stellen. Bei den so erhaltenen Untersuchungsresultaten ist aber zu beachten, daß sie nicht unter den natürlichen Verhältnissen des Bodens gewonnen wurden, sondern unter den ausgewählten fünstlichen Versuchsbedingungen. Aus diesem Grunde sind die gewonnenen Prüfungsresultate nur mit Borbehalt für die richtige Einschätzung der wirklichen bakteriologischen Eigentümlichkeiten unseres Bodens verwendbar.

Um die Mikroflora eines Bodens zu studieren, können wir ein drittes Versahren anwenden, die Kulturmethode. Wir stellen bei dieser Untersuchungsmethode den Bakterien passende seste und flüssige Nährsubstrate zur Versügung, auf oder in denen sie sich entwickeln können. Ze nach dem eingeschlagenen Vorgehen halten wir bei der Kulturmethode auseinander: Das Verdünnungsverfahren und die elektive Mesthode. Da die später angeführten, bei verschiedenen Böden gefundenen bakteriologischen Verhältnisse mit Hilse der Kulturmethode eruiert wurden, so wollen wir das Verdünnungsversahren und die elektive Methode in ihren Grundlagen kurz beschreiben.

Beim Verdünnung der Keimmengen in den zu untersuchenden Stoffen oft Verwendung findet, wird eine bestimmte Menge der zu prüsenden Substanz, in unserm Falle einige Gramm Boden, abgewogen und mit einer bestimmten Menge sterilisierten Wassers solange bearbeitet, bis eine gut durchmischte Emulsion vorliegt. In manchen Laboratorien wird zu diesem Zwecke die Erde mit Wasser in einem geräumigen sterilisierten Glaskolben trästig geschüttelt, während in andern ein Zerreiben im ausstambierten Tiegel, unter Zuhilsenahme von sterilisiertem Wasser, bevorzugt wird. Um Zufälligkeiten zu vermeiden, ist es empsehlenswert, nicht zu kleine, sondern größere Erdmengen in den Dienst der bakteriologischen Untersuchung zu stellen. Um zuverlässige Resultate zu erhalten, wird die zu untersuchende Erde mittelst Spatel auf dem Felde in Form eines Zhelinders von ungefähr 10 cm Durchmesser und 15 cm Höhe enthoben,

in Pergamentpapier gehüllt und bald nach der Probeentnahme im Laboratorium der Untersuchung unterworfen. Durch Verdünnung dieser Erdemulsion mit bestimmten Mengen sterilen Wassers erhält man im Kubikzentimeter Erdausschwemmung dezimal abgestufte Erdmengen (z. B. ½/100,
½/1000, ½/10 000 usw. Gramm Boden), die in passende Nährsubstrate gebracht werden können. Diese Nährsubstrate sind bei Zimmertemperatur
entweder sest, gehören mithin zu den eigentlichen Nährböden oder sie sind
z. B. die vielverwendeten Gelatine- und Agar-Nährböden oder sie sind
dauernd slüssig, das sind die Nährslüssigkeiten.

Bevor die Nährböden mit Erdemulsion von bestimmter Konzentration versett werden können, mussen wir sie vorübergehend flüssig machen, was durch Einstellen in ein Warmwasserbad von 30° bei Gelatinesubstraten und durch Siedetemperatur bei Agarnährböden erreicht werden kann. Bei lettern ist vor dem Zufügen der Erdemulsionen ein Abkühlen auf $40-42^{\circ}$ C notwendig, um die eingefäeten Bakterienzellen durch die hohe Temperatur nicht zu schädigen. Die passend erscheinenden Erdemussionen (bei der Untersuchung von Waldböden wählt man 1/1000, 1/10 000 und 1/100 000 g Erde) werden mittelst steriler Pipette entweder in das in Reagensgläsern enthaltene Nährsubstrat (Gelatine oder Agar) gebracht und dann in sterile Betrischalen gegossen oder in bereit gehaltene sterilisierte Glasdosen, sogenannte Petrischalen gegeben und dann das Nährsubstrat zugefügt. In beiden Fällen muß der Nährboden mit der zugefügten Erdemulfion gründlich vermischt werden. Dies ist unerläßlich, damit die Bakterienzellen im Nährsubstrat gleichmäßige Verteilung erfahren. Durch Stellen der beschickten Petrischale auf eine kalte Unterlage (meist verwendet man einen sogenannten Plattengiegapparat) wird der mit Erdemulfion versehene und vermischte, noch flüssige Rährboden zum Erstarren gebracht. Durch das Erstarren werden die Bakterienzellen im Nährsubstrat fixiert und werden sich, sofern ihnen geeignete Existenzbedingungen geboten sind, vermehren. Der einzelne, mit der Erdemulsion ausgesäcte Reim bildet meist nach zwei bis sieben Tagen auf dem festen Nährsubstrat eine Kolonie. Aus der Zahl und der Art der angegangenen Kolonien können wir Rückschlüsse ziehen auf die Zahl und die Art der Bakterien in der eingesäeten Erdmenge.

Auf diese Weise werden die später angeführten Keimmengen, die als "auf Gelatineplatten wachsend" und "auf Agarplatten gedeihend" bezeichnet werden, festgestellt. Es ist einleuchtend, daß durch dieses Anlegen von Gelatines und Agarplattenkulturen oder Gußkulturen von Nährgelatine und Nähragar, wie sie auch genannt werden, noch nicht alle im Boden vorkommenden Bakterien nachweisbar sind. Nur jene Arten, die auf diesen Kulturen ihr Auskommen finden, werden zur Kolonies bildung schreiten und entsprechend zum Nachweis gelangen, also dies jenigen, die sich beim Lustzutritt, bei der Zimmertemperatur der Gelatines

platten oder bei den 30° der Agarkulturen auf den Substraten Nährsgelatine bzw. Nähragar zu entwickeln vermögen. Um auch den ausschließslich oder mit Vorliebe bei Luftabschluß gedeihenden Bakterienarten des Bodens Gelegenheit zum Wachstum zu bieten, werden sogen. hohe Schichtkulturen von Zuckeragar angelegt, wobei das mit Bakterien insisierte Nährsubstrat nicht in dünner Schicht, wie bei der Plattenkultur, sondern in Zylindersorm erstarrt und so den Bakterien Gelegenheit bietet, bei 37° anaerobes Wachstum zu entfalten.

Einfacher als die Verwendung von Nährböden gestaltet sich die Answendung von Nährflüssigkeiten mit verschiedener chemischer Zusammensetzung. Wir bringen die geeignet erscheinenden Bodenemulsionen mittelst steriler Pipetten in die vielsach in Reagiergläser oder in Erlenmeherkölden eingeschlossenen sterilisierten Nährlösungen und stellen zu günstigen Temperaturgraden. Die eingeimpsten Bakterien bedingen in den Nährslüssigkeiten vielsach charakteristische Veränderungen, aus denen die Zugehörigkeit der tätigen Spaltpilze zu bestimmten physiologischen Gruppen oft erkennbar ist.

Das Prinzip der elektiven Kultur besteht darin, daß in einem bunten Bakteriengemisch, wie es der Erdboden enthält, entweder eine einzige oder doch nur wenige Bakterienarten von ähnlicher physiologischer Tätigkeit nachgewiesen werden. Es gelingt dies durch die Anwendung solcher Züchtungsbedingungen, welche die gewünschte Spezies in dem Maße begünstigen und bevorzugen, wie die andern unerwünschten begleitenden Arten benachteiligt werden. Dadurch wird die eine nachzuweisende Art oder Gruppe dominierend und vollführt vielsach charakteristische Umsetzungen. Auf solchen Anhäufungsversuchen baut sich ein großer Teil unserer Kenntnisse über die im Boden vorkommenden und in charakteristischer Weise kätigen Arten von Mikroprganismen auf.

Die Kombination der Verdünnungsmethode mit der elektiven Kultur erlaubt sowohl in einem Boden die Arten, wie die annähernden Mengen der bekannten, ihn bewohnenden Spaltpilze sestzustellen. Die Resultate werden um so zuverlässiger sein, eine je größere Zahl elektiv wirkender Nährsubstrate wir verwenden und dabei bestrebt sind, durch mehrere parallele Kontrolluntersuchungen Zufälligkeiten mögslichst auszuschalten. Durch die chemische Untersuchung der angegangenen Kulturen lassen sich außerdem Anhaltspunkte über die Leistungsfähigkeit der Bodenbewohner gewinnen. Dieser Umstand ist für die Wirksamkeit der im Boden vorhandenen Mikroorganismen bedeutungsvoll, da ersahrungsgemäß diese Leistungsfähigkeit ganz bedeutenden Schwankungen unterworsen ist.

Diese von mir ausgearbeitete und schon oft verwendete bakteriologische Untersuchungsmethode gewährt hübsche Einblicke in das vielseitige Bakterienleben unserer Böden. Wir werden uns von vornherein darüber klar sein, daß die Bakterienflora eines Bodens sehr artenreich ist, da eine Unsumme von Zersetzungs- und Umsetzungsprozessen ausgelöst werden muß und die Lebensbedingungen innerhalb Jahresfrist starken Veränderungen unterworfen sind. Vergleichen wir die Mikrofloren solcher Böden, die mit verschiedenen Kulturpflanzen bestellt sind und deshalb in Bearbeitung und Düngung große Differenzen zeigen, oder ziehen wir zum Vergleich verschiedene Bodentypen heran, so werden wir nicht erstaunt sein, hinsichtlich Zahl und Art der bodenbewohnenden Bakterien bedeutende Unterschiede feststellen zu können.

Die Kombination der Verdünnungsmethode mit der elektiven Kultur sei im folgenden stizziert. Um mich kurz sassen zu können, verweise ich auf die später angeführten Tabellen 2 und 3. Diese Übersichten enthalten die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von 10 Bodenproben aus verschiedenen Nadelholz- und 9 Bodenproben aus Laubholzbeständen. Sie wurde im Januar/Februar 1923 ausgeführt. Auf die erzielten Restultate werde ich später eintreten.

Da für die Entwicklung der Bakterien im Boden die Korngröße der Bodenbestandteile schon aus dem Grunde wichtig sein dürfte, weil die Durchlüftungs- und Wärmeverhältnisse, sowie der Wasserhaushalt des Bodens davon makaebend beeinflukt werden, so wurden die Bodenproben der bekannten Schlämm-Methode oder dem Spülverfahren von Ropecky unterworfen. Der lufttrocken gemachte Boden wird durch ein Sieb von 2 mm Maschenweite gegeben und dadurch der Gehalt an Feinerde einerseits und derjenige an Steinen und Pflanzen-, sowie Tierresten anderseits bestimmt. 50 g Feinerde werden mit Wasser gekocht und nach längerem Stehenlassen in den Spülapparat von Kopecky gegeben. Dieser Apparat besteht aus drei miteinander verbundenen Glazzylindern mit verschiedenem Durchmesser, die von einem Wasserstrom von bestimmtem, aleichbleibendem Druck durchflossen werden. Durch diese spülende Tätigkeit des Wassers wird die Feinerde in vier Fraktionen von verschiedener Korngröße zerlegt. Im engsten Glaszylinder bleiben die Bodenbestandteile von 0,1—0,2 mm Durchmesser liegen; im mittleren Zylinder sammeln sich dagegen die Bodenteile von 0,05-0,1 mm Korngröße. Im weitesten Glasgefäß werden jene Bodenkonstituenten angehäuft, die 0,01 — 0,05 mm Durchmesser aufweisen, während die Fragmente unter 0,01 mm Korngröße fortgespült werden. Unter Zuhilfenahme des Schlämmapparates von Kopecky läßt sich also der Gehalt des Bodens an Steinen und an den vier Kopeckyschen Fraktionen (Korngrößen unter 0,01, 0,01—0,05, 0,05—0,1 und 0,1—0,2 mm) bestimmen. Die bei 10 Nadelwald- und 9 Laubwaldböden erzielten Resultate sind in Tabelle 1 (siehe hinten) zusammengestellt.

¹ Näheres siehe in: Kopecky, Die Bodenuntersuchung zum Zwecke der Drainagearbeiten, Prag 1901.

In den die bakteriologischen Untersuchungsresultate enthaltenden Tabellen 2 und 3 ist die erste Kolonne überschrieben mit: Reaktion, Wasser, Kalk- und Humusgehalt, sowie Spaltpilzgruppen. Von dem Gedanken ausgehend, daß die Mikroslora des Bodens wesentlich beeinflußt werde von der Reaktion und vom Wasser, Kalk- und Humusgehalt, bestimmte ich von jeder zu untersuchenden Erdprobe diese vier Größen.

Die erste Zeile gibt Anhaltspunkte über die Reaktion der Bodensprobe, bestimmt nach der Methode Hasenbäumer. Wer je Bakterien zu züchten versuchte, weiß, welche wichtige Rolle die Reaktion der Umsgebung in der Entwicklung der Spaltpilze spielt. Die erdrückende Mehrsahl der bekannt gewordenen Spaltpilzarten bevorzugt neutrale oder schwach alkalische Reaktionen im Entwicklungsmaterial. Bescheiden ist die Zahl der Spezies, welche saure Reaktion gut ertragen oder gar verslangen.

Zum Feststellen des Wassergehaltes in Prozent der seuchten Erde wird eine zirka 100 g betragende Menge frischen Bodens in eine abgewogene Papierdüte gegeben und bis zum Erzielen konstanten Ge-wichtes über konzentrierter Schwefelsäure ausbewahrt. Der erhaltene Ge-wichtsverlust läßt den Wassergehalt leicht berechnen. Die Bestimmung des Wassergehaltes in den bakteriologisch zu charakterisierenden Böden läßt sich schon aus dem Grunde nicht umgehen, da diese Größe in kürzester Zeit starken Schwankungen unterworfen ist. Es werden deshalb die in verschiedenen Bodentypen nachgewiesenen Bakterienmengen vielsach zu Vergleichszwecken auf das Gramm trockenen Bodens umgerechnet.

Den prozentualen Gehalt an kohlensaurem Kalk bestimme ich so, daß 5—10 g lufttrockene, pulverisierte Erde im Erlenmeyerköldchen mit verdünnter Salzsäure behandelt, bei Vorhandensein von Kalziumstarbonat einen Gewichtsverlust erleiden, da Kohlendiozid entweicht. Die Höhe dieses Gewichtsverlustes läßt die prozentuale Menge des vorhandenen kohlensauren Kalkes im Voden berechnen. (Näheres siehe: A. Noswacki, Praktische Vodenkunde, Vand 81 der Thaerbibliothek, 5. Auslage, Paren, Verlin, 1910, S. 136—139).

Der Humusgehalt des Bodens ist für das Leben vieler Boden bewohnender Mitroorganismen von größter Bedeutung. Der Humus als Gesamtheit aller pflanzlichen und tierischen Reste, die im Boden in Abbau begriffen sind, ist besonders wichtig für die saprophytisch lebenden Spaltpilze. Die kompliziert zusammengesetzten Stoffe sind sür diese Arten als Nährstoff- und Energielieseranten wichtig. Aber auch andere Bakterienarten werden in ihrer Entwicklung durch den Humusgehalt wessentlich beeinflußt. Zur Bestimmung des Humusgehaltes im Boden wurde

¹ Hasenbäumer, J.: Die Bestimmung des Säuregrades bezw. der Reaktion der Kulturböden. "Deutsche Landwirtschaftliche Presse", Jahrg. 48, 1921, Nr. 35, S. 268.

eine nur Annäherungswerte liefernde Methode verwendet, da sich aus dem beim Glühen des Bodens eintretenden Gewichtsverlust unter Berücksichtigung des Gehaltes an kohlensaurem Kalk und Ton der annähernde Humusgehalt berechnen läßt.

Was die bakteriologische Untersuchung selbst betrifft. 1 so werden sowohl quantitative Gußtulturen mit Nährgelatine bei 20°, wie mit Nähragar bei 30° angelegt, die den Gehalt des Bodens an den auf Gelatine- und Agarplatten wachsenden Reimen anzugeben erlauben. Es handelt sich dabei meistens um saprophytisch lebende Spaltpilzarten, die sich lebhaft an der Zersetzung organischer Stoffe beteiligen. Die mit den Gußtulturen von Nährgelatine und Nähragar erhältlichen Resultate sind keineswegs identisch. Wohl sind die Luftzutrittsverhältnisse bei beiden Kulturen die nämlichen; aber schon die verschiedenen Züchtungstemperaturen (20 und 30°), wie namentlich die verschiedenen Ernährungsverhältnisse, welche die beiden Substrate bieten, lassen auf den Kulturen vielfach verschiedene Spaltpilzarten zur Entwicklung gelangen. Eine Reihe von Bodenbakterien vermögen sich sowohl auf den Gelatine- wie auf den Agarplatten zu entwickeln und es ist Sache des Untersuchenden, durch Vergleich der Kulturen, durch Mikrostopieren und Weiterimpfen festzustellen, inwiefern sich die beiden Kulturarten im richtigen Einschäten der Mikroflora ergänzen. Bei diesen Arbeiten wirkt auf den Gußtulturen von Agar oft das Vermögen einzelner Spaltvilzarten, durch intensives Wachstum einen bedeutenden Teil der Nährbodenoberfläche für sich zu beanspruchen, stark störend. Infolge des Wucherns einiger weniger Kolonien auf der Agaroberfläche werden die andern, sich langsamer entwickelnden Reime hintangehalten oder es wird ihr Wachstum gänzlich verunmöglicht, wenn die rasch wachsende Art eine antagonistische Wirkung auszuüben vermag. Unter diesen rasch sich entwittelnden Spezies ist der Bacillus mesentericus ein häufiger Vertreter.

Auf den Gelatine-Gußtulturen, die mit Bodenemulsion beschickt wurden, entwickeln sich regelmäßig peptonisierende Kolonien, welche das Nährsubstrat mehr oder weniger rasch verslüssigen und dadurch den langsam wachsenden Arten die Entwicklung zu makroskopisch sichtbar werdenden Kolonien verunmöglichen. In der Behandlung mit Silbernitrat haben wir zwar ein Mittel, um solch lästig werdende Arten nach ersolgter Bestimmung zu vernichten. Aber öfters kommt es vor, daß die rasch verslüssigenden Kolonien zu spät entdeckt werden und schon nicht mehr gut zu machenden Schaden stifteten. Von solchen, die Gelatine rasch verslüssig

Die anläßlich des Vortrages vorgewiesenen zahlreichen Bakterienkulturen, welche die Vielseitigkeit der von den Spaltpilzen des Bodens eingeleiteten und durchgeführten Vorgänge demonstrierten, eignen sich für die Reproduktion nicht gut und würden die Publikationskosten stark erhöhen. Ich will deshalb versuchen, im Text die Tätigkeit der verschiedenen Bakteriengruppen zu charakterisieren.

genden Bodenbakterienarten sind zu erwähnen: Bacillus megatherium, Bac. mesentericus, Bacterium fluorescens, Bact. proteus u. a.

Um anaeroben, also luftscheuen Bodenbakterien das Wachstum zu ermöglichen, werden quantitativ gehaltene Buckeragar hohe Schicht-Rulturen nach Burri angelegt. Das Nährsubstrat Zuckeragar wird nach erfolgtem Impfen mit Bodenemulsion in eine dickwandige, sterile Röhre, die unten durch einen Gummistopfen verschlossen ist, acgeben. Da der Zuckeragar in zylindrischer Schicht erstarrt, so bietet er in seinem Innern luftscheuen Mikroorganismen Gelegenheit zur Entwicklung, da der Luftsauerstoff nur in die oberflächlichen Partien einzudringen vermag. Es erweift sich als angezeigt, zum Anlegen der hohen Schicht-Rultur zuckerhaltigen Agar zu verwenden, da bei der anaeroben Lebensweise der Bakterien spannkraftreiche Stoffe, die leicht abgebaut werden können, zur Verfügung stehen müssen. So wird von vielen Anaeroben der Trauben- und der Milchzucker des Zuckeragars in organische Säuren zerlegt, mit oder ohne Abspaltung von Gas. Die Zersetzung der Stoffe geht bei den Lebensprozessen, die sich beim Fernbleiben des Luftsauerstoffes abspielen, nicht so weit, wie bei den aeroben, unter Sauerstoffzutritt durchgeführten Lebensvorgängen, bei denen aus den zerlegten Stoffen schließlich Kohlendioryd, Wasser und Ammoniakverbindungen entstehen. Die bei 37° gehaltenen hohen Schichtkulturen gestatten manchen luftscheuen Bodenkeimen, die auf den Plattenkulturen nicht zu gedeihen vermögen, die Koloniebildung.

Ein großer Teil der in der hohen Schichtkultur wachsenden Bakterien vermag auf der Plattenkultur zufolge des dort herrschenden guten Sauerstoffzutrittes nicht zu gedeihen und muß zum Resultat der Plattenkultur zugezählt werden, um der Gesamtzahl der im Boden nachweisbaren Spaltpilze näher zu kommen. Aber es gibt auch eine Reihe von Arten, die sowohl auf den Platten- wie in den hohen Schichtkulturen zur Koloniebildung zu schreiten vermögen.

Nach meinen Erfahrungen geht aber nur ein bescheibener und dabei stark wechselnder Prozentsat der tatsächlich im Boden vorkomsmenden anaëroben Spaltpilzarten in der hohen Schichtkultur zur Koloniesbildung an und wird dadurch nachweißbar. So lassen sich im Boden die anaëroben Buttersäurebazillen meist nur in bescheidener Menge mittelst Zuckeragar hoher Schichtkultur seststellen, während die Kultur in anaërob verschlossener Milch, auf die wir später noch zu sprechen kommen werden, weit höhere Zahlen im gleichen Boden nachweisen läßt. Dieser besremsdende Besund dürste auf den Umstand zurückzusühren sein, daß die, wie alle Bakterien, im kapillar sestgehaltenen Bodenwasser sich aufhaltenden anaëroben Buttersäurebazillen nicht in der Lage sind, unter den gänzlich veränderten Lebensbedingungen des Zuckeragars zur Koloniebildung zu schreiten, während die Entwicklung in anaërob verschlossener Milch auf

wesentlich geringere Schwierigkeiten stößt. Wir dürsen also nicht hoffen, mit der hohen Schichtkultur von Zuckeragar einen erschöpfenden Einblick in die Gesamtheit der luftscheuen Bodenbewohner zu erhalten.

Der Umstand, daß sich im Boden obligat anaerobe Batterienarten, also solche Spezies, die nur bei Sauerstoffabschluß gedeihen können, nachweisen lassen, muß Befremden erregen. Das in unsern Böden sich vorfindende Gasgemisch ist zwar erfahrungsgemäß ärmer an Sauerstoff als die atmosphärische Luft, enthält aber in normalen Böden den Sauerstoff immer in wechselndem Prozentsat. Es erscheint deshalb unwahrscheinlich, daß streng sauerstoffscheue Mikroorganismen im Boden ihr Dasein fristen können. Der Gedanke, die obligat anaeroben Bakterienarten seien im Boden nicht so empfindlich auf Sauerstoff, wie sie dies beim wissenschaftlichen Experiment dokumentieren, hat denn auch Anhänger gefunden. Wenn wir uns das Leben der Bakterien im Wasser der Bodenkapillaren vergegenwärtigen, so spricht kein Befund dagegen, daß in den einzelnen Bodenporen die sauerstoffliebenden Arten an der Peripherie den zutretenden Sauerstoff für sich beanspruchen, während im Innern der Kapillare für die Anaeroben günstige Existenzbedingungen geboten sind. Es wären also, um dies bildlich auszudrücken, die Anaeroben in der mit Flüssigkeit gefüllten Bodenpore von einer Leibgarde sauerstoffbedürftiger Arten umgeben. (Fortsetzung folgt.)

Über die Anpassung der Betriebseinrichtung an die heutigen waldbaulichen Verhältnisse.

Vortrag, gehalten anläßlich des forstlichen Fortbildungsfurjes in Zürich, . am 8. März 1923, von Prof. Dr. Hermann Knuchel.

(Fortsetzung.)

IV.

Welches sind nun die Eigentümlichkeiten, Vor- und Nachteile eines auch für den ungleichaltrigen Wald passenden Einrichtungsverfahrens?

Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß wir mit der Aufgabe des Bestandes als Taxationseinheit auf die Kenntnis einer Keihe von Durchschnittswerten verzichten müssen, welche bisher zur Charakterisierung des Waldes dienen konnten. Dr. Flurh macht hierauf eindringlich aufmerksam, indem er sagt, daß wir von den gleichalterigen Beständen, infolge direkter Ermittlung oder Vergleichung mit den Ertragstafeln, den Entwicklungsgang nach Höhe, Stärke, Stammzahl, Holzvorrat in verschiedenen Altersstufen, die Größe des laufenden und durchschnittlichen Zuwachses, die Vertretung der Altersklassen einer ganzen Betriebsklasse und deren

¹ "Allg. Forst= und Jagd=Zeitung", 1922, S. 221.