

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 81 (1930)
Heft: 11

Artikel: Die Bakterienflora eines Fichtenwaldbodens im Laufe eines Jahres
Autor: Düggele, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-768414>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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

Die Bakterienflora eines Fichtenwaldbodens im Laufe eines Jahres.

Von Prof. Dr. M. Dügge li, E. L. S., Zürich.

Für die Entwicklung der Waldbestände spielen der Stickstoffvorrat und das Kohlendioxyd-Produktionsvermögen des Waldbodens eine bedeutungsvolle physiologische Rolle. Wie die Untersuchungen von F e h é r¹ gezeigt haben, besteht zwischen dem Kohlendioxydgehalt der Waldluft und der Mikroorganismenwelt des Waldbodens eine Relation, indem der überwiegende Teil des durch die Assimilation der Bäume verbrauchten Kohlendioxyds durch die Tätigkeit der Lebewelt des Bodens und insbesondere der Bodenbakterien ersetzt wird. Der genannte Forscher wies nach, daß das Maximum und das Minimum der Bodenatmungskurve mit den entsprechenden Größen der Gesamtbakterienzahl fast vollkommen zusammenfällt. Im Winter, namentlich in den Monaten Dezember und Januar, erreicht die Produktion an dem für den Assimilationsvorgang unentbehrlichen Kohlendioxyd durch den Boden die niedrigsten Werte und wird dann beinahe stillgelegt, wenn die Bodentemperatur unter 0 Grad sinkt, da einerseits die Tätigkeit der zwar noch ziemlich reichen Bakterienflora infolge der niedrigen Wärmegrade erheblich eingeschränkt, und andererseits das Entweichen des noch gebildeten Kohlendioxyds infolge des Gefrierens des Wassers in den Kapillaren des Bodens physikalisch verunmöglicht wird.

Während zwischen der Bakterienmenge eines Bodens und der von ihm produzierten Kohlendioxydquantität ein kausaler Zusammenhang besteht, so ist dies hinsichtlich des Stickstoffvorrates und der sich am Kreislauf des Stickstoffes energisch beteiligenden Bakteriengruppen eines Waldbodens keineswegs der Fall.² Wohl ist der maximale Wert des Gehaltes eines Waldbodens an Gesamtstickstoff begleitet von höchsten Bakterienmengen, aber es läßt sich kein ausgeprägter Zusammenhang zwischen den Mengen der nitrifizierenden oder salpeterbildenden, den Stickstoff fixierenden oder Stickstoff sammelnden Bakterien und dem Gehalt des Bodens an Nitrat bzw. an Gesamtstickstoff erkennen.

Da unsere Kenntnisse über die durch Bakterien ausgelösten Vorgänge im Waldboden noch recht spärliche sind, so daß jeder Beitrag willkommen erscheint, sei im folgenden kurz über die Ergebnisse berichtet, die

¹ F e h é r, D.: Untersuchungen über die Kohlenstoff-Ernährung des Waldes. Verhandl. d. internat. Kongresses forstl. Versuchsanstalten. Stockholm 1929 (S. 546—556).

² Vgl. F e h é r, D.: Untersuchungen über den N₂-Stoffwechsel des Waldbodens. Verhandl. d. internat. Kongresses forstl. Versuchsanstalten. Stockholm 1929 (S. 569—576).

bei der bakteriologischen Untersuchung eines Fichtenwaldbodens während Jahresfrist erhalten wurden.

Der aus 2—15 cm Tiefe entnommene Boden stammte aus einem ungefähr 40jährigen, dichten Fichtenbestand von Dreiwiesen auf dem Zürichberg bei Zürich; er durfte als gelbbrauner, humushaltiger, tonreicher, kalkfreier Lehm bezeichnet werden, der von zahlreichen Fichtenwurzeln durchsetzt war. Bei der Prüfung mittels der Schlämm-Methode von R o p e c h y wurden die verschiedenen Korngrößen in folgenden Gewichtsprozenten festgestellt: Fraktion 1 ($< 0,01$ mm ϕ) 43,9 %, Fraktion 2 ($0,01—0,05$ mm ϕ) 22,6 %, Fraktion 3 ($0,05—0,1$ mm ϕ) 12,9 %, Fraktion 4 ($0,1—2$ mm ϕ) 16,8 % und Steine (> 2 mm ϕ) 3,8 %. Die Reaktion, nach der Hasenbäumerschen Methode bestimmt, erwies sich als stark sauer und ergab bei einer spätern Nachprüfung den pH-Wert 5,8. Kohlensaurer Kalk ließ sich keiner feststellen, dagegen war ein Humusgehalt von 4,6 % nachweisbar.

Eine Bodendecke aus lebenden Pflanzen war nicht vorhanden, nur an den Stämmen befanden sich kümmerliche Anflüge von Algen und am Grunde wenige Moose. Das spärliche Licht und die saure Bodenreaktion dürften das Aufkommen einer geschlossenen Vegetationsdecke verhindert haben.

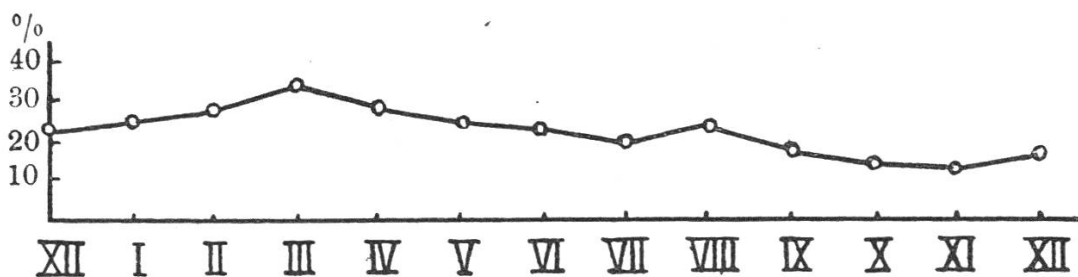


Fig. 1. Graphische Darstellung des Wassergehaltes der untersuchten Bodenproben vom Dezember 1922 bis Dezember 1923.

Die Menge der nachweisbaren Bakterien wurde monatlich einmal bestimmt, entweder am Ende eines Monats oder gleich zu Beginn des folgenden, so daß ungefähr vierwöchentliche Intervalle zwischen den einzelnen Untersuchungsdaten liegen. Um Zufälligkeiten in der bakteriologischen Zusammensetzung des Bodens nach Möglichkeit aus dem Wege zu gehen, wurden 10 g des zu untersuchenden Materials für die Prüfung herangezogen. Die Untersuchungen begannen im Dezember 1922 und wurden im Dezember 1923 beendet, erstreckten sich also über 13 Monate.

Um die Bakterienflora des Fichtenwaldbodens möglichst weitgehend erfassen zu können, bediente ich mich bei der bakteriologischen Untersuchung der Kombination des Verdünnungsverfahrens

mit der elektiven Kultur. Da ich das dabei in Betracht fallende Vorgehen im Jahrgang 1923 dieser Zeitschrift beschrieb,¹ so sei hier zur kurzen Charakterisierung des Vorganges nur auf folgendes hingewiesen.

Beim Verdünnungsverfahren, das in der Bakteriologie zur Bestimmung der Keimmengen in den zu untersuchenden Stoffen oft Verwendung findet, wird ein bestimmtes Quantum der zu prüfenden Substanz, in unserem Falle 5—10 g Boden, abgewogen und mit einer bestimmten Menge sterilisierten Wassers durch Schütteln oder Zerreiben solange bearbeitet, bis eine gut durchmischte Suspension vorliegt. Durch

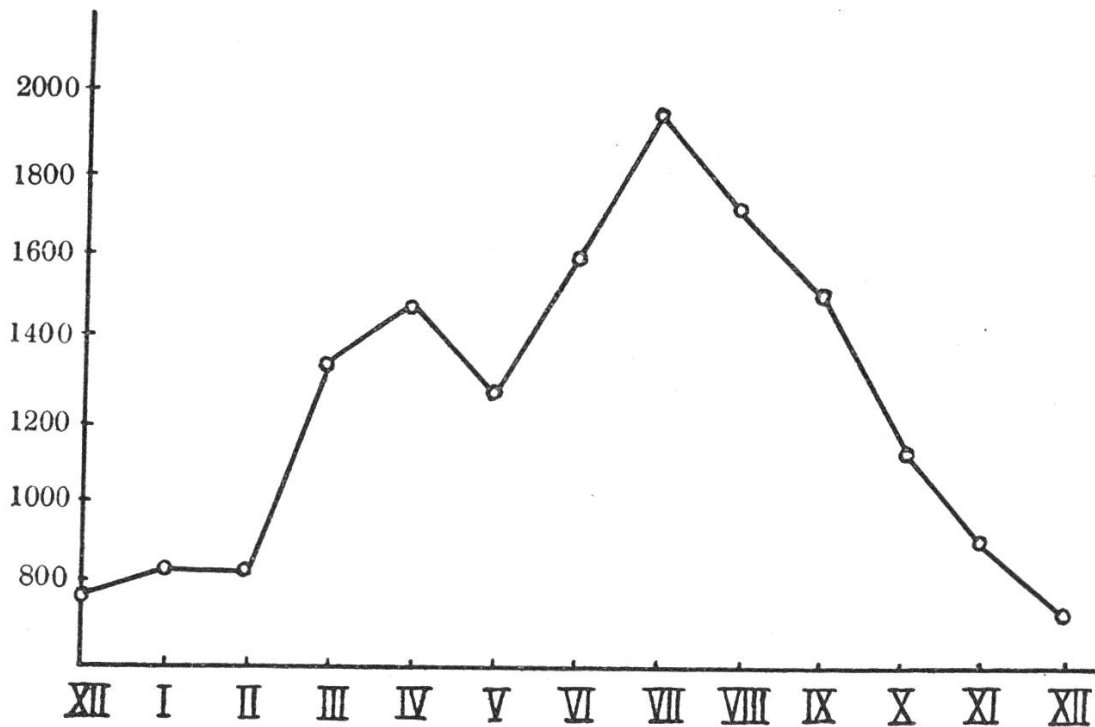


Fig. 2. Gelatinewüchsige Bakterien in Tausenden.

Verdünnung dieser Erdaufschwemmung mit bestimmten Mengen sterilen Wassers erhält man im Kubikzentimeter Suspension dezimal abgestufte Erdmengen (z. B. 0,01, 0,001, 0,0001 usw. Gramm Boden), die in passende Nährsubstrate gebracht werden können, z. B. in Nährgelatine, Nähragar, Zuckeragar usw. Der einzelne mit der Erdaufschwemmung ausgesäte Keim bildet, sofern ihm passende Lebensbedingungen geboten werden, nach einigen Tagen auf oder im 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 eingesäten Erdmenge. Auf diese Weise werden die später angeführten Keimmengen, die als „auf Gelatineplatten oder Gelatinegußkulturen wachsend“, „auf Agarplatten

¹ Vgl. Düggeli, M.: Die Bakterien des Waldbodens.

gedeihend“, und „in Zuckeragar hoher Schicht Kultur nachweisbar“ bezeichnet werden, festgestellt.

Das Prinzip der elektiven Kultur besteht darin, daß in einem bunten Bakteriengemisch, wie es der Erdboden enthält, entweder eine einzige Spezies 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 dominierend und vollführt vielfach charakteristische Umsetzungen. Auf solchen Anhäufungsversuchen baut sich ein großer Teil

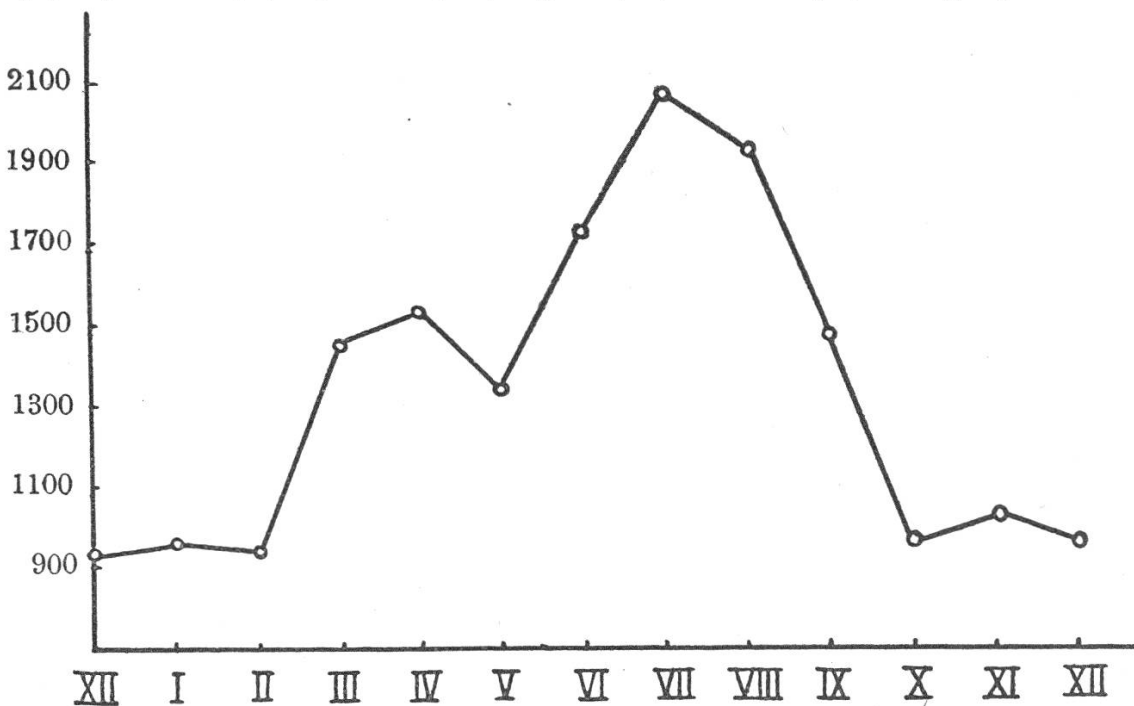


Fig. 3. Agarwüchsigc Bakterien in Tausenden.

unserer Kenntnisse über die im Boden vorkommenden und in charakteristischer Weise tätigen Arten von Mikroorganismen auf.

Diese von mir ausgearbeitete und schon oft verwendete bakteriologische Untersuchungsmethode gewährt hübsche Einblicke in das vielseitige Bakterienleben unserer Böden. Wir werden uns von vorneherein 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. Durch diese Methode wird der zu untersuchende Boden geprüft auf das Vorkommen von Gelatine- und Agarplatten-, sowie in Zuckeragar hoher Schicht Kultur-wüchsigcr Keime, auf die Anwesenheit von Harnstoffvergärcrn, Denitrifizierenden, Pektinvergärcrn, Buttersäurebazillen, anaeroben Eiweiß- und Zellulosezersetzcrcn,

Stickstoffzierenden und Nitrifizierenden. Durch das Impfen der auslesend wirkenden Nährsubstrate mit geeignet erscheinenden Mengen von Bodensuspension werden Anhaltspunkte über die Menge der vorhandenen, spezifisch arbeitenden Bakterien gewonnen.

Die mit dieser Methode erzielten Resultate sind Minimalzahlen in dem Sinne, als sie angeben: Es ließen sich im Gramm feuchter Erde mindestens so viele Zellen jener spezifisch arbeitenden Bakterienart feststellen, als die angeführte Zahl mitteilt. Wenn beispielsweise in die

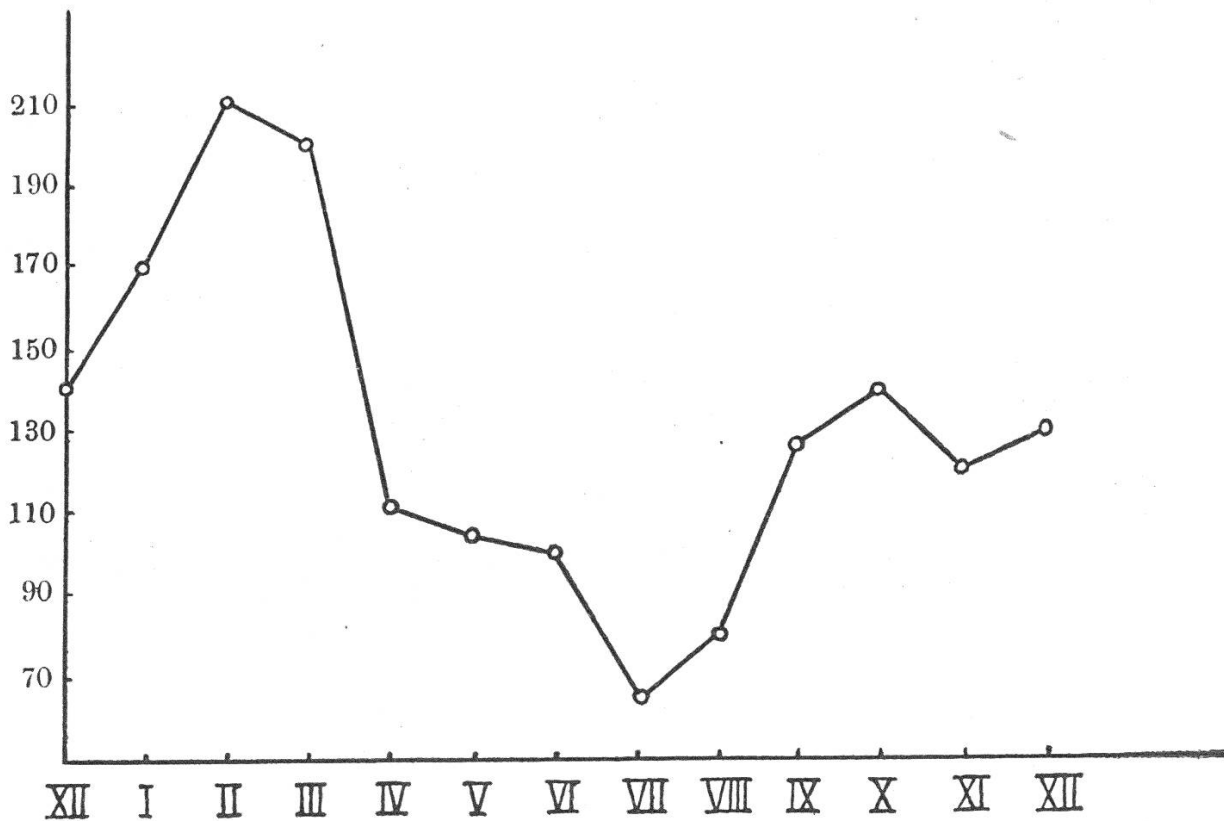


Fig. 4. Zuckeragar hohe Schicht wüchsige Bakterien in Tausenden.

Rubrik der Pektinvergärer die Zahl 10.000 eingetragen ist, so soll das heißen: In der Erdaufschwemmung, die 0,0001 g feuchte Erde enthielt, ließen sich noch Pektinvergärer nachweisen, nicht aber mehr in der dezimal abgestuft folgenden Menge von 0,00001 g Erde. Wir könnten deshalb auch bemerken: Je Gramm feuchte Erde waren feststellbar 10.000, aber weniger als 100.000 Pektinstoffe zersetzende Bakterien.

Ein großer Teil, wenn nicht die erdrückende Mehrzahl der mittels der elektiven Kultur nachweisbaren spezifisch arbeitenden Bakteriengruppen des Bodens gedeihen in den ebenfalls angelegten Guzkulturen von Nährgelatine und Nähragar, sowie in den hohen Schichtkulturen von Zuckeragar nicht und müßten zum Feststellen der Gesamtkeimzahl des Bodens zu jenen Resultaten gezählt werden. Eine Ausnahme hiervon machen, da sie auf den erwähnten Kulturarten auch gedeihen, einige

Übersicht 1.

Bakteriengehalt im Gramm feuchter Fichtenwalderde vom Dezember 1922 bis Juni 1923.

Bakteriengruppen	Dezember 1922	Januar 1923	Februar 1923	März 1923	April 1923	Mai 1923	Juni 1923
Wassergehalt in Prozenten der feuchten Erde	22,2	25,0	28,3	32,1	28,7	25,4	22,9
Auf Gelatine-Gußkulturen wachsende Bakterien	790.000	840.000	820.000	1.370.000	1.490.000	1.270.000	1.590.000
Auf Agar-Gußkulturen gedeihende Spaltpilze	920.000	970.000	960.000	1.470.000	1.530.000	1.340.000	1.720.000
In Zuderagar hoher Schicht wachsende Reime	140.000	170.000	210.000	180.000	110.000	85.000	80.000
Harnstoffvergärer	10.000	10.000	10.000	10.000	100.000	100.000	100.000
Denitrifizierende Bakterien	—	10	10	100	100	100	1.000
Bektinvergärer	1.000	1.000	10.000	100.000	100.000	100.000	1.000.000
Anaerobe Butterfäurebazillen	10.000	10.000	1.000	10.000	1.000	1.000	100
Anaerobe Eiweißzerseher	100	100	1.000	100	100	100	1.000
Anaerobe Zellulosenvergärer	—	—	2	2	10	10	10
Aerobe stickstoffbindende Bakterien	—	—	10	100	10	100	100
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	1.000	100	1.000	1.000	100	10.000	10.000
Nitrifizierende Spaltpilze	2	—	—	2	100	2	100

Überzicht 2.
Bakteriengehalt im Gramme feuchter Fichtenwalderde vom Juli bis Dezember 1923.

Bakteriengruppen	Juli 1923	August 1923	September 1923	Oktober 1923	November 1923	Dezember 1923	Monatliches Mittel des Jahres 1923
Bakteriengehalt in Prozenten der feuchten Erde	20,2	23,4	19,7	16,3	14,8	17,9	22,9
Auf Gelatine-Gußkulturen wachsende Bakterien	1.930.000	1.720.000	1.510.000	1.130.000	910.000	740.000	1.276.700
Auf Agar-Gußkulturen gedeihende Spaltpilze	2.080.000	1.930.000	1.480.000	970.000	1.030.000	970.000	1.371.000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsende Keime	65.000	79.000	125.000	140.000	120.000	130.000	124.500
Harnstoffbergärer	100.000	100.000	10.000	100.000	10.000	10.000	55.000
Denitrifizierende Bakterien	1.000	1.000	1.000	100	100	10	377
Nettinbergärer	1.000.000	1.000.000	100.000	1.000	100	100	284.350
Anaerobe Butterfäurebazillen	1.000	10.000	10.000	100.000	10.000	10.000	13.675
Anaerobe Eiweißzerseher	100	100	1.000	10.000	10.000	100	1.975
Anaerobe Zellulosebergärer	10	10	10	2	—	—	5,5
Aerobe stickstoffbindende Bakterien	0,2	0,2	—	1	10	—	27,6
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	10.000	10.000	1.000	1.000	100	100	3.700
Nitrifizierende Spaltpilze	100	2	2	—	—	—	25,7

Harnstoffvergärer, Denitrifizierende, Pektinvergärer, Buttersäurebakterien und anaerobe Eiweißzerseher. Es ist oft für den eingearbeiteten Untersuchenden nicht leicht, zu entscheiden, welche unter den mittels 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 Nährsubstanzen zur Entwicklung kommen kann, ein Umstand, der bei der Beurteilung der Resultate berücksichtigt werden muß. So vermag beispielsweise der *Bacillus amylobacter* Bredemann in anaerob verschlossener Milch, in der Nährlösung für anaerobe, stickstofffixierende Bakterien und in manchen Fällen auch im Nährsubstrat für die Pektinvergärer Wachstum und Zersetzung zu entfalten.

Die Kombination der Verdünnungsmethode mit der elektiven Kultur erlaubt, in einem Boden sowohl die Arten wie die annähernden Mengen der bekannten, ihn bewohnenden Spaltpilze festzustellen. Die Resultate werden um so zuverlässigere sein, eine je größere Zahl elektiv wirkender Nährsubstrate wir anwenden und dabei bestrebt sind, durch mehrere parallele Kontrolluntersuchungen Zufälligkeiten möglichst 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 erfahrungsgemäß diese Leistungsfähigkeit ganz bedeutenden Schwankungen unterworfen ist.

Die mit dieser Untersuchungsmethodik in der Fichtenwalderde erhaltenen Prüfungsergebnisse sind in den Uebersichten 1 und 2 zusammengefaßt und der Wassergehalt der Erdproben, sowie die Mengen der gelatinewüchsigen, der agarwüchsigen und der in Zuckeragar hoher Schicht Kultur wachsenden Bakterien in den Figuren 1, 2, 3 und 4 graphisch dargestellt.

(Siehe die Uebersichten 1 und 2 und die Figuren 1—4.)

Aus den Untersuchungsbefunden geht in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Fehér hervor, daß die Menge der gelatine- und agarwüchsigen Keime innert Jahresfrist eine erste Zunahme im Frühling (April) und das maximale Ansteigen im Sommer (Juli) aufweist. Dagegen erfuhr die Zahl der in der Zuckeragar hohen Schicht Kultur wachsenden Spaltpilze ihre bedeutendste Förderung im Februar und eine zweite, nicht mehr so starke Zunahme im Oktober, während im Juli der Tiefstand erreicht wurde. Die Mengen der Harnstoffvergärer, der Denitrifizierenden, der Pektinvergärer, der anaeroben Buttersäurebazillen,

der anaeroben Eiweißzerseher, der anaeroben Zellulosenvergärer, der aeroben und der anaeroben stickstoffbindenden Bakterien, sowie der nitrifizierenden Spaltpilze zeigen im Verlaufe des Jahres ebenfalls Schwankungen, die im Juli einen Höchststand, im Winter aber bescheidenste Zahlen zu verzeichnen haben.

Verglichen mit landwirtschaftlich benutzten Böden, namentlich mit gut bearbeiteten und intensiv gedüngten Garten- und Ackerböden, ist die Bodenmikroflora des untersuchten Fichtenbestandes als eine zahlenmäßig bescheidene, aber im Buntsein ihrer Zusammensetzung immerhin bemerkenswert vielseitige zu bezeichnen.

Einiges über die für die Verbreitung der Rotbuche maßgebenden Standortsfaktoren.

(Auf Grund von Untersuchungen über die Verbreitung in Oesterreich.)

Von Prof. Dr. L. Tschermak.

In der „Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen“, 1930, S. 152 bis 155, hat Prof. Schädelin meine Veröffentlichung „Die Verbreitung der Rotbuche in Oesterreich“, 41. Heft der „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs“, Wien, 1929, einer freundlichen Besprechung unterzogen. Einigen Anregungen und Bemerkungen, die in dieser Besprechung geäußert wurden, verdankt die folgende kleine Abhandlung ihre Entstehung.

In der Praxis und Wissenschaft war bis nun die Meinung verbreitet, daß die Buche als kalkholde Pflanze in den Zentralalpen hauptsächlich nur dort vorkomme, wo das Grundgestein größeren Kalkgehalt aufweise. In Wirklichkeit verhält es sich so, daß die Buche nur in Lagen kühleren Klimas, im Grenzgebiete ihres Vorkommens, die steinigern, gut dränierten, warmen Böden, also auch Kalkböden, aufsucht; im Inneren ihres Verbreitungsgebietes aber genügt für ihr Vorkommen, und zwar auch für sehr gute Bonitäten, auch ein mäßiger oder selbst ein geringer Kalkgehalt bei sonst gutem Boden, auch wenn dieser aus kalkarmen silikatischen Gesteinen hervorgegangen ist.

Ein zweiter Zusammenhang des Buchenvorkommens mit dem Kalkgehalt kann sich insofern ergeben, als auf Böden, die wegen zu geringen Nährstoffgehaltes der Buche nicht zusagen, Kalkmangel als Weiser für Nährstoffarmut mit dem Fehlen der Buche parallel gehen kann. Beispiele hierfür bieten u. a. die Forste des Weilhardt im welligen Alpenvorland Oberösterreichs (südwestlich von Braunau am Inn): Die zumeist quarzreichen kalkarmen Schotter im Gebiete der Endmoräne des Salzach-