

Zeitschrift:	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber:	Schweizerischer Forstverein
Band:	74 (1923)
Heft:	12
Artikel:	Bakterien des Waldbodens [Schluss]
Autor:	Düggeli, M.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-765760

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: 10.01.2026

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

„rechtswidriger Vorsatz“ festgestellt wird, mit Strafe belegt, hat man im Entwurf, wie das in andern Spezialgesetzen der Fall ist, auch die Fahrlässigkeit unter Strafe gestellt. Es gibt ja Delikte innerhalb den Rahmen des Jagd- und Vogelschutzgesetzes, bei welchen wirklich Fahrlässigkeit vorkommen kann, so daß gegenüber raffinierten Sündern, denen der rechtswidrige Vorsatz nicht strikte nachgewiesen werden kann, wenigstens die Strafe der Fahrlässigkeit verhängt werden kann.

Im heutigen Stadium der Angelegenheit kritische Bemerkungen über die Vorlage anzubringen, scheint wenigstens durch uns nicht am Platze zu sein. Es soll das aber von fachkundiger oder interessierter Seite geschehen, und wenn speziell die Forstwirtschaft ihre gewiß berechtigten Anregungen rechtzeitig anbringt, wird sie auch Gehör finden. Die ständerätsliche Kommission wird das Ergebnis der Beratungen des Nationalrates reiflich überprüfen, und es ist das notwendig, denn so wie der Entwurf jetzt vorliegt, ist er lückenhaft, öfters unklar und bedarf auch manchmal einer bessern Redaktion. Eine vollständig reinliche, alles abschließende Vorlage konnte nicht geschaffen werden, und man darf den vorbereitenden Organen und auch der beratenden Instanz keinen Vorwurf dafür machen, daß nicht alles glatt geraten ist. Die Unmasse von Positionen, wie sie selten in einem Rahmengesetze, das ja nach zwei Richtungen ausgearbeitet werden sollte, Jagd und Vogelschutz, machen es beinahe unmöglich, daß bei noch so ängstlicher Überlegung alles abgeklärt wird. Der Ständerat hat also reichlich Gelegenheit einzutreten und zu verbessern. Wir wissen, daß sich dessen Kommission schlüssig gemacht hat, erst nach der Dezemberseßion zusammenzutreten, aber die einzelnen Mitglieder derselben beschäftigen sich nunmehr mit der Vorlage. Wer also Anregungen machen will, hat jetzt Gelegenheit, dieselben bei der ständerätslichen Kommission, die von Herrn Ständerat Dr. Savoy in Freiburg präsidiert wird, anzubringen. Wir wünschen nur, daß das rechtzeitig geschehe und daß nicht, wie zur Zeit, als die Vorlage bei der nationalrätslichen Kommission lag, die besten Anregungen erst dann kommen, wenn auf dieselben nicht mehr eingetreten werden kann. Die Vorlage ist kein Gerippe mehr. Sie hat Substanz angenommen; aber diese Substanz muß noch mehr geordnet, geglättet und auch verschönert werden. Das wird geschehen, und wenn dieselbe dann Gesetz werden sollte, dürfte ein wirtschaftliches Werk geschaffen sein, das der schweizerischen Gesetzgebung zur Ehre gereicht.

Die Bakterien des Waldbodens.

Von Prof. Dr. M. Duggeli, Zürich.

(Schluß.)

Ein auch nur flüchtiges Durchgehen dieser Angaben überzeugt uns, daß die 19 für die Untersuchung herangezogenen Bodenproben sehr ver-

schiedene chemische und physikalische Eigenschaften besitzen. Diese Böden wurden auch in verschiedener Weise in den Dienst der Pflanzenproduktion gestellt.

In der folgenden Tabelle 1 sind die mittels des Spülverfahrens oder der Schlammethode von Kopecky bei den in Frage stehenden Böden erzielten Resultate zusammengestellt. Sieh hielt die Prüfung auf die Korngröße ihrer Bestandteile für angezeigt, da die für das Bakterienwachstum bedeutungsvollen Durchlüftungs- und Wärmeverhältnisse, sowie der Wasserhaushalt des Bodens von dieser Eigentümlichkeit abhängig sind.¹ (Siehe Tabelle 1.)

Tabelle 1.

Untersuchung von 19 Bodenproben aus verschiedenen Nadel- und Laubholzbeständen nach der Schlammethode von Kopecky.

Januar-Februar 1923.

Die einzelnen Bodenproben enthielten die verschiedenen Korngrößen in folgenden Gewichtsprozenten:

Bodenprobe	Faktion 1 < 0,01 mm	Faktion 2 0,01—0,05 mm	Faktion 3 0,05—0,1 mm	Faktion 4 0,1—2 mm	Steine > 2 mm
N 1	44,4	24,4	15,0	15,9	0,3
N 2	43,9	22,6	12,9	16,8	3,8
N 3	50,2	23,4	11,5	13,3	1,6
N 4	44,1	26,5	11,4	15,0	3,0
N 5	33,7	17,2	11,0	20,5	17,6
N 6	27,1	15,1	9,3	16,2	32,3
N 7	32,4	21,4	22,3	23,9	0,0
N 8	23,4	33,9	21,3	21,1	0,3
N 9	30,2	35,5	22,3	11,9	0,1
N 10	17,6	10,6	21,5	31,8	18,5
L 1	44,7	25,3	13,3	14,8	1,9
L 2	50,9	23,4	9,5	11,9	4,3
L 3	50,7	24,5	11,7	12,9	0,2
L 4	29,9	13,2	9,4	24,5	23,0
L 5	18,8	10,3	8,4	20,6	41,9
L 6	44,2	19,8	12,3	23,1	0,6
L 7	18,2	13,1	12,7	32,3	23,7
L 8	30,0	31,8	22,0	16,2	0,0
L 9	21,6	31,0	12,4	13,2	21,8

¹ Bei der Ausführung der Schlämmanalyse und der noch zu besprechenden bakteriologischen Untersuchung konnte ich mich der Mithilfe von Herrn A. Stöckli, Assistent des landwirtschaftlich-bakteriologischen Instituts der Eidgen. Technischen Hochschule erfreuen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle verbindlich danke.

Die Zusammenstellung zeigt, daß die untersuchten Böden hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften große Unterschiede aufweisen müssen, da ihr Gehalt an den einzelnen, verschiedene Körngrößen aufweisenden Bestandteilen bedeutende Differenzen zeigt. Vielfach weisen Böden, die räumlich nicht weit voneinander entfernt liegen, auffallend große Unterschiede auf, was durch den Hinweis erklärt werden kann, daß es sich vorwiegend um Böden handelt, die durch Verwitterung von Glazialschutt entstanden sind. Da dieser Schutt in seiner petrographisch-chemischen Zusammensetzung auch in benachbarten Gebirten öfters bedeutende Differenzen zeigt, so ist es nicht verwunderlich, wenn der aus ihm hervorgegangene Boden wechselnde Zusammensetzung aufweist.

In den folgenden Tabellen 2 und 3 sind die Befunde über Reaktion, Wasser-, Kalk- und Humusgehalt, sowie über die bakteriologische Beschaffenheit der 19 Waldböden enthalten. Die angegebenen Keimzahlen sind, wie ich früher ausführte, als Minimalwerte aufzufassen. (Siehe Tabellen 2 und 3.)

Wir wollen hier nicht näher auf die gewonnenen Untersuchungsresultate eingehen, da die Zahl der geprüften Erdproben eine zu bescheidene ist, als daß die erhaltenen Ergebnisse verallgemeinert werden dürfen. Überdies werden die Untersuchungen fortgesetzt, und die Resultate sollen seinerzeit im Zusammenhang veröffentlicht werden. Dagegen sei doch darauf hingewiesen, welch große Bedeutung der Reaktion des Bodens für die Entwicklung seiner Mikroflora zukommt. Bei den untersuchten Nadelwalderden besitzen die neutral reagierenden Proben N 6 und N 9 den höchsten Gehalt an Mikroorganismen, die auf Gelatineplatten zu wachsen vermögen, und bei den Laubwaldböden ist die neutrale Probe L 9 diejenige, die die andern, sauer reagierenden Böden an Gelatine- und Agarplatten wüchsigen Keimen weit übertrifft. Vergleichen wir überhaupt den Gehalt der einzelnen Erdproben an Mikroorganismen, welche auf Gelatine- oder auf Agarplatten zu wachsen vermögen, so fällt uns auf, daß sehr verschiedene Mengen von Spaltpilzen in den einzelnen Proben feststellbar sind. Ähnliche Unterschiede in der Zahl der nachweisbaren Keime lassen sich vielfach auch bei andern Gruppen von Bakterien feststellen. Diese Differenzen sind zurückführbar auf die stark verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenschaften der Böden, sowie auf ihre verschiedene Nutzung.

Vergleichen wir verschiedene forst- und landwirtschaftlich benutzte Böden hinsichtlich ihrer Bakterienflora, so lassen die letztern im allgemeinen bedeutend größere Keimmengen feststellen als die ersten. Die Bearbeitung und Düngung der landwirtschaftlich benutzten Böden erklären uns diesen Befund.

Ebenso werden wir erwarten dürfen, daß ein Boden, in verschiedenen Jahreszeiten der bakteriologischen Untersuchung unterworfen,

Tabelle 2.

Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von 10 Bodenproben aus verschiedenen Nadelholzbeständen. Januar-Februar 1923.

Reitzahlen pro Gramm feuchte Erde.

Reaktion, Wasser-, Kalk- u. Humusgehalt. Spaltpilzgruppen	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	N 7	N 8	N 9	N 10
Reaktion (nach Hafenhäuser) . .	st. sauer	neutral	st. sauer	st. sauer	neutral	st. sauer				
Wassergehalt in % der feuchten Erde	14,2	10,3	7,3	28,7	16,8	27,0	23,3	32,9	23,0	33,3
Gehalt an Kohlenstoff in %	0	0	0	0	0	1,8	0	0	1,8	0
Humusgehalt in %	7,2	4,0	3,0	4,8	5,6	4,3	1,2	11,9	7,4	22,8
Auf Gelatineplatten wachsend . .	710 000	1 120 000	225 000	470 000	320 000	2 270 000	510 000	410 000	1 510 000	350 000
Auf Agarplatten gedeihend . .	570 000	1 590 000	790 000	920 000	800 000	1 900 000	460 000	260 000	1 200 000	270 000
Im Zuckeragar hoher Schicht wachsend	60 000	150 000	60 000	90 000	140 000	600 000	60 000	50 000	300 000	60 000
Säurestoffvergärer	10 000	100 000	10 000	10 000	10 000	100 000	1 000	10 000	100 000	1 000
Denitrifizierende Bakterien	100	100	100	100	100	100	100	1 000	1 000	100
Befruchtung	1 000	1 000	10 000	1 000	1 000	100 000	10 000	1 000	100 000	1 000
Aerobe Butterfutterbakterien	10 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	10 000	10 000	10 000
Aerobe Eiweißzerleseger	100	100	1 000	100	100	1 000	100	1 000	10 000	100
Aerobe Zellulosevergärer	0,2	—	0,2	—	0,2	—	—	—	2	0,2
Wässrige, stickstoffbindende Bakterien	—	—	—	—	—	200	—	—	2	—
Aerobe, stickstoffbindende Bakterien	1 000	10 000	100	100	10 000	100	100	100	10 000	1 000
Nitrifizierende Bakterien	—	—	—	—	—	2	—	—	100	—

Tabelle 3.

Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von 9 Bodenproben aus verschiedenen Laubholzbeständen.

Januar-Februar 1923.

Reinzahlen pro Gramm feuchte Erde.

Reaktion, Wasser, Saft und Humus-gehalt. Spaltpilzgruppen	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7	L 8	L 9
Reaktion (nach Häfenhäumer) . . .	sauer	sf. sauer	sf. sauer	sf. sauer	sf. sauer	sf. sauer	sf. sauer	sf. sauer	neutral
Wassergehalt in % der feuchten Erde . . .	29,7	30,6	32	16,8	16,4	20,2	21,0	22,8	30,2
Gehalt an Höhensäurem Saft in % . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
Humusgehalt in % . . .	7,9	7,1	8,7	5,8	6,7	9,0	7,6	4,6	19,2
Auf Gelatineplatten wachsend . . .	780 000	900 000	1 230 000	800 000	750 000	540 000	370 000	550 000	6 700 000
Auf Agarplatten gedeihend . . .	1 530 000	860 000	1 290 000	680 000	1 020 000	820 000	560 000	440 000	2 300 000
Im Zuckergar. hoher Schicht wachsend	90 000	70 000	100 000	160 000	390 000	120 000	70 000	70 000	400 000
Stärkestoffvergärer . . .	10 000	100 000	100 000	10 000	10 000	10 000	10 000	1 000	10 000
Denitrifizierende Bakterien . . .	—	—	—	100	—	100	1 000	1 000	100
Peftinvergärer . . .	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	10 000
Uraërohe Butterjäurebakterien . . .	10 000	10 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	100 000
Uraërohe Eiweißverfeßer . . .	1 000	100	100	100	100	100	—	—	10 000
Uraërohe Zellulosevergärer . . .	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	—	—	2
Uraërohe Stofflohnende Bakterien . . .	—	0,2	—	—	—	—	—	—	200
Uraërohe, Stofflohnende Bakterien . . .	10 000	100	100	1 000	1 000	100	1 000	1 000	10 000
Nitritfizierende Bakterien . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	2

Unterschiede ergeben wird, bedingt durch die Witterungseinflüsse und durch die Kulturmaßnahmen (Bearbeitung und Düngung des Bodens). Solche bakteriologische Untersuchungen führte ich bei verschiedenen Bodentypen zu fünf verschiedenen Jahreszeiten aus (Anfang Dezember 1918, Anfang Januar 1919, Ende März 1920, Mitte Mai 1920 und Ende Juli 1920). Folgende Angaben entwerfen ein Bild von der Herkunft und der bodenkundlichen Beschaffenheit der aus Zürich und Umgebung stammenden sieben Erdproben.

L a u b w a l d e r d e. Laubwald beim Adlisberg. Graugelber, humusarmer, steinhaltiger, kalkfreier, zäher Lehmboden, von Pflanzenwurzeln durchsetzt.

N a d e l w a l d e r d e. Fichtenbestand beim Adlisberg. Bräunlicher, humus- und steinhaltiger, kalkfreier, tonreicher Lehmboden, von Pflanzenwurzeln durchwachsen.

G a r t e n e r d e. Garten des land- und forstwirtschaftlichen Institutes der E. T. H. Graubrauner, humus-, stein- und kalkhaltiger, ziemlich tonreicher Lehmboden.

W e i n b e r g e r d e. Weinberg beim eidgen. Physikgebäude. Brauner, humus-, kalk- und steinhaltiger, tonreicher Lehm.

A c k e r e r d e. Limmattal bei Altstetten. Bräunlicher, humus- und kalkhaltiger, steinfreier, tonreicher Lehm.

W i e s e n e r d e. Limmattal bei Altstetten. Dunkelgrauer, humus-, kalk- und steinhaltiger, tonreicher, von Pflanzenwurzeln dicht durchsetzter Lehmboden.

R i e d l a n d e r d e. Streuwiese im Limmattal bei Altstetten. Graugelber, humusfreier, steinhaltiger, von Pflanzenwurzeln durchsetzter, tonreicher, kalkfreier Lehmboden mit hohem Wassergehalt.

In den Tabellen 4 bis 8¹ sind die Resultate der bakteriologischen Untersuchung dieser sieben Böden in den fünf verschiedenen Zeiten zusammengestellt, wobei die Bodenreaktion und der Gehalt an Humusstoffen in den Übersichten nicht angegeben sind. Die mitgeteilten Keimzahlen sind im Hinweis auf die früheren Ausführungen als Minimalwerte aufzufassen.

Beim Durchgehen der Tabellen 4 bis 8 können wir feststellen, daß diejenigen landwirtschaftlich benutzten Böden, welche bearbeitet und gedüngt werden, wie die Garten-, Weinberg- und Ackererde, sehr beträchtliche Mengen von vielseitig tätigen Bakterien im Gramm feuchten Materials nachweisen lassen. Aber auch in der zwar vom Menschen nicht bearbeiteten aber gedüngten Wiesenerde, ist eine nach Zahl und Art hervorragende Mikroflora feststellbar. Viel bescheidener ist die in der Laubwald- und

¹ Diese Tabellen mußten aus Sparjunktegründen hier weggelassen werden. Sie sind jedoch in den Separatabzügen enthalten.

der Nadelwalderde, sowie im Riedlandboden nachweisbare Spaltpilzwelt.

Vergleichen wir die Befunde der bakteriologischen Untersuchung ein und desselben Bodentypus bei den verschiedenen Prüfungsdaten. Wir werden erwarten, daß Ende Juli das große Heer der Bodenbakterien, wie es uns in den Gelatine- und Agarplatten-wüchsigsten Keimen entgegentritt, begünstigt durch die höhern Bodentemperaturen, eine Stärkung erfahren müßte. Dies ist aber, wie aus einem kurzen Vergleich der Tabelle 8 mit den Tabellen 4 bis 7 ersichtlich ist, durchaus nicht immer der Fall. In manchen Fällen, so bei Garten-, Weinberg-, Acker- und Wiesenerde ist die im Sommer feststellbare Keimzahl wesentlich kleiner als die im Winter, oder im Frühling gefundene. Dieser befremdende Befund ist wohl darauf zurückzuführen, daß sich einerseits öfters Mangel an Wasser und an leicht zersetzblichen organischen Stoffen einstellen kann, anderseits aber, und diesem Umstand lege ich das Hauptgewicht bei, die bodenbewohnenden Protozoen die Bakterien dezimieren. Diese niedern Tiere ernähren sich entweder ausschließlich, oder doch vorwiegend von Spaltpilzen. Durch die steigende Bodenwärme begünstigt, entwickeln sich diese, im Verhältnis zu den Bakterien großen Organismen sehr stark und vermögen durch ihre lebhafte Trefitätigkeit die sich rasch vermehrenden Bodenbakterien zurückzudrängen.

Diese Vorgänge lassen sich außerhalb des Bodens hübsch beim Nachweis der aëroben Stickstoff fixierenden Bakterien in den Rohkulturen von *Azotobacter chroococcum* verfolgen. Mit Hülfe tausendfacher Vergrößerung können die Protozoen, zum Beispiel Amöben, bei der Aufnahme von Nahrung, die aus Bakterien besteht, beobachtet werden. Die im Innern der Amöbe sich anhäufenden Bakterienzellen gehen, durch das Undeutlichwerden der Zellkonturen erkennbar, ziemlich rasch der Verdauung entgegen und die entstehenden Abbauprodukte gelangen zur Resorption. Der Appetit dieser Amöben ist nicht selten so bedeutend, daß die Bakterienzellen trotz lebhafter Vermehrung (braucht doch ein Individuum für die Teilungsvorgänge bis zur Bildung von zwei gleich großen Zellen unter optimalen Bedingungen nur 20—30 Minuten), im Laufe einiger Tage fast vollständig eliminiert werden. Dabei läßt sich mit Hülfe des Mikroskopes auch leicht feststellen, daß nicht alle Bakterienarten als Protozoen-Nahrung in gleichem Maße willkommen sind. Nach meinen bisherigen Erfahrungen ist *Azotobacter chroococcum*, diese aërobe, bodenbewohnende, Stickstoff fixierende Bakterienart besonders gesucht.

Aus den für die einzelnen Kulturarten angeführten Keimmengen läßt sich die Gesamtzahl der pro Gramm feuchten Bodens nachweisbaren Bakterien berechnen. Es kann sich dabei aber, wie ich schon früher erwähnte, nicht um eine bloße Addition der bei den einzelnen Bakteriengruppen festgestellten Keimzahlen handeln, sondern es muß die Art der zur Entwicklung gelangten Spaltpilze mitberücksichtigt werden. So

gibt es beispielsweise unter den Harnstoffvergären, den denitrifizierenden und den Pektinvergären manche Arten, die auf den Gelatine- oder den Agarplatten gut gedeihen und dort gezählt werden, während andere Spezies dieser spezifisch arbeitenden Mikroorganismen, auf die genannten Nährsubstrate übertragen, keine Entwicklung zeigen. Es ist aber auch darauf aufmerksam zu machen, daß einzelne Arten gleichzeitig auf verschiedenen Nährmedien zu gedeihen vermögen, so der *Bacillus amylobacter* in Zuckeragar hoher Schicht Kultur, in der Nährlösung für Stickstoff fixierende Anaérobe, bisweilen auch in anaerob verschlossener Milch und im Nährsubstrat für Pektinvergärtner. Die Berechnung der Gesamtzahl der im Boden nachweisbaren Keime setzt bedeutende Kenntnisse der Biologie und der Systematik der bodenbewohnenden Mikroorganismen voraus.

Im Boden wird mit zunehmender Tiefe die Mikroflora spärlicher, da die Ernährungsverhältnisse ungünstigere werden, der Sauerstoffgehalt zurückgeht und der Boden dichtere Struktur annimmt. Ich möchte diese, bei den verschiedenen Bodentypen zu machende Beobachtung durch ein Beispiel belegen.

Zur Beurteilung der Fundamentierungsarbeiten wurden im Garten des land- und forstwirtschaftlichen Institutes der Eidgen. Technischen Hochschule in Zürich Probegruben aufgeworfen, die ich für das Studium der Abnahme der Mikroflora mit zunehmender Bodentiefe benutzte. Die bodenkundliche Charakterisierung der enthobenen Erdproben kann durch folgende Angaben kurz erfolgen. Die Bodenproben aus 2 und 40 cm Tiefe stammend, bestehen aus einem braunschwarzen, humosen, kalkreichen, steinhaltigen, sehr fruchtbaren Lehmboden mit bedeutendem Tongehalt. Die Bodenproben aus 100, 166 und 266 cm Tiefe entnommen sind hellgelber, humusfreier, kalkreicher, steinhaltiger, sehr zäher Glatzalmergel.

Diese Bodenproben, enthoben im Februar 1921, wurden dem oben angeführten bakteriologischen Untersuchungsverfahren unterworfen. Die erhaltenen Resultate sind in Tabelle 9 zusammengestellt. (Siehe Tabelle 9.)

Der Tabelle 9 können wir entnehmen, daß beim untersuchten Bodenprofil mit zunehmender Bodentiefe der Wassergehalt ab-, der Gehalt an kohlensaurer Kalk aber zunimmt. Was die Mikroflora anbelangt, so läßt sich im allgemeinen feststellen, daß mit zunehmender Bodentiefe die Keimmenge rasch abnehmen, so daß in 266 cm Tiefe nur noch sehr bescheidene Bakterienquantitäten im Gramm feuchten Bodens nachgewiesen werden konnten. Die zu beobachtenden Ausnahmen dürften entweder auf Zufälligkeiten, wie kleine Tierreste, Regenwurmerkrementa, ungünstig wirkende Stoffe usw. zurückzuführen sein, oder aber sie sind in der Biologie der nachgewiesenen Spaltpilzgruppen begründet. So ist es verständlich, wenn die luftscheuen, mittels Zuckeragar hoher Schicht Kultur nachweisbaren Bakterien in 40 und sogar in 100 cm

Tabelle 9.
Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung eines Bodenprofils.
Keimzahlen pro Gramm feuchte Erde.

Wasser- und Kalkgehalt. Spaltpilzgruppen	2 cm Tiefe	40 cm Tiefe	100 cm Tiefe	166 cm Tiefe	266 cm Tiefe
Wassergehalt in % der feuchten Erde	25,5	22,3	12,4	10,2	7,4
Gehalt an kohlenraurem Kalk in %	7,2	12,2	37,2	48,0	50,8
Auf Gelatineplatten wachsend . .	6 700 000	5 200 000	62 000	7 400	0
Auf Agarplatten gedeihend . .	5 400 000	3 700 000	83 000	6 200	0
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend	340 000	520 000	470 000	1 400	80
Harnstoffvergärer	100 000	10 000	1 000	0	0
Denitrifizierende Bakterien . . .	1 000	100	0	0	0
Peptinvergärer	100 000	100 000	10 000	10 000	2
Anaerobe Buttersäurebazillen . .	100 000	1 000 000	10 000	1 000	0
Anaerobe Eiweißzersetzer . . .	10 000	10 000	1 000	100	0
Anaerobe Zellulosevergärer . .	1 000	2	0,2	0,2	0
Aerobe stickstoffbindende Bakterien . .	1 000	1 000	0	0	0
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	100 000	100 000	1 000	100	2
Nitrifizierende Bakterien	10 000	100	0	0	0

Tiefe in größeren Mengen feststellbar sind, als an der Oberfläche, da der Sauerstoffabschluß in bedeutenden Tiefen ein relativ guter ist. Ebenso ist es erklärlich, daß die anaeroben Buttersäurebazillen in 40 cm Tiefe zahlreicher sind als in 2 cm Tiefe.

Nicht bloß in den Böden der Ebene, sondern auch in Erdproben alpiner Herkunft, können stattliche Bakterienmengen nachgewiesen werden. Zum Beweis seien die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von sechs alpinen Bodenproben aus der Umgebung von St. Moritz im Engadin, untersucht im September 1920, angeführt. Die Böden stammen aus Meereshöhen von 1900 bis 2700 m und zeigen, wie aus nachstehenden Angaben zu entnehmen ist, recht verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften. Die bodenkundliche Charakterisierung der für die bakteriologische Untersuchung herangezogenen alpinen Erdproben kann folgendermaßen kurz geschehen:

Boden 1. Weideboden der Alp Laret 2100 m. Ungedüngt. Gelbbrauner, humushaltiger, stein- und kalkfreier, dicht von Pflanzenwurzeln durchzogener schwerer Lehm.

Boden 2. Aus der eingefriedigten Mähwiese der Alp Laret, 2100 m. Mit gelagertem Kinderkot stark gedüngt. Ebenfalls ein gelbbrauner, humushaltiger, stein- und kalkfreier, dicht von Pflanzenwurzeln durchzogener schwerer Lehm.

Boden 3. Weideboden der Alp Muottas da Celerina, 2280 m. Sehr magere Jungviehweide. Ungedüngt. Von Rohhumus durchsetzter, gelbbrauner, steinhaltiger, kalkfreier Lehm, mit mittlerem Tongehalt.

Boden 4. Boden des Viehängers der Alp Staž, 1950 m. Sehr stark mit frischem Rinderkot gedüngt. Graubrauner, humus- und steinhaltiger, kalkfreier, ziemlich schwerer Lehm.

Boden 5. Boden von Ova Cotschna, nicht beweidet, 2680 m. 10 cm mächtige, dunkelbraune, humusreiche, steinhaltige, kalkfreie Schicht tonarmen Lehmbodens.

Boden 6. Magere Ziegenweide am Fuß des Piz Nair, 2730 m. Ungedüngt. 15 cm mächtige, bräunlich violette, humusreiche, steinhaltige, kalkfreie Schicht tonarmen Lehmbodens.

Mittels der oben beschriebenen Untersuchungsmethode wurden diese sechs alpinen Bodenproben einer bakteriologischen Prüfung unterzogen, deren Resultate in Tabelle 10 zusammengestellt sind. (Siehe Tabelle 10.)

Tabelle 10.

Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung alpiner Bodenproben.

Keimzahlen pro Gramm feuchte Erde.

Wasser- und Kalkgehalt. Spaltpilzgruppen	Boden 1	Boden 2	Boden 3	Boden 4	Boden 5	Boden 6
Wassergehalt in % der feuchten Erde	21,2	31,1	26,2	31,9	56,2	29,6
Gehalt an Kohlensäurem Kalk in %	0	0	0	0	0	0
Auf Gelatineplatten wachsend	7 100 000	16 400 000	260 000	43 000 000	5 400 000	2 700 000
Auf Agarplatten gedeihend	9 100 000	15 200 000	200 000	44 100 000	6 400 000	2 900 000
In Zuckeralagar hoher Schicht wachsend	17 000	14 000	12 000	170 000	400 000	600
Harnstoffvergärer	10 000	100 000	10 000	100 000	100	1 000
Denitrifizierende Bakterien	10	10	100	10	0	0
Pektinvergärer	1 000 000	100 000	100	10 000	1 000	100
Anaerobe Buttersäurebakterien	100 000	100 000	10 000	1 000	100	10
Anaerobe Eiweißzersetzer	0	1 000	0	100	0	0
Anaerobe Zellulosevergärer	0	2	0	2	0	0
Aerobe stickstoffbindende Bakterien	0	0	0	0	0	0
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	1 000	1 000	100	10 000	1 000	100
Nitrifizierende Bakterien	2	100	0	10 000	2	0

Wie aus der Tabelle 10 ersichtlich ist, weisen die untersuchten alpinen Bodenproben einen recht verschiedenen Wassergehalt auf, stimmen aber darin überein, daß sie keinen Kohlensäuren Kalke enthalten. Durch hohen Gehalt an nachweisbaren Mikroorganismen zeichnen sich insbesondere die Proben 2 und 4 aus. Die hohen Keimzahlen sind ohne weiteres verständlich, wenn wir darauf hinweisen, daß der Boden 2 einer eingefriedigten, gut gedüngten Mähwiese entnommen wurde und der Boden 4 einem Viehälger mit reicher animalischer Düngung entstammt. Diese beiden Erdproben beweisen durch ihren Bakterienreichtum, daß die Ungünstigkeit des alpinen Klimas an und für sich die Mikroflora des Bodens keineswegs zurückzudrängen vermag. Sehr bescheiden dagegen ist die nachweisbare Spaltpilzflora des Bodens 3, der einer magern Viehweide entnommen worden war. Beachtenswert ist das gänzliche Fehlen der aeroben Stickstoff fixierenden Bakterien vom Typus des Azotobacter chroococcum. Auch auf das spärliche Vorkommen der anaeroben Zellulosevergäerer und der denitrifizierenden Bakterien in diesen alpinen Bodenproben sei hingewiesen.

Aus den vorstehenden Ausführungen ist ersichtlich, daß die beschriebene, auf der Kombination der Verdünnungsmethode mit der elektiven Kultur beruhende bakteriologische Untersuchungsmethode gestattet, hübsche Einblicke in das Bakterienleben unserer Böden zu gewinnen. Wir erhalten durch solche Prüfungen die Überzeugung, daß im Boden eine Masse von Zersetzung- und Umsetzungsprozessen stattfindet, die für die Fruchtbarkeit große Bedeutung besitzen. Je tiefer wir in das Studium der Lebenseigentümlichkeiten der bodenbewohnenden Organismen eindringen, desto mehr erhalten wir die Überzeugung, daß noch eine Reihe von mikrobiologischen Vorgängen der näheren Erforschung harren. Die Bakteriologie des Bodens und speziell diejenige des Waldbodens ist ein noch junger Wissenschaftszweig, in welchem zahlreiche Probleme der Lösung harren.

Zürich, 27. November 1923.

Dr. M. Duggeli.

Nochmals zur forstlichen Studienplanreform.

Von Prof. C. Zwicky.

Nach mehrfachen Erörterungen an Forstversammlungen und in Kommissionen hat zu dieser Frage in Nr. 10 dieser Zeitschrift auch noch Herr Dr. Flury Stellung bezogen und dies durch seine „engen Beziehungen zu Schule und Praxis“ begründet. Form und Inhalt seiner Ausführungen sind nun aber derart, daß sie nicht mit Stillschweigen hingenommen werden können. Unsererseits wollen wir uns in der Entgegnung indessen zur Hauptfrage auf zwei Gegenstände beschränken, nämlich auf das Prüfungswesen einerseits und auf die bautechnischen Fächer anderseits.