

# Alpine und arktische Flora und Vegetation : Studien über die Bakterienflora alpiner Böden

Autor(en): **Düggeli, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich**

Band (Jahr): **3 (1925)**

PDF erstellt am: **25.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-306771>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- b. *Salix herbacea* - Schneetälchen, flach N-Exp., besonnt, Boden feucht:  
 10.50 – 11.50 = 2,43 cm<sup>3</sup>      11.50 – 12.50 = 2,73 cm<sup>3</sup>  
 12.50 Bodentemperatur = 11,5°.
- c. *Elynetum* - Trockenrasen, flach S-Exp., Windecke:  
 11 – 12 = 3,11 cm<sup>3</sup>      12 – 13 = 3,11 cm<sup>3</sup>  
 12.15 Bodentemperatur = 18,2°,  
 Sonnentemperatur = 29,5° (Schwarzkugelthermometer = 43,5°).
- d. *Polytrichum* - Schneetälchen, flach (Boden der Mulde), besonnt, windgeschützt:  
 12.50 – 13.50 = 2,66 cm<sup>3</sup>      14.50 – 15.50 = 3,42 cm<sup>3</sup>  
 13.50 – 14.50 = 2,73 cm<sup>3</sup>  
 12.15 Bodentemperatur = 12°.
- e. *Seslerieto - Semperviretum* - Trockenrasen auf Kalkfelsbändern, steil S-Exp., teilweiser Windschutz:  
 13 – 14 = 3,11 cm<sup>3</sup>      14 – 15 = 3,19 cm<sup>3</sup>  
 15 Uhr Bodentemperatur = 13,5°.
- f. Schutthalde, steil S-Exp., meist Feinschutt und Feinerde, oberflächlich trocken:  
 15.10 – 16.10 = 4,03 cm<sup>3</sup>  
 16.10 Bodentemperatur = 21,5°.

In Beispiel 7. und 8. sind die Verschiedenheiten der einzelnen Lokalklimate durch die grosse Lufttrockenheit der Föhnströmung in hohem Masse ausgeglichen (vergl. p. 196/97).

---

## X.

# Studien über die Bakterienflora alpiner Böden

Von M. DÜGGELI, Zürich

Eingegangen 7. März 1925

Die an verschiedenen Orten und in wechselnden Jahreszeiten ausgeführten Untersuchungen zahlreicher Forscher haben ergeben, dass die land- und forstwirtschaftlich benutzten Böden des Tief- und Flachlandes eine eigentliche Brutstätte für zahlreiche Mikroorganismen sind. Dem in seinen mannigfaltigen Erscheinungen und Formen bewunderungswürdigen Leben auf dem Boden entspricht ein ebenso reiches Leben im Bodeninnern. Während aber das Leben auf dem Boden vorwiegend aufbauende Prozesse vollzieht, betätigen sich die Lebewesen im Boden vorherrschend mit Abbauvorgängen, indem sie jene

Stoffe verzehren und zersetzen, die nach dem Tode der Tiere und der Pflanzen der Erde überantwortet werden.

Die bodenbewohnenden Mikroorganismen bedingen die Tätigkeit der Böden, jene Gesamtheit von Vorgängen, welche die für die Ernährung in Betracht fallenden Stoffe den Pflanzen zugänglich machen.

Unter den Bodenorganismen sind die Bakterien zwar die kleinsten, dafür aber die in grösster Arten- und Individuen-Zahl vorkommenden bekannten Lebewesen. Zuzufolge ihrer sehr bescheidenen Dimensionen eignen sie sich für die rasche Durchführung von Zersetzungs- und Umsetzungsprozessen sehr gut, da sie im Verhältnis zum Zellinhalt eine bedeutende Körperoberfläche besitzen. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes ist es verständlich, dass die winzigen Bakterien im Boden unter den übrigen Mikroorganismen die Hauptrolle spielen.

Um Einblicke in das vielseitige Bakterienleben unserer Böden zu gewinnen, habe ich die *Verdünnungsmethode*, kombiniert mit der *elektiven Kultur*, verwendet.<sup>1</sup> Diese Untersuchungsmethode erlaubt in einem Boden sowohl die Arten, wie die annähernden Mengen der züchtbaren, ihn bewohnenden Spaltpilze festzustellen. Die gewonnenen Resultate werden um so zuverlässiger sein, eine je grössere Zahl elektiv wirkender Nährsubstrate wir verwenden und dabei bestrebt sind, durch mehrere parallele Kontrolluntersuchungen Zufälligkeiten möglichst auszuschalten. Durch die chemische Untersuchung der angegangenen, oder auch von extra angelegten Kulturen, lassen sich ausserdem Anhaltspunkte über die Leistungsfähigkeit der Bodenbewohner gewinnen, ein Umstand, dem Bedeutung zukommt, da erfahrungsgemäss diese Leistungsfähigkeit wesentlichen Schwankungen unterworfen ist.

Zum Gegenstand bodenbakteriologischer Studien wählte man bis anhin in der erdrückenden Mehrzahl der Fälle landwirtschaftlich benutzte Böden des Flachlandes, während alpine Böden nur ausnahmsweise und zudem nur auf einzelne bestimmte, gewöhnlich mittels Gusskulturen von Nährgelatine eruierbare Bakteriengruppen geprüft wurden. Eine neueste

<sup>1</sup> Die Methode ist beschrieben in: M. DÜGGELI, Die Bakterien des Waldbodens. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 1923. 37 S.

Arbeit<sup>1</sup> über den mittels G u s s k u l t u r e n von N ä h r g e l a t i n e nachweisbaren Bakteriengehalt von Erdproben aus der hochalpinen und nivalen Region führte zum Ergebnis, dass der Mensch, durch Verunreinigung mit organischen Abfallstoffen aller Art, die Böden in der Umgebung der Klubhütten meist bedeutend mit Bakterien anreichere. Diesen Befund von J. KÜRSTEINER kann ich auf Grund meiner Beobachtungen durchaus bestätigen. Seit einer stattlichen Reihe von Jahren untersuche ich Bodenproben, die im voralpinen, im alpinen und im hochalpinen Gebiet an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Verhältnissen gesammelt werden, mittels der oben erwähnten, auf der Kombination des Verdünnungsverfahrens mit der elektiven Kultur beruhenden Untersuchungsmethode. Von den dabei erhaltenen Resultaten habe ich bis anhin nur auszugsweise einiges mitgeteilt über Befunde, die ich bei der Untersuchung von 12 Bodenproben aus der Umgebung von St. Moritz (Engadin) im September 1920 erhielt.<sup>2</sup>

Im folgenden teile ich die Ergebnisse mit, welche bei der bakteriologischen Untersuchung von 48 Bodenproben erhalten wurden, die ich in den Tagen vom 24. bis 31. Juli 1909 auf der botanischen Schlussexkursion der Eidg. Technischen Hochschule sammelte. Diese unvergessliche Eindrücke hinterlassende, von gutem Wetter begünstigte Exkursion wurde von unserm Jubilar, meinem hochverehrten Lehrer und Freund, Prof. Dr. C. SCHRÖTER geleitet. Der Verlauf dieser dem Studium der Alpenflora im Kanton Graubünden und der angrenzenden Gebiete gewidmeten Reise wird durch folgende Oertlichkeiten umschrieben: Zürich - Davos - Flüela Hospiz - Flüela Schwarzhorn - Süs - Zernez - Val Cluozza - Alp Murtèra - Livigno - Bernina Hospiz - Heutal - Diavolezza - Pontresina - Samaden - Muottas

<sup>1</sup> KÜRSTEINER J., Ueber den Bakteriengehalt von Erdproben der hochalpinen und nivalen Region. Jahrb. d. Schweiz. Alpenklub, Jahrg. 58, Bern, 1924.

<sup>2</sup> Vergl.: Landwirtschaftliche Vorträge. Herausgegeben vom Verbands der Lehrer an landwirtschaftlichen Schulen der Schweiz. Bodenchemie, Bodenbakteriologie und Bodenbearbeitung. Heft 3. M. DÜGGELI, Forschungen auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie. HUBER, Frauenfeld, 1921. S. 43—92.

Muraigl - Zürich. Die mittels Spatel enthobenen Erdproben umfassten Zylinder von 8—10 cm Durchmesser und 15 cm Länge. An einigen Stellen erlaubte das Terrain nur das Entheben wesentlich kleinerer Erdmengen und in drei Fällen musste ich mich darauf beschränken, den allzukümmerlich vorhandenen Boden mittels sterilisiertem Löffelchen von der Unterlage loszulösen und in mitgebrachte sterile Gläser zu geben. Die Erdzylinder wurden in Pergamentpapier eingewickelt, zunächst im Rucksack mitgenommen, dann in Holzkistchen verpackt, nach Zürich gesandt und dort im landwirtschaftlich-bakteriologischen Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule tunlichst bald durch das Anlegen der erforderlichen quantitativ gehaltenen Kulturen bakteriologisch untersucht. Vor Antritt der Reise hatte ich an Nährmaterialien und Kulturgefässen die erforderlichen Vorbereitungen getroffen, so dass die mit der Post ankommenden Sendungen vom Assistenten sofort verarbeitet und nach der Rückkunft von mir untersucht werden konnten.<sup>1</sup> Vier Gramm Material, aus dem Zentrum der Probe genommen, wurden für die Herstellung der erforderlichen Verdünnungen verwendet. Von dem Gedanken ausgehend, dass die Mikroflora des Bodens wesentlich beeinflusst werde von der Reaktion, sowie vom Wasser-, kohlen-sauren Kalk- und Humusgehalt, bestimmte ich von jeder zu untersuchenden Erdprobe diese vier Grössen. In Abänderung der in der Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 1923 beschriebenen Methodik der Untersuchung wurde die Reaktion der Bodenprobe mittels Lakmuspapier und nicht, wie das heute geschieht, mittels des Jonoskops festgestellt. Die Bestimmung des Humusgehaltes der Erdprobe erfolgte nicht aus dem beim Glühen des Bodens eintretenden Gewichtsverlust, unter Berücksichtigung des Gehaltes an kohlen-saurem Kalk und an Ton, sondern wurde durch die Ziffern 0—4 schätzungsweise zum Ausdrucke gebracht. Dabei bedeutet 0 gänzlich fehlender Humus-

<sup>1</sup> Dem damaligen Assistenten des Laboratoriums, Herrn Dr. A. WIGGER, zurzeit Direktor der landwirtschaftlichen Schule in Willisau (Kt. Luzern), sei auch an dieser Stelle für die wertvolle Mitarbeit verbindlich gedankt. Einem einzelnen wäre es nicht möglich gewesen, die grosse Arbeit in einer Frist zu bewältigen, welche nicht eine bedeutende Veränderung der Bakterienflora in den Erdproben, infolge Aufbewahrung unter andern Bedingungen, nach sich gezogen hätte.

gehalt, 1 ganz schwacher, 2 stärkerer, 3 sehr starker Humusgehalt, während die Ziffer 4 angeben soll, dass die Probe nur aus Pflanzen- und Tierresten bestehe. Die Arbeitsweise beim Prüfen des Bodens auf das Vorkommen von auf Gelatine- und Agarplatten, sowie in Zuckeragar hoher Schicht Kultur wüchsiger Keime, auf die Anwesenheit von Harnstoffvergärrern, Denitrifizierenden, Pektinvergärrern, Buttersäurebazillen, anaëroben Eiweiss- und Zellulosezersetzern, Stickstofffixierenden und Nitrifizierenden ist, wie erwähnt, der oben zitierten Publikation zu entnehmen. Dort sind auch die erforderlichen Angaben über die Tätigkeit und die Bedeutung dieser verschiedenen Organismengruppen für den Boden und die auf ihm gedeihende Pflanzenwelt enthalten.

Hier sei zur Erläuterung darauf hingewiesen, dass die im Boden mittels quantitativer Gusskulturen mit Nährgelatine bei 20° und mit Nähragar bei 30° nachweisbaren luftliebenden Spaltpilze meistens zu den Saprophyten gehören, die sich lebhaft an der Zersetzung organischer Stoffe beteiligen. Die Zuckeragar hohen Schicht Kulturen nach BURRI sollen manchen anaëroben, also luftscheuen Bodenbakterien das Wachstum ermöglichen. Die übrigen Bakteriengruppen des Bodens wie Harnstoffvergärer, Denitrifizierende, Pektinvergärer usw. gelangen durch elektive Kultur zum Nachweis. Die erzielten Resultate sind Minimalzahlen in dem Sinn, 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 1000 eingetragen ist, so heisst das: In der Erdemulsion, die  $\frac{1}{1000}$  gr feuchte Erde enthielt, liessen sich noch Pektinzer-setzer nachweisen, nicht aber mehr in der dezimal abgestuft folgenden Menge von  $\frac{1}{10000}$  gr Erde. Wir könnten deshalb auch bemerken: Pro Gramm feuchte Erde waren feststellbar 1000, aber weniger als 10 000 Pektinstoffe zersetzende Bakterien.

Die mit Hilfe der elektiven Kultur nachweisbaren Bodenbakterien umfassen folgende Gruppen, deren Funktion

kurz beschrieben sei. Die Harnstoffvergärer sind dadurch gekennzeichnet, dass sie das tierische Stoffwechselprodukt Harnstoff, infolge Ueberführung in kohlen-saures Ammoniak, der Pflanze als Nährstoff zugänglich machen; sie sind, vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, nützliche Bakterien. Die schädlichen denitrifizierenden oder salpeterzerstörenden Spaltpilze zersetzen den als Pflanzennährstoff sehr geschätzten Salpeter so weitgehend, dass elementarer Stickstoff oder flüchtige Stickstoffverbindungen, wie Stickoxyd oder Stickoxydul entweichen. Die Pektinvergärer 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, Kohlendioxyd und Wasserstoff überführen. Die nach dem Impfen mit Erde durch Pyrogallolverschluss nach WRIGHT-BURRI vom Sauerstoff befreiten, ursprünglich sterilen, mit Milch beschickten Reagensgläschen geben für anaerobe Buttersäurebakterien günstige Existenzbedingungen. Um über das Vorkommen derjenigen Spaltpilze, die bei Luftabschluss Eiweisstoffe zersetzen können, die Fäulniserreger im engern Sinne des Wortes, orientiert zu werden, gibt man zu je einem Würfelchen gekochten Hühnereiweiss, das sich, mit sterilem Leitungswasser übergossen, in Reagensgläsern befindet, dem sog. Achalmé-Nährsubstrat, bestimmte Quantitäten Erde und setzt den Pyrogallolverschluss auf, befreit also von Luftsauerstoff. Den anaeroben Zellulosenvergärern kommt die Fähigkeit zu, Zellulosen bei Luftabschluss zu zersetzen, unter vorwiegender Produktion von Buttersäure, Essigsäure, Kohlendioxyd, Wasserstoff und Methan. Die praktisch wichtigen Stickstofffixierenden 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 wird. Inner-

halb der freilebenden Stickstoff fixierenden Spaltpilze werden unterschieden: *Aëroben Arten*, die den Stickstoff bei Sauerstoffzutritt binden und *anaëroben Arten*, die dies nur bei mehr oder weniger gutem Sauerstoffabschluss tun. Der wichtigste Vertreter der aëroben Arten ist *Azotobacter chroococcum*, während unter den anaëroben Vertretern dem *Bacillus amylobacter* die grösste Bedeutung zukommt. Schliesslich sei noch auf die *nitrifizierenden* oder *salpeterbildenden Bakterien* hingewiesen, denen die Fähigkeit zukommt, Ammoniakverbindungen in Nitrate 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.

Die auf der Exkursion gesammelten Bodenproben umfassen, nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten gruppiert: 8 *Ackerland*-, 8 *Fettmatten*-, 3 *Garten*-, 5 wenig oder nie gedüngte *Mähwiesen*-, 12 ungedüngte *Viehweide*-, 4 *Wald*- und 8 *wirtschaftlich nicht genutzte Böden*. Die erhaltenen bakteriologischen Untersuchungsergebnisse sind, um Raum sparen zu können, in 6 Tabellen, welche je 8 Bodenproben umfassen, zusammengestellt. Jeder Tabelle voraus geht eine kurze Charakterisierung der untersuchten Bodenproben, begleitet von Angaben über ihre Herkunft und die wirtschaftliche Nutzung der Grundstücke. Ueber die bei der Untersuchung der in Frage stehenden Bodenproben erhaltenen Bakterienarten sei bemerkt, dass zahlreiche Spezies, welche bei der Prüfung der Böden des Flachlandes nachgewiesen werden, auch in den alpinen Böden festgestellt wurden, dass aber auch gelegentlich Arten in reicher Vertretung zu beobachten waren, die in den Flachlandböden entweder nicht, oder nur vereinzelt angetroffen werden. Nähere Angaben über die hauptsächlich festgestellten Bakterienarten sollen anlässlich der Publikation eines grösseren Untersuchungs-Materials gemacht werden.

Tabelle 1  
 Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von 8 Bodenproben aus verschiedenen Aeckern  
 Juli 1909  
 Keimzahlen pro Gramm feuchte Erde

Reaktion, Wasser-, Kalk- und Humusgehalt. Spaltpilzgruppen	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8
Reaktion . . . . .	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral
Wassergehalt in Prozenten der feuchten Erde . . . . .	6,4	10,5	14,6	11,8	12,5	8,9	16,5	9,7
Gehalt an kohlenstoffreichem Kalk in Prozenten . . . . .	18,5	16,2	38,6	36,8	26,2	21,2	8,5	7,6
Humusgehalt . . . . .	0	1	1	2	1	1	2	1
Auf Gelatineplatten wachsend	12,600,000	14,300,000	12,700,000	11,800,000	9,900,000	8,900,000	14,800,000	13,200,000
Auf Agarplatten gedeihend . .	9,960,000	9,500,000	9,000,000	9,200,000	8,800,000	12,000,000	16,400,000	16,400,000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend . . . . .	50,000	60,000	60,000	110,000	230,000	190,000	50,000	90,000
Harnstoffvergärer . . . . .	1000	1000	1000	10,000	10,000	10,000	10,000	1000
Denitrifizierende Bakterien . .	100	1000	10,000	10,000	10,000	100	100	100,000
Pektinvergärer . . . . .	10,000	10,000	10,000	1,000,000	10,000	1000	100,000	1,000,000
Anaerobe Buttersäurebazillen .	1000	1000	100	1000	100	1000	10,000	1000
Anaerobe Eiweisszersetzer . .	1000	1000	100	10,000	1000	100	10,000	10,000
Anaerobe Zellulosevergärer . .	2	100	2	2	2	100	100	2
Aerobe, stickstoffbindende Bakterien . . . . .	1000	1000	100	2	2	0,2	2	100
Anaerobe, stickstoffbindende Bakterien . . . . .	10	100	100	100	100	1000	1000	100
Nitrifizierende Bakterien . . .	—	—	2	2	—	2	2	2

## Kurze Charakterisierung der in Tabelle 1 verarbeiteten Bodenproben B1—B8.

Die Proben B1—B6 entstammen Aeckern aus der Umgebung von Zernez (1500 m), die Proben B7 und B8 den Gerstenäckern von Samaden (1710 m).

B1. Aus Gerstenacker von Zernez. Humusfreier, kalk- und steinreicher, sandiger Mergel, in gutem Düngungszustand. Die Gerste ist gut entwickelt und verspricht reichen Ertrag.

B2. Aus Haferacker von Zernez. Schwach humushaltiger, kalk-, stein- und sandreicher Mergel. Guter Düngungszustand. Der Hafer steht üppig und lässt guten Ernteertrag erwarten.

B3. Aus Kartoffelacker von Zernez. Schwach humushaltiger, kalk- und sandreicher, steinführender Mergel. Die Kartoffeln verraten gute Stallmistdüngung.

B4. Aus Gerstenacker von Zernez. Humushaltiger, kalk- und steinreicher und ziemlich viel Sand führender Mergel. Guter Düngungszustand.

B5. Aus Kartoffelacker von Zernez. Schwach humushaltiger, kalk-, stein- und sandreicher Mergel. Die Kartoffelstauden sind gut entwickelt.

B6. Aus Gerstenacker von Zernez, neben B5 gelegen, gleicher Bodentypus.

B7. Aus Haferackerchen oberhalb Samaden, 1710 m. Humus- und kalkhaltiger, vereinzelt Steine und viel Sand enthaltender Lehm. Der üppig stehende Hafer verrät reichliche Naturdünger-Zufuhr.

B8. Aus Gerstenackerchen oberhalb Samaden. Humusarmer, kalkhaltiger, steinreicher und ziemlich viel Sand führender Lehm. Die Gerste ist gut entwickelt und verspricht eine ergiebige Ernte.

Bei den in Tabelle 1 zusammengestellten Untersuchungsergebnissen fiel auf, dass die Bodenproben B4—B8 reich an *Bacterium fluorescens* L. et N. waren und dass die Proben B3—B8 einen bedeutenden Gehalt von *Bacterium herbicola aureum* und *Bacterium herbicola rubrum* BURRI et DÜGGELI, vom Saatgut stammend, neben zahlreichen andern, gewöhnlich in der Erde nachweisbaren Spaltpilzarten aufwiesen. Die pro Gramm feuchte Erde eruierte Mittelzahl an Gelatineplatten wüchsigen Keimen betrug 12,275,000, auf Gusskulturen von Nähragar nachweisbar 11,407,500 und in Zuckeragar hoher Schicht gedeihend 105,000 Keime. Diese meist saprophytisch lebenden Spaltpilzmengen können jenen Quantitäten, die im Boden der Getreideäcker des Flachlandes nachweisbar sind, würdig an die Seite gestellt werden. Die Bodenproben weisen im Gehalt an denitrifizierenden, an pektinvergärenden und an aëroben, stickstoffbindenden



Arten bedeutende Unterschiede auf. In den geprüften Böden dürfte der Gehalt an *Azotobacter chroococcum*, der aëroben Stickstoff fixierenden Bakterienart, im allgemeinen grösser sein, als aus den vorstehenden Untersuchungsergebnissen ersichtlich ist, da in einer Reihe von Kolben eine Dezimierung dieser Spaltpilzspezies durch Infusorien feststellbar war.

K u r z e C h a r a k t e r i s i e r u n g d e r i n T a b e l l e 2 a n g e f ü h r t e n B o d e n p r o b e n B 9 — B 1 6 , a l l e a u s F e t t m a t t e n s t a m m e n d .

B 9. Aus einer guten Futterertrag liefernden Mähwiese unterhalb des Heimwesens Alpenrose im Flüelatal bei 1810 m. Oeftere Zufuhr der Naturdünger Stallmist und Jauche. Ein humoser, kalkfreier, wenig Sand, aber ziemlich viel Ton enthaltender Lehm.

B 10. Von Zernez, dicht neben B 2. Aus einer zwar trockenen, aber zufolge reichlicher Stallmistgaben grosse Futtererträge liefernden Mähwiese. Schwach humushaltiger, kalkreicher, steinführender, sandreicher Lehm.

B 11. Aus dem Val Cluozza, Schafläger vor der Steinhütte der Alp Murtèr 2320 m. Der sich vorfindende Bestand von *Rumex alpinus* L. und *Aconitum Napellus* L. wird nicht gemäht; es handelt sich also nicht um eine Mähwiese, aber der Boden ist mit Schafexkrementen stark gedüngt, weshalb die Probe zu den Fettmatten-Böden gestellt wurde. Ein humoser, kalkfreier Lehm.

B 12. Aus einer stark mit Naturdünger versehenen Mähwiese neben dem Hotel Alpina in Livigno (Spöltal) bei 1820 m. Die Hauptkonstituenten des dichten Bestandes sind *Poa alpina* L., *Poa pratensis* L. und *Trifolium repens* L. Ein humushaltiger, feinsandiger, kalkfreier Lehm.

B 13. Nahe bei der Probeentnahmestelle von B 12 gelegen, sich von dieser Erdprobe einzig durch die lebende Pflanzendecke unterscheidend, die hier aus *Polygonum Bistorta* L. besteht.

B 14. Bei Berninahäuser (2070 m), im Tal des Berninabaches eingezäuntes Grundstück, das zufolge intensiver Düngergabe reichlichen Pflanzenwuchs ergibt. Herrschend sind *Phleum Michelii* ALL. und *Poa alpina* L. Der Boden ist ein humoser, sandreicher, kalkfreier Lehm.

B 15. Aus einer Fettmatte in Samaden 1710 m. Zufolge häufiger Stallmist- und Jauchedüngung sind grosse Ernteerträge erhältlich. Die beiden im Wiesenbestand herrschend vorkommenden Pflanzenspezies sind: *Trisetum flavescens* PAL. und *Polygonum Bistorta* L. Ein schwach humus- und sandhaltiger, kalkfreier Lehm.

B 16. Unweit der Stelle, wo B 15 entnommen wurde, war B 16 erhältlich. Die Düngungsverhältnisse sind hier zwar noch gute, aber doch nicht mehr so intensive. Die schöne Heuerträge liefernde Wiese ist vorwiegend mit *Avena pubescens* HUDSON und *Poa alpina* L. bestanden. Der Boden ist von gleichem Typus wie bei B 15.

Beim Durchgehen der Resultate, die in Tabelle 2 vereinigt sind, fällt auf, dass trotz gleicher oder doch ähnlicher wirtschaftlicher Benutzung der verschiedenen Böden im Bakteriengehalt wesentliche Unterschiede zu Tage treten. Die Mittelzahlen pro Gramm feuchte Fettmattenerde betragen nach diesen Untersuchungen: an auf Gelatineplatten wüchsigen Keimen 17,725,000, an auf Agarplatten gedeihenden Bakterien 17,403,000 und an in Zuckeragar hoher Schicht Kultur wachsenden Organismen 98,750, sind also, abgesehen von den Resultaten in hoher Schicht Kultur, bedeutend höhere als bei den Ackerböden. Beachtenswert ist der grosse Unterschied im Resultat der Gusskulturen von Nährgelatine und Nähragar bei den Proben B 12 und B 13, die sich, soweit ersichtlich, nur durch die lebende Pflanzendecke unterscheiden (*Poa*-Spezies und *Trifolium repens* auf B 12 und *Polygonum Bistorta* L. auf B 13). Die Bodenprobe B 14 zeichnet sich durch hohen Gehalt an gelatine- und agarwüchsigen Keimen aus. Die Erklärung für diesen Befund dürfte in zufällig vorhandenen, nicht beachteten Tierresten zu suchen sein, da andere Bodenproben von ähnlicher Beschaffenheit und entsprechender Düngung wesentlich kleinere Bakterienmengen aufweisen. Obwohl der Boden B 16 weniger intensiv gedüngt wird als B 15, so ist der Gehalt an gelatinewüchsigen Keimen nur unbedeutend kleiner, derjenige an agarwüchsigen Bakterien sogar grösser. Als Ursache kann das zufällige, nicht beachtete Vorhandensein von in Zersetzung begriffenen tierischen Resten in Betracht kommen oder der Umstand, dass ein gewisses Mass von Naturdünger im Boden Höchstmengen von Bakterien zu bedingen vermag und eine weitere Steigerung der Düngierzufuhr ohne kräftige Wirkung auf das Bakterienleben des Bodens bleibt. Einzig in der Bodenprobe B 10 war die aërobe, Stickstoff fixierende Bakterienart *Azotobacter chroococcum* nachweisbar, während *Bacillus amylobacter* überall in bedeutender Menge sich vorfand. Als Ursache sei auf die teilweise schwach saure Reaktion des Bodens hingewiesen, gegen die *Azotobacter* sehr empfindlich ist, andererseits aber auch auf den im Wiesenboden erschwerten Luftzutritt, was die aërobe Art in der Entwicklung hemmt.

### Kurze Charakterisierung der in Tabelle 3 angeführten Bodenproben B 17 — B 24.

Die Erdproben B 17—B 19 sind Gartenerden, die 5 Proben B 20—B 24 aber Böden aus spärlich oder nie gedüngten Mähwiesen.

B 17. Gartenerde von Zernez, 1500 m, mit Kopfsalat bepflanzt und sehr reichlich mit Jauche gedüngt. Ein humushaltiger, kalk- und sandreicher Mergel.

B 18. Gartenerde des Hotels Alpina in Livigno im Spöltal bei 1820 m; mit Spinat bepflanzt, reichlich mit Jauche gedüngtes Beet. Humusarmer, kalkhaltiger Lehm.

B 19. Gartenerde von Livigno. Wie B 18, aber mit Weissrüben bepflanzt.

B 20. Tschuggen im Flüelatal bei 1910 m. Boden einer gelegentlich mit Stallmist gedüngten Mähwiese, die befriedigenden Ertrag gibt. Ein kalkfreier, humushaltiger, ziemlich sandreicher Lehm.

B 21. Heutal im Berninagebiet bei 2160 m. Der Boden eines sog. Heuberges, der jedes zweite oder dritte Jahr gemäht wird und bescheidene Erträge gibt. Hauptkonstituent ist *Avena versicolor* VILL. Nur selten absichtlich gedüngt. Schwach humushaltiger, sandreicher, kalkfreier Lehm.

B 22. Wie B 21, aber im Ertrag bescheidener, ein Bestand, in dem *Nardus stricta* L. herrschend ist. Ein feinsandiger, humoser, kalkfreier Lehm.

B 23. Magere Mähwiese in Samaden, 1710 m, nur selten gedüngt, sehr bescheidener Ertrag. Bestandbildende Pflanze ist *Festuca ovina* L. Schwach humushaltiger, sandiger, kalkfreier Lehm.

B 24. Sehr magere Mähwiese von Muottas Muraigl bei Samaden, 2500 m. Nie gedüngt, Bestand von *Carex curvula* ALL. Humoser, kalkfreier, sandiger Lehm.

Die bei der Untersuchung der Böden B 17—B 24 erzielten Resultate geben zu folgenden Bemerkungen Veranlassung. Die drei Gartenerden B 17—19 sind sehr reich an Mikroorganismen, beträgt doch die Mittelzahl pro Gramm feuchte Erde an gelatinewüchsigen Keimen 37 Millionen, an agarwüchsigen Organismen 54,300,000 und an bei Luftabschluss in Zuckeragar gedeihenden Mikroben 44,700. Die bei den vorliegenden Untersuchungen keimreichste Erde ist die Probe B 18 mit 44,600,000 gelatinewüchsigen und 90,000,000 agarwüchsigen Mikroorganismen. Auffallend ist das Fehlen der Nitrifizierenden. Im Vergleich zu den Gartenböden sind die spärlich oder nie gedüngten Böden der Mähwiesen recht keimarm; besonders trifft dies zu bei den sauer reagierenden Proben B 23 und B 24. In diesen magern Mähwieseböden fehlt zufolge ungünstiger Reaktion *Azotobacter*



*chroococcum*. Die Mittelzahlen belaufen sich pro Gramm feuchte Erde auf 1,670,000 an gelatinewüchsigen Keimen, auf 1,390,000 an agarwüchsigen Bakterien und auf 30,000 in Zuckeragar hoher Schicht gedeihenden Spaltpilzen.

#### Kurze Charakterisierung der in Tabelle 4 geprüften Bodenproben B 25 — B 32.

Alle stammen von Viehweiden, die, abgesehen von den Exkrementen der Weidetiere, keinen Dünger erhalten.

B 25. In den Bühlen ob Davos Dorf bei 1630 m. Steinige, mit viel *Nardus stricta* L. bewachsene Weide. Humoser, kalkfreier, sandiger Lehm.

B 26. Carlmatten im Flüelatal bei 2250 m; wenig Ertrag liefernde Jungviehweide. Stark sandiger, kalkfreier, humoser Lehm.

B 27. Am Weg zum Flüela-Schwarzhorn bei 2490 m. Trockener Hang auf Verwitterungsschutt, sehr steil, beinahe geschlossene Decke von *Carex curvula* ALL. tragend, nur vorübergehend beweidet. Humoser, kalkfreier Lehm.

B 28. Spärliche Ziegenweide an der Flüelastrasse, nahe dem Hospiz bei 2370 m. Neben Lawinenschnee finden sich *Salix reticulata* L. und *Luzula*-Spezies. Humoser, feinsandiger, kalkfreier Lehm.

B 29. Grass da Cluozza, südlich Zernez im Val Cluozza bei 1860 m. Von Bergamaskerschafen besuchte Weide. Humoser, kalkfreier Lehm.

B 30. Weide auf Alp Murtèr im Val Cluozza, von Bergamaskerschafen bestossen, bei 2220 m. Herrschende Pflanze ist *Elyna myosuroides* (VILL.) Fritsch. Humoser, kalkfreier Lehm.

B 31. Weide auf Alp Murtèr im Val Cluozza mit Bergamaskerschafen, bei 2420 m. *Ligusticum Mutellina* (L.) CRANTZ macht einen bedeutenden Teil des Pflanzenbestandes aus; humus- und kalkfreier Lehm von gelber Farbe.

B 32. Schafweide auf Alp Murtèr im Val Cluozza. Grathöhe zwischen Val Cluozza und Spöltal, 2550 m. *Ligusticum Mutellina* (L.) CRANTZ ist stark vertreten. Schwach humushaltiger, etwas kalkführender Lehm.

Da auch in Tabelle 5 teilweise Böden, deren Flora von Weidetieren als Futter benutzt wird, enthalten sind, so seien die Ergebnisse der in den Tabellen 4 und 5 untersuchten Böden gemeinsam besprochen.

#### Kurze Charakterisierung der in Tabelle 5 untersuchten Bodenproben B 33 — B 40.

Sie umfassen vier Viehweideböden, die ausser den Exkrementen der Weidetiere keinen Dünger erhalten, und vier Proben von Waldböden.



B 33. Zwischen Alp Murtèr und Piz Murtèr im Val Cluoza bei 2700 m, von Bergamaskerschafen beweidet. Die herrschende Pflanze ist *Sesleria coerulea* (L.) ARD. Schwach kalkhaltiger, humoser Lehm.

B 34. Jungviehweide von San Florino bei Livigno, 1860 m. Humoser, schwach kalkhaltiger Lehm.

B 35. Tal des Berninabaches oberhalb Berninahäuser bei 2100 m. Jungviehweide mit *Trisetum flavescens* (L.) PAL. und *Plantago*-Spezies. Ein humoser, kalkfreier Lehm.

B 36. Am Aufstieg zur Diavolezza im Berninagebiet bei 2400 m. Jungviehweide mit *Avena versicolor* VILL. und *Carex curvula* ALL. Humoser, kalkfreier Boden.

B 37. Aebiwald ob Davos Dorf, Bestand von *Picea excelsa* (LAM.) LINK bei 1680 m. Der Boden ist mit Heidelbeersträuchern bedeckt. Rohhumus.

B 38. Gleiche Lokalität, ca. 50 m höher gelegen. Rohhumus.

B 39. Mischwald von Engadinerföhren, Fichten und Bergföhren bei Selva, am Aufstieg von Zernez ins Val Cluoza, bei 1680 m. Rohhumus.

B 40. Gleiche Lokalität, ca. 50 m höher gelegen. Rohhumus.

Die in den Tabellen 4 und 5 enthaltenen Untersuchungsergebnisse geben zu folgenden bemerkenswerten Schlussfolgerungen Veranlassung. Der mittlere Gehalt der nicht absichtlich gedüngten Viehweide-Böden an gelatinewüchsigen Keimen beträgt 4,203,000, an agarwüchsigen Bakterien 4,930,000 pro Gramm feuchte Bodensubstanz, während an anaërob in Zuckeragar gedeihenden Mikroorganismen im Mittel 98,900 Spaltpilze festgestellt werden konnten. Berechnen wir die entsprechenden Mittelzahlen der schwach sauer und der sauer reagierenden Bodenproben (B 25, B 26, B 27, B 28, B 30, B 35 und B 36) und vergleichen sie mit den entsprechenden Ergebnissen bei den neutral reagierenden Böden (B 29, B 32, B 33 und B 34), wobei der Boden B 31 zufolge mangelnden Humusgehaltes unberücksichtigt bleibt, so erhalten wir 2,646,000, 2,666,000 und 115,000 Keime gegen 7,650,000, 9,825,000 und 7900 Spaltpilze. Die neutral reagierenden Böden sind also viel bakterienreicher als die sauer und die schwach sauer reagierenden. Durch grosse Armut an züchtbaren Bakterien zeichnen sich die untersuchten mit saurer Reaktion und einem bedeutenden Rohhumusgehalt versehenen Waldböden aus. Die den obigen Angaben entsprechenden Durchschnittszahlen betragen pro Gramm feuchte Erde nur 452,500, 429,000 und 92,500.



Die Untersuchungsergebnisse der Böden B 29, B 32, B 33 und B 34 illustrieren die Bedeutung der neutralen Reaktion für die Entwicklung der Bakterien, während B 31 mit seinem bescheidenen Bakteriengehalt die Wichtigkeit der Humusstoffe für das Spaltpilzleben der Böden beweist, indem trotz neutraler Reaktion infolge mangelnder Pflanzenreste keine freudige Entwicklung der Bakterien stattfindet.

#### Kurze Charakterisierung der in Tabelle 6 zusammengestellten Bodenproben B 41—B 48.

Sie umfassen solche alpine Böden, die weder zur Gewinnung von Heu noch als Viehweide benutzt werden, sondern keine wirtschaftliche Nutzung durch den Menschen erfahren.

B 41. Nahe der Flüelastrasse am Weg nach dem Flüela-Schwarzhorn bei 2320 m. Schneetälchen im Blockfeld. Humoser, kalkfreier, stark sandhaltiger Lehm.

B 42. Am Weg zum Flüela-Schwarzhorn bei 2550 m. Kleine, ebene Stelle im Blockmeer, von *Salix reticulata* L. bewachsen. Humoser, kalkfreier, sandiger und steiniger Lehm.

B 43. Am Weg zum Flüela-Schwarzhorn bei 2370 m. Ebene Stelle im Trümmerfeld, bewachsen mit *Soldanella pusilla* BAUMG. und *Polytrichum*-Spezies. Die letzten Schneereste sind noch sichtbar. Humoser, kalkfreier, feinsandiger Lehm.

B 44. Unterhalb der Alp Murtèr im Val Cluozza bei 1980 m. Polster von *Dryas octopetala* L. in der dortigen Schutthalde. Humose, gut zersetzte, kalkfreie Masse.

B 45. Heutal im Berninagebiet bei 2520 m. Edelweissplangge. Hauptkonstituent der Flora an der Probeentnahmestelle ist *Leontopodium alpinum* CASS. Ein sandiger, humoser, kalkfreier Lehm.

B 46. Heutal im Berninagebiet bei 2490 m. Edelweissplangge. Hauptkonstituent der Flora an der Probeentnahmestelle ist *Festuca violacea* GAUDIN. Sandiger, humoser, kalkfreier Lehm.

B 47. Unweit der Diavolezza-Hütte im Berninagebiet bei 2980 m. Kleines Polster von *Sesleria disticha* (WULFEN) PERS. auf Urgestein. Einer der letzten Pioniere der dortigen Vegetation. Humushaltiger, lehmiger Sand.

B 48. Kleine Rasenpolster von *Carex curvula* ALL. auf der Isla persa, der bekannten Insel im Eismeer am Zusammenfluss des Pers- und des Morteratsch-Gletschers, bei 2640 m. Humushaltiger, kalkfreier, sandiger Lehm.

Die acht Böden B 41—B 48, welche vom Menschen nicht beeinflusst wurden, liessen einen mittleren Gehalt von 8,055,000 an gelatinewüchsigen, 6,260,000 an agarwüchsigen und 25,700 an

Tabelle 6

Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von 8 Proben alpiner Böden, die wirtschaftlich nicht genutzt werden. Juli 1909  
Keimzahlen pro Gramm feuchte Erde

	B 41	B 42	B 43	B 44	B 45	B 46	B 47	B 48
Reaktion . . . . .	Schw'sauer	Schw'sauer	Schw'sauer	Neutral	Schw'sauer	Schw'sauer	Neutral	Neutral
Wassergehalt in Prozenten der feuchten Erde . . . . .	54,1	39,3	49,5	54,8	30,8	27,3	38,0	34,5
Gehalt an kohlen-saurem Kalk in Prozenten . . . . .	0	0	0	0	0	0	0	0
Humusgehalt . . . . .	3	3	3	4	3	3	2	2
Auf Gelatineplatten wachsend	4,400,000	1,760,000	1,300,000	13,800,000	1,020 000	1,060,000	22,000,000	19,100,000
Auf Agarplatten gedeihend . .	4,900,000	2,690,000	1,340,000	7,700,000	950,000	980,000	27,000,000	4,500,000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend . . . . .	110,000	70,000	6000	12,000	2000	3000	1800	700
Harnstoffvergärer . . . . .	1000	10	1000	1000	1000	1000	100	100
Denitrifizierende Bakterien .	—	—	—	2	10	10	10	—
Pektinvergärer . . . . .	—	2	2	1000	100	10	100	10
Anaërobe Buttersäurebazillen .	—	—	—	10	10	—	100	—
Anaërobe Eiweissersetzer . .	—	—	—	10	10	—	100	100
Anaërobe Zellulosevergärer . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Aërobe, stickstoffbindende Bakterien . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Anaërobe, stickstoffbindende Bakterien . . . . .	10	2	10	10	1000	100	100	100
Nitrifizierende Bakterien . . .	—	—	—	—	—	—	—	—

in Zuckeragar hoher Schicht Kultur gedeihenden Mikroorganismen pro Gramm feuchte Erde feststellen. Wie bedeutungsvoll die Reaktion des Bodens für die Entwicklung der in ihm lebenden Bakterien ist, geht aus dem Gegenüberstellen der entsprechenden Ergebnisse aus den drei neutral und fünf schwach sauer reagierenden Bodenproben hervor. Es wurden nachgewiesen 18,300,000, 13,070,000 und 4830 gegen 1,908,000, 2,170,000 und 38,200 Keime.

Die Bodenproben B 41 und B 43 zeigen, trotz ähnlicher Beschaffenheit, bedeutende Unterschiede im Keimgehalt, was auf den Umstand zurückzuführen sein dürfte, dass im Boden B 43 das kalte Schneeschmelzwasser bis zur Probeentnahme noch keine Durchwärmung des Bodens gestattet hatte. Die Proben B 44, B 47 und B 48, die bei neutraler Reaktion grosse Quantitäten von Pflanzenresten bergen, lassen bedeutende Bakterienmengen nachweisen, ein Zeichen, dass auch ohne Düngerzufuhr sich in der alpinen Zone ein reiches Bakterienleben im Boden entfalten kann.

Aus den vorliegenden Prüfungsergebnissen können wir den Schluss ziehen, dass sowohl die Bearbeitung und die Düngung, wie auch die Reaktion und der Humusgehalt der Böden alpiner Herkunft für die sich vorfindende Spaltpilzflora von massgebender Bedeutung sind.

---

## XI.

### *Rubus chamaemorus* L.

#### Die geographische Verbreitung der Pflanze und ihre Verbreitungsmittel

Von THEKLA R. RESVOLL, Oslo

Mit sieben Textabbildungen und zwei Tafeln

Eingegangen 9. März 1925

*Rubus chamaemorus* ist eine nordische Pflanze. Sie kommt in den nördlichen Teilen der drei grossen Kontinente vor. Sie gehört indessen nicht denjenigen Pflanzen an, welche am weitesten gegen Norden gehen und hat überhaupt nur wenig Verbreitung in dem arktisch-circumpolaren Inselreich. So ist sie