

Studien über den Einfluss von Rohhumus auf die Bakterienflora der Böden.

Von 31, DÜGGELI (Zürich).

Manuskript eingegangen am 13. Januar 1928.

Die der Urproduktion dienenden fruchtbaren Böden enthalten in der Regel, den anorganischen Bestandteilen beigemischt, in Abbau begriffene Pflanzen- und Tierreste, die unter dem Namen Humusstoffe bekannt sind. In der Landwirtschaftswissenschaft ist die Bedeutung der Humusstoffe für die Fruchtbarkeit der Böden im Laufe der Zeit sehr verschieden beurteilt worden. Während TEER im Humusgehalt des Bodens die Grundlage für das Gedeihen der Pflanzenwelt erblickte, sprach ihm LIEBIG beinahe alle Bedeutung für die Ernährung der Gewächse ab. Der praktisch tätige Land- und Forstwirt hat aber, auf die Erfahrung sich stützend, von jeher einen nicht zu extrem grossen Gehalt des Bodens an beigemischten Humusstoffen als Garantie für hohe und sichere Ernteerträge geschätzt. In der Tat vermögen die den anorganischen Bodenbestandteilen beigemischten Humusstoffe die Böden in ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit günstig zu beeinflussen.

In physikalischer Hinsicht verleihen die braunen bis schwarzen Humusstoffe dem Boden eine dunkle Farbe, die für die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen bedeutungsvoll ist. Beigemischte Pflanzenreste erhöhen aber auch das Kondensationsvermögen des Bodens für Wasserdampf, ein Umstand, der in trockenen Zeiten nicht zu unterschätzen ist. Durch das Zufügen von Humus oder die Begünstigung seiner Anhäufung, gelingt es dem Landwirt, in grobkörnigen Böden, die gewöhnlich an Wassermangel leiden, eine wesentliche Erhöhung der Wasserkapazität herbeizuführen und dadurch das Gedeihen der Pflanzenwelt zu sichern. Die Vermehrung der wasserhaltenden Kraft in Sandböden ist zurückzuführen auf die den humosen Substanzen zu-

kommende hohe Wasserkapazität und den Umstand, dass die Humusstoffe manche nicht kapillar wirkenden grossen Hohlräume des reinen Sandgemisches teilweise ausfüllen und kapillar gestalten. Durch die Erhöhung der wasserhaltenden Kraft wird die Bewegung, des Wassers aus den obern in die untern Partien verlangsamt und dadurch die Auswaschung des Bodens vermindert.

Auffallend stark ist die Wirkung der beigemengten Humusstoffe auf die Bündigkeit des Bodens, indem dicht gefügte Böden lockerer und zu lose Böden besser zusammenhängend gestaltet werden können. Diese Eigentümlichkeit stellt der Landwirt in den Dienst der Festigung loser Sandböden und der Lockerung dichter Tonböden. Das Verdichten der losen Struktur der Sandböden ist zurückzuführen auf Klebewirkung der Humusstoffe, auf der Einlagerung von Sand in die faserigen Pflanzenreste und auf die Begünstigung stark wuchernder Fadenpilze, die mit ihren Myzelien die Sandkörner umschlingen und festhalten. Die Lockerung der dichten Tonböden dürfte erklärt werden durch die ausfällende Wirkung der Humusstoffe auf manche Bodenkolloide, wodurch Krümelstruktur entsteht, die ein wesentliches Moment für die Lockerung ist, sowie durch den Umstand, dass zwischen Tonteilchen stärkere Kohäsionskräfte herrschen, als zwischen Ton und Humus. Die in schweren Böden auftretende Krümelung bewirkt das raschere Einsickern reichlicher Niederschläge.

Die Humusstoffe wirken aber auch in chemischer Hinsicht günstig auf den Boden. Durch das beim langsamen Abbau der Pflanzen- und Tierreste entstehende Kohlendioxyd wird die Krümelstruktur erhalten, indem es ausflockend auf die Bodenkolloide wirkt. Gleichzeitig fördert CO₂ die Umsetzungsprozesse an den anorganischen Bodenbestandteilen und kann, in die untersten Schichten der Atmosphäre übertretend, erhöhte Assimilations-tätigkeit der grünen Pflanzen bedingen. Beim weitergehenden Abbau der organischen Materialien entstehen Stickstoffverbindungen und Mineralstoffe, die von den Wurzeln der höheren Pflanzen als Nährstoffe verwertet werden. Land- und Forstwirte schätzen die Humusstoffe mit Recht als eine zwar langsam aber stetig fliessende Quelle von Stickstoffverbindungen zur Ernährung der Kulturgewächse.

Schliesslich wirken die dem Boden beigemengten Humusstoffe auch günstig auf seine Mikroflora und -fauna. Die Hauptaufgabe des Edaphons ist der Abbau der toten Pflanzen- und Tierkörper. Auf einem sterilen Boden müssten sich unzersetzte Pflanzenreste bald in einer Masse anhäufen, die die Keimwurzeln dieser Schicht nicht mehr zu durchdringen vermöchten. Die Beobachtungen in Kiefern- und Fichtenwäldern lehren, dass schon eine dünne Schicht halb zersetzten Materials viele Pflanzen fernhält. Die vollständige Zersetzung der Organismenreste ermöglicht erst den Kreislauf jener Elemente, aus denen die Lebewesen aufgebaut sind und ist die notwendige Voraussetzung des ununterbrochenen Lebens auf unserer Erde. Die grundwichtigen Stoffe, Kohlenstoff und Stickstoff, die der Atmosphäre entstammen, sind in relativ bescheidener Menge in geeigneter Form vorhanden. Dies gilt besonders vom Kohlenstoff, der einen bedeutenden Anteil am Aufbau der Lebewesen bestreitet und nur zu 0,03 Volumprozent als CO_2 in der Luft sich findet. Da muss ein leistungsfähiges Edaphon dafür sorgen, dass der in den Pflanzen- und Tierresten in komplizierter Bindung vorhandene Kohlenstoff fortwährend als CO_2 an die Atmosphäre zurückgeführt wird, da sonst das Leben in kurzer Zeit erlöschen müsste. Haben doch die Berechnungen von SCHRÖDER ergeben, dass der totale Kohlendioxidverbrauch der Pflanzenwelt jährlich ca. $1/35$ der Gesamtmenge der Atmosphäre beträgt.

Im Gegensatz zu manchen anorganischen Bestandteilen wie Quarz, Ton, Eisenhydroxyd u. a. ist der Humus kein dauernder Bestandteil des Bodens; er ist vielmehr ein kompliziertes, sich ständig änderndes Zersetzungsprodukt toter organischer Stoffe, namentlich pflanzlichen Ursprungs. Gewöhnlich setzt sich der Abbau ohne Unterbrechung so lange fort, bis einfache anorganische Produkte dem Abbau ein Ziel setzen. Der Humus verschwindet unaufhörlich, wird aber auch ununterbrochen neu gebildet. Das Verhältnis zwischen der Menge des Ausgangsmaterials und der Geschwindigkeit, mit welcher der Abbau erfolgt, entscheidet darüber, ob das Zwischenprodukt Humus in grosser oder kleiner Menge vorkommt.

Bei den Humusstoffen sind zwei Kategorien, die in ihrer Wirkung auf den Boden durchaus verschieden sind, auseinander

zu halten, nämlich die absorptiv gesättigten sogenannten milden und die absorptiv ungesättigten, oder sauren Humusstoffe. Die oben erwähnten günstigen Wirkungen der humosen Substanz auf die Eigenschaften der Böden werden nur durch die absorptiv gesättigten oder milden Humusstoffe bedingt.

Die beim Abbau der Pflanzen- und Tierreste entstehenden fein zerteilten Humusstoffe besitzen ein stark ausgeprägtes Absorptions- oder Festhaltungsvermögen für verschiedene Basen und Kationen der Salze. Erfolgt der Abbau auf salzreichen Böden, so genügen die vorhandenen Basen und Kationen, um grössere Mengen sich bildender Humusstoffe mit Kationen zu sättigen; es entstehen absorptiv gesättigte, ausgeflockte oder milde Humusstoffe, welche die Krümelung des Bodens zustandekommen lassen. Reichen aber die Elektrolytvorräte des Bodens, in oder auf welchem die Humusstoffe entstehen, nicht hin, um das Sättigungsbedürfnis zu decken, so müssen sich absorptiv ungesättigte oder saure Humussubstanzen bilden; sie bleiben teilweise so lange im nicht ausgeflockten oder Sol-Zustand, bis ihr Sättigungsbedürfnis gedeckt ist, um dann erst in den Gel-Zustand überzugehen und die Krümelung des Bodens zu ermöglichen. Während die milden Humusstoffe lockere, den Pflanzen genügend Nährstoffe abgebende Standorte bieten, sind die absorptiv ungesättigten Humusstoffe dicht gelagert, schwer wegsam für Luft, Wasser und Pflanzenwurzeln, sind arm an Nährsalzen, sodass sie ihnen nur von besonders dazu befähigten Pflanzen, die der Botaniker als «genügsam» bezeichnet, entnommen werden können. Als solche Gewächse sind bekannt: Birke (*Betula*), Kiefer (*Pinus*), Heidekraut (*Calluna*), Schneeheide (*Erica*), Heidelbeere (*Vaccinium Illyrtillus*), Preisselbeere (*Vaccinium Vitis idaea*), Torfmoos (*Sphagnum*) u. a. Die absorptiv ungesättigten Humusstoffe sind leicht dispergierbar und bewahren als Schutzkolloide andere, leicht ausfällbare, fein zerteilte Bodenbestandteile vor dem Ausgeflocktwerden. Unter dem Einfluss der sauren Humusstoffe bleiben Kieselsäure, Tonerdeverbindungen, Eisenhydroxyd, Phosphate, Kalk- und Kalisalze beweglich und sickern mit dem Wasser in die Tiefe. Dadurch verarmen die obere Bodenschichten an Nährsalzen. Dieses Wegführen der löslichen Salze bedingt

die Ueberführung der Krümel- in die Einzelkornstruktur, wodurch eine dichte Lagerung, die Verminderung des Porenvolumens und das Erschweren der Durchlüftung herbeigeführt wird, alles Umstände, welche das Gedeihen der höheren Pflanzen erschweren. Die mit dem Wasser aus den oberflächlichen Schichten in die Tiefe sickern den Humussole verwandeln sich da, wo die erforderliche Menge löslicher Elektrolyte zur Verfügung steht, in Gele und verkitten andere Stoffe, sodass es in extremen Fällen zur Entstehung des sogenannten Ortsteins kommt. Die absorptiv ungesättigten Humusstoffe wirken auch auf das Edaphon des Bodens ungünstig ein, sodass der Abbau der Organismenreste erschwert ist und die einmal begonnene Bildung saurer Humusstoffe rasche Fortschritte macht.

Eine vom Forst- und Landwirt gefürchtete Anhäufung absorptiv ungesättigter Humusstoffe ist der Rohhumus oder Trockentorf, der als dicht gelagerte, faserige, die Pflanzenreste noch deutlich erkennen lassende Schicht den Mineralboden überzieht und sich gewöhnlich von ihm in scharfgezogener Grenzschicht abhebt. Durch äussere Einflüsse, welche die Tätigkeit des Edaphons hemmen, wie: Nährstoffarmut, Luftmangel, Kälte und Wassermangel bedingt, werden die Reste der Vegetation von den Bakterien und Fadenpilzen nur langsam angegriffen; es entsteht der Rohhumus mit seinen sehr schädlichen Folgen. Im entstandenen sauren Humus treten gewisse niedere Tiere, so die Regenwürmer zurück und die von ihnen normalerweise bewirkte innige Mischung von Humusteilen mit den Mineralstoffen des Bodens unterbleibt. Durch die saure Reaktion begünstigt, herrschen in der Mikroflora die Fadenpilze vor; sie verweben die wenig zersetzten Pflanzenreste zu einer filzartigen Masse, welche die Durchlüftung und die Wasserkapazität des Bodens ungünstig beeinflussen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Reste einzelner Pflanzen die Bildung von Rohhumus begünstigen, so: Weymouth's Kiefer (*Pinus Strobus*), Buche (*Keas silvatica*), Fichte (*Picea excelsa*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Preisselbeere (*Vaccinium Vitis idaea*), Heidelbeere (*Vaccinium Myrtillus*), Adlerfarn (*Eupteris aguilina*), Rauschbeere (*Empetrum nigrum*), rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), Alpenheide

(*Loiseleuria procumbens*), Krumm s egge (*Carex curvula*), Polstersegge (*Carex firma*) und polsterbildende Moosarten.

Da der Rohhumus als Standort für Kulturgewächse nichts taugt und zudem den darunter liegenden Mineralboden nicht selten bis zur Bildung von Bleicherde sehr unvorteilhaft beeinflusst, so suchen Land- und Forstwirte ihn energisch zu bekämpfen. Das Lichten der Waldbestände, speziell die Durchführung des Plänterbetriebes, wodurch die Bodentemperatur erhöht wird, das Anpflanzen von Pfeifengras oder Besenried (*Molinia coerulea*), Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*), die mit ihren feinen Faser wurzeln den Rohhumus durchwachsen, sowie die Zufuhr von Kalk, von Thomasmehl und Rohphosphat haben sich in der Praxis bewährt.

Die nachstehend angeführten Untersuchungsergebnisse sollen einen Einblick in die Bakterienflora von 53 Rohhumusproben, die zu verschiedenen Zeiten der subalpinen und alpinen Zone entnommen worden sind, gewähren. Zum Studium des Bakterienlebens im Rohhumus habe ich die Verdünnungsmethode, kombiniert mit der elektiven Kultur verwendet'. Diese Untersuchungsmethode gestattet im Rohhumus sowohl die Arten, wie die annähernden Mengen der züchtbaren Spaltpilze festzustellen. Die gewonnenen Resultate werden umso zuverlässiger, eine je grössere Zahl elektiv wirkender Nährsubstrate verwendet und durch parallele Kontrolluntersuchungen Zufälligkeiten möglichst ausgeschaltet werden. Durch die chemische Untersuchung der angegangenen Kulturen lassen sich auch Anhaltspunkte über die Leistungsfähigkeit der Bodenbakterien gewinnen, ein Umstand, dem Bedeutung zukommt, da erfahrungsgemäss diese Leistungsfähigkeit wesentlichen Schwankungen unterworfen ist.

Die auf einer Reihe von Exkursionen entnommenen Rohhumusproben entthob ich mittels scharfem Messer, als Zylinder von mindestens 10 cm Durchmesser, dessen Länge sich nach der Dicke der Rohhumusschicht richtete. In einigen Fällen musste ich mich darauf beschränken, das allzu kümmerlich vorkommende organische Material mittels sterilisiertem Löffelchen von

Die Methode ist beschrieben in der Publikation: M. DÜGGELI, Die Bakterien des Waldbodens Schweizer. Zeitschrift für Forstwesen, 1923, 37 S.

der Unterlage loszulösen und in mitgebrachte sterile Gläser zu geben. Bei der Probeentnahme konnte in den wenigsten Fällen das Mitnehmen anorganischen Untergrundes vermieden werden. So erklärt sich der zum Teil bescheidene Humusgehalt der Materialien. Die Rohhumusproben wurden in Pergamentpapier eingewickelt mitgenommen und im landwirtschaftlich-bakteriologischen Institut der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich tunlichst rasch durch das Anlegen der erforderlichen quantitativ gehaltenen Kulturen bakteriologisch untersucht¹. Vier Gramm Material, aus dem Zentrum der Proben entnommen, wurden für die Gewinnung der erforderlichen Verdünnungen verwendet. Da die Mikroflora von der Reaktion, dem Wasser- und dem Humusgehalt stark abhängig ist, so untersuchte ich jede Rohhumusprobe auf diese drei Grössen. Bei den zuerst geprüften Proben bestimmte ich den Humusgehalt durch Einschätzen in vier Klassen (1 wenig Humus, 4 nur aus Humus bestehend) und die Reaktion mittels Lakmuspapier, während bei der erdrückenden Mehrzahl der Proben die Bestimmung des Humusgehaltes aus dem beim Glühen auftretenden Gewichtsverlust, unter Berücksichtigung des Gehaltes an Ton erfolgte und bei Bestimmung der Reaktion das Jonoskop zu Rat gezogen wurde.

Die Arbeitsweise beim Prüfen des Rohhumus auf das Vorkommen der auf Gelatine- und Agar-Gusskulturen, sowie in Zuckeragar hoher Schicht-Kultur wachsenden Keime, auf die Anwesenheit von Harnstoffvergärrern, Denitrifizierenden, Pektinvergärrern, Buttersäurebazillen, anaeroben 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

Den damaligen Assistenten des Institutes, den Herren Dr. W. METER und Dr. A. STUHLT danke ich auch an dieser Stelle verbindlich für die wertvolle Mitarbeit. Einem einzelnen wäre es nicht möglich gewesen, die Untersuchungen in einer Frist durchzuführen, die nicht eine bedeutende Veränderung der Bakterienflora in den Rohhumusproben, bedingt durch die Aufbewahrung unter andern Bedingungen, nach sich gezogen hätte.

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 anaeroben, also luftscheuen Bakterien das Wachsen ermöglichen. Die übrigen Bakteriengruppen des Bodens wie Harnstoffvergärer, Denitrifizierende, Pektinvergärer u. s. w. gelangen durch elektive Kultur zum Nachweis. Die erzielten Resultate sind im allgemeinen in dem Sinn, als sie angegeben: Es liessen sich pro Gramm feuchte Erde mindestens so viele Zellen jener spezifisch arbeitenden Bakterienart feststellen, als die angeführte Zahl mitteilt. Wenn beispielsweise in der 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 $\frac{1}{10.000}$ gr Erde. In den Fällen, wo vor der Zahl das Zeichen < steht, bedeutet dasselbe, dass im Gramm untersuchten feuchten Bodens nicht jene Menge spezifisch arbeitender Bakterien nachweisbar war, die dem Zeichen < folgend, vermerkt ist. Wenn in der Rubrik der Nitrifizierenden die Angabe < 2 steht, so bedeutet dies: Im Gramm feuchten Bodens waren nicht zwei Zellen nitrifizierend wirkender Bakterien nachweisbar. Durch diese Angabe wird die Frage, ob überhaupt in der betreffenden Erdprobe salpeterbildende Spaltpilze vorkommen, oder ob das nicht der Fall ist, nicht berührt.

Die mit Hilfe der elektiven Kultur nachweisbaren Bodenbakterien umfassen folgende Gruppen, deren Funktion kurz beschrieben sei. Die Harnstoffbakterien sind dadurch gekennzeichnet, dass sie das tierische Stoffwechselprodukt Harnstoff infolge Überführung in kohlen-saures Ammoniak, der Pflanze als Nährstoff zugänglich machen; sie sind, vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, nützliche Spaltpilze. 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 leb-

haft 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 der 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 Eiweissstoffe 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 vom Luftsauerstoff. Den anaeroben Zellulosevergärem kommt die Fähigkeit zu, Zellulose bei Luftabschluss zu zersetzen, unter vorwiegender Produktion von Buttersäure, Essigsäure, Kohlendioxyd, Wasserstoff und Metan. Die praktisch wichtigen Stickstoff fixierenden Bakterien vermögen den elementaren Stickstoff der Luft zum Körperaufbau zu verwenden. Diese Fähigkeit ist für die gesamte Lebewelt von grosser Bedeutung, da nach erfolgter Bindung des freien Luftstickstoffes in der Bakterienzelle die weitere Verwendung der entstandenen Stickstoffverbindungen durch andere Lebewesen ermöglicht wird. Innerhalb der freilebenden Stickstoff fixierenden Spaltpilze werden unterschieden: Aerobe Arten, die den Stickstoff bei Sauerstoffzutritt binden und anaerobe Arten, die dies nur bei mehr oder weniger gutem Sauerstoffabschluss tun. Der wichtigste Vertreter der aeroben Arten ist *Azotobacter chroococcum*, während unter den anaeroben Vertretern dem *Bacillus amylobacter* die grösste Bedeutung zukommt. Schliesslich sei noch auf die nitrifizierenden oder salpeterbildenden Bakterien hingewiesen, denen die Fähigkeit innewohnt, 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 Auslaugung durch die Niederschlagswässer, Stickstoffverluste eintreten können.

Um die bei der bakteriologischen Untersuchung von 53 Rohhumusproben erhaltenen Resultate auf möglichst kleinem Raum zur Darstellung zu bringen, wähle ich die Anordnung der Ergebnisse in Tabellenform, füge vorausgehend eine kurze Charakterisierung der behandelten Rohhumusproben bei und lasse der Tabelle einige kurze Bemerkungen folgen.

Kurze Charakterisierung der in Tabelle 1 berücksichtigten Rohhumusproben R 1 bis R4 und R6 bis R 9. Die Proben R 1 bis R 5 wurden Mitte September 1911 am Crap St. Gion, oberhalb Ladir, bei Ilanz, im Bündner Oberland, in Meereshöhen von 2100 — 2200 m gesammelt.

R 1. Trockene, ungedüngte, wenig Futter bietende Ziegenweide. 2200 m. Bestandbildende Pflanzen: *Cetraria islandica*, *Loiseleuria procumbens*, *Empetrum nigrum* und *Nardus stricta*¹. Von Rohhumus durchsetzt, kalkfreier Lehm, 8 cm mächtig.

R 2. Wie R 1. Bestandbildende Pflanzen: *Cladonia*-Spezies, *Antennaria dioeca*, *Nardus stricta* und *Salix*-Spezies. Von Rohhumus durchsetzt kalkfreier Lehm, 5 cm mächtig.

R 3. Trockene, ungedüngte, wenig Futter bietende Ziegenweide. 2100 m. Vorherrschende Pflanzen: *Loiseleuria procumbens*, *Empetrum nigrum*, *Calluna vulgaris* und *Cetraria islandica*. Der gebildete Rohhumus überzieht als geschlossene, braune, 5 cm mächtige Schicht die mineralische Unterlage, sich von ihr scharf abhebend.

R 4. Wie R 3, aber an einer, ungefähr $\frac{1}{2} m^2$ grossen Stelle, wo ein reiner Bestand von *Cetraria islandica* den Boden bedeckt.

R 5. Schneetälchen in der trockenen, ungedüngten, wenig Futter bietenden Ziegenweide. 2200 m. Bestandbildende Pflanzen: *Gnaphalium supinum*, *Ligusticum Mutellina*, *Chrysanthemum alpinum*, *Soldanellapusilla*, *Sibbaldiaprocumbens*, *Poa Salix herbacea* und *Polytrichum sexangulare*. Dieses Material ist kein Rohhumus und wurde nur zu Vergleichszwecken heran-

¹ Die Nomenklatur der bestandbildenden Pflanzen erfolgt nach SCHINZ und KELLER: Flora der Schweiz, 4. Aufl., Zürich, 1923. Die Reihenfolge im Aufzählen richtet sich nach der Häufigkeit des Vorkommens der Pflanzenspezies.

gezogen. Von Pflanzenwurzeln durchsetzte, ca. 5 cm mächtige, braunschwarze, gut zersetzte Humusschicht, mit reichlich eingeschwemmtem anorganischem Material, frei von kohlenstoffreichem Kalk. Die Probe R 5 enthält keinen Rohhumus, besitzt erdige Beschaffenheit und wäre eher in die Kategorie des Alpenhumus zu stellen. Das Studium ihrer Mikroflora soll einen Vergleich im Spaltpilzgehalt der beiden Humuskategorien, an benachbarten Stellen entstanden, ermöglichen.

Die Proben R 6 bis R 9 wurden am 3. Oktober 1913 im Gebiet des Pilatus entnommen.

R 6. Magere Jungviehweide am Feldnätsch, 1760 m. Gelbbrauner, von faserigem Pflanzenmaterial durchsetzter, kalkfreier, sandiger Lehm auf Quarzsandstein (Hohgantsandstein). Bestandbildende Pflanzen: *Nardus stricta*, *Vaccinium Vitis idctea*, *Homogyne alpina* und *Calluna vulgaris*.

R 7. Wie R 6. Vorherrschende Pflanzen: *Nardus stricta*, *Vaccinium Vitis idaea* und Flechten.

R 8. Magere Schafweide auf dem Widderfeld. 2200 m. Braunschwarze, ziemlich gut zersetzte, kalkfreie Masse von Pflanzenresten, ein Übergangsglied zwischen Rohhumus und Alpenhumus. Bestandbildende Pflanzen: *Nardus stricta* und *Calluna vulyctris*.

R 9. Wie R 8. Vorherrschende Pflanzen : *Calluna vulgaris* und *Nardus stricta*.

Bei den in Tabelle 1 zusammengestellten Untersuchungsergebnissen fällt auf, dass die stark sauer reagierenden Rohhumusproben sowohl an gelatine- und agarwüchsigen Bakterien, wie auch an Keimen, die mit Hilfe der Elektivkulturen nachgewiesen werden können, wesentlich ärmer sind, als die bloss sauer reagierenden Proben. Bemerkenswert ist das Fehlen der nitrifizierenden und der aeroben stickstofffixierenden, sowie das spärliche Vorkommen der denitrifizierenden und der anaeroben Zellulosezersetzer. Die nicht in die Kategorie des Rohhumus gehörende Probe R 5, aus einem Schneetälchen stammend und nur schwach saure Reaktion aufweisend, beweist durch ihren hohen Keimgehalt, dass sie zufolge günstiger Wasserführungsverhältnisse, zusaender Reaktion und erhöhtem Gehalt an Mineralstoffen den Bakterien bessere Existenzbedingungen zu

Tabelle 1

Ergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung der Proben R 1— R 9

Keimzahlen im Gramm feuchten Materiales

Reaktion, Wasser- u. Humusgehalt Spaltpilzgruppen	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
Reaktion	st. sauer	sauer	st. sauer	st. sauer	scher. saue	st. sauer	st. sauer	sauer	sauer
Wassergehalt in % des feuchten Materials	<input type="checkbox"/> 17,7	9,7	5,2	4,1	21,4	14,2	13,8	38,4	31,2
Humusgehalt	2	3	.4	4	3	3	3	4	4
Auf Gelatineplatt. wachsend	57,000	850,000	82,000	32,000	3,100,000	65,000	90,000	760,000	880,000
Gelatineverflüssigende . . .	<input type="checkbox"/> 6000	320,000	4000	2000	600,000	25,000	34,000	89,000	370,000
Auf Agarplatten gedeihend	40,000	900,000	97,000	81,000	2,870,000	90,000	110,000	960,000	620,000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend	12,000	32,000	3000	2000	150,000	7000	600	9000	12,000
Harnstoff vergärer	< 10'	1000	100	10	100	1000	100	1000	100
Denitrifizierende	<input type="checkbox"/> < 10	10	< 10	< 10	10	< 100	< 100	100	100
Pektinvergärer	100	1000	10	< 10	10,000	100	100	1000	1000
Anaerobe Buttersäurebazill.	< 100	< 100	< 100	< 100	1000	< 100	< 100	< 100	< 100
Anaerobe Eiweisszersetzer	< 100	< 100	< 100	< 100	100	100	100	100	100
Anaerobe Zellulosevergärer	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2	2
Aürobe stickstoffbindende Bakterien	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	< 10	10	< 2	< 2	100	2	2	2	2
Nitrifizierende Bakterien .	< 2	< 2	< 2	< 9	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

< 10 bedeutet: Im Gramm untersuchten feuchten Bodens waren nicht 10 Harnstoff zersetzende Bakterien nachweisbar.
Es müssen also, sofern überhaupt solche Spaltpilze vorkamen, weniger als 10 pro Gramm gewesen sein.

bieten vermag, als die benachbart gelagerten Rohhumusproben R 1 und R 2.

Kurze Charakterisierung der in Tabelle 2 angeführten Rohhumusproben R 10 bis R 18. Die Böden R 10 bis R 13 wurden Mitte September 1926 im Gebiete von Piora, am Ritomsee, im Kanton Tessin, in Meereshöhen von 1900-2300 m gesammelt.

R 10. Wirtschaftlich nicht genutzte Fläche, vorherrschend mit *Vaccinium uliginosum* und *Empetrum nigrum* bestanden, am Bassa Prodoroduccio, bei 2300 m. Trockene, auf Glimmerschiefer ruhende Rohhumusschicht von 6 cm Mächtigkeit.

R 11. Feuchte bis nasse, magere Viebweide unterhalb Pineto, 1900 m, Bestand von *Empetrum nigrum*. Rohhumusschicht 11 cm mächtig.

R 12. Nasse, wirtschaftlich nicht benutzte Fläche unterhalb Pineto, 1900 m, Polster von *Sphagnum medium*, 20 cm dick.

R 13. Feuchte bis nasse, wirtschaftlich nicht benutzte Fläche unterhalb Pineto, 1900 m, Bestand von *Vaccinium Sphagnum, medium* und *Vaccinium Myrtillus*. Rohhumusschicht 15 cm mächtig.

Die Böden R 14 bis R 18 wurden ein Jahr später, Mitte September 1927, ebenfalls im Gebiete von Piora, bei 1860 m Meereshöhe, enthoben. Die Probeentnahmestellen lagen benachbart im Gebiet zwischen Hotel Piora und Pineto. Die gebildete 10 cm mächtige Rohhumusschicht war in Zersetzung begriffen, schwarzbraun gefärbt und von erdiger Beschaffenheit, trug aber verschiedene, dominierend vorkommende Pflanzenspezies.

R 14. *Vaccinium uliginosum*-Bestand.

R 15. *Rhododendron ferrugineum*-Bestand.

R 16. *Vaccinium Myrtillus*-Bestand.

R 17. *Juniperus communis*-Bestand.

R 18. *Nardus stricta*-Bestand.

Beim Durchgehen der Resultate, die in Tabelle 2 vereinigt sind, fällt auf, dass die Proben R 13 und R 14 mit der höchsten Wasserstoffionenkonzentration, die in den kleinsten pH-Werten zum Ausdruck kommt, die bescheidensten Keimzahlen an gelatine- und agarwüchsigen Bakterien haben und arm an Spaltpilzen sind, die mittels elektiv wirkender Nährsubstrate nachgewiesen

Tabelle 2

Ergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung der Rohhumusproben R 10 —R 18
Keimzahlen im Gramm feuchten Materiales

Reaktion, Wasser- u. Humusgehalt Spaltpilzgruppen	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 16	R 17	R 18
Wasserstoffionenkonzentrat. (p H - Werte)	5,6	5,6	5,6	4,9	4,8	5,8	5,2	5,9	5,2
Wassergehalt in %, des feuch- ten Materiales	23,1	28,5	85	73,4	58,5	64,5	63,6	58,2	64,3
Humusgehalt in % ₁₁	25	21	90	86	67	59	72	65	56
Auf Gelatineplatt. wachsend	1,040,000	1,150,000	175,000	65,000	62,000	1,250,000	350,000	1,060,000	340,000
Gelatineverflüssigende	400,000	1,000,000	10,000	12,000	1000	600,000	1000	370,000	20,000
Auf Agarplatten gedeihend	970,000	1,200,000	52,000	31,000	34,000	720,000	230,000	620,000	170,000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend	140,000	140,000	30,000	20,000	2,200	34,000	1,100	46,000	900
Harnstoffvergärer	< 1000	< 10,000	< 100	< 1000	< 100	< 1000	< 10,000	< 100,000	< 1000
Denitrifizierende	< 100'	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Pektinvergärer	100	100	2	2	2	1000	100	100	100
Anaerobe Buttersäurebazill.	1000	< 2	100	100	< 100	10.000	< 100	1000	100
Anaerobe Eiweisszersetzer	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Anaerobe Zellulosevergärer	< 2	2	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Aerobe stickstoff bindende Bakterien	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	< 100	< 100	< 2	< 2	< 2	100	< 2	100	< 2
Nitrifizierende Bakterien . .	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Siehe Anmerkung bei Tabelle 1

>

Z
ca
N

werden können. Dass aber die Wasserstoffionenkonzentration nicht das einzig massgebende Moment für das Vorkommen der Bakterien im Rohhumus ist, beweist der Vergleich der Proben R 11 und R 12, die trotz gleicher p_H -Werte recht verschiedene Bakterienmengen feststellen liessen. Bemerkenswert ist das gänzliche Fehlen der Denitrifizierenden, der aöroben Stickstofffixierenden, der anaeroben Eiweisszersetzer und der Nitrifizierenden, sowie der Nichtnachweis, oder das spärliche Vorkommen, der anaeroben Zellulosevergärer

Kurze Charakterisierung der in Tabelle 3 berücksichtigten Rohhumusproben R19bisR 27. Die Proben R19 bis R 23 wurden anfangs September 1923 in der Umgebung von St. Moritz, im Engadin, bei 1800 bis 2200 m über Meer, gesammelt.

R 19. Im lichten Bestand von *Larix decidua*, am Zusammenfluss des Roseg- und Berninabaches bei Pontresina, 1800 m. Die mit *Vaccinium Vitis idaea* und Moosen bewachsene Rohhumusdecke erreichte eine Mächtigkeit von 30 cm.

R 20. Im lichten Wald von *Larix decidua* oberhalb St. Moritz, 1850 m. Die Rohhumusdecke ist 15 cm mächtig und ist von *Vaccinium Myrtillus* und *Arctostaphylos Uva ursi* bewachsen.

R 21. Im lichten Arvenwald (*Pinus Cembra*), oberhalb St. Moritz, 1850 m. Die Rohhumusdecke ist 10 cm mächtig und mit *Vaccinium Myrtillus* und Moosen bestanden.

R 22. Muottas da Celerina bei St. Moritz, 2200 m. Magere Jungviehweide. Die mit *Vaccinium Myrtillus* und *V. uliginosum* bewachsene Rohhumusdecke ist 10 cm mächtig.

R 23. Wie R 22, aber mit *Empetrum nigrum* und Moosen bewachsen.

Die Böden R 24 bis R 27 entnahm ich anfangs September 1927 dem Walde am rechten Ufer des St. Moritzersees, bei 1800 m. Der Bestand setzt sich zusammen aus grossen Exemplaren von *Picea excelsa*, *Pinus Cembra* und *Larix decidua*. Die geringe Dicke der Rohhumusschicht bedingte die Einlagerung anorganischen Materials zwischen die Pflanzenreste, wodurch der hohe Aschengehalt der Proben zu erklären ist. Die Mächtigkeit der abgelagerten Rohhumusschicht und die Bodendecke waren bei den Proben verschieden.

- R 24. Rohhumusschicht 4 cm mächtig, bedeckt von *Vaccinium Myrtilus*.
- R 25. Rohhumusschicht 3 cm mächtig, bedeckt von *Polytrichum*-Spezies.
- R 26. Rohhumusschicht 4 cm mächtig, bedeckt von *Ilypnum*-Spezies und *Lin,naea borealis*.
- R 27. Rohhumusschicht 5 cm mächtig, bedeckt von *Aretosla-phylos Uva ursi*.

Die bei der Untersuchung der Rohhumusproben R 19 bis R 27 erzielten Resultate geben zu folgenden Bemerkungen Veranlassung. Die Probe R 24 mit der höchsten Wasserstoffionen-konzentration hat keineswegs den niedrigsten Keimgehalt, sondern R 23 mit dem höhern p_{11} -Wert 5,0, hat kaum den zehnten Teil ihres Spaltpilzgehaltes, ein Beweis, dass die Entwicklung der Spaltpilzflora nicht einzig von der Reaktion abhängig ist. Bemerkenswert ist der Nichtnachweis von Nitrifizierenden und aöroben Stickstofffixierenden, die geringe Menge der Pektinvergärer in einzelnen Proben, sowie der bescheidene Gehalt oder das Fehlen der anaöroben Eiweisszersetzer und Zellulosevergärer.

Kurze Charakterisierung der in Tabelle 4 zusammengestellten Rohhumusproben R28bisR36. Die Proben R 28 bis R 36 wurden anfangs September 1927 in der Umgebung von St. Moritz, im Oberengadin, in Meereshöhen von 1850-2200 m, gesammelt.

Die Proben R 28 bis R 32 entthob ich verschiedenen Örtlichkeiten am Nordhange des Piz Rosatsch, in einer Höhe von ca. 2200 m, nahe der dortigen Waldgrenze, aus den lichten Beständen von *Pinus Cembra* und *Larix decidua*. Die Mächtigkeit der gebildeten Rohhumusschicht und die pflanzliche Bodendecke zeigten bei den einzelnen Proben folgende Unterschiede:

- R 28. Rohhumusschicht 12 cm mächtig, bestanden mit *Rhododendron ferrugineum*.
- R 29. Rohhumusschicht 8 cm mächtig, bestanden mit *Arena versicolor* und bedeckt mit Nadeln von *Larix decidua*.
- R 30. Rohhumusschicht 15 cm mächtig, bestanden mit *Vaccinium*
- R 31. Rohhumusschicht 10 cm mächtig, bestanden mit *Nardus stricta*.

R 32. Rohhumusschicht 8 cm mächtig, bestanden mit *Empetrum nigrum*.

Die Proben R 33 bis R 36 sammelte ich im hügeligen Gelände von Fulun, bei St. Moritz, in ca. 1850 m Höhe. Der dortige Hochwald besteht aus *Pinus Cembra*, *Picea excelsa* und *Letrix decidua*. Die Proben unterscheiden sich durch verschiedene Mächtigkeit der vorhandenen Rohhumusschicht und durch die lebende Pflanzendecke.

R 33. Rohhumusschicht 172 cm mächtig, bestanden mit *Calluna vulgaris*. Unter dem Rohhumus liegt braunroter, kalkfreier Lehm.

R 34. Rohhumusschicht 1 1/2 cm mächtig, bestanden mit *Arcrostaphylos Uva ursi*. Unter dem Rohhumus liegt rotbrauner, kalkfreier Lehm.

R 35. Rohhumusschicht 2 cm mächtig, bestanden mit *Calluna vulgaris*. Unter dem Rohhumus liegt Bleicherde.

R 36. Rohhumusschicht 1 1/2 cm mächtig, bestanden mit *Vaccinium Vitis idaea* und *Juniperus communis* ssp. *nana*. Unter dem Rohhumus liegt ein Glimmerschieferblock.

Bei den in Tabelle 4 zusammengestellten Prüfungsergebnissen fällt auf, dass die Probe R 30 mit der höchsten Wasserstoffionenkonzentration, die im p_H -Wert 3,2 zum Ausdruck kommt, nicht den kleinsten Keimgehalt aufweist, sondern denjenigen von R 32 mit dem p_H -Wert 3,8 um rund das fünffache übertrifft. Auch stark sauer reagierende Rohhumusproben, wie R 35, mit dem p_H -Wert 4,0 können noch eine stattliche Mikroflora bergen, die unter anderem 1,900,000 gelatine- und 1,800,000 agarwüchsige Keime pro Gramm feuchtes Material umfasst. Bemerkenswert ist fernerhin die grosse Differenz im Gehalt an Pektinvergärrern (<2 bis 10,000 pro gr), der kleine Gehalt an anaeroben Stickstofffixierenden und der Nichtnachweis von anaeroben Eiweiss- und Zellulosezersetzern, sowie von aeroben Stickstofffixierenden und Nitrifizierenden.

Kurze Charakterisierung der in Tabelle 5 angeführten Rohhumusproben R 37 bis R 45. Die Proben R 37 bis R 39 entnahm ich Ende August 1927 dem *Pinus Mugo*-Bestand Selva, oberhalb Zernez, im Unterengadin. Die Proben

Tabelle 5

Ergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung der Rohhumusproben R 37 —R 45

Keimzahlen im Gramm feuchten Materiales

Reaktion, Wasser- u. Humusgehalt Spaltpilzgruppen	R 37	R 38	R 39	R 40	R 41	R 42	R 43	R 44	R 45
Wasserstoffionenkonzentrat. (p H -Werte)	6,4	6,2	6,4	5,6	6,0	6,2	5,0	6,3	3,9
Wassergehalt in % des feuch- ten Materiales	26,9	33,4	33,9	57,5	37,5	33,4	38,0	22,9	53,2
Humusgehalt in %	38	31	60	90	39	34	34	41	36
Auf Gelatineplatt. wachsend	1,910,000	1,920,000	7,320,000	2,100,000	1,900,000	2,900,000	1,350,000	550,000	510,000
Gelatineverflüssigende	110,000	410,000	700,000	250,000	700,000	900,000	330,000	220,000	8000
Auf Agarplatten gedeihend	1,710,000	1,260,000	4,510,000	1,460,000	2,100,000	1,320,000	870,000	540,000	330,000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend	5000	40,000	40,000	5000	14,000	11,000	18,000	14,000	9000
Harnstoffvergärer	100	1000	1000	< 100	100	1000	100	1000	< 100
Denitrifizierende	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	> 100	< 100
Pektinvergärer	< 100	100	10.000	< 100	100	1000	< 100	100	< 100
Anaerobe Buttersäurebazill.	100	100	1000	< 100	< 100	100	< 100	> 100	< 100
Anaerobe Eiweisszersetzer	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	> 100	< 100
Anaerobe Zellulosevergärer	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Aerobe stickstoffbindende Bakterien	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	1000	1000	100,000	2	10,000	1000	2	100	2
Nitrifizierende Bakterien	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Festschrift HANS SCHNIZ.

umfassten eine Rohhumusschicht mit wechselnder Beschaffenheit, von 8 cm Dicke, mit verschiedener Pflanzendecke.

R 37. Rohhumusschicht braun, faserig, mit *Erica carnea* bedeckt.

R 38. Rohhumusschicht braun, faserig, mit *Hy/ocomium*-Spezies bedeckt

R 39. Rohhumusschicht braunschwarz, erdig zerfallen, von Regenwürmern besiedelt, mit *VacciniumViiis idaea* bedeckt.

Die Nummern R 40 bis R 42 sammelte ich Ende August 1927 in Praspöl, nahe der Ofenbergstrasse, bei ca. 1650 m, im dortigen Bestand von *Pinus Illugo*. Die braune, faserige Beschaffenheit aufweisende Rohhumusschicht war 10 cm mächtig.

R 40. Rohhumusschicht mit einer *Ilylocomium*-Spezies bedeckt.

R 41. Rohhumusschicht mit *Erica carnea* und *Hylocornium* bedeckt.

R 42. Rohhumusschicht mit *Erica carnea* und *Vaccinium Wlrts* bedeckt.

Die Proben R 43 bis R 45 entnahm ich Ende August 1927 dem Gebiete von la Drosa, zwischen il Fuorn und der Alp la Schera, im dortigen *Pinus Hugo*-Bestand, bei ca. 2000 m über Meer. Die Mächtigkeit der braunen, faserigen Rohhumusdecke betrug in allen drei Fällen 5 cm.

R 43. Rohhumus bedeckt mit *Vacciniam uliginosum* und *Erica carnea*.

R 44. Rohhumus bedeckt mit *Erica carnea*.

R 45. Rohhumus bedeckt mit *Hylocomium*-Spezies und *Cladonia rangiferina*.

Beim Durchgehen der Resultate, die in Tabelle 5 vereinigt sind, liefern die Ergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung der Proben R 44 und R 45 ein schönes Beispiel dafür, dass Unterschiede in der Reaktion allein nicht ausschlaggebend sind für die Reichhaltigkeit der vorkommenden Mikroflora. Wohl ist der stark sauer reagierende Boden R 45 ärmer an gelatine- und agarwüchsigen, sowie in Zuckeragar hoher Schicht-Kultur gedeihenden Keimen, aber die Differenz gegenüber dem nur schwach sauer reagierenden Material R 44 ist nicht eine solche, wie man sie erwarten dürfte. Einzig der Gehalt an Gelatine verflüssigenden Keimen ist in der Probe R 45 ein auffallend bescheidener. Interessant ist der Vergleich der Untersuchungs-

Tabelle 6
Ergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung der Rohhumusproben R 46—R 54
Keimzahlen im Gramm feuchten Materiales

Reaktion, Wasser- u. Humusgehalt Spaltpilzgruppen	R 46	R 47	R 48	R 49	R 50	R 51	R 52	R 53	R 54
Wasserstoffionenkonzentrat. (pH-Werte)	7,0	6,6	6,8	6,8	6,3	4,6	6,3	6,8	7,0
Wassergehalt in % des feuchten Materiales	65,0	51,3	50,8	51,3	51,8	37,6	25,2	31,6	24,5
Humusgehalt in %	56	52	51	43	50	56	58	66	56
Auf Gelatineplatt. wachsend	2,470,000	2,510,000	1,950,000	3,220,000	1,600,000	980,000	1,200,000	620,000	820,000
Gelatineverflüssigende	190,000	50,000	170,000	180,000	160,000	200,000	130,000	120,000	60,000
Auf Agarplatten gedeihend	2,650,000	550,000	1,820,000	2,200,000	690,000	1,100,000	630,000	460,000	950,000
In Zuckeragar hoher Schicht wachsend	20,000	7000	16,000	32,000	11,000	8000	11,000	12,000	25,000
Harnstoff vergärer	100	100	< 100	< 100	1000	100	100	1000	< 100
Denitrifizierende	< 100	< 100	< 100	< 100	> 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Pektinvergärer	100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Anaerobe Buttersäurebazill.	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100'	< 100	< 100	< 100
Anaerobe Eiweisszersetzer	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Anaerobe Zellulosevergärer	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Aerobe stickstoffbindende Bakterien	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Anaerobe stickstoffbindende Bakterien	2	100	100	2	1000	100	2	2	2
Nitrifizierende Bakterien	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2	< 2	< 2	< 2

ergebnisse bei den Proben R 37, R 38 und R 39. Obwohl alle drei Proben von der gleichen Lokalität stammen und annähernd gleiche p_H -Werte zeigen, so sind die Unterschiede im nachweisbaren Bakteriengehalt doch auffallend grosse. Die in der Probe R 39 sich vorfindenden Regenwürmer verschaffen dem Luftsauerstoff guten Zutritt und arbeiten den Boden durch, so dass die braune, faserige Rohhumusmasse in ein braunschwarzes erdiges Gebilde übergeführt wurde, das offenbar den Spaltpilzen wesentlich günstigere Existenzbedingungen bietet als das wenig zersetzte Ausgangsmaterial. Bemerkenswert ist ferner der stark differierende Gehalt der Proben an anaeroben Stickstofffixierenden, sowie das Fehlen anaerober Eiweiss- und Zellulosezerersetzer, aerober Stickstofffixierer und Nitrifizierender.

Kurze Charakterisierung der in Tabelle 6 berücksichtigten Rohhumusproben R46 bis R54. Sie wurden Ende August 1927 im Unterengadin gesammelt. Die Proben R 46—R 49 entnahm ich dem Minus-Hugo-Bestand auf der linken Seite des Val Cluozza, gegenüber der Chamanna-Cluozza, bei 1870 m. Die 8 cm dicke Rohhumusdecke war von brauner, faseriger Beschaffenheit. Die lebende Pflanzendecke war aber eine verschiedene.

Bei R 46. *Hylocomium-Spezics*.

Bei R 47. *Erica carnea* und *Cetraria islandica*.

Bei R 48. *Cetraria islandica* und *Cladonia rangt' ferina*.

Bei R 49. *Cetraria islandica* und *Pyrola rolandeolia*.

Die Nummern R 50 bis R 52 stammen aus dem *Pinus Mugo*-Bestand zwischen il Fuorn und der Alp Stavel-chod, bei 1900 m.

R 50. Rohhumusschicht 6 cm mächtig, bewachsen von *Erica carnea* und *Taccinium Vitis idaca*.

R 51. Rohhumusschicht 10 cm mächtig, bewachsen mit *Erica carnea* und *Cetraria islandica*.

R 52. Rohhumus 6 cm mächtig, versehen mit *Cetraria islandica*.

Die Proben R 53 und R 54 sammelte ich in unmittelbarer Nähe der Ofenbergstrasse ca. 10 km von Zernez entfernt, bei ca. 1800 m, im *Pinus Mugo*-Bestand zwischen Ova Spin und Fuorn. Die Rohhumusschicht war 4 cm dick.

R 53. Rohhumus mit *Erica carnea* bewachsen.

R 54. Rohhumus mit *Arctostaphylos Uva ursi* bestanden.

Tabelle 7
 Durchschnittsergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung von Rohhumus-
 und andern Bodenproben alpiner Herkunft
 Keimzahlen pro Gramm feuchten Materiales

Herkunft der Böden	Gelatineplatten- wüchsige Keime	Agarplatten- wüchsige Keime	In Zuckeragar hoher Schicht-Kultur wüchsige Keime
Rohhumusproben R 1 —R 4 und R 6 —R 9	352,000	362,200	9,700
Rohhumusproben R 10—R 18	610,000	447,400	46,000
Rohhumusproben R 19—R 27	852,000	443,700	13,400
Rohhumusproben R 28 —R 36	985,600	690,600	13,300
Rohhumusproben R 37—R 45	2,273,300	1,566,700	17,400
Rohhumusproben R 46 —R 54	1,708,000	1,228,000	15,700
Rohhumusproben R 1 —R 4 und R 6—R 54	1,130,200	789,800	19,200
Acht Ackerböden	12,275,000	11,407,500	105,000
Acht Fettmattenböden	17,725,000	17,403,000	98,750
Drei Gartenerden	37,000,000	54,300,000	44,700
Fünf Magermattenböden	1,670,000	1,390,000	30,000
Zwölf Böden von Viehweiden	4,203,000	4,930,000	98,900
Vier Rohhumus haltige Waldböden	452,500	429,000	92,500
Acht wirtschaftlich nicht benutzte Böden	8,055,000	6,260,000	25,700

Die in Tabelle 6 vereinigten Prüfungsergebnisse lassen erkennen, dass ein neutral reagierender Humus (R 54) einen kleineren Bakteriengehalt besitzen kann, als ein stark sauer reagierender Boden (R 51) mit dem p_H -Wert 4,6. Ferner ist der Befund bemerkenswert, dass es Rohhumusvorkommnisse gibt, die bei vollständig, oder beinahe neutraler Reaktion, einen stattlichen Bakteriengehalt besitzen können (R 49 mit 3,220,000 gelatinewüchsigen Keimen). Bemerkenswert ist auch der nicht gelungene Nachweis von Denitrifizierenden, anaeroben Buttersäurebazillen, Eiweiss- und Zellulosevergärrern, sowie von aëroben Stickstofffixierenden und Nitrifizierenden. Der Gehalt an anaëroben Stickstofffixierenden lässt bei den verschiedenen Rohhumusproben bedeutende Unterschiede erkennen.

Um einen Vergleich der bei der bakteriologischen Untersuchung der Rohhumusproben verschiedener Herkunft erzielten Ergebnisse mit den früher bei Bodenproben alpiner Herkunft erhaltenen Resultate ¹ zu erleichtern, werden in der nachstehenden Tabelle 7 die eruierten Durchschnittsergebnisse zusammengestellt.

*
 Tabelle 7
 Durchschnittsergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von Rohhumusproben verschiedener Herkunft

Unter Hinweis auf die im Anschlusse an die Tabelle 1-6 gemachten Bemerkungen, leite ich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nachstehende Schlussfolgerungen ab.

Bei den geprüften Rohhumusproben war die Wasserstoffionenkonzentration eine sehr stark differierende; neben sehr stark sauer reagierenden Materialien, z. B. R 30 mit dem p_H -Wert 3,2, gelangten auch neutrale, z. B. R 46 mit dem p_H -Wert 7,0, mit typischem Aussehen von Rohhumus, zur Untersuchung.

Verglichen mit andern Böden alpiner Herkunft, sind die Rohhumusproben aus der subalpinen und alpinen Zone stammend, relativ arm an nachweisbaren Bakterien; immerhin ist ein zahlenmässiger Vergleich mit der Mikroflora der Magermattenböden, ohne allzugrosse Differenzen, ziehbar. Die gedting-

¹ M. DÜGGELL Studien über die Bakterienflora alpiner Böden. Festschrift CARL SCHRÖTER. Veröffentlichung des Geobotanischen Institutes BÜHEL in Zürich, 3. lieft p. 204-224, Zürich 1925, Rascher S Co.

ten und teilweise auch bearbeiteten Fettmatten-, Acker- und Gartenböden der alpinen Zone sind aber, verglichen mit den Rohhumusproben, sehr reich an nachweisbaren Mikroorganismen.

In manchen Fällen konnte insofern eine Wechselbeziehung zwischen der Wasserstoffionenkonzentration und der Mikroflora des Bodens festgestellt werden, als mit zunehmendem Säuregrad die Menge der mit Hilfe der angewendeten Züchtungsmethoden nachweisbaren Spaltpilze abnahm und viceversa. Die Wasserstoffionenkonzentration des Rohhumus ist aber nicht der einzige, das Vorkommen der Spaltpilze beherrschende Faktor ; neben ihm spielen Ernährungsverhältnisse, Durchlüftung, Wasserführung, Wärmeverhältnisse, die Pufferung der Böden u. a. auch eine bedeutungsvolle Rolle. Als Beweise für diese Ansicht weise ich auf folgende Beobachtungen hin. Die Proben R 11 und R 12 lassen trotz gleicher p_H -Werte recht verschieden grosse Bakterienmengen nachweisen. Die stark sauer reagierende Probe R 35 (p_H 4,0) lässt im Gramm feuchten Materials nicht weniger als 1,900,000 gelatinewüchsige Mikroorganismen feststellen. Die kräftig saure Rohhumusprobe R 45 (p_H 3,9) hat beinahe gleich viel Spaltpilze wie die wesentlich schwächer saure Probe R 44 (p_H 6,3). Es gibt Fälle, in denen das stark sauer reagierende Material eine reichere Spaltpilzflora birgt, als das schwächer sauer reagierende. So enthielt R 51 (p_H 4,6) mehr als R 54 (p_H 7,0), R 24 (p_H 4,6) 10mal soviel wie R 23 (p_H 5,0) und R 30 (p_H 3,2) 5 in a 1 soviel wie R 32 (p_H 3,8). Die von der gleichen Örtlichkeit stammenden Rohhumusproben R 37, R 38 und R 39 wiesen annähernd gleiche p_H -Werte auf, so dass ein ähnlicher Bakteriengehalt hätte erwartet werden dürfen. Die Prüfung ergab aber, dass die von Regenwürmern bewohnte Probe R 39 eine viel reichere Spaltpilzflora enthielt, da infolge guter Durcharbeitung und Durchlüftung des Bodens die Existenzbedingungen wesentlich verbessert worden waren. Makroskopisch kam diese Regenwurmätigkeit dadurch zum Ausdruck, dass das ursprünglich braune, faserige Material in eine braunschwarze, erdige Masse übergeführt war.

Verglichen mit Rohhumus erwies sich der unter gleichen klimatischen Verhältnissen lagernde Schneetälchenboden als viel spaltpilzreicher.

Hervorhebenswert ist schliesslich noch, dass bei keiner der untersuchten Rohhumusproben der Nachweis der nitrifizierenden und der aëroben Stickstoff fixierenden Bakterien vorn Typus des *Azotobacter chroococcum* gelang und die anaeroben Zellulosevergärer entweder fehlten, oder nur in sehr bescheidener Menge vorkamen.
