

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 49 (1939)

Artikel: Bakteriologische Studien an den Böden aus den Macchien der italienischen Riviera de Ponente
Autor: Dügge, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-33375>

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: 21.02.2026

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

Bakteriologische Studien an Böden aus den Macchien der italienischen Riviera di Ponente.

(Aus dem Landwirtschaftlich-bakteriologischen Institut der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Von M. Düggele.

Eingegangen am 17. Februar 1939.

Ende März-Anfang April 1938 wurden den Macchienbeständen in der Umgebung der beiden als Kurorte bekannten Ortschaften *Ospedaletti* und *Alassio* an der italienischen Riviera di Ponente 25 Bodenproben entnommen und anschliessend der bakteriologischen Untersuchung und einer kurzen Prüfung einiger physikalischer und chemischer Eigenschaften unterworfen.

Als *Macchie* wird eine für das Mittelmeergebiet charakteristische Pflanzenformation bezeichnet, die beinahe ausschliesslich aus immergrünen Arten zusammengesetzt ist. Dieser Buschwald besteht zur Hauptsache aus: Kork-, Stein- und Chermes-Eichen, Wacholder, Erdbeerbaum, Mastixstrauch, Cistrose, Ginster, Rosmarin, Lavendel, Heidearten und Myrten, die sich mit Waldreben, Stechwinden, immergrünen Rosen und Brombeeren zu eigentlichen *Dickichten* verbinden, durch die man sich oft nur schwer Bahn brechen kann. Der Anteil der einzelnen Pflanzenarten am Gesamtbestand ist stark wechselnd und insbesondere bedingt durch die Lage des Standortes und die geologisch-petrographische Unterlage. Vergleichen wir den Pflanzenbestand der *Macchie* mit dem *Unterholz des mediterranen Waldes*, so ist eine weitgehende Übereinstimmung feststellbar. Es ist deshalb naheliegend, die *Macchie* als die *Überreste* früher vorhandener Wälder anzusprechen. Nach dem Fällen der hochstämmigen schattenspendenden Bäume können sich die früher im Unterholz befindenden strauchartigen Gewächse infolge intensiverer Besonnung besser entwickeln, als der Nachwuchs der verschiedenen Kiefernarten, so dass sich aus dem Buschwerk oft undurchdringliche Bestände bilden. Die *Macchie* besitzt, abgesehen von ihrer botanischen Zusammensetzung, eine gewisse Ähnlichkeit mit dem nordischen *Buschwald*. Wird diese Pflanzengesellschaft durch das Fällen aller Bäume und derjenigen Sträucher, die als Brennmaterial dienen können, ausgelichtet, so geht sie allmählich in die *Felsenheide* oder die *Garigues* über. Ich fand bei meinen Wanderungen Übergänge zwischen Kiefernwäldern und Macchien einerseits, aber auch zwischen Macchie und öder Felsenheide anderseits. Es ist auch der Fall zu beobachten,

dass wenig ergiebiges Kulturland, sich selbst überlassen, nach einigen Jahren einen Bestand von Gestrüpp trägt, das sich schliesslich zur Macchie entwickelt, sofern der Mensch nicht störend eingreift.

Die Tafeln 4 und 5 vermitteln drei Bilder charakteristischer Macchienbestände aus dem Untersuchungsgebiet.

Die Böden der Macchien interessieren uns als Abkömmlinge der Waldböden, dann aber besonders auch als Ausgangsmaterial für die *Kulturböden*, indem es der Mensch durch Roden und Verbrennen der Sträucher, durch Bearbeiten, Düngen und Bewässern der Macchienböden versteht, den anspruchsvollen Kulturgewächsen passende Standorte vorzubereiten. In der Umgebung von *Ospedaletti* werden auf diesen meliorierten Böden Nelken, Anemonen, Narzissen, Schwertlilien, Rosen und andere durch die Pracht und den Wohlgeruch ihrer Blüten wertvolle Pflanzen gebaut, während in der Gegend von *Alassio* dem Wieswuchs, den Getreide- und den Gemüsearten, insbesondere den Artischocken, der Vorzug gegeben wird. Ich hatte mehrfach Gelegenheit, oberhalb *Coldirodi* bei *Ospedaletti* diese Meliorationsarbeiten durchführen zu sehen und war erstaunt, wie rasch die Gewinnung von Kulturland ermöglicht wurde, wobei den ausserordentlich günstigen klimatischen Verhältnissen eine wesentliche Ursache zuzuschreiben ist.

Von den zur Untersuchung gelangenden grauen bis graugelben, meist humusarmen Böden entstammen die Nrn. 1—20 den Gebieten oberhalb von *Ospedaletti*, während die Proben 21—25 in den Bergen nördlich von *Alassio* gesammelt wurden. Bei der Probeentnahme achtete ich darauf, dass je fünf Böden dem nämlichen Pflanzenbestande, an nicht allzu weit voneinander entfernten Stellen entnommen werden konnten. Zur Kennzeichnung der Probeentnahmestellen seien folgende Angaben mitgeteilt:

Nr. 1—5 entnahm ich ungefähr 200 m oberhalb *Coldirodi* bei *Ospedaletti* einem sehr trockenen steinreichen Hang, von dessen Vegetation ich folgende Arten notierte: *Baumheide* (*Erica arborea*), *Erdbeerbaum* (*Arbutus Unedo*), *Mastixstrauch* (*Pistacia Lentiscus*), immergrüner *Kreuzdorn* (*Rhamnus Alatanus*), *Steineiche* (*Quercus Jlex*), *Cistrose* (*Cistus albidus*), *Rosmarin* (*Rosmarinus officinalis*), *Sandginster* (*Genista pilosa*) und *Stechwinde* (*Smilax aspera*).

Nr. 6—10 ungefähr 300 m oberhalb *Coldirodi* dem nämlichen Hang entnommen. Im Pflanzenbestand traten *Rosmarin* (*Rosmarinus officinalis*) und *Heidekraut* (*Calluna vulgaris*) neben mehreren der obengenannten Pflanzen hervor.

Nr. 11—15 noch weiter bergwärts an der Grenze zwischen Macchie und Kiefernwald. Der Buschbestand ist von einigen *Sternföhren* (*Pinus pinaster*) durchsetzt. Der Boden zeichnet sich durch erhöhten Humusgehalt aus und dürfte vor nicht allzu langer Zeit von Kiefernwald bestanden gewesen sein. Im Buschbestande tritt die *Baumheide* (*Erica*

arborea) neben einer Reihe der obengenannten Pflanzen stark in den Vordergrund.

Nr. 16—20 aus dem Buschwald an trockenem, steinreichem Hang, der sich oberhalb *S. Pietro* bei *Ospedaletti* gegen den *Monte Nero* hin ausdehnt, vorwiegend aus *Rosmarin* (*Rosmarinus officinalis*) und rosa-farbiger *Cistrose* (*Cistus albidus*) bestehend.

Nr. 21—25 sind den zwei Wegstunden oberhalb *Alassio* an den Berghängen über *Solva* befindlichen Macchien entnommen, in denen der *Sandginster* (*Genista pilosa*) stärker hervortritt, aber auch die *Baumheide* (*Erica arborea*) gut vertreten ist. Der stellenweise lückige Bestand verschafft einigen *Gramineen* einen kargen Standort. Buschstrünke mit angekohlten Stellen lassen auf einen längere Zeit zurückliegenden Brand schliessen.

Zur kurzen Charakterisierung der *geologisch-petrographischen Unterlagen* der Böden sei darauf hingewiesen, dass sie die Verwitterungsprodukte von meist kalkreichem *eoänem Flysch* darstellen, der, von *Quarzsandsteinrippen* durchzogen, vorwiegend als *Ton- und Kalkschiefer* ausgebildet ist. Schon anlässlich der Probeentnahme in sterilisierte Papiertüten beobachtete ich bei den Böden in physikalischer und chemischer Hinsicht wesentliche Unterschiede, ein Befund, der durch die ausgeführten Untersuchungen bestätigt wurde.

Die *Feuchtigkeitsverhältnisse* der Böden waren anlässlich meines Besuches sowohl für die Makro- wie die Mikroflora sehr ungünstige. Der bis Mitte September 1937 dauernden, 4½ Monate umfassenden, aussergewöhnlichen Dürreperiode waren nur ganz ungenügende Niederschlagsmengen gefolgt, die den Boden nur vorübergehend und oberflächlich anzufeuchten vermochten, worauf seit Neujahr bis Ende März 1938 den Macchienböden erneut keine nennenswerten Niederschläge mehr gespendet wurden. Unter Berücksichtigung dieser äusserst kargen Wasser-verhältnisse dürften die Sporenbildner innerhalb der Bodenbakterien wohl ständig oder doch vorwiegend gezwungen gewesen sein, im Sporenstadium zu verharren, während die Nichtsporenbildner nur bei reduzierter und oft gänzlich ausgeschalteter Arbeitsintensität in einer Trockenstarre verharren mussten. Die Macchienflora zeigte aber keine Symptome ausgesprochenen Feuchtigkeitsmangels, indem sie an extrem trockene Standorte angepasst ist und wohl auch mit ihrem tief vordringenden Wurzelwerk noch Bodenschichten erreichte, die einen höhern Feuchtigkeitsgrad zeigten.

Von den in physikalischer Hinsicht bei den Böden ausgeführten Untersuchungen sind in der nachstehenden *Übersicht 1* nur die Ergebnisse bei der Bestimmung des *Wassergehaltes* und des Anteils von *Skelett* und *Feinerde* am Gesamtboden angeführt. Das Feststellen des Gehaltes eines bakteriologisch zu untersuchenden Bodens an Wasser, ausgedrückt in Prozenten des Frischgewichtes, ist schon aus dem Grunde

notwendig, weil dieser lebenbedingende Faktor innert kurzer Zeit starken Schwankungen ausgesetzt sein kann und ein Vergleich der Mikroflora von Böden mit verschiedenem Wassergehalt nur auf der Basis des berechneten Bakteriengehaltes im Gramm lufttrockenen Bodens durchführbar ist. Wir führen die Bestimmung in der Weise aus, dass der feuchte Boden in Papiertüten bei 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wird; der entstehende Gewichtsverlust gestattet das Feststellen des Wassergehaltes. Die in der ersten Kolonne der *Übersicht 1* angeführten Ergebnisse beweisen, dass der *Wassergehalt* der Macchienböden ein zwar ausgeglichener, schwanken die Unterschiede doch bloss zwischen 1.0 und 2.8, aber ausserordentlich kleiner ist und durchschnittlich nur 1.6 vom Hundert beträgt.

Die Bestimmung des Gehaltes eines Bodens an *Feinerde* und *Skelett*, durch Passieren eines Siebes von 2 mm Maschenweite ermöglicht, ist mikrobiologisch insofern von Interesse, als die Feinerde in der Regel für das Vorkommen und die Ernährung der Bakterien von grosser Bedeutung ist. Die bei dieser Untersuchung erzielten, in der *Übersicht 1* enthaltenen Ergebnisse beweisen, dass zwar zwischen den einzelnen Macchienböden etwelche, aber nicht sehr wesentliche Unterschiede vorhanden sind, indem die Probe 20 mit 86.6 vom Hundert den minimalen, die Probe 11 mit 98.4 vom Hundert den maximalen Gehalt an *Feinerde* aufweist, während der mittlere Gehalt 94.5 % beträgt.

Von den *chemischen Untersuchungsergebnissen* seien die mit dem *Jonoskop* von Lautenschläger bestimmte *Reaktion*, als *pH-Wert* zum Ausdruck gebracht und der aus dem Gewichtsverlust bei der Behandlung des Bodens mit Salzsäure feststellbare Gehalt an Karbonat in der *Übersicht 1* angeführt. Die bisherigen Erkenntnisse lassen feststellen, dass die erdrückende Mehrzahl der bekanntgewordenen Bakterienarten eine *neutrale* oder *schwach alkalische Reaktion*, die durch die pH-Werte 7 und über 7 gekennzeichnet ist, bevorzugen, wobei aber die Beobachtung gemacht werden kann, dass bei sonstigen günstigen Lebensbedingungen in der Regel schwach, ja sogar kräftiger saure Reaktionen die Entwicklung mancher Spaltpilzspezies keineswegs ausschliessen. Die bei der Reaktionsbestimmung festgestellten, in der *Übersicht 1* enthaltenen Differenzen sind zwar recht beachtbare, aber doch nicht tiefgreifende und gehen von der schon deutlich bis kräftig sauren Reaktion bei der Probe 15 (pH 5.57) bis zur deutlich alkalischen Reaktion bei der Probe 3 mit dem pH-Wert 8.06. Die meisten Bodenproben sind von schwach alkalischer Reaktion und aus diesem Grunde für die Spaltpilzflora günstig beschaffen.

Wie zu erwarten war, ergab die Prüfung, dass die durch Verwitterung aus den verschiedenen Gesteinen entstandenen Böden mit recht verschiedenem *Gehalt an Karbonaten*, unter denen das Kalziumkarbonat die erste Stelle einnimmt, versehen sind. Es ist einleuchtend, dass der

Übersicht 1.

Zusammenstellung der Ergebnisse, die bei der physikalisch-chemischen Untersuchung der Böden erhalten wurden.

| Boden Nr. | Gehalt an Wasser in % des Frischgewichtes | Gehalt an Skelett in % des Trocken- gewichtes | Gehalt an Feinerde in % des Trocken- gewichtes | Reaktion pH- Wert | Gehalt an Karbonat in % des Trocken- gewichtes |
|--------------|--|---|--|-------------------------|--|
| 1 | 1.7 | 3.3 | 96.7 | 7.67 | 16.0 |
| 2 | 2.1 | 5.3 | 94.7 | 7.93 | 17.8 |
| 3 | 2.0 | 4.2 | 95.8 | 8.06 | 22.8 |
| 4 | 1.8 | 4.9 | 95.1 | 7.92 | 24.6 |
| 5 | 1.4 | 4.1 | 95.9 | 7.91 | 25.4 |
| 6 | 1.2 | 6.2 | 93.8 | 6.97 | 0 |
| 7 | 1.2 | 5.0 | 95.0 | 7.39 | 0 |
| 8 | 1.4 | 3.1 | 96.9 | 6.96 | 0 |
| 9 | 1.5 | 4.4 | 95.6 | 7.17 | 0 |
| 10 | 1.2 | 3.7 | 96.3 | 6.77 | 0 |
| 11 | 1.3 | 1.6 | 98.4 | 6.71 | 0 |
| 12 | 1.2 | 2.1 | 97.9 | 6.71 | 0 |
| 13 | 1.1 | 2.1 | 97.9 | 7.19 | 0 |
| 14 | 1.4 | 5.1 | 94.9 | 6.03 | 0 |
| 15 | 1.3 | 10.0 | 90.0 | 5.57 | 0 |
| 16 | 1.0 | 8.9 | 91.1 | 7.83 | 4.0 |
| 17 | 2.5 | 6.6 | 93.4 | 7.83 | 8.6 |
| 18 | 1.3 | 4.3 | 95.7 | 7.88 | 7.2 |
| 19 | 1.9 | 4.9 | 95.1 | 7.85 | 7.2 |
| 20 | 1.4 | 13.4 | 86.6 | 7.85 | 2.8 |
| 21 | 2.8 | 5.2 | 94.8 | 7.55 | 0.6 |
| 22 | 2.1 | 6.8 | 93.2 | 7.87 | 0.6 |
| 23 | 2.1 | 9.1 | 90.9 | 7.87 | 0.6 |
| 24 | 1.8 | 7.3 | 92.7 | 7.87 | 0.7 |
| 25 | 1.8 | 5.5 | 94.5 | 7.49 | 0.3 |

Quarzsandstein einen kalkarmen bis kalkfreien, die Kalkschiefer aber kalkreichen Boden liefern müssen. Die feststellbaren, in Übersicht 1 mitgeteilten Unterschiede im Karbonatgehalt, zwischen 0 und 25.4 vom Hundert liegend, sind einerseits von grosser Bedeutung für die Güte der physikalisch-chemischen Beschaffenheit der Böden, andererseits aber auch für das Gedeihen der Mikroflora wichtig, indem der kohlensaure Kalk unter anderem durch das Binden organischer Säuren, die bei der mikrobiellen Zersetzung pflanzlicher und tierischer Reste zu entstehen pflegen, die weitere Tätigkeit der Spaltpilze ermöglicht.

Schon auf Grund der angeführten, bei den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Bodenproben beobachteten Unterschiede, dann aber auch zufolge der Differenzen im besiedelnden Pflanzenbestand ist zu erwarten, dass die Mikroflora der Böden keineswegs eine übereinstimmende sein werde, was durch die ausgeführten Untersuchungen bestätigt wurde.

Bei der Durchführung der *bakteriologischen Prüfung* bediente ich mich der von mir oft verwendeten *Kombination* der *Verdünnungsmethode* mit der *elektiven Kultur*, wobei mich, wie bei der Ausführung der übrigen Untersuchungen, Herr Assistent *Otto Richard* unterstützte, wofür ihm auch an dieser Stelle warm gedankt sei. Die angewendete Arbeitsmethode erlaubt sowohl die annähernden Mengen wie auch, soweit dies wünschbar erscheint, die Arten der bekannten, den Boden bewohnenden Spaltpilze festzustellen; sie ist in der « Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen », Jahrgang 1923, beschrieben und soll im folgenden nur in ihren Grundlagen kurz umschrieben sein.

Bei der *Verdünnungsmethode* wird eine nicht zu kleine Menge, ich verwende 30—40 g des gut durchmischten Bodens, in keimfreiem Tiegel mit 300—400 cc sterilisiertem Wasser tüchtig bearbeitet. In Anbetracht des Umstandes, dass der Boden ein sehr verschiedenartig zusammengesetztes Gebilde darstellt, dessen einzelne Bestandteile eine qualitativ und quantitativ sehr verschiedene Spaltpilzflora bergen, halten wir es für richtig, zu den Prüfungen eine nicht zu kleine Bodenmenge zu verwenden. An Stelle der Bearbeitung des Bodens im Tiegel kann auch das viertelstündige Ausschütteln in Glaskolben mit entsprechenden Mengen keimfreien Wassers treten. Durch Übertragung von je einem oder zehn Kubikzentimetern der erzielten Bodenaufschwemmung in 9 oder 90 cm³ steriles Wasser enthaltende Gläschen, erhält man Verdünnungen, die im Kubikzentimeter 0.01 g der untersuchten Erde bzw. die darin enthaltene Mikroflora aufweisen. Durch Beschicken weiterer Wassergläschen mit Bodenaufschwemmung aus der ersten Verdünnung können die für die Bodenuntersuchung in Betracht fallenden, dezimal abgestuften weiteren Verdünnungen, die eine bestimmte Menge Erde bzw. die darin vorhandene Mikroflora enthalten, gewonnen werden. Durch mehrmaliges Ausführen dieser Prozedur gewinnen die damit zu erzielenden Ergebnisse an Zuverlässigkeit.

Das Prinzip der *elektiven Kultur* besteht darin, dass wir dem im Boden befindlichen Bakteriengemisch spezifisch zusammengesetzte, feste und flüssige Nährsubstrate zur Verfügung stellen, wobei die *chemische Zusammensetzung des Nährmaterials* kombiniert mit *bestimmten Temperatur- und Sauerstoffzutrittsverhältnissen* in dem Masse begünstigend auf eine erwünschte Gruppe oder sogar auf eine einzelne Art von Bodenbakterien einwirken, wie andere Unerwünschte in der Entwicklung hintangehalten werden. So wird vom ursprünglichen Bakteriengemisch auf dem festen Nährmaterial das Wachstum einer bestimmten Art oder aber einer biologischen Gruppe von Bakterien ermöglicht, während in der elektiv wirkenden Nährlösung das allmähliche Dominieren der gewünschten Spaltpilzgruppe erzielt wird. Das mikroskopische Bild, das nachfolgende Reinkultivieren und Aufbringen auf Nährsubstrate mit charakteristischem Wachstum, wie auch das Studium der durch die

Bakterienart bewirkten Stoffumsetzungen gestatten, die Zugehörigkeit zu bestimmten biologischen Gruppen festzustellen.

Verwendet man zum Impfen der auslesend wirkenden Nährsubstrate die von der Verdünnungsmethode stammenden, dezimal abgestuften Bodenquantitäten, so können die annähernden Mengen von Zellen, mit der eine Spaltpilzart oder eine bestimmte physiologische Gruppe von Bakterien im Boden vertreten ist, festgestellt werden, indem man annehmen darf, dass die kleinste Erdmenge, durch die in den Nährlösungen eine bestimmte Stoffumsetzung noch ausgelöst wird, oder in welcher der Nachweis einer spezifisch arbeitenden Spaltpilzart mittels geeignetem Nährboden noch gelingt, wenigstens eine, vielleicht aber auch mehrere Zellen jener Spezies enthält. Die erhaltenen Ergebnisse stellen Minimalwerte dar. Wenn beispielsweise in den Verdünnungen mit je $\frac{1}{100}$ g Boden beschickt und bei Luftabschluss bei 37° gehalten der *Bacillus putrificus* Bienstock durch das für ihn charakteristische Auflösen von Hühnereiweiss, unter Entwicklung eines penetranten Fäulnisgeruches, die Anwesenheit anaerober Eiweisszersetzer angibt, in den Verdünnungen mit je $\frac{1}{1000}$ g Boden versehen, das Würfelchen aus Hühnereiweiss unversehrt erhalten bleibt, so wird die Menge der in Frage stehenden Spaltpilzgruppe mit 100 im Gramm feuchten Bodens angegeben, obwohl ihre Zahl zwischen 100 bis 900 betragen kann. Auf diese Weise suchte ich in den Macchienböden die Vertreter nachstehender zwölf verschiedener Bakterienarten bzw. Spaltpilzgruppen nachzuweisen.

1. *Gelatinewüchsige Bakterien*, die mittels Gusskulturen von Nährgelatine feststellbar sind. Es handelt sich um Spaltpilze, die bei Luftzutritt und Zimmertemperatur auf dem Nährboden Nährgelatine sich zu vermehren vermögen und dadurch zur Koloniebildung schreiten. In der Regel sind es Arten, die sich energisch am Abbau der aus den pflanzlichen und tierischen Resten stammenden organischen Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen beteiligen und deren Arbeitsweise grösstenteils gut bekannt ist. An Arten wurden neben den im Boden weitverbreitet vorkommenden Spezies wie *Bacillus Megatherium* de Bary, *Bac. mesentericus* Flügge, *Bac. mycoides* Flügge, *Bac. subtilis* Cohn, *Bacterium punctatum* Zimmermann, *Bact. fluorescens* Flügge u. a., auch viele Formen angetroffen, die nicht ohne weiteres mit bekannten Spezies identifiziert werden konnten. Neben der Gesamtzahl der Gelatinewüchsigen suchte ich auch die Menge der *Peptonisierenden* festzustellen; es sind dies Arten, welche Eiweissstoffe und ihnen nahestehende Verbindungen unter Bildung von Peptonen und Albumosen zersetzen. Sie sind leicht an dem Umstande zu erkennen, dass sie das Substrat Gelatine mehr oder weniger rasch verflüssigen. Auf der *Übersicht 2* sind in der ersten Kolonne die auf das Gramm feuchte Erde bezogenen Untersuchungsergebnisse, die erzielt worden sind, enthalten. Sie überzeugen

uns, dass die Menge der in den einzelnen Böden nachweisbaren gelatinewüchsigen Bakterien eine sehr verschieden grosse ist und zwischen 280.000 in der Probe 15 und 2.070.000 bei der Probe 7 schwankt, wobei auch wesentliche Unterschiede im Vorkommen der einzelnen Spezies beobachtet werden konnten. Die Zahl der Peptonisierenden wird durch die Grenzwerte 10.000 und 110.000 gekennzeichnet. Die Mittelwerte betragen für die Gelatinewüchsigen 1.138.400 und für die Peptonisierenden 48.000 im Gramm feuchten Bodens.

Die an zweiter Stelle nachgewiesene Bakteriengruppe ist die der *Agarwüchsigen*; es handelt sich um Bakterien, die bei Luftzutritt und 30° auf dem Substrat Nähragar sich zu Kolonien zu entwickeln vermögen. Auch sie setzen sich vorwiegend aus Arten zusammen, die am Abbau der organischen Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen beteiligt sind, aber sie sind nur zum Teil identisch mit den Gelatinewüchsigen, da ihnen ein anderer Nährboden, begleitet von 30° Züchtungstemperatur zur Verfügung gestellt wird. Die Zahl der Agarwüchsigen ist bei den untersuchten Macchienböden meistens grösser als die Zahl der Gelatinewüchsigen, doch sind auch eine Reihe von Untersuchungsergebnissen in der zweiten Kolonne der *Übersicht 2* enthalten, bei denen das Umgekehrte der Fall ist. Bei den agarwüchsigen Keimen sind die Unterschiede im nachgewiesenen Spaltpilzgehalt innerhalb der verschiedenen Böden noch grösser als bei den Gelatinewüchsigen; die Extreme treffen wir bei Boden 9 mit 4.430.000 und bei Boden 10 mit 310.000 Keimen, bei einem mittleren Gehalt von 1.366.000 agarwüchsigen Spaltpilzen im Gramm feuchten Bodens.

Bei der dritten, ebenfalls in der *Übersicht 2* berücksichtigten Gruppe, den in *Zuckeragar hoher Schicht-Kultur* gedeihenden Bakterien handelt es sich um Arten, welche die Zersetzung der Stoffe entweder nur oder doch besser bei Sauerstoffabschluss als beim Zutritt dieses für die erdrückende Mehrzahl der Lebewesen unbedingt notwendigen Gases, durchzuführen vermögen; es betrifft vorwiegend die obligat anaeroben oder fakultativ aeroben Bodenbewohner, während die den Sauerstoffzutritt stark bevorzugenden Mikroorganismen im Innern des Zuckeragars kaum zur Koloniebildung zu schreiten vermögen. Die Zahl der durch hohe Schichtkultur zum Nachweis gelangenden Bakterien ist auch eine recht bedeutende; sie beträgt im Mittel 254.400 und schwankt je nach Bodenprobe zwischen 160.000 und 510.000.

Die vierte auf der *Übersicht 2* in ihren Mengenverhältnissen angeführte Spaltpilzgruppe umfasst die *Harnstoffvergärer*. Sie führen das bekannte Stoffwechselprodukt des Menschen- und Tierkörpers, den Harnstoff unter Anlagerung von Wasser in kohlen-saures Ammon über. Ihren Nachweis strebe ich an durch das Impfen von Harnstoff enthaltenem Fleischabsud mit dezimal abgestuften Erdmengen. Diejenigen Bouillongläschen, die bei einsetzender Trübung Ammonkarbonat nach-

Tafel 4



Abbildung 1.

Phot. M. Dügge.

Charakteristisches Bild der Macchie. Am Monte Nero oberhalb Ospedaletti.



Abbildung 2.

Phot. M. Dügge.

Macchie am Cap San Croce bei Alassio. Lückenhafter Bestand in felsigem Gebiet.

Tafel 5



Phot. M. Düggele,

Abbildung 3.

Übergang von Macchie zu Kiefernwald.
Am Monte Caccio oberhalb Ospedaletti.

Übersicht 2.

Zusammenstellung der Ergebnisse, die bei der bakteriologischen Untersuchung der Böden pro Gramm feuchte Erde gefunden wurden.

| Boden Nr. | Mittels Gusskulturen von Nährgelatine feststellbare Bakterien | Mittels Gusskulturen von Nähragar nachweisbare Bakterien | In Zuckeragar hoher Schichtkultur gedeihende Bakterien | Harnstoff vergärende Spaltpilze |
|-----------|---|--|--|---------------------------------|
| 1 | 1.420.000 (30.000) ¹ | 1.510.000 | 340.000 | 1.000 |
| 2 | 1.530.000 (30.000) | 1.500.000 | 190.000 | 1.000 |
| 3 | 1.570.000 (40.000) | 1.390.000 | 160.000 | 10.000 |
| 4 | 1.260.000 (30.000) | 1.650.000 | 250.000 | 1.000 |
| 5 | 780.000 (40.000) | 1.030.000 | 270.000 | 10.000 |
| 6 | 1.710.000 (90 000) | 1.250.000 | 280.000 | 10.000 |
| 7 | 2.070.000 (50.000) | 1.900.000 | 260.000 | 1.000 |
| 8 | 1.150.000 (90.000) | 2.770.000 | 510 000 | 10.000 |
| 9 | 2.010.000 (110.000) | 4.430.000 | 190.000 | 10.000 |
| 10 | 430.000 (20.000) | 310.000 | 330.000 | 10.000 |
| 11 | 860.000 (40.000) | 910.000 | 430.000 | 1.000 |
| 12 | 890.000 (90 000) | 510 000 | 190.000 | 1.000 |
| 13 | 1.760.000 (20.000) | 1.230.000 | 220.000 | 10.000 |
| 14 | 1.110.000 (20 000) | 1.420.000 | 340.000 | 10.000 |
| 15 | 280.000 (90.000) | 820.000 | 190.000 | 10.000 |
| 16 | 960 000 (20.000) | 960.000 | 120.000 | 1.000 |
| 17 | 520.000 (60.000) | 1.410 000 | 170.000 | 100 |
| 18 | 1.190 000 (20.000) | 1.560.000 | 290 000 | 100 |
| 19 | 530.000 (40.000) | 1.270 000 | 220.000 | 1.000 |
| 20 | 940.000 (10.000) | 540.000 | 160.000 | 1.000 |
| 21 | 1.460.000 (70.000) | 1.610.000 | 240.000 | 1.000 |
| 22 | 360.000 (40.000) | 1.380.000 | 160.000 | 1.000 |
| 23 | 1.120 000 (60.000) | 930.000 | 210.000 | 100.000 |
| 24 | 1.340.000 (50.000) | 870.000 | 420.000 | 10.000 |
| 25 | 1.210.000 (40 000) | 990.000 | 220.000 | 1.000 |

¹ Die in () angeführte Ziffer bedeutet die Zahl der peptonisierend wirkenden Spaltpilze.

weisen lassen, werden harnstoffzersetzende Spaltpilze enthalten, deren Nachweis durch das Anlegen von Gusskulturen mittels Harnstoffgelatine oder Harnstoffagar vervollständigt werden kann. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass der Harnstoff wohl selten in die Macchienböden gelangt, so dass die Mikroflora nur ausnahmsweise in die Lage kommt, sich harnstoffvergärend zu betätigen, ist die Zahl der bei den einzelnen Erdproben zwischen 100 und 100.000 betragenden Menge der Harnstoffvergärer eine erstaunlich hohe. Um Fehldeutungen zu vermeiden, muss darauf hingewiesen werden, dass eine Bakterienart in der Regel befähigt ist, nicht bloss eine, sondern mehrere organische Verbindungen umzusetzen. An nachgewiesenen Arten seien erwähnt: *Micrococcus ureae* Miquel, *Urobacillus Pasteuri* Miquel und Harnstoff umsetzende Rassen des *Bacterium fluorescens* Flügge.

Die 5. Gruppe nachweisbarer Bakterien umfasst die *Denitrifizierenden* oder *Salpeterzerstörer*. Als ausgesprochen sauerstoffbedürftige Mikroorganismen haben sie, im Gegensatz zu andern Aeroben, die Fähigkeit, bei Mangel an Luftsauerstoff, der in dichtgelagerten oder bei krustentragenden Böden gelegentlich vorkommt, den vorhandenen Salpeter als Sauerstoffquelle heranzuziehen. Bei diesem Angriff tritt ein Zerfall des wertvollen Pflanzennährstoffes ein und der Stickstoff entweicht in elementarer Form oder in Form von flüchtigen Stickstoffverbindungen wie Stickoxyd oder Stickoxydul. Durch genügenden Sauerstoffzutritt zum Boden, wie er namentlich durch das Bearbeiten gewährleistet wird, werden die Denitrifizierenden veranlasst, ihre vom Standpunkte des Urproduzenten aus betrachtet schädliche Tätigkeit nicht durchzuführen. Ihr Nachweis erfolgt mittels Nitratsbouillon, die bei ihrem Vorkommen zu schäumen beginnt, worauf durch Kulturen mit nitrathaltiger Nährgelatine oder nitratführendem Nähragar weitere Erhebungen über die Artzugehörigkeit der Denitrifizierenden angestellt werden können. Dass es in den Macchienböden nicht an salpeterzerstörenden Bakterien mangelt, geht aus der ersten Kolonne der *Übersicht 3* hervor. Als häufige hierher gehörende Arten stellte ich fest: *Bacterium Stutzeri* L. et N. und denitrifizierend wirkende Rassen des *Bact. fluorescens* Flügge.

Eine besondere Bedeutung beim Abbau pflanzlicher Reste kommt der Gruppe der *Pektinstoffe* und *Hemizellulosen zersetzenden Bakterienarten* zu, die auf der *Übersicht 3* kurz als *Pektinvergärer* bezeichnet sind. Sie zersetzen die genannten im Pflanzenreiche als Gerüstsubstanz wie als Reservematerialien weit verbreitet vorkommenden Stoffe unter Bildung organischer Säuren und von Gas. Ihre Tätigkeit ruft einem Zerfall der pflanzlichen Substanz, einem Verrottungsprozess und dadurch vermehrter Angriffsmöglichkeit für andere Spaltpilzgruppen. Ihren Nachweis suchen wir dadurch zu führen, dass die in Reagiergläsern befindliche, mit je einem Kartoffelstückchen und reichlich Kalziumkarbonat versehene mineralische Nährlösung mit abgestuften Erdmengen beimpft und zu 30 ° gegeben wird. Die im Innern des Kartoffelstückes einsetzende Gasbildung, begleitet vom Hochsteigen und bald auftretendem Zerfall lässt vermuten, dass die Pektinvergärer am Werke seien, worauf Reinkulturen auf festen Nährmaterialien die Artzugehörigkeit studieren lassen. Die Menge der im Gramm Macchienboden nachweisbaren Pektinvergärer ist nach der *Übersicht 3* in der Regel eine sehr bedeutende, schwankt aber stark zwischen 100 und einer Million. An Arten fehlten *Bacillus asterosporus* Migula und *Bac. macerans* Schardinger nie.

Im Vergleich mit den bisher besprochenen Bakteriengruppen ist die in der *Übersicht 3* notierte Menge der feststellbaren *anaeroben Zellulosevergärer* nur eine sehr bescheidene, indem die Zahl der Zellen

Übersicht 3.

Zusammenstellung der Ergebnisse, die bei der bakteriologischen Untersuchung der Böden pro Gramm feuchte Erde gefunden wurden.

| Boden Nr. | Denitrifizierende Bakterien | Pektinvergärer | Anaerobe Zelluloseersetzer | Nitrifizierende Bakterien |
|-----------|-----------------------------|----------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 1.000 | 10.000 | 1 | 1 |
| 2 | 1.000 | 10.000 | 1 | 10 |
| 3 | 100 | 1.000.000 | 10 | 1 |
| 4 | 1.000 | 10.000 | 1 | — |
| 5 | 1 000 | 10.000 | 1 | 1 |
| 6 | 1.000 | 10.000 | 1 | 10 |
| 7 | 100 | 1.000 | 1 | 1 |
| 8 | 100 | 100.000 | 1 | — |
| 9 | 1.000 | 1 000 | 1 | — |
| 10 | 100 | 100 | 1 | — |
| 11 | 1.000 | 10.000 | 1 | — |
| 12 | 1.000 | 1.000 | 1 | — |
| 13 | 1.000 | 1.000 | 10 | — |
| 14 | 100 | 100 | 1 | — |
| 15 | 10 | 10.000 | — | — |
| 16 | 100 | 1 000 | — | 1 |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 1 | — |
| 18 | 10 | 1 000 | — | 10 |
| 19 | 100 | 100 | — | — |
| 20 | 100 | 1.000 | 1 | 1 |
| 21 | 10.000 | 100.000 | 1 | — |
| 22 | 100 | 100 | — | 1 |
| 23 | 100 | 10.000 | 10 | 1 |
| 24 | 100 | 10.000 | 1 | — |
| 25 | 100 | 10.000 | 1 | — |

höchstens zehn beträgt und in fünf untersuchten Böden im Gramm keine luftscheuen Zelluloseersetzer nachgewiesen werden konnten. Zu ihrem Nachweis wird die in weiten Reagiergläschen befindliche, mit reichlich Kalziumkarbonat versetzte mineralische Nährlösung mit mehreren Streifen schwedischen Filtrierpapiers versehen und nach erfolgtem Impfen zu 37° gegeben. Das Zusammenfallen der Papierstreifen und ihr allmähliches Zersetztwerden zu Buttersäure, Essigsäure, Kohlendioxyd, Wasserstoff und Methan gibt Kunde von der Tätigkeit der Zellulosezerstörer. Das mikroskopische Bild der angegangenen Gläschen lässt Formen erkennen, die mit den erstmals von O m e l i a n s k i beschriebenen *Bacillus fossicularum* L. et N. und *Bac. methanigenes* L. et N. übereinstimmen. Dieses Zurücktreten der anaeroben Zellulosevergärer in den untersuchten Macchienböden dürfte auf das Fehlen von Zellulose in den tiefern Anaerobiose aufweisenden Bodenpartien zurückzuführen sein.

Recht bescheiden ist auch die Menge der zum Nachweis gebrachten *nitrifizierenden* oder *salpeterbildenden Bakterien*, indem nach der Über-

sicht 3 im Gramm feuchten Bodens höchstens 10 Zellen festgestellt wurden und nicht weniger als 14 von den 25 geprüften Macchienböden im Gramm keine Salpeterbildner nachweisen liessen. Ihre Fähigkeit aus Ammonverbindungen erst Nitrite und dann Nitrate zu bilden, wird beim kulturellen Nachweis dadurch ermöglicht, dass die in kleinen Erlenmeyerkölbchen enthaltene, mit viel Magnesiumkarbonat versetzte, rein mineralische Nährlösung, mit Ammonsulfat versehen und mit abgestuften Erdmengen geimpft, zu 30° gestellt wird, worin die Nitrifizierenden ihre durch Diphenylamin und Schwefelsäure nachweisbare Tätigkeit entfalten können. In den angegangenen Kulturen waren die von Winogradsky erstmals beschriebenen *Nitroso-* und *Nitrobakterien* nach dem morphologischen Aussehen zu erkennen. Das Zurücktreten der Salpeterbildner dürfte auf den Mangel an geeigneten Ammonverbindungen und in einzelnen Fällen auch auf das Fehlen des für diese Gruppe unentbehrlichen Luftsauerstoffes zurückzuführen sein.

Die 9. Gruppe von Bakterien, die auf der *Übersicht 4* angeführt ist und deren Nachweis in den Macchienböden angestrebt wurde, betrifft die *anaeroben Buttersäurebazillen*, die passende organische Kohlenstoffverbindungen, insbesondere die Zuckerarten, unter Abspaltung von Buttersäure, Kohlendioxyd und Wasserstoff zersetzen. Ihren Nachweis suche ich dadurch zu erbringen, dass bei den mit sterilisierter Magermilch beschickten und mit Boden beimpften Reagiergläsern der anaerobe Verschluss nach Wright-Burri angebracht wird, worauf Bebrüten bei 37° erfolgt. Die den Milchzucker heftig angreifenden Buttersäurebazillen rufen einer starken Gasbildung und der energischen Kontraktion des Kaseins. Die sich entwickelnden Stäbchen gehören meist zu den Gruppen der von Schattenfroh und Grassberger beschriebenen *Granulobacillus saccharobutyricus mobilis* und *immobilis*. Die Menge der durch die angegebene Methodik nachweisbaren Buttersäurebazillen schwankt in den untersuchten Macchienböden zwischen 10 und 10.000 im Gramm.

Wesentlich bescheidener in der Zahl, aber immerhin in jedem untersuchten Boden doch mindestens in zehn Individuen vertreten, waren die *anaeroben Eiweissersetzer* aus der Verwandtschaft des *Bacillus putrificus* Bienstock, deren Vorkommen ebenfalls in der *Übersicht 4* registriert ist. Sie zerlegen Eiweißstoffe bei Luftabschluss unter Bildung von Indol, Skatol, Merkaptanen, Schwefelwasserstoff und anderer Substanzen, die einen ausgesprochenen Fäulnisgeruch bedingen. Ihr Nachweis wird in der Weise geführt, dass das Nährsubstrat nach Achalmé, nämlich je ein Stückchen gekochtes Hühnereiweiss, im Reagierglas in sterilisiertes Leitungswasser gegeben, mit abgestuften Erdmengen geimpft und mit dem anaeroben Verschluss von Wright-Burri versehen, bei 37° gehalten wird. Die einsetzende Trübung und das langsame Abschmelzen des Eiweißstückchens nebst dem auftretenden Fäulnis-

Übersicht 4.

Zusammenstellung der Ergebnisse, die bei der bakteriologischen Untersuchung der Böden pro Gramm feuchte Erde gefunden wurden.

| Boden Nr. | Anaerobe Buttersäurebazillen | Anaerobe Eiweisszersetzer | Anaerobe Stickstoff fixierende Bakterien vom Typus des <i>Bacillus amylobacter</i> Bred. | Aerobe Stickstoff fixierende Bakterien vom Typus des <i>Azotobacter chroococcum</i> Beij. |
|-----------|------------------------------|---------------------------|--|---|
| 1 | 1.000 | 100 | 10 | — |
| 2 | 10.000 | 1 000 | 10 | — |
| 3 | 1.000 | 100 | 1 | — |
| 4 | 10.000 | 100 | 100 | — |
| 5 | 10.000 | 100 | 10 | — |
| 6 | 10.000 | 100 | 10 | — |
| 7 | 10.000 | 10 | 100 | — |
| 8 | 10.000 | 100 | 10 | — |
| 9 | 1.000 | 100 | 100 | — |
| 10 | 1.000 | 10 | 10 | — |
| 11 | 10.000 | 10 | 1 | — |
| 12 | 1.000 | 10 | 1 | — |
| 13 | 1.000 | 10 | 1 | — |
| 14 | 10 | 10 | 10 | — |
| 15 | 100 | 10 | 100 | — |
| 16 | 100 | 10 | 100 | — |
| 17 | 10 | 100 | 100 | — |
| 18 | 100 | 10 | 100 | — |
| 19 | 100 | 100 | 100 | — |
| 20 | 1.000 | 10 | 100 | — |
| 21 | 100 | 100 | 1.000 | — |
| 22 | 1.000 | 100 | 10 | — |
| 23 | 1.000 | 10 | 1 | — |
| 24 | 1.000 | 10 | 1 | — |
| 25 | 100 | 100 | 100 | — |

geruch belehren uns darüber, dass der *Bacillus putrificus* oder ihm nahestehende Arten ihre Tätigkeit aufgenommen haben. Mittels Zuckeragar hoher Schichtkultur können die Keime zur Koloniebildung veranlasst und dann weiter verfolgt werden. Es ist bemerkenswert, dass bei der direkten Untersuchung des Bodens mittels hohen Schichtkulturen von Zuckeragar viel bescheidenere Mengen anaerober Eiweisszersetzer nachweisbar sind als dies beim vorausgehenden Heranziehen der Elektivkultur der Fall ist.

Bemerkenswert gross ist der Gehalt der geprüften Böden der Macchie an *anaeroben Stickstoff fixierenden Bakterien* vom Typus des *Bacillus amylobacter* Bredemann, indem, wie die *Übersicht 4* zeigt, 11 der genannten Böden 100 oder mehr Zellen vom erwähnten Typus nachweisen liessen. Die Bedeutung dieser Spaltpilzgruppe liegt im Um-

stand begründet, dass sie das Vermögen besitzt, den elementaren Stickstoff der Atmosphäre bei Sauerstoffabschluss zum Aufbau ihres Körpers zu benützen, dadurch zu binden und später andern Organismen, die über diese Fähigkeit nicht verfügen, zugänglich zu machen. Der Nachweis des *Bacillus amylobacter* wird dadurch ermöglicht, dass man Reagiergläser mit einer 1 Prozent Dextrose, aber keine Stickstoffverbindungen enthaltenden, sonst rein mineralischen Nährlösung beinahe füllt, mit abgestuften Bodenquantitäten impft und zu 37° gibt. Die eintretende Trübung, begleitet von Gasbildung und auftretendem Buttersäuregeruch, lassen vermuten, dass die gesuchte Spaltpilzart an der Arbeit sei, worauf das mikroskopische Bild und die angelegten Reinkulturen Gewissheit verschaffen können. Gasproduktion und Buttersäurebildung rühren her von der Zersetzung des Traubenzuckers, die behufs Gewinnung von Energie die Voraussetzung für die Bindung des Luftstickstoffs ist.

Dagegen liess sich in keinem der untersuchten Macchienböden ein Vertreter der *aeroben Gruppe der freilebenden, Stickstoff fixierenden Bakterien* vom Typus des *Azotobacter chroococcum* Beij. nachweisen und zwar war dies weder durch das Anlegen von Gusskulturen mittels Mannitagar möglich, noch durch das Impfen von Mannitnährlösung in weit ausladenden Erlenmeyerkolben mittels Boden aus der Macchie. Dieses Fehlen der sehr erwünscht arbeitenden Spaltpilzart dürfte in erster Linie auf den Mangel an passenden, leicht zersetzlichen organischen Kohlenstoffverbindungen in den untersuchten Böden zurückzuführen sein, während vielleicht auch der ungenügende Sauerstoffzutritt zu diesen dichtgelagerten Böden mit die Schuld am Azotobactermangel tragen kann.

Zusammenfassend darf von der nachgewiesenen Mikroflora der 25 untersuchten Macchienböden gesagt werden, dass sie trotz der vorausgegangenen, 11 Monate andauernden Trockenperiode, die nur durch ungenügende Niederschläge, die sich auf die Zeitdauer von 3½ Monaten erstreckten, unterbrochen wurde, doch noch eine arten- und individuenreiche Bakterienflora umfasst, die beim Anfeuchten der Flora der Macchie zugute kommt, aber auch beim Urbarisieren und Meliorieren des Bodens und seiner Überführung in Kulturland einen wertvollen Grundstock für seine Fruchtbarkeit zu liefern vermag. Die zwischen den einzelnen Bodenproben beobachteten mikrobiologischen Unterschiede dürften in Differenzen in der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Böden, sowie in der Besiedelung durch verschiedene Pflanzenspezies begründet sein.
