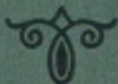


# DAS EDAPHON

Untersuchungen zur Oekologie  
der bodenbewohnenden  
Mikroorganismen



Von R. H. FRANCÉ

DIREKTOR DES BIOLOGISCHEN INSTITUTES MÜNCHEN

---

Arbeiten aus dem Biologischen Institut München. Nr. 2  
Mit 30 Abbildungen und zahlreichen Tabellen

Zweite Auflage



Stuttgart / Franckh'sche Verlagshandlung / 1921



# DAS EDAPHON

Untersuchungen zur Oekologie der  
bodenbewohnenden Mikroorganismen

von

**R. H. FRANCÉ**

Direktor des Biologischen Institutes München

---

(Arbeiten aus dem Biolog. Institut München. No. 2.)

Mit 30 Abbildungen und zahlreichen Tabellen.

Zweite Auflage



**Stuttgart**

**Franckh'sche Verlagshandlung**

**1921**

Magyarudvás  
1954. é.

---

Alle Rechte vom Verfasser vorbehalten.

---

Druck der Stuttgarter Vereins-Buchdruckerei.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung . . . . .	4
II. Vorläufer der Edaphonforschung . . . . .	5
III. Methodik der Untersuchungen . . . . .	9
IV. Systematik des Edaphons . . . . .	10
V. Untersuchungen zur Ökologie des Edaphons . . . . .	37
A. Der Einfluß des Lichtes auf die Bodenorganismen . . . . .	39
B. Der Einfluß der Temperatur auf das Edaphon . . . . .	44
C. Der Bodenfeuchtigkeit Einfluß auf das Edaphon . . . . .	52
D. Der Einfluß der geographischen Höhe auf das Edaphon . . . . .	57
E. Chemische Bodeneinflüsse auf das Edaphon . . . . .	64
VI. Die biocoenotischen Verhältnisse des Edaphons . . . . .	82
VII. Die Bedeutung des Edaphons . . . . .	87
Register . . . . .	94

---

## I. Einleitung.

Die Bezeichnung Edaphon<sup>1)</sup> habe ich im Jahre 1912 zum erstenmal angewendet, um damit auszudrücken, daß auch im Erdboden tierische und pflanzliche Organismen (Geobionten) zu einer biocoenotischen Lebensgemeinschaft nach Art des Planktons zusammengeschlossen sind, für die folgenden Merkmale gemeinsam zutreffen:

1. Alle Mitglieder des Edaphons bewohnen dauernd die Verwitterungsrinde des Erdballs (im Sinne der landwirtschaftlichen Bodenkunde von der Ackerkrume (Waldkrume) bis zum Untergrund).

2. Sie sind in ihrer Ernährung vollständig und dauernd entweder auf die Nährstoffe des Bodens und der Bodenluft, im besonderen auf dessen Stickstoffgehalt, oder auf andere Glieder der biocoenotischen Kette angewiesen.

Durch diese Bestimmungen unterscheidet sich der Begriff des Edaphons nicht unwesentlich von dem der Bodenfauna, wie ihn K. Diem<sup>2)</sup> aufgestellt hat. Er schließt sowohl die Pflanzen, die nur zeitweilig oder teilweise unterirdisch leben (also die Phanerogamen, im besonderen damit auch die Kulturpflanzen und Waldbäume), aus, wie auch die erdbewohnenden Tiere nach Art der Wiesel oder der Maikäfer. Die ersteren fallen völlig aus der Lebensgemeinschaft, die zu den ausschlaggebenden Bestimmungen des Edaphons gehört, heraus, die letzteren verbringen nur einen gewissen Teil ihres Lebens, nämlich das Larvenstadium im Boden. Dagegen müssen heute, da sich der Begriff Edaphon durch vielseitige Untersuchungen längst geklärt hat, z. B. die Maulwürfe ebensogut wie die Regenwürmer dem Edaphon beigezählt werden, da sie sowohl dem Kriterium der Geocolie genügen, wie auch in ihrer Ernährung auf die anderen Mitglieder des Edaphons angewiesen sind. Die Regenwürmer leben nach den Untersuchungen des Biologischen Institutes München von anderen Geobionten und die Maulwürfe von Regenwürmern und Insektenlarven; sie schließen also beide die biocoenotische Kette.

Es umfaßt demnach heute der Begriff des Edaphons folgende Organismengruppen:

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 1. Bodenbakterien           | 8. Enchytraeiden |
| 2. Bodenpilze <sup>3)</sup> | 9. Tardigraden   |
| 3. Algen                    | 10. Spinnen.     |
| 4. Protozoen                | 11. Insekten     |
| 5. Rotatorien               | 12. Mollusken    |
| 6. Oligochaeten             | 13. Säugetiere.  |
| 7. Nematoden                |                  |

<sup>1)</sup> Gebildet nach edaphisch = den Boden betreffend.

<sup>2)</sup> K. Diem (Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen, 1903) unterscheidet zufällig im Boden lebende Tiere wie Nematelminthen, Mollusken, Arthropoden, von dauernd im Boden lebenden (Lumbriciden); ferner nur im Boden lebende (Enchytraeiden, Nematoden, Bakterien) und gewöhnlich im Boden vorhandene (Rindenenchytraeiden oder gewisse Lumbriciden). Der Bodenfauna im engeren Sinne zählt er nur Nematoden, Oligochaeten und Myriopoden bei. Diese Unterscheidung vernachlässigt die ausschlaggebenden Merkmale, ist also demgemäß ganz unorganisch.

<sup>3)</sup> Zweifelhaft geblieben ist hierbei noch immer die Rolle der Mykorrhiza und durch deren längst festgestellte Verbindung mit den Hutpilzen des Waldbodens auch deren Zusammenhang mit dem Edaphon.

## II. Vorläufer der Edaphonforschung.

Das Edaphon in dem hier präzisierten Sinne war noch niemals Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung vor seiner Behandlung als „Lebensgemeinschaft“ in der ersten Auflage des vorliegenden Werkes. Dagegen sind die geocolen Vertreter der hier verzeichneten Organismengruppen relativ gut, manche (Tardigraden, geocole Rhizopoden) sogar ausgezeichnet bekannt; für einzelne, wie die Bodenbakterien, und seit dem Erscheinen meines ersten Werkes über Edaphon auch die Bodenpilze, ist deren außerordentliche Bedeutung für die Landwirtschaft sogar schon zum Gemeingut der Wissenschaft geworden.

Es kann aber nicht die Absicht dieser noch immer vorwiegend der Darstellung eigener Forschung gewidmeten Arbeit sein, eine vollständige Geschichte dieser Vorarbeiten aufzuzählen.

Aber immerhin sei in den Hauptzügen wenigstens das erwähnt, daß die Entdeckung der ersten edaphischen Organismen mit der der Mikroorganismen überhaupt zusammenfällt, da die von Leeuwenhoek aus dem Dachrinnensand seines Hauses beschriebenen Rotatorien typische Geobionten sind, deren anabiotische Fähigkeiten das ganze XVIII. Jahrhundert hindurch das Interesse der Wissenschaft wach erhielten. Dadurch mag auch der unermüdete G. Chr. Ehrenberg die Anregung erhalten haben, dem im „Passatstaub, in der Dammerde, auf Bergesspitzen u. a. a. O. wirkenden unsichtbaren Leben“ nachzuforschen und die erlangten Grundkenntnisse mustergültig in seinen verschiedensten Schriften aufzuzeichnen<sup>1)</sup>. Ehrenberg gelangte dadurch zur Einsicht einer Allverbreitung der Mikroorganismen und es dämmerte ihm sogar ein sehr klarer Begriff von der Bedeutung der Bacillariaceen und Rhizopoden im Humus bzw. im Ackerboden; er gelangte aber doch nicht, wie dies nach den Kenntnissen der Zeit auch nicht möglich, zur Einsicht der letzten Zusammenhänge, namentlich auch nicht zur Erkenntnis, daß hier eine besondere Lebensgemeinschaft entdeckt sei, die für die mechanische Durcharbeitung, Selbstreinigung, Verwitterung, Durchlüftung, Humifikation und den Stickstoffhaushalt des Bodens von grundlegender Bedeutung ist. Da er seine Entdeckung auch noch mit der von Kieselgurlagern konfundierte, ist es nicht unbegreiflich, daß sie kein Fundament einer allseitigen fruchtbaren Entwicklung wurde, namentlich seitdem eine Gruppe der Geobionten, nämlich die Bodenbakterien in ihrer Bedeutung erkannt und diese so hoch eingewertet wurde, daß man darüber die anderen an den physikalisch-chemischen Umsetzungen im Boden beteiligten Organismen übersah. Ehrenbergs Hauptwerk über die edaphischen Organismen ist seine 1854 erschienene „Mikrogeologie“, in der das Resultat 14jähriger Arbeit niedergelegt ist. Nicht weniger denn 836 Erde- und Gebirgsarten hat der unermüdete Berliner Forscher analysiert, wobei ihm als Material Aufsammlungen von Reisenden, aber auch die Herbarpflanzen anhaftende Erde und die Materialien von Moossammlungen als Unterlage dienten.

Aber, trotzdem er darin ausdrücklich auf die Bedeutung tierischer und pflanzlicher Kleinwesen für die Bildung der Dammerde hinwies und damit für kurze Zeit großes Aufsehen erregte, geriet sein Werk, namentlich im Kreise der landwirtschaftlichen Praktiker, vollkommen in Vergessenheit. Trotzdem inzwischen die Chemie selbständig zu der Überzeugung gekommen war, daß der „Reichtum“ des fruchtbaren Bodens erst durch eine „Tätigkeit“ darin zur Geltung

<sup>1)</sup> G. Chr. Ehrenberg, Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen, selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig. 1854. (Atlas von 41 Tafeln mit 4000 Figuren); s. a. Ehrenberg, Die fossilen Infusorien und die lebendige Dammerde. Berlin 1837.

komme — was in anderer Sprache nichts anderes als das Hauptresultat der modernen Edaphologie ist —, trotzdem Berzelius schon 1840 (also vor Ehrenberg) meinte, der Boden berge organische Bestandteile, welche katalytisch wirkten und Mulder in seiner hochberühmten „Chemie der Ackerkrume“ (1863) von einem im Boden verborgenen „Leben“ organischer Stoffe sprach, die in ihm Vermittler zwischen Tod und Leben seien — wußte man keine Brücke zwischen Chemie und Biologie, zwischen Praxis und der Ehrenberg'schen Entdeckung zu schlagen.

Gelegentlich taucht noch<sup>1)</sup> eine Bemerkung auf, die Ackerkrume (vgl. Abb. 1) verhalte sich wie ein lebendiges Wesen, im allgemeinen aber bleibt

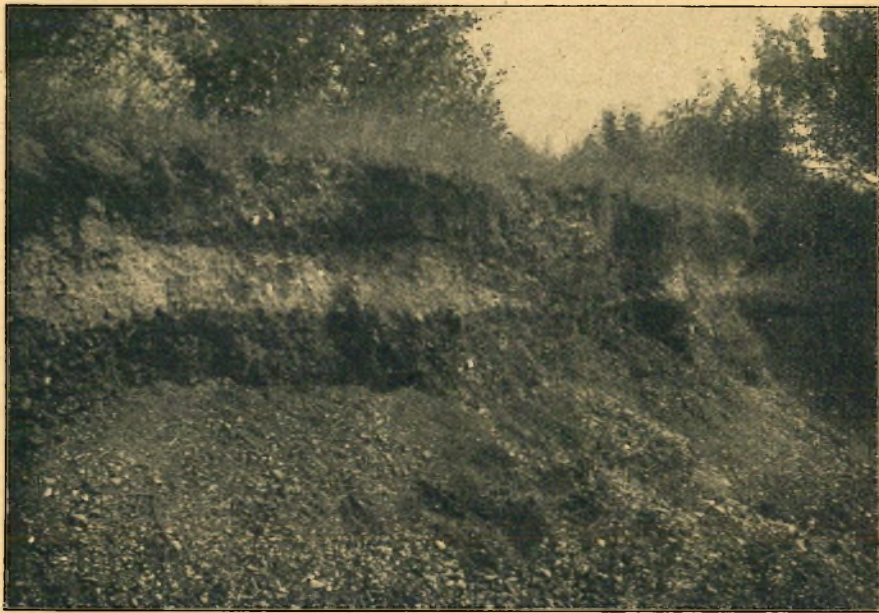


Abb. 1. Tertiäre Sandablagerungen. Edaphonhäftig ist in diesem Aufschluß nur die oberste, dunkel erscheinende Schicht. Die Sandbänke darunter enthalten nur eingeschwemmte Geobionten. (Original.)

v. Rosenberg-Lipinsky ganz vereinzelt, der noch im Jahre 1869<sup>2)</sup> auf Ehrenberg zurückgeht und die Humusbildung in erster Linie auf seine „In-fusorien“ zurückführt.

Es mußte erst das Gebiet von ganz anderer Seite aus betrachtet werden, bevor man sich wieder des Zusammenhanges zwischen dem Boden und seinem Leben bewußt wurde. Ehrenbergs nur systematische Art der Behandlung hatte zur notwendigen Folge, daß mit dem Verlassen der systematischen Forschungsrichtung auch seine Entdeckung rein mechanisch verlassen und allmählich vergessen wurde.

Erst Louis Pasteur war wieder der Erste, der nun vom Gesichtspunkt der neuentstandenen Bakteriologie auf die Wichtigkeit mikrobiologischer Forschungen auf dem Gebiet der Landwirtschaft hinwies und auf diesem Felde selbst arbeitete.

<sup>1)</sup> Z. B. bei Fraas in seinem „Wurzelleben der Kulturpflanzen“. 1870. 8<sup>o</sup>.

<sup>2)</sup> v. Rosenberg-Lipinsky, Der praktische Ackerbau. 3. Auflage. 1869. 8<sup>o</sup>.



Allerdings hat ein deutscher Landwirt (W. Kette) schon im Jahre 1865 auf die Bedeutung der Mikroorganismen im Boden aufmerksam gemacht, und Duclaux (1851), dann Laurent (1886), das auch experimentell bewiesen.

Von wieder anderer Seite hat der auch um das Mykorrhizaproblem so hochverdiente B. Frank<sup>1)</sup> als erster entdeckt, daß in einem Boden, der ein Gemisch von Spalt- und Grünalgen (*Oscillatoria*, *Chroococcus*, *Nostoc*, *Ulothrix*, *Pleurococcus*) beherbergt, eine Stickstoffbindung erfolge, was der erste maßgebliche Schritt zur Begründung einer praktischen Edaphologie war. Schlösing und Laurent<sup>2)</sup> zeigten dann im Experiment mit *Nostoc* ansehnliche Stickstoffgewinne und seitdem hat die physiologische Erforschung der Bodenorganismen in Frankreich nicht mehr geruht und ist von dort auch auf den englischen Kulturkreis übergegangen. Laurent, Berthelot, Bouilhac, Giustiniani, Charpentier, Déherain, Demoussy u. a. bilden dort eine ununterbrochene Kette, welche die Führung der westlichen Kultur auf diesem Gebiete an sich riß, mit Arbeiten, die im nachfolgenden einzeln aufgeführt sind.

In der deutschen Forschung schuf zwar schon der hochverdiente Wollny im Jahre 1897 (!) eine Art landwirtschaftlicher Bakteriologie, wodurch wenigstens das allerdings nur einseitige Studium einer der 13 Gruppen von Geobionten angebahnt war. Aber noch 1905 lehnt eine landwirtschaftliche Autorität von dem Gewichte Rümkers diese neue Wissenschaft ab.

Und so entstand auch auf diesem Gebiete in Deutschland erst später als anderswo Verständnis für eine vitale Frage und Löhns hat durchaus recht, wenn er in seiner großen Bakteriologie für Landwirte<sup>3)</sup> sagt, die landwirtschaftliche Bakteriologie stehe unter allen Ländern gerade in Deutschland am weitesten zurück. Dies gilt für die gesamte Bodenbiologie und hat sich in den Jahren, da die Fruchtbarkeit des Heimatbodens die grundlegende Bedingung des gesamten Kulturlebens geworden ist, bitter gerächt.

An diesem Punkte meine Arbeit einzusetzen, dünkte mich, trotz einer inneren Berufung zu mehr denkerischen Aufgaben, eine Pflicht gegenüber dem Volksgenossenschaft, dem ich angehöre, und so unterzog ich mich der mich doppelt drückenden Aufgabe, dieses bereits längst vergriffene Werk, das die Möglichkeit bietet, die Ernteerträge durch sachgemäße Anwendung seiner Erkenntnisse dauernd zu steigern, neu zu bearbeiten, unter Einbeziehung der vielen, ungemein zerstreuten, Arbeiten, die seit meinen ersten Veröffentlichungen über den Gegenstand, größtenteils auch angeregt durch sie, im Inland und Ausland erschienen sind.

Die langsam werdende Bodenbiologie hat sich übrigens nicht ausschließlich auf die, allerdings ihren Kernpunkt bildende Bodenbakteriologie beschränkt.

Schon sehr frühzeitig erwachte auch Verständnis für die große Bedeutung der Regenwürmer für die Landwirtschaft, die zuerst klargestellt zu haben, ein Verdienst von Ch. Darwin<sup>4)</sup> und V. Hensen<sup>5)</sup> ist, wodurch sich die Tätigkeit der Bodenspaltpilze restlos zu erklären schien.

Allerdings verhinderte die bakteriologische Methodik, die dem Boden das Organismenmaterial durch Schütteln von Bodenproben in Wasser und Überführung der sich in dem so „infizierten“ Wasser entwickelnden Bakterienkolonien

<sup>1)</sup> Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft 1889 und Landwirtschaftl. Jahrbuch 1892.

<sup>2)</sup> In *Annales de l'Institut Pasteur* VI. (1892).

<sup>3)</sup> F. Löhns, *Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie*. Berlin. 1910. 8<sup>o</sup>.

<sup>4)</sup> Ch. Darwin, *Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer*. Stuttgart 1882.

<sup>5)</sup> V. Hensen, *Die Tätigkeit des Regenwurmes für die Fruchtbarkeit des Erdbodens* (Ztschr. f. wiss. Zool. 1877 — Landwirtschaftl. Jahrb. 1882).

in Reinkulturen zu entziehen trachtete, geradezu die Entdeckung, daß die Erde durchgängig auch mit zahlreichen anderen Mikroorganismen durchsetzt sei und erst der Umstand, daß ich eine andere Untersuchungsmethode, nämlich die der direkten Durchsuchung der mit Wasser verriebenen Bodenkrümchen anwandte, mag die Hauptursache sein, warum die von mir im Jahre 1911 mitgeteilten Tatsachen nicht schon vor mehreren Generationen entdeckt wurden.

Zwar war durch die Tätigkeit der landwirtschaftlichen Versuchsstationen in mehrfacher Hinsicht ein Fortschritt in der Erkenntnis des edaphischen Lebens auch außerhalb der sich mächtig entwickelnden Bodenbakteriologie angebahnt. Die Untersuchungen von Schloesing und Laurent<sup>1)</sup>, sowie von Kossowitsch<sup>2)</sup> und Hellriegel<sup>3)</sup> klärten die Rolle der sich in der Überflutungsvegetation des Ackerbodens findenden Algen. Desgleichen wurden die im Erdboden lebenden Schimmelpilze und Hefen systematisch aufgenommen und vor allem die sehr wichtige Rolle des *Cladosporium*-Pilzes bei der Humifikation geklärt durch die sehr schönen Untersuchungen von P. E. Müller<sup>4)</sup> über die natürlichen Humusformen. Bei dieser Gelegenheit findet sich auch wieder der erste Hinweis auf die Rolle, die *Diffugia* und *Arcella* und andere Organismen aus dem „Reiche der Moneren“ (!)<sup>5)</sup> bei der Humifikation im Rohhumus spielen, ohne daß aber hierfür näheres beigebracht oder der Hinweis auf fruchtbaren Boden gefallen wäre. So blieb auch die Arbeit von R. Greeff<sup>6)</sup> über die in der Erde lebenden Amöben anfangs vereinzelt, wie auch aus der neuerdings eifriger erwarteten Moosfaunaforschung sich ebensowenig Früchte für eine nach allgemeinen Gesichtspunkten durchgeführte Geobiologie ergaben, desgleichen aus der wachsenden Kenntnis von in „feuchten Erde“ lebenden Algen<sup>7)</sup>.

Einen prinzipiellen Fortschritt in dieser Richtung bedeutete nur die Feststellung der Rolle der Saprobia durch Kolkwitz und Marsson, die eine biologische Bonitierung der Rieselfelder nach den in ihnen gefundenen Mikroorganismen anbahnten und hierbei auch Geobionten in ihre Verzeichnisse als „Durchlüfter des Bodens“ aufzunehmen begannen<sup>8)</sup>, ebenso wie K. Diem<sup>9)</sup>, der schon unter dem Gesichtspunkt einer allgemeinen Ökologie wenigstens Teilgruppen der Bodenfauna sein Augenmerk zuwandte.

In diese Atmosphäre traten 1911 die ersten Arbeiten<sup>10)</sup> und 1912 die Erstauflage des vorliegenden Werkes, das außer methodischen ökologischen Untersuchungen aller praktisch in Betracht kommenden Gruppen von Lebewesen und Bodenarten auch noch das einigende geistige Band zu knüpfen versuchte und mit der Schaffung einer Bodenbiologie (Edaphologie) als Wissenschaft die im Boden wirkenden Pflanzen und Tiere als Lebensgemeinschaft

<sup>1)</sup> Th. Schloesing jun. und E. Laurent in Comptes Rendus de l'Academ. 1891 und 1892.

<sup>2)</sup> P. Kossowitsch in Botanische Zeitung 1894.

<sup>3)</sup> Hellriegel, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und der Leguminosen. 1888.

<sup>4)</sup> P. E. Müller, Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin 1887.

<sup>5)</sup> op. cit. p. 56.

<sup>6)</sup> Greeff, Über in der Erde lebende Rhizopoden, Archiv f. mikr. Anat. 1866.

<sup>7)</sup> Als solche führt H. v. Schönfeldt (Diatomaceae Germaniae) an: *Navicula atomus*, *Pinnularia Brebissonii*, *P. borealis* var. *scalaris*, *P. alpina*, *Cymbella rupicola*, *Hantzchia amphioxys*, *Nitzschia Palaea* var. *fonticola* usw.

<sup>8)</sup> Vgl. Thumm, Sonderkatalog für Städtereinigung. Dresden 1911.

<sup>9)</sup> K. Diem. op. cit.

<sup>10)</sup> R. Francé, Das Edaphon — eine neue Lebensgemeinschaft (Die Kleinwelt 1911) und R. Francé, Neue Untersuchungen auf dem Gebiete der Bodenkunde (Monatshefte f. Landwirtschaft 1912).

erfaßte und sie in das Gesamtleben der Natur und seine ewigen Zusammenhänge einordnete.

Dieses Bemühen blieb auch nicht ohne Erfolg. Mit dem fast gleichzeitig erscheinenden Werk von Löhnis zusammen schuf es die neue Disziplin, welche seitdem in Deutschland, England, Italien, Ungarn u. a. durch zahlreiche Arbeiten gefördert und sogar zu praktischen Ergebnissen entwickelt wurde.

Es ist hierbei namentlich der Untersuchungen zu gedenken, welche von meinen Schülern in den „Arbeiten des Biologischen Institutes München“ (von 1912—1917) veröffentlicht wurden über die erste Besiedelung der Felsgesteine, die Bacillariaceenformen des Edaphons, über tropisches Edaphon, die Ernährung des Regenwurmes<sup>1)</sup> usw.

In Italien wurde auf dem italienischen Zoologenkongreß zu Pisa im Jahre 1912 vereinbart, im Sinne der von mir geprägten Begriffe das Edaphon zu studieren<sup>2)</sup>. Als Folge dessen setzte dort eine immer mehr um sich greifende Bewegung ein, welche schon unser Wissen mit neuen Resultaten bereicherte<sup>3)</sup>.

In England wurde neuestens namentlich das Studium der Bodenpilze erfolgreich in Angriff genommen<sup>4)</sup>, kräftige Förderung erfuhr außerdem die Kenntnis der erdbewohnenden Nematoden und jene Sondergruppe des Edaphons, welche als Moosbewohner schon seit Ehrenbergs vorangehenden Untersuchungen das Interesse auf sich gezogen hatte.

Schließlich stehen gegenwärtig, namentlich seit dem bahnbrechenden Vorgehen von J. Simon in Dresden, die Möglichkeiten, die Ernteerträge durch Kulturen bzw. Impferde mit Bodenbakterien und sonstigem Edaphon zu steigern, im Vordergrund des Interesses.

Allen diesen neuen Resultaten soll im Nachstehenden ebenfalls ausführlich Rechnung getragen werden.

### III. Methodik der Untersuchungen.

Die nachstehenden Untersuchungen wurden ausgeführt in dem meiner Leitung unterstehenden Biologischen Institut München, nach Vorarbeiten, die im Jahre 1903 begannen. Sie erstrecken sich systematisch auf die Jahre 1910 bis 1919 und zogen in ihren Kreis außer dem Boden des Gartens im Biologischen Institut und Münchens noch Bodenproben aus fast ganz Deutschland, aus Österreich, der Schweiz, Frankreich, Holland, Italien, Rußland, Turkestan, Zentralafrika und auf besonderen Studienreisen auch Ägypten und Arabien.

Zur Feststellung der edaphischen Organismen wurde der Weg direkter mikroskopischer Untersuchung des, wenn zugänglich, frisch entnommenen Bodenmaterials gewählt, und davon gleichgroße Proben mit destilliertem Wasser angerührt und durchgezählt. Dadurch wurden natürlich nicht verlässliche absolute Zahlen, aber eine sehr erwünschte Vergleichsmöglichkeit erlangt. So sind die auf den Kubikmillimeter bezogenen Zahlen im Text zu deuten. Ein Teil der Kieselalgen wurde auch durch Ausschlämmen des Materials und Auskochen der Schalen festgestellt. Der Vergleich mit der direkten Untersuchung zeigte bald, daß auf diese Weise die edaphische Bacillariaceenflora viel vollkommener fest-

<sup>1)</sup> Vgl. F. Falger, Die erste Besiedelung der Gesteine. (Zeitschr. d. D. Mikrol. Gesellschaft. Die Kleinwelt. 1914) usw.

<sup>2)</sup> R. Issel, Per lo studio degli organismi umicoli (Bios. Rivista di Biologia) Nr. 3. — R. Issel, Proposta relativa all' Edafon. (Rendiconti X. Ass. e Convegno dell' Un. Zool. Ital. in Pisa 1912.)

<sup>3)</sup> Conf. A. Razzauti, Contributo allo studio dell' Edafon. I. Una nova forma di Stafilinide edafico. Pisa 1913.

<sup>4)</sup> Eliz. Dale, On the Fungi of the Soil. (Ann. Mycol. X. 1912).

gestellt werden kann. Da es aber für die Beurteilung ökologischer Verhältnisse, worauf es bei der vorliegenden Untersuchung vor allem ankam, wichtig war, alle edaphischen Organismen nach gleicher Methode festzustellen und das biologische Bild nicht einseitig zu Gunsten einer Organismengruppe zu verrücken, wurde an der Methode direkter Untersuchung festgehalten, um so mehr, als die systematische Spezialaufnahme der edaphischen Bacillariaceen auch gesondert in die Wege geleitet war.

#### IV. Systematik des Edaphons.

Die große Reichhaltigkeit der für scheinbar dauernd wasserbedürftige, in einem für Wasserorganismen meist ungünstigen Medium ständig Gefahren ausgesetzten Mikroorganismen unbewohnbaren Ackerkrume und Humuserde, ja, mit Ausnahme von reinem Dünen sand, jedweder Bodensorte, sogar der humuslosen Verwitterungskruste der Felsen an verschiedensten Algen, Rhizopoden und höheren Tieren, die mir bei meinen im Jahre 1903 begonnenen, systematisch jedoch erst seit dem Jahre 1910 bis heute fortgesetzten mikrobiologischen Untersuchungen des Erdbodens entgegentrat, läßt es als sicher vermuten, daß jede neue Untersuchung die Zahl der hier erwähnten Bodenorganismenarten nur als Grundstock einer Bodenfauna und -flora erkennen läßt, die ständig vermehrt, vielleicht an Reichhaltigkeit ihr Gegenstück im Wasser: das Plankton übertreffen wird.

Ich erblicke daher in der nachstehenden Liste, trotzdem sie seit ihrem ersten Erscheinen wesentlich vermehrt wurde, immer erst die Vorläufer einer wirklichen Systematik des Edaphons.

Unter diesem Vorbehalt erlaube ich mir die nachfolgende Liste von edaphischen Organismen vorzulegen:

##### 1. Klasse: Schizophyceen

- |                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Aphanothece saxicola       | Proteus mirabilis Haus.           |
| Borzia trilocularis           | 20. " vulgaris Haus.              |
| Clostridium Pasteurianum      | Cladotrix sp.                     |
| " gelatinosum                 | Chroococcus sp.                   |
| Azotobacter chroococcum       | Stichococcus bacillaris           |
| Bacillus amylobacter          | Gloeocapsa punctata               |
| " megatherium                 | 25. " sanguinea                   |
| " mycoides                    | Cylindrospermum majus             |
| 5. " subtilis                 | Synechococcus                     |
| " mesentericus                | Dactylococcopsis                  |
| " radicola                    | Microcystis                       |
| " Ellenbachensis              | 30. Chamaesiphon confervicola     |
| Bacterium coeruleus           | Lyngbya vulgaris                  |
| 10. " agreste                 | Oscillatoria tenuis (Abb. 6)      |
| " radiobacter                 | " tenerrima                       |
| " herbicola                   | Hypheothrix tenuissima            |
| Spirillum spec.               | 35. Stigonema sp.                 |
| Nitrosomonas europaea Winogr. | Nostoc humifusum                  |
| 15. Nitrosococcus             | " muscorum                        |
| Nitrobacterium                | " sphaericum                      |
| Proteus vulgaris              | " punctiforme                     |
| Streptothrix odorifera        | 40. Isocystis infusionum (Abb. 2) |
|                               | Rivularia haematites              |

## 2. Klasse: Bacillariaceen

## A. Centricae

*Cyclotella comta*  
*Coscinodiscus*

*Gallionella (Melosira) sp.*

## B. Pennatae

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 45. | <i>Fragilaria Harrisonii</i>               | <i>Navicula undulata</i> Hilse                    |
|     | " <i>construens</i> var. <i>pusilla</i>    | 90. <i>Cymbella microcephala</i> Grun.            |
|     | " <i>dubia</i> Grun.                       | " <i>parva</i> W. Sm.                             |
|     | " <i>mutabilis</i> Grun.                   | " <i>ventricosa</i> Kütz.                         |
|     | <i>Synedra Ulna</i> Ehrb.                  | " <i>leptoceros</i> Kütz.                         |
| 50. | " <i>amphicephala</i>                      | "    n. sp.                                       |
|     | <i>Eunotia gracilis</i> Ehrb.              | 95. <i>Diatoma vulgare</i>                        |
|     | " <i>arcus curta</i> Grun.                 | <i>Stauroneis Smithii</i>                         |
|     | " <i>tenella</i> Grun.                     | "    n. sp.                                       |
|     | " <i>exigua</i>                            | <i>Gomphonema gracile</i>                         |
| 55. | <i>Odontidium hiemale</i> Grun.            | " <i>olivaceum</i> Lyngb.                         |
|     | <i>Denticula tenuis</i> Kütz.              | 100. <i>Amphora borealis</i>                      |
|     | <i>Pleurostauron parvulum</i> Grun.        | <i>Gyrosigma</i> sp.                              |
|     | " <i>Smithii</i> Grun.                     | <i>Rhoicosphenia curvata</i>                      |
|     | <i>Frustulia vulgaris</i> Thir.            | <i>Cymbella</i> sp.                               |
| 60. | <i>Achnantheidium lineare</i> Sm.          | <i>Surirella birostrata</i> Hust.                 |
|     | <i>Achnanthes minutissimum</i>             | 105. " <i>angustata</i> Bril.                     |
|     | " <i>gracillima</i>                        | " <i>ovalis</i> var. <i>minuta</i> Bril. (Abb. 3) |
|     | " <i>coarctata</i>                         | <i>Hantzschia amphioxys</i> (Abb. 3, 4)           |
|     | " <i>microcephala</i>                      | " <i>vivax</i> Grun.                              |
| 65. | " <i>elliptica</i> Kust.                   | "    n. sp.                                       |
|     | " <i>hauckiana</i> Grun.                   | 110. " <i>pusilla</i> Dippel                      |
|     | <i>Navicula minima</i> Grun.               | " <i>intermedia</i> Grun.                         |
|     | " <i>atomoides</i>                         | <i>Pinnularia appendiculata</i> Ag.               |
|     | " <i>magis stauroneiformis</i>             | " <i>molaris</i> Grun.                            |
| 70. | " <i>lepidula</i> Grun.                    | " <i>viridis</i> Grun.                            |
|     | " <i>Rabenhorstii</i>                      | 115. "    var. <i>commutata</i> Grun.             |
|     | " <i>contenta</i> var. <i>biceps</i> .     | " <i>Brébissonii</i> Kütz.                        |
|     | " <i>radiosa</i> var. <i>tenella</i> v. H. | "    var. <i>diminuta</i> v. Heurck               |
|     | " <i>cryptocephala</i> Kütz.               | " <i>microtoma</i> Ehrb.                          |
| 75. | " <i>pachycephala</i>                      | " <i>subcapitata</i> Grun.                        |
|     | " <i>protracta</i> Kust.                   | 120. "    var. <i>paucistriata</i> Grun.          |
|     | " <i>borealis</i> Ehrb. (Abb. 3)           | " <i>naveana</i>                                  |
|     | "    var. <i>scalaris</i> Grun.            | "    n. sp. (Abb. 3)                              |
|     | " <i>affinis</i>                           | <i>Nitzschia sigmoidea</i>                        |
| 80. | " <i>atomus</i> Naeg.                      | " <i>palea</i> Kütz.                              |
|     | " <i>sima</i> Ehrb.                        | 125. " <i>acicularis</i> ?                        |
|     | " <i>interrupta</i> W. Sm.                 | " <i>communis</i>                                 |
|     | " <i>mutica ventricosa</i> Kütz.           | " <i>microcephala</i>                             |
|     | " <i>Cohnii</i> subsp.                     | " <i>amphibia</i> Grun.                           |
| 85. | " <i>producta</i>                          | "    var. <i>thermalis</i>                        |
|     | " <i>constricta</i>                        | 130. " <i>Kützingiana</i> Hilse                   |
|     | " <i>Göppertiana</i> Bl.                   | " <i>subtilis</i> Grun.                           |
|     | " <i>subundulata</i> Gr.                   | " <i>frustulum</i> Grun.                          |

## 3. Klasse: Conjugaten

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| Mesotaenium Endlicherianum<br>(Abb. 7) | Euastrum sp. (Abb. 5) |
| Mesotaenium caldariorum                | Calocyclus sp.        |
| 135. Desmidium sp.                     | Pleurotaenium sp.     |
|  | Chlorella sp.         |

## 4. Klasse: Chlorophyceae

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 140. Chlamydomonas tingens                                  | Raphidium polymorphum   |
| Gloeococcus sp.   | 145. Scenedesmus acutus |
| Pleurococcus vulgaris (= Cysto-<br>coccus humicola, Abb. 7) | Ulothrix sp.            |
| Gloeocystis botryoides                                      | Microspora sp.          |

## 3. Ordnung: Siphonae

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Vaucheria terrestris | Botrydium granulatum |
|----------------------|----------------------|

## 4. Klasse: Fungi

- |  |   |
|--|---|
| 150. Cictydium cernuum                       | Dematium pullulans (Abb. 8)                 |
| Aspergillus terricola (Abb. 9)               | Sordaria humicola                           |
| "    niger v. Tiegh                          | 180. Pyrenochaeta humicola                  |
| "    candidus Pers.                          | Sporotrichium roseolum                      |
| "    repens D. By                            | Epicoccum sp.                               |
| 155.    "    glaucus                         | Helminthosporium intersemina-<br>tum Berk.  |
| Mucor rufescens Fisch.                       | Alternaria humicola Oud.                    |
| "    mucedo L.                               | 185. Chaetoniella sp.                       |
| "    Ramanianus Moell.                       | Macrosporium cladosporium<br>Desm.          |
| "    racemosus Fres.                         | Fusarium sp. (Abb. 8)                       |
| 160.    "    circinelloides v. Tiegh         | "    solani Mont.                           |
| "    sphaeroporos Hagem.                     | Ozonium (?) esoceum Pers.                   |
| "    plumbens Bon.                           | 190. Stempylium botryosum Wallr.            |
| "    stolonifer                              | Mycogone puccinioides (Preuss)<br>Sacc.     |
| Rhizopus arrhizus Fisch.                     | Pyronema sp.                                |
| 165. Absidia orchidis Hagem.                 | Stachybotrys sp.                            |
| Monilia Koningi Oud.                         | Oidium lactis                               |
| Trichoderma Koningi Oud.                     | 195. Saccharomyces sp.                      |
| "    album Preuss                            | Debryomyces globosus Klöck.                 |
| Penicillium (?) intricatum Thom.             | Schwanniomyces occidentalis<br>Klöck.       |
| 170.    "    (?) unguulosum Thom.            | Cladosporium humifaciens P.E.M.<br>(Abb. 8) |
| Citromyces (?) glaber Wehm.                  | Cladosporium herbarum Pers.                 |
| Botrytis cinerea Pers. (Abb. 8)              | 200.    "    epiphyllum Pers.               |
| Verticillium albo-atratum Reinke<br>(Abb. 8) |   |
| Nematogonum humicola Oud.                    |   |
| 175. Trichothecium roseum Link.              |   |
| Basisporium (?) gallarum Moll.               |   |
| Dematium sp.                                 |   |

## Protozoa.

## 1. Klasse: Flagellata

## Phytoflagellata

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| Euglena velata Kl.             | Astasia proteus St. |
| Petalomonas mediocanellata St. |                     |

2. Klasse: Rhizopoda

- |   |   |
|---|---|
| <p>Amoeba guttula Duj.<br/>                 205. " limax Duj. (Abb. 25)<br/>                 " proteus Rosel<br/>                 " verrucosa Leidy<br/>                 (Abb. 14, 25)<br/>                 " velata Pen.<br/>                 " terricola Ehrb. (Abb. 25)<br/>                 210. " sphaeronucleolus Greeff<br/>                 striata Pen.<br/>                 Diffflugia lucida Pen.<br/>                 " globulosa Duj.<br/>                 " constricta Ehrb.<br/>                 (Abb. 11, 14)<br/>                 215. " urceolata Cart.<br/>                 " arcula Leidy<br/>                 " Craterella Francé<br/>                 (Abb. 12)<br/>                 " lobostoma Leidy<br/>                 " pyriformis<br/>                 220. Phryganella nidulus Pen.<br/>                 " hemisphaerica Pen.<br/>                 Diffugiella sp.<br/>                 Nebela collaris Leidy (Abb. 23)<br/>                 " flabellulum Leidy<br/>                 225. " lageniformis Pen.<br/>                 " bigibbosa Pen.<br/>                 Parmulina obtecta<br/>                 Geococcus vulgaris Francé<br/>                 (Abb. 14, 15—16)<br/>                 Hyalosphenia cuneata Stein<br/>                 230. " elegans Leidy<br/>                 " papilio Leidy</p> | <p>Hyalosphenia tincta<br/>                 Heleopera petricola Leidy<br/>                 (Abb. 13)<br/>                 235. " picta Leidy<br/>                 " rosea Pen.<br/>                 " silvatica Pen.<br/>                 Campascus sp.<br/>                 Pamphagus hyalinus Ehrb.<br/>                 Pseudochlamys patella Cl. u. L.<br/>                 240. Arcella vulgaris Ehrb.<br/>                 " asenia Greeff<br/>                 Pseudodiffflugia gracilis<br/>                 Assulina seminulum Ehrb.<br/>                 " minor Pen.<br/>                 245. " muscorum<br/>                 Sphenoderia lenta Schlumb.<br/>                 " dentata Pen.<br/>                 Euglypha alveolata Duj.<br/>                 " laevis Perty.<br/>                 250. " strigosa Leidy<br/>                 " globosa<br/>                 " ciliata Ehrb.<br/>                 " mucronata Leidy<br/>                 Corycia flava Duj.<br/>                 255. Corythion dubium Tar.<br/>                 Quadrula symmetrica Fr. E. Sch.<br/>                 " globulosa Pen.<br/>                 Placocysta spinosa<br/>                 Trinema acinus Duj. (Abb. 10)<br/>                 260. " complanatum Pen.<br/>                 " lineare Pen.<br/>                 Gromia mutabilis</p> |
|---|---|

3. Klasse: Ciliata (Abb. 18)

- |  |  |
|--|--|
| <p>Genus incertus (Abb. 18)<br/>                 Vaginicola terricola Greeff<br/>                 265. Stylonychia mytilus Ehrb.</p> | <p>Cothurnia doliolum Pen.<br/>                 Phacodinium muscorum Prow.</p> |
|--|--|

Nematoda

- |  |   |
|--|---|
| <p>Dorylaimus Carteri Bast.<br/>                 " macrolaimus Dc. M.<br/>                 270. Bunonema Richtersi Jäg.<br/>                 " reticulatum Richt.<br/>                 Tripyla setifera Bütschli</p> | <p>Diplogaster (inermis?) Bütschli<br/>                 Aphanolaimus sp.<br/>                 275. Leptodera curvicaudata Schn.<br/>                 Mermis nigrescens Duj.</p> |
|--|---|

Rotatoria

- |   |   |
|---|---|
| <p>Rotifer tardigradus<br/>                 " vulgaris<br/>                 Philodina erythrophthalma<br/>                 280. " aculeata<br/>                 " vorax<br/>                 Adineta vaga</p> | <p>Callidina papillosa<br/>                 " Ehrenbergii<br/>                 285. Habrotrocha angusticollis<br/>                 Diaschiza semiaperta<br/>                 Chaetonotus macrotrichus<br/>                 Callidina multispinosa</p> |
|---|---|

## Tardigrada

290.	Macrobiotus macronyx	Macrobiotus coronifer Richt.
"	Hufelandi C. F. Sch.	Milnesium tardigradum Doy.
"	intermedius Plate	

## Acarina

Cepheus ocellatus Mich.

## Harpacticidae

295.	Moraria muscicola Richt.	Canthocamptus subterraneus
	Canthocamptus cuspidatus Schm.	300. " typhlops Mraz.
	" rhaeticus Schm.	" Zschokkei Mraz.
	" monticola Menzel	

## Enchytraeidae

Enchytraeus Perrieri Vejd.	Anachaeta bohemica Vejd.
Fridericia sp.	

## Planaria

305. Nurmis sp.

## Lumbricida

Eisenia rosea Sav.	Allolobophora aporata Bretschn.
Lumbricus terrestris L.	310. Holodrilus D. octaëdrus Sav.
" rubellus Hoffm.	

## Myriapoda

Glomeris sp.	Julus nigrofuscus Derh.
Polydesmus sp.	Lithobius forficatus

## Arachnoidea

315. Geophilus subterraneus

## Insecta

Isotoma viridis L.	Podocerus tridentiferus Tullb.
" fimetaria Tullb.	220. Sminthurus sp.
Entomobrya lanuginosa Nic.	Cylindropsis Doderoi Razz.

## Mollusca

Carychium minimum	Helix aculeata
-------------------	----------------

## Mammalia

Talpa europaea L.	Sorex vulgaris L.
325. " coeca Savi	327. " minutus L.

Diese Liste von 327 Organismen schließt allerdings sowohl die von mir nicht dem eigentlichen Edaphon zugerechneten felsbewohnenden Formen (Lithobien), wie die auf überfluteter Erde lebenden Mikroorganismen (vgl. S. 41), desgleichen die unter Moosen gefundenen Formen in sich und nur die später wiederholt angeführten Arten beziehen sich auf das eigentliche Edaphon. Da aber das Verhältnis der Organismenwelt überrieselter Lokalitäten zu den typischen Geobionten noch der Untersuchung bedarf, ist es wohl vorteilhafter, vorläufig hier alles Ermittelte gemeinsam vorzubringen.



Zweifelsohne wird diese seit 8 Jahren verdoppelte Liste der Geobionten sich noch vergrößern, namentlich in bezug auf Pilze, Kieselalgen, Insekten und Nematoden. Von den ersteren lebt eine große Zahl Arten auf der Erdkruste des Ackerbodens, sowie in der Verwitterungsrinde der Felsen. Die Kieselalgen des Acker- und Wiesenbodens enthalten eine außerordentliche Fülle von Navicula-, Nitzschia-Arten und sehr kleinen Formen, deren systematische Sonderung schon deswegen großen Schwierigkeiten begegnet, da die meisten von ihnen noch gar nicht beschrieben sein dürften. Da im ersten Stadium der Untersuchungen die Klärung der Bedeutung und der ökologischen Beziehungen natürlich diesen feineren systematischen Darstellungen voranging, mußten diese Fragen noch vielfach ungeklärt bleiben.

Zur Verbreitung und Lebensweise der einzelnen Formen kann ich folgende Bemerkungen vorausschicken:

**Chroococcus sp.** Selten in ganz winzigen (3—4  $\mu$ ) Exemplaren in Ackererde von Dinkelsbühl (Bayern 27. VII. 13). Um so häufiger (7 Arten) unter den Lithobionten von Dr. Falger<sup>1)</sup> gefunden.

**Stichococcus bacillaris.** Diese wohl nur als Wuchsform von Chroococcaceen anzusprechende Spaltalge fand sich als häufiger Bewohner der oberen Erdschichten im Ackerboden im Garten des Biologischen Instituts München und in Wiesenboden von Dinkelsbühl (Bayern, 23. Juli 1910). In Mengen und lebhaft vegetierend trotz langer Trockenheit in schwarzem Spaltenhumus am Gipfelplateau des Pendling (Tirol, 13. X. 10). Ebenso sehr große Zellen (28  $\mu$  lang) in Spaltenhumus vom Heimgartengrat (Bayern, 26. X. 10) in ca. 1500 m Höhe, in Tintenstrichen vom Roger (Tirol, 30. X. 10) in unzählbarer Menge unter Alpenrosen in der Latschenregion in 1550 m Höhe (1. VI. 1911). Auch in frisch geackerten Feldern von Ebenhausen (Bayern, 13. XI. 10) waren solche Zellen mit vielen Exkretkörnchen zu finden. Desgleichen zu Wasserburg a. I. (Bayern, 25. IV. 1912).

**Gloeocapsa punctata.** Aus der Verwitterungsrinde (graugrüner Überzug) des Elbsandsteins an den Affensteinen bei Schandau (Sachsen) in großer Menge (Juli 1912).

**Gloeocapsa sanguinea.** Große violette und siemafarbige Ballen bildend in Tintenstrichen am Wettersteinkalk des Roger (Kaisergebirge, Tirol, 30. X. 1910) und seine Lebenskraft in lufttrockenem Zustande bis Mai 1913 bewahrend.

**Chamaesiphon confervicola.** In Massen aufsitzend auf Algenfäden an einer nassen Felsenwand mit Lyngbyen und Rivularien am Bergleskopf (Kochel in Bayern, 25. IX. 1907). Gehört zur Tintenstrichvegetation.

**Lyngbya vulgaris.** Wie bei Stichococcus. Außerdem in der Überflutungsvegetation eines Waldweges bei Dinkelsbühl (Bayern, 25. VII. 1910) mit farbloser Hülle. Oberfläche von Weizenacker bei Dinkelsbühl (27. VII. 1910) in lebhafter Bewegung, kriecht gern aus der Scheide.

**Oscillatoria tenuis.** Überall häufig, am meisten jedoch in Ackerboden, zu dessen Charakterformen diese und eine Anzahl noch nicht davon unterschiedener Oscillatoriaarten gehört. Jedoch stets in vereinzelt Fäden, nie zusammenhängende Lager bildend. Sowohl in Wald, wie Wiesen und Ackererde, in letzteren jedoch häufiger. Geht bis zu 3 dm Tiefe. Lebend auch in Regenwurmexkrementen und im gefrorenen Boden (1915) (Abb. 6).

**Oscillatoria tenerrima.** Fäden 7—8  $\mu$  dick, fast so lang als breit. Häufig an der Oberfläche der „grauen Düne“ zwischen Calamagrostiswurzeln auf Nordenerney (Preußen) bei der Wilhelmshöhe (VII. 1912).

<sup>1)</sup> F. Falger, Die erste Besiedlung der Gesteine. (Arbeiten a. d. Biolog. Institut München. Nr. 3. Kleinwelt 1914).

**Hypheothrix tenuissima.** In der Tintenstrichvegetation (Roger, 30. X. 1910).

**Nostoc humifusum.** Schleimige, bohnen große Lager bildend zwischen Moosrhizoiden und farblosen Mycelien in Buchenmull auf felsigem Boden in 1200 m Höhe. (Petersberg bei Fischbach a. Inn, Bayern, 5. I. 1913.) (leg. R. v. Aichberger.)

**Nostoc sphaericum.** In kleinen, humösen Spalten an den Felsen des Lainbachfalles bei Kochel (Bayern, 18. IX. 1907) zusammen mit Tausenden von Gomphonema gracile.

**Nostoc punctiforme.** Aus 50 cm Tiefe unter einem Münchener Grasgarten (Konradstraße) aus einer dünnen Erdschicht unter Schotter, mit lebenden Euglyphen und Cladosporium. Die lebhaft blaugrünen Zellen des winzigen Lagers hatten  $4 \mu$  Durchmesser. Die Erdprobe bestand aus schrotkorngroßen, ganz festen und so harten Krümchen, daß sie nur zum Teil zerkleinert werden konnten. Auch am Roger (30. X. 1910).

**Isocystis infusiumum** (Abb. 2). Eine sehr häufige Spaltalge des Edaphons, die ich nur mit Zweifel hierher bringen konnte, mangels Heterocysten

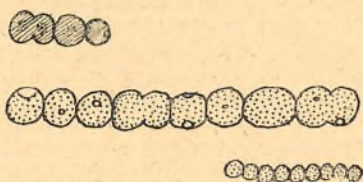


Abb. 2. Isocystis-Arten des Edaphons.  
700fache Vergr.

und aller auf Nostocaceen verweisenden Schleimbildungen. Die Zellen haben 2 bis  $3\frac{1}{2} \mu$  im Durchmesser, sind ganz blaß bis ausgesprochen blaugrün und geradezu eine Charakterform der Äckerböden. Als besondere Vorkommen sind erwähnenswert: Wiesenboden bei Kufstein (Tirol, 30. X. 1910), Ackerfeld bei Wangen (O.-Bayern) am 19. II. 1912, sehr reichliches Vorkommen in Ackerboden bei Wasserburg (O.-Bayern, 25. IV. 1912). Isocystisähnliche Fäden fanden sich

auch im Dünen sand von Norderney (Preußen, VII. 1912) und in der Moosflora bei Miesbach (16. II. 1913) (Abb. 2).

**Cylindrospermum sp.** Eine unbestimmbare Cylindrospermumart mit Zellen von  $3 \mu$  Durchmesser fand sich in der Überflutungsvegetation eines Waldweges bei Dinkelsbühl (Bayern, 25. VII. 1911), in der Tintenstrichvegetation vom Roger (Tirol, 30. X. 1910), in einer trockenen Regenrinne an der Landstraße bei Schäftlarn (Bayern, 26. III. 1911), sie scheint also zur typischen Überflutungsvegetation zu gehören.

**Cylindrospermum majus** fand Dr. F. Falger an unbesiedelten Felsen.

**Rivularia haematites Ag.** In linsengroßen Ansätzen zu „Tintenstrichen“ am Bergleskopf bei Kochel (Bayr. Alpen, 25. IX. 1907) mit Chamaesiphon, Lyngbyen und Gomphonemen.

Selbstverständlich erschöpft diese Liste der beobachteten Schizophyceen, von denen nur Chroococcus, Stichococcus, Oscillatoria, Lyngbya und Isocystis für das Edaphon von Bedeutung sind, erst einen Bruchteil der Spaltalgenerdflora, wie schon die von Graebner<sup>1)</sup> mitgeteilte Liste der auf dem Sand der Lüneburger Heide beobachteten Formen beweist, sowie die Angabe von R. Kolkwitz über die Mikroflora der Rieselböden<sup>2)</sup> zeigt, wonach in 15 Jahre lang berieseltem Ackerland eine nicht näher bezeichnete Phormidiumart, in 25 Jahre lang berieseltem Grasland Oscillatoria splendida gefunden wurden.

<sup>1)</sup> Studien über die norddeutsche Heide, Englers Botan. Jahrbücher, Bd. XX. 1895.

<sup>2)</sup> K. Thumm, Sonderkatalog f. d. Gruppe Städtereinigung der wissenschaftl. Abteilung der Internat. Hygieneausstellung, Dresden. 1911. S. 111—112.

Von außerordentlicher Bedeutung scheinen sie als Überflutungsorganismen (vergl. hierzu Seite 41) auch auf Neuland für die erste Humusbildung zu sein, desgleichen in der Verwitterungsrinde der Felsen (Tintenstriche) und insofern wird man bei pedologischen Fragen an sich den Überflutungsorganismen mehr Aufmerksamkeit zu schenken haben, als ihnen bisher zuteil wurde.

**Cyclotella comta.** Wurde nur in zahllosen korrodierten Exemplaren einmal in Erde (Heideboden) aus der Lüneburger Heide bei Ülzen (Hannover), neben lebender *Navicula borealis*, *Enchytraeus* usw. gefunden; scheint aus einer Art Kieselgurlager zu stammen (März 1911) und das legt in Anbetracht dessen, daß *Navicula borealis* in 2780 m Höhe an den abgedachten Hängen des Gornier Grates (Schweiz) in ganzen Lagern in einer Situation gefunden wurde, die die vormalige Existenz eines Sees ausschließt, ein eingehendes Studium der Beziehungen zwischen Edaphon und Kieselgurbildung nahe.

**Coscinodiscus sp.** In Meeressand und Schlick an der Nordseeküste bei Wittmund (30. Juni 1912 Friesland).

Stammt wie die dabei gefundenen Foraminiferen aus der Überflutung (leg. G. Hibben). Marine Diatomeen (*Coscinodiscus*, *Isthmia*, *Amphitetras*) wurden übrigens auf antarktischen Inseln auch in der Moosfauna gefunden (Richters vorl. Bericht und antarkt. Moose 1904).

**Gallionella (Melosira sp.)** In sehr vielen Proben finden sich Bruchstücke melosiraartiger, jedoch unbestimmbarer Kieselschalen, die provisorisch zu diesem Begriff zu stellen sind.

**Fragilaria (Staurosira) Harrisonii W. Sm.** Diese ausgezeichnete Form ist der Kleinheit der Frusteln halber ( $10 \mu$ ) wohl der für Bayern angegebenen var. *dubia* Grun. beizuzählen; fand sich nur einmal in der Gartenerde des Alten Botanischen Gartens in München (12. III. 1911). Von da ab oft in allen möglichen Böden. (Von C. Küstner.)

**Fragilaria construens (Ehr.) Grun.** Auch kleiner als die Süßwasserform ( $10 \mu$  lang) in der var. *pusilla* Grun. lebend wie 18.

**Synedra Ulna Ehr.** Fand sich in Bruchstücken in Blumentopferde, in der var. *genuina* im schlammigen Sand von Carolinensiel bei Wittmund (30. Juni 1911. Friesland) (leg. G. Hibben). Von Dr. Falger auch als erste Vegetation an Felsen gefunden.

**Eunotia sp.** (Abb. 3 Fig. VI). Eine winzige, variable, unzweifelhaft zu *Eunotia* gehörige, aber nicht identifizierbare Form, fand sich zahlreich im Almboden unter der Lägerflora der Hirschtalalpe b. Lenggries (13. IX. 1910, 11. VII. 1911). *Eunotia arcus tenella* und *E. exigua* fanden sich in Kameruner Edaphon (1915).

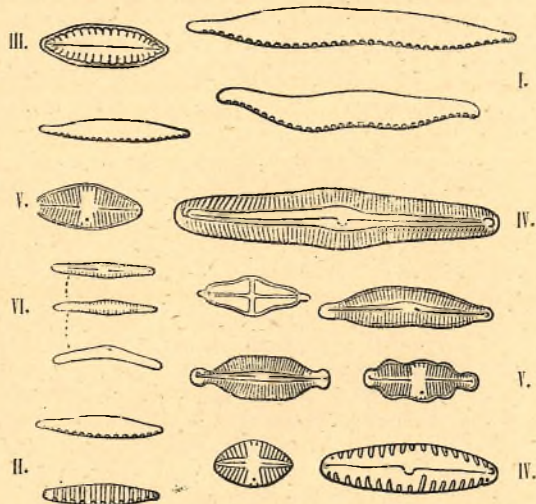


Abb. 3. Die wichtigsten edaphischen Kieselalgen-Gattungen. Hantzschia (I), Nitzschia (II), Surirella (III), Pinnularia (IV), Navicula (V), Eunotia (VI).

<sup>1)</sup> M. Schawo, Beiträge zur Algenflora Bayerns. (Bacillariaceae.) XIV. Bericht des Botan. Vereins in Landshut 1895.

**Achnanthes minutissima.** Mit *Achnanthidium*arten an Nostocfelsen beim Lainbachfall bei Kochel (Bayer. Alpen. 18. IX. 1907).

**Achnanthidium lineare Sm.** Zu dieser von Schawo<sup>1)</sup> auch für München angegebenen winzigen Form (10  $\mu$ ) bringe ich die wiederholt gefundenen Frusteln und lebenden Kieselalgen unter Moosen bei Aying (Bayern IV. 1913).

**Achnanthidium exile Heib.** Reichlich lebend aus 3 cm Tiefe aus Wiesenboden bei Ohlstadt (Bayer. Alpen 26. X. 1910). Frustel 22  $\mu$  lang.

**25. Navicula borealis. Ehr. (Pinnularia borealis.)** (Abb. 3 Fig. IV). Ist nebst *Hantzschia* die wichtigste und häufigste Kieselalge des Edaphons, die auch meist für „feuchte Felsen und Mauern“ angegeben, ein typischer Bodenorganismus zu sein scheint. (Schawo z. B. kennt sie um München, wo sie sich in jeder Erdprobe zu Hunderten finden, nur als selten.) Es gibt kaum eine Bodenprobe, in der sich *N. borealis* nicht fände.

Bemerkenswertere Vorkommen waren:

Spaltenhumus an der Benediktenwand (Nordwand in 1650 m Höhe 21. X. 1910). Mit kurzem Rasen bedeckter Almboden auf dem Gorner Grat (2780 m, Schweiz, Monte Rosagruppe) enthielt zwischen Schnee am 29. VI. 1912 pro  $\text{mm}^3$  37 Individuen und zahllose Bruchstücke, sonst nur Nematoden, also eine wahre Kieselgur dieser Art. Häufig findet sie sich auch im Wiesenboden des Chamonix-Tales (Frankreich. Juni 1912). Desgleichen gehört sie der Moosflora und der Verwitterungsrinde an (schon von H. v. Schönfeldt erwähnt). Wird in der Erde bis 54  $\mu$  lang. Charakterform auch in den Tropen (Kamerun 1915).

Mit ihr vergesellschaftet sich zahlreiche andere *Navicula*arten, deren Bestimmung ob ihrer Kleinheit (vgl. Fig. 3) große Schwierigkeiten bereitet. Die bei allen Geobionten wahrnehmbare Reduktion der Maße macht sich hier besonders geltend und kleinste Formen aus den Gattungen *Navicula* und *Nitzschia* reichen nicht über 2—6  $\mu$ , also nahezu Bakteriengröße.

Von den vorläufig gesonderten Formen seien hervorgehoben:

**Navicula affinis Ehr.** als sehr verbreitete Form des Edaphons, sowohl im Humus der Auwälder, wie in der Ackerkrume und unter Wiesenvegetation, ebenso in der Verwitterungsrinde des Elbsandsteins (Affensteine, Juli 1912, Sachsen). Die oft sehr kleine Form (5  $\mu$ !) ist außerordentlich widerstandsfähig, wurde mit Chromatophoren im Münchener Englischen Garten unter 10 cm Schnee am 6. I. 1911 bei 6 Grad Kälte, am Tage darauf sogar lebend gefunden. Desgleichen lebt sie in staubtrockenem Ackerboden (Holzhausen [Ob.-Bayern], 19. IV. 1911) reichlich, sogar in reinem zusammengebackenem, vegetationslosem, lehmigem Sand (Scheyern, Waldblöße [Ob.-Bayern], 3. V. 1911).

**Navicula atomus Naeg.** (Abb. 3 Fig. V). Eine wahrhaft incerte Form, die ihren Namen im Edaphon allerdings wegen ihrer Kleinheit verdient. Sie wird mit 4—8  $\mu$  Länge von anderen Autoren auf feuchtem Felsen angegeben, findet sich aber ebensogut in feuchtem Wiesenboden, auf feuchtem Almboden (Neuhaus bei Schliersee 5. X. 1910), in Gartenerde, wie im Waldboden (Landgrafenschlucht bei Eisenach, Thüringen, 7. VII. 1912); auch in sibirischer Steppen-erde (Tschimsche Expedition).

**Navicula sima Ehrb.** Schon von Ehrenberg in seiner Mikrogeologie angegebene höchst unsichere Art, die ich in Rasenerde vom Brentenjoch (Tirol, 1250 m Höhe, 28. V. 1911) in Buchenhumus und Gartenerde von Dinkelsbühl (Bayern, Juli 1910) wiederzuerkennen glaubte.

**Navicula interrupta W. Sm.** Diese herrliche Kieselalge fand sich nur einmal im Material aus dem Wattboden von Carolinensiel (Friesland, 30 cm, 1912, leg. G. Hibben).

*Navicula mutica* (Abb. 3 Fig. V). Eine sehr häufige, wahre Charakterform der Äcker und Wiesen von außerordentlicher Variabilität. Eine nov. var. *africana* fand C. Küstner<sup>1)</sup> im Edaphon von Kamerun (1915).

*Stauroneis Smithii*. In der Erde des alten Münchener Botanischen Gartens (12. III. 1911). Daneben gibt es aber edaphisch noch eine ganze Anzahl sehr kleiner Stauroneisarten, die sogar zu den häufigen Erscheinungen des Edaphons gehören und namentlich in den Ackerböden (Schwaz in Tirol, 2. VII. 1911) und in der Wiesenerde verbreitet sind.

*Pinnularia viridis*. Große Pinnularien erscheinen geradezu als „edaphische Leitformen“ feuchter Wiesen und des Moorbodens. Die „schwarze Tenn“ bei Tegernsee, offenbar ein verlandeter Teich, enthält als Beleg hierfür eine wahre Kieselgur schönster Pinnularien nebst zahlreichen Desmidiaceen und Rhizopoden, auch im schwarzen Humus des Wiesenbodens noch lebend. Desgleichen wird hoher Grundwasserstand sicher durch sehr große lebende Pinnularien angezeigt (Wiesen im Überschwemmungsgebiet des Kocher bei Schwäbisch-Hall, Württemberg, 18. VII. 191).

Merkwürdigerweise fanden sich Bruchstücke großer, grobrieger Pinnularienschalen auch im Verwitterungshumus des Elbsandsteins bei Schandau (Sachsen, Juli 1912).

*Pinnularia mesolepta* fand sich lebend auch in einem Waldacker im Leitzachtal (Bayern), Schalen auch in 1½ dm Tiefe (23. III. 1913).

Kleine Pinnularien sind häufig im Edaphon feuchter Standorte (unter Farnen in der Landgrafenschlucht bei Eisenach, Thüringen, 8. Juli 1912), feuchte Wiese im Kiental bei Herrsching (Bayern, 16. III. 1911), feuchte Wiese bei Dinkelsbühl (26. VII. 1913), in überdüngtem, üppigem Lagerboden auf der Hirschtalpe (3. IX. 1910, Bayr. Alpen) — scheinen also auch ein Feuchtigkeitsindikator zu sein. (Vgl. Abb. 3 Fig. IV).

Eine neue *Pinnularia geophila* beschrieb Küstner<sup>2)</sup> aus dem Edaphon als nicht selten.

*Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Sm. Auch diese größte *Nitzschia* kennzeichnet wasserreiche Bodensorten (in der Landgrafenschlucht bei Eisenach lebend gesammelt, 8. Juli 1912). Sonst nur noch auf moosigem Wiesenboden bei Ebenhausen (Ob.-Bayern, 13. XI. 1910) und feuchtem Wiesenboden (bei Dinkelsbühl, 26. VII. 1910) bekannt.

Kleine und aller kleinste *Nitzschien* aus dem Formenkreis der *N. palaea* und *N. acicularis*, der *N. microcephala* und *N. communis* sowie noch undeterminierte Arten bevölkern zahlreich Böden aller Qualitäten: Blumentopferde, feuchte Wiesenerde, Überflutungszone im Walde, im allgemeinen feuchte Orte.

*Hantzschia amphioxys* Kütz (Abb. 3 Fig. I, Abb. 4). Diese sehr veränderliche Untergattung von *Nitzschia* ist geradezu die edaphische Leitform der Kieselalgen. Es gibt nur wenig Orte, wo man sie in der Erde vergeblich suchen wird. Sie ist im Boden vorzugsweise an feuchten Stellen durch die var. *elongata* Grun., an trockenem durch die var. *intermedia* Grun. und var. *vivax* Grun. vertreten.

Bemerkenswertere Vorkommen sind:

In einem Weizenfeld bei Dinkelsbühl (27. VII. 1910) fanden sich bis 3 dm Tiefe *Hantzschiaschalen*.

<sup>1)</sup> R. Francé und C. Küstner, Untersuchungen über tropisches Edaphon. Arbeiten a. d. Biolog. Institut München Nr. 8. (Kleinwelt 1915).

<sup>2)</sup> C. Küstner, Neue Bacillariaceen aus dem Edaphon. (Kleinwelt 1915.)

Sehr große Hantzschien (bis  $84 \mu$ ) fanden sich im überdüngten Boden der Hirschtalpe, auf Wiesen bei Starnberg (Bayern, 8. VI. 11), in der Landgrafenschlucht bei Eisenach, Thüringen.

Die Form ist auch frosthart. Sie fand sich lebend am 26. I. 1911 unter Rasen bei Schäftlarn (Bayern) in hart gefrorener Ackererde,

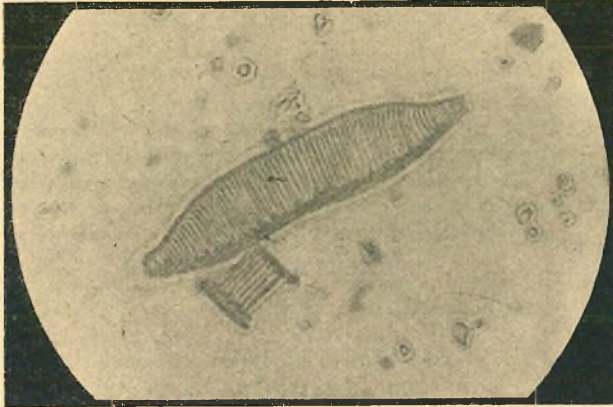


Abb. 4. *Hantzschia amphioxys*. (Original.)

bei Weßling (Bayern, 3. II. 1911), sogar im Münchener Straßenschmutz am 15. II. 1911 in lebhafter Zellteilung, und im anderen Extrem im staubtrockenen Boden der Kartoffeläcker bei d. Korbung (Württemberg, nach dreiwöchentlicher Dürre, 18. Juli 1911). Von Dr. Falger auch als Felsenbesiedlerin konstatiert.

*Hantzschia* kennzeichnet namentlich den Acker- und Wiesboden, in dessen feinsten wassergefüll-

ten Poren sie mit erstaunlicher Schnelligkeit kriecht. Sie übertrifft an Beweglichkeit noch die ohnedies schon nicht tragen sonstigen edaphischen Bacillariaceen und behält ihre zwei, durch ein längliches Pyrenoid zusammengehefteten Chromatophorenplatten auch dann frisch, wenn sie der Frost oder die Trockenheit in eine Art „Starre“ versetzt. Ihre Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknung ist enorm. Um diese zu prüfen, wurde in Kulturgefäßen gezogenes Hantzschienmaterial von Anfang Oktober bis 2. Dezember 1912 lufttrocken gehalten. Am 2. Dezember war der Erdoberfläche entnommene *Hantzschia* voll Öl, mit schönen Chromatophoren in lebhafter Vermehrung.

Eine Eigenart der edaphischen Hantzschien sind die merkwürdigen Kiele oder Flügel, welche sie manchmal bis zur Unkenntlichkeit verändern (von C. Küstner als *nov. sp.* bezeichnet), wie denn überhaupt der Bau von *Hantzschia* zur Nachuntersuchung auffordert.

***Mastogloia minutissima* Küst.** Diese nur aus dem Edaphon bekannte Art beschrieb C. Küstner 1915 aus Kamerun.

***Gomphonema gracile*.** In der Überflutungsvegetation an Felsen bei Kochel (Bayr. Alpen, 18. IX. 1907).

***Gomphonema sp.*** Sehr kleine Gomphonemen fanden sich in Wiesenerde von Les Bossons (Frankreich, Haute Savoie, 27. VI. 1912) mit *Navicula borealis*.

***Cymbella edaphica* Küst.** Diese neue Art ist nur aus dem alpinen Edaphon (Kaisergebirge Tirol) bekannt.

***Amphora sp.*** Eine winzige Amphora von nur  $15-12 \mu$  Länge mit einem Chromatophor aus 4 rundlichen Lappen an der Rückseite der Frusteln, also zur Untergattung *Clevamphora* Mereschkowsky's gehörig, fand sich zu Tausenden in Regenwurmexkrementen aus dem Garten des Biologischen Institutes München (22. IV. 1912) in lebhaftester Bewegung.

*Gyrosigma* sp. im Watt von Carolinensiel (Friesland, 30. VI. 1912, leg. G. Hibben), offenbar aus dem Meer eingespült, desgleichen.

*Rhoicosphenia curvata*.

*Surirella birostrata* Hust. (Abb. 3 Fig. III). Nach Schmidt's Atlas (neu bearbeitet von F. Hustedt) kann ich eine in Moorsrasen von Glonn (Bayern, 27. II. 1913) häufig vorkommende *Surirella* nur für die obbezeichnete Art halten.

Kleine *Surirellen* sind im Edaphon sehr verbreitet. Nach meinem Untersuchungsjournal wurden solche gefunden in Bodenproben aus Gartenerde von Dinkelsbühl (25. VII. 1910), Hirschtalalpe b. Tegernsee, Lägerflora (3. IX. 1910), Hohenburg b. Lenggries (Bayern), Wiesenboden (3. IX. 1910), Kufstein (Tirol) Wiesenboden (15. XII. 1910) mit Chromatophoren, Rietzalm i. Kaisergebirge (Tirol, 15. XII. 1910), in Blumentöpfen, Wiese b. Wolfratshausen (31. III. 1911), Ackerboden b. Degerndorf (Bayern, 31. III. 1911) in  $3\frac{1}{2}$  dm Tiefe, Roggenfeld b. Reichertshausen (Ob.-Bayern, 3. V. 1911), Landgrafenschlucht b. Eisenach (Thüringen, 8. VII. 1912).

Dies läßt vermuten, daß *Surirellen* überhaupt ein Indicium größerer Bodenfeuchtigkeit sind.

*Achnanthes elliptica* Küst. Nur aus dem Edaphon der Alpen von C. Küstner beschrieben (1915).

*Mesotaenium caldariorum* (Abb. 7). Diese aus Glashäusern angegebene Erdalge nebst *M. Endlicherianum* findet sich sowohl in der Überflutungsvegetation, wie im Felsenhumus der Alpen (Heimgartengrat, 26. X. 1910, dort  $28\ \mu$  lang), im Almboden (Rietzalm i. Kaisergebirge, 15. XII. 1910) und in der Ackererde (Kornfeld am Berg bei Schwaz [Tirol], 2. VII. 1912).

Desmidiaceen sind sonst nur in Moorerde zu finden (z. B. Schwarze Tenn bei Tegernsee) mit Ausnahme einer kleinen undeterminierbaren *Euastrum* sp. (Abb. 5) im Wiesenboden der Rietzalm (15. XII. 1910). 3 Arten von *Mesotaenien* werden von Dr. Falger auch als erste Felsbewohner angegeben.

Die Chlorophyceen der Liste beziehen sich sämtlich auf Überflutungsstandorte, wie Oberfläche von Waldwegen (*Chlamydomonas*, *Raphidium*, *Scenedesmus*, auch *Euglena*), Regenrinnen (*Vaucheria*) oder Äcker (*Ulothrix* und *Microspora*), die sich allerdings auch in 2—4 cm Tiefe in einem frisch gepflügten Ackerfeld bei Glonn (Ob.-Bayern, 21. III. 1911) nebst Schwärmsporen fand. Auch *Pleurococcus vulgaris* (*Cystococcus humicola*) (Abb. 7) ist aus Ackererde bei Dinkelsbühl (VII. 1910), Almboden bei Schliersee (5. X. 1910) (Zellen  $8\ \mu$  Durchmesser) und Weizenackerboden bei Schwäbisch-Hall (Württemberg, 20. VII. 1911) verzeichnet. Desgleichen von Dr. Falger auf Felsen.

*Azotobacter chroococcum*. Dieses häufigste aller Bodenbakterien — fehlt in Wüstenboden (arabische Wüste, III. 1914) — libysche Wüste, III. 1914) — scheint zugleich auch das Wichtigste zu sein. Es ist in Europa überall verbreitet, nach Ramann im Hochgebirge ebenso häufig wie in der Ebene und

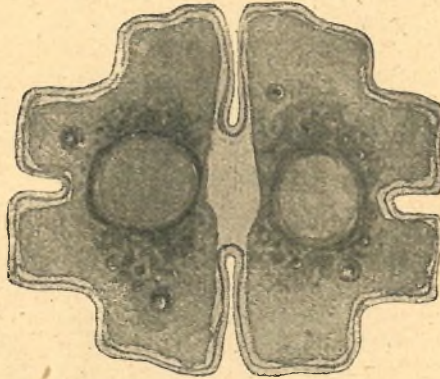


Abb. 5. *Euastrum* sp. aus dem Wiesenboden.  
(Originalzeichnung des Verfassers.)

wird von Heinze (Zentralblatt f. Bakteriologie II. Abt. 1904) mit Granulobacterformen und Flechten zusammen für den Initiator der Humusbildung im Hochgebirge gehalten.

Sonst ist es der bedeutsamste der freilebenden, stickstofffixierenden Geobionten, vorausgesetzt, daß es sich nicht noch erweist, daß Azotobacter nicht durch eine Symbiose mit Erdalgen diese Wirkung erzielt, wofür H. Fischer (Zentralblatt f. Bakteriologie II. Abt. 1904) Material beibringt, da er Azotobacter reichlich an Oscillatoria gefunden hat. Über Bodenimpfungen mit Azotobacter s. S. 93.



Abb. 6. Die Organismen des Ackerbodens. Stark vergr.  
b't = Bodenbakterien. bo = Bodenpilze. K = Kieselalgen-  
schale. t = Oscillatoria.

(Rietzalm) am 15. XII. 1910; auffällige Mengen farbloser Mycelien in hart gefrorenem Boden unter Heidekraut auf dem Weg von Grünwald zur Römerschanze (Ob.-Bayern, am 26. I. 1911). Auch der Straßenkehricht der Großstädte ist natürlich von Pilzsporen durchsetzt, desgleichen der Ackerboden bis 15 cm Tiefe. (Vgl. Abb. 28 Fig. 23 bis 25.) Auch die alpine Höhe (1630 m bei Zermatt, Schweiz) entbehrt sie nicht, so daß man von einer universalen Verbreitung des Pilzlebens sprechen kann. Das Gesagte gilt auch für

**Cladosporium humifaciens** P.E.M. (Abb. 28 Fig. 21). Die Systematik dieser Form ist immer noch ungeklärt. Wahrscheinlich ist die P.E. Müllersche Form identisch mit *Cl. epiphyllum* Fr. (Vgl. Abb. 8 Fig. 1.)

Als merkwürdige ökologische Daten seien über diesen wichtigsten der Bodenpilze erwähnt: In enormen Mengen, wahren Filzen fand sich *Cladosporium* unter der Laubdecke im Mischwald der Alpen (Brannenburg, 8. VIII. 1910) bis 1½ dm Tiefe (Sonnenspitze bei Kochel, 12. V. 1911). Bei ca. 35 cm Tiefe (Degerndorf, 31. III. 1911) findet sich nur mehr wenig, aber immerhin noch mit

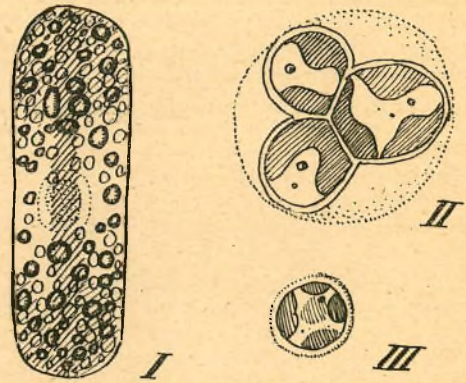


Abb. 7. Grünalgen des Edaphons.  
I = Mesotaenium. II-III = Cystococcus.



Sporen (Conidien) in 100 cm Tiefe (München, Graspark, 13. V. 1911). Zur Beurteilung der Höhenverbreitung diene, daß bei 1914 m (Überschall, Karwendelgebirge, Tirol, 26. VIII. 1910) im Almboden noch große Massen gefunden wurden, auch bei mangelndem Humus unter *Silene acaulis*-Polstern auf dem Lafatscher Joch (Tirol, 25. VIII. 1910) in 2085 m immerhin noch ansehnliche Mycelien, desgleichen auf dem Gipfel des Wendelstein (Bayern) in pflanzenleerer Lehmerde (20. IX. 1910) in 1820 m Höhe. Dagegen enthielt der Almboden auf dem Gerner Grat in 2780 m Höhe (29. VI. 1911) nur ganz wenig. Daß im Grundlehm im letzten „See“ der Angerlhöhle am Simetsberg (Bayer. Alpen, 9. VI. 1912) ebenfalls *Cladosporium* zu finden ist, erscheint nur dem ersten Blick sehr beachtenswert, da das Wasser

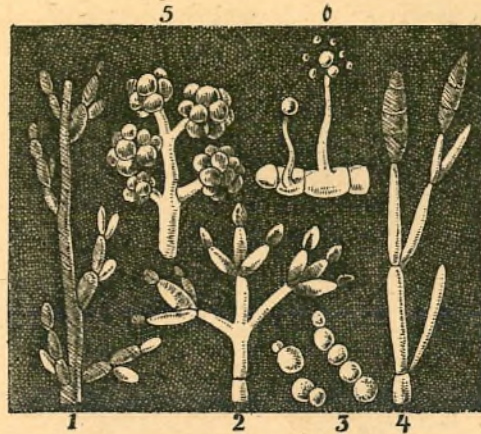


Abb. 8. Die Fruchtformen häufiger Bodenpilze.  
1 = *Cladosporium*, Konidienträger. 2 = *Verticillium* sp., Konidienträger. 3 = *Demmatium pullulans*-Hefe. 4 = *Fusarium* sp. mit Konidien. 5 = Konidienträger von *Botrytis cinerea*. 6 = *Mucor racemosus* bei der Sporenaussaat.  
Stark vergrößert.

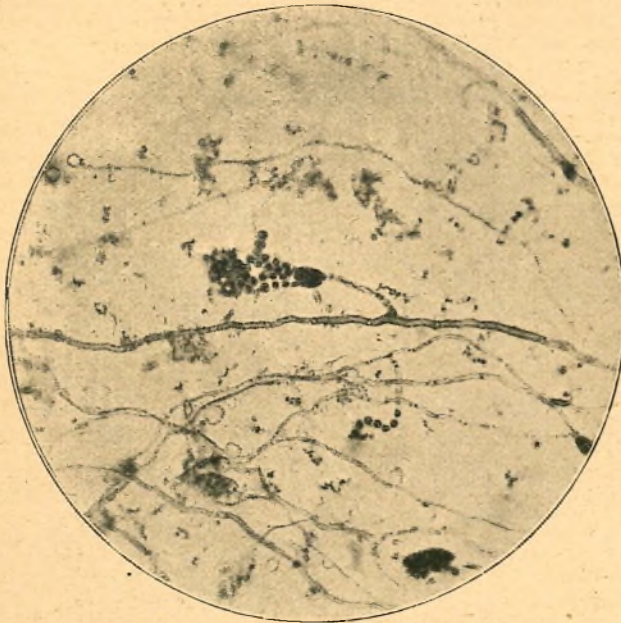


Abb. 9. Schimmelpilzkultur. (*Aspergillus terricola*?)

**Saccharomyces sp.** In den Lehrbüchern der Pedologie wird auf den reichen Gehalt der oberen Erdschichten an *Saccharomyceten* hingewiesen. Nach

auf seinem Wege durch die Spalten der Decke humusreiche Erdschichten durchfließen muß, bevor es sich in diesen „Seen“ sammelt. Als Felsbesiedler gibt die Form auch Dr. Falger an.

Schon aus diesen „extremen“ Daten läßt sich die von P. E. Müller bereits erkannte geradezu universelle Bedeutung von *Cladosporium* für das Edaphon erschließen, in dem es mit *Hantzschia* und *Difflugia* zusammen die fast nie fehlende Trias bildet und zugleich, indem es den edaphischen Rhizopoden zur Nahrung dient, eine wichtige Grundlage des tierischen Lebens darstellt.

E. Wollny sind es namentlich *S. glutinis*, *S. cerevisiae*, *S. ellipsoideus* nebst Hefekonidien von *Monilia candida* und Torulahefen, die sich an der Denitrifikation, wenn auch in untergeordnetem Maße beteiligen, da in sauren Böden die Schimmelpilze, namentlich *Aspergillus*-, *Mucor*-, *Penicillium*- und *Erysibe*-Arten das Übergewicht gewinnen, in alkalischen dagegen die Bodenbakterien.

L. Adametz gibt für sandigen Ackerboden pro Gramm Oberfläche sogar 50 Schimmelpilze, in 20—25 cm Tiefe noch immer 40 an und fand folgende Pilzflora der Ackerkrume:

<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Oidium lactis</i>
<i>Mucor mucedo</i>	<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>
" <i>racemosus</i>	<i>cerevisiae</i>
" <i>stolonifer</i>	" <i>glutinis</i> (Rosahefe)
<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Monilia candida</i> .

Reichhaltig ist namentlich die Sproßpilzflora des Düngers (*Monilia*, *Torulaceen* und echte *Saccharomyceten*). Desgleichen werden sie in Obstgartenerde und Hochmooren neuerdings als sehr zahlreich angegeben. A. Klöcker (*Comptes Rendus du Labor. de Carlsberg*. 1909) beschreibt zwei neue Hefearten (*Debryomyces globosus* und *Schwanniomyces occidentalis*) die nur in Erde leben.

Übrigens müssen zu ihnen nach B. Heinze (*Landwirtschaftl. Jahrbücher* 1906) die Knöllchenbakterien, namentlich *Bacillus radicola* gerechnet werden, weit eher als zu den eigentlichen Bakterien.

Demgegenüber fand ich Hefen relativ selten, meist ellipsoidische Formen und Kugelhefe, kann jedenfalls nach meinen ausgedehnten Untersuchungen die Ansicht von der großen Reichhaltigkeit des Bodens an Hefezellen nicht unterschreiben. Stets waren es nur Waldböden, in denen sich Hefezellen fanden und reichlicher finde ich Hefevorkommen nur von Buchenhumus am Petersberg bei Fischbach (Bayer. Alpen, 5. I. 1913, leg. R. v. Aichberger) notiert.

Schimmelpilze (Abb. 8—9). Das Studium der Schimmelpilze im Boden hat seit meinen ersten Veröffentlichungen über das Edaphon außerordentlichen Aufschwung genommen.

Elisab. Dale (*Annales Mycologici* 1912) beschrieb 30 Arten von Bodenpilzen und zwar in Ackerböden:

<i>Mucor rufescens</i> Fisch.	<i>Citromyces</i> (?) <i>glaber</i> Wehm.
" <i>Ramannianus</i> Moeller	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. (Abb. 8)
" <i>Mucedo</i> L.	<i>Verticillium alboatratum</i> Reinke
" <i>racemosus</i> Fres. (Abb. 8)	<i>Nematogonum humicola</i> Oud.
" <i>circinelloides</i> v. Tiegh.	<i>Trichothecium roseum</i> Link
" <i>sphaeroporos</i> Hagem.	<i>Basisporium gallarum</i> Molliard
" <i>plumbens</i> Bon.	<i>Dematium spec.</i>
<i>Rhizopus arrhizus</i> Fisch.	<i>Cladosporium</i> sp.
<i>Absidia orchidis</i> Hagem.	" <i>herbarum</i> Pers.
<i>Monilia Koningi</i> Oud.	" <i>epiphyllum</i> Pers.
<i>Trichoderma Koningi</i> Oud.	<i>Helminthosporium interseminatum</i> Berk.
" <i>album</i> Preuss.	<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.
<i>Aspergillus niger</i> v. Tiegh.	<i>Macrosporium cladosporum</i>
" <i>candidus</i> Pers.	Desm.
" <i>repens</i> De Bary	<i>Alternaria humicola</i> Oud.
"    sp.	<i>Fusarium</i> sp.
<i>Penicillium</i> (?) <i>intricatum</i> Thom.	" <i>solani</i> Mont. (Abb. 8)
" <i>ungulosum</i> Thom.	<i>(Ozonium</i> (?) <i>croceum</i> Pers.)
4 <i>Penicillium</i> sp.	

Hierzu kommen zahlreiche Arten, welche schon Van Iterson (Versl. Kon. Akad. van Wetenschap. Amsterdam 1903) aus holländischen Böden beschrieben hat (darunter sind neu: *Sordaria humicola*, *Pyrenochaete humicola*, *Sporotrichum roseolum*, *Botrytis vulgaris*, *Mycogone puccinioides* Sacc., dazu Arten von *Epicoccum*, *Trichocladium*, *Chaetonella*, *Stachybotrys* und *Pyronema*, so daß man mit Recht sagen kann, daß die Pilzflora des Edaphons schon an Artanzahl von nun an mit an erster Stelle stehen muß.

Das gleiche gilt von ihrer Masse. Es gilt nicht nur von dem russischen „tscherno-sem“, wie ich ihn zu untersuchen Gelegenheit hatte, daß die Erdkrümelnchen von weißen Myzelien durchspinnen sind, sondern das alte, schon 1888 von B. Frank (Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft, Bd. VI) ausgesprochene Wort hat immer mehr recht bekommen, daß der Waldhumus keineswegs ein Trümmerhaufen einstiger Pflanzenteile sei, sondern oft zum wesentlichen Teil eine lebende Masse von Pilzfäden, die oft mit Mykorrhizen (deren Bedeutung für das Edaphon immer noch ungeklärt ist) zusammenhängen.

*Petalomonas mediocanellata*. St. So seltsam es erscheinen mag, bewegliche Flagellaten in der Erde zu finden, trat mir doch nicht nur diese Art in allerdings mäßig feucht gehaltener Blumentopferde (mit Gras bewachsen) in den Versuchsgefäßen des Biologischen Instituts München (31. XII. 1910) entgegen, sondern es zeigte sich vor und zur Zeit der Schneeschmelze mehrfach (Rasenböschung bei Mühlthal [Würmtal], 17. I. 1911), Ackerboden bei Glonn in 2—4 cm Tiefe (21. III. 1911), Rasen bei Mühlthal bei Schäftlarn (26. I. 1911) ein- und zweigeißelige grüne Gameten, als Beweis, daß der Boden wenigstens zeitweise von wassererfüllten Hohlräumen durchzogen ist.

47. *Amoeba terricola* (Abb. 14, 25 Fig. IV). Die Amöben des Edaphons sind seit R. Greeff<sup>1)</sup> wiederholt Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen, ohne daß sie noch erschöpfend behandelt sind. Um so weniger, als nach den neueren Untersuchungen sich die Nacktamöben überhaupt von unerschöpflicher Polymorphie erweisen.

Viele moosbewohnende Amöben sind dann später von Greeff im Biologischen Zentralblatt 1891 beschrieben worden. (*Amoeba papyracea* n. sp., *A. similis* Greeff, *A. sphaeronucleolus* Gr., *A. fibrillosa* Gr., *A. alba* Gr.) Hierzu kommen neuerer Zeit *A. striata* Pen., *A. vesiculata* Pen. (Pénard, Observations sur les Amibes à pellicule) und von Gartenerde *A. horticola* Naegl. (K. Nägler, Entwicklungsgesch. Studien über Amöben. Archiv f. Protistenkunde Bd. XV).

Beachtenswert sind ferner die bei pathologischen Untersuchungen zutage geförderten Erdamöben (z. B. von Celli und Fiocca im Zentralblatt für Bakteriologie 1894), wobei zu bemerken ist, daß von Pénard in der großen *A. terricola* Kernparasiten gefunden wurden (*Nucleophaga amoebaea* Dang.), von denen Schepotieff (Amöbenstudien. Zoolog. Jahrb. 1910) nachgewiesen hat, daß sie den merkwürdigen Chlamydozoen Prowazeks, welche dieser für die Erreger der Pocken, des Scharlachs, Trachoms, der Tollwut, Staupe, Hühnerpest und Klauenseuche hält, äußerst ähnlich sind.

<sup>1)</sup> R. Greeff, Über einige in der Erde lebenden Rhizopoden.

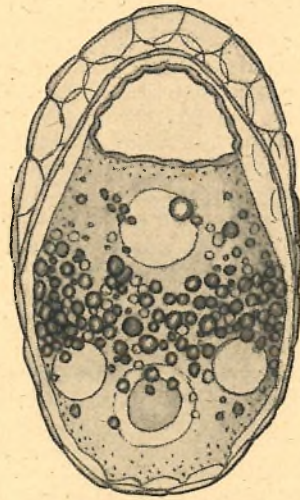


Abb. 10. *Trinema acinus* Duj. aus dem Waldboden, mit Doppelschale. Nach der Natur gez. vom Verf.

Hier eröffnen sich Beziehungen zwischen dem Edaphon und der Hygiene, welche größter Beachtung wert sind.

In anderer Beziehung interessieren uns wieder die zahlreichen *A. nitrophila*, welche Beijerinck (Zentralbl. f. Bakt. Abt. I. 1896) und andere Autoren ebendort (1907) weit verbreitet in Gesellschaft des *Azotobacters* gefunden haben.

Aus der Gruppe der leichtbeweglichen Amöben, die sich um *Amoeba limax* (Abb. 25 Fig. II), *guttula* und *Proteus* gruppieren, findet man Vertreter in jedem Blumentopf, aber auch in nicht zu trockenem Wiesenboden (*A. guttula* in Wiesenerde bei Dinkelsbühl, Bayern, 23. VII. 1910) häufig auch im alten Botanischen Garten München (12. III. 1911), *Amoeba limax* in Wiesenboden bei Groß-Dingharting (Ob.-Bayern, 27. III. 1911), *A. proteus* Wiese an der Isar bei Wolfratshausen (Ob.-Bayern, 31. III. 1911).

Lebhaft bewegliche *A. guttula* fanden sich auch im Höhlenlehm der Angerlhöhle (Bayer. Alpen, 9. VI. 1912).

Eine der von Pénard aus dem Genfer See beschriebene *Amoeba velata* Parona sehr nahestehende Form fand ich 3 cm tief in Blumentopferde im Biologischen Institut München (11. XII. 1910).

Die seit Greff als typisch edaphisch erkannten wohlunterschiedenen *A. verrucosa* und *terricola* haben dagegen keineswegs die Verbreitung, die man voraussetzt. Typisch finden sie sich nur in der Moosfauna, namentlich im Sphagnetum. Sonst habe ich sie nur von folgenden Orten notiert: Blumentopferde (klein), wobei 1 mm<sup>3</sup> 6 Individuen enthalten kann, Auwalderde im Englischen Garten zu München, unter Schnee (27. XII. 1910) und winzige Exemplare in 30 cm Tiefe in einem Weizenacker bei Dinkelsbühl (27. VII. 1910). Lebhaft bewegliche, zahlreiche *A. guttula* fanden sich schließlich nach mehrwöchentlicher Regenperiode auch im Garten des Biologischen Instituts München (26. IX. 1912), so daß der Gesamteindruck der ist, daß Amöben ein *Indicium* reichlicher Bodenfeuchtigkeit darstellen. (Vgl. Abb. 25 Abb. III.)

***Diffflugia constricta*** (Abb. 11). So wie *Hantzschia* für Acker- und Wiesenboden, so stellen die *Diffflugien* für den Waldhumus die edaphische Charakterform dar. Auch in Wiesenboden, der ja den Übergang zum Ackerboden bildet, stellen sie sich manchmal reichlich ein. Da sie in keiner Waldbodenprobe fehlen, erübrigt sich die Aufzählung der Fundorte. Nur einige besondere Vorkommen seien angemerkt:

Eine wahre Reinkultur von *Diffflugia globulosa* und *D. urceolata* enthielt der Waldhumus von der Sonnenspitze bei Kochel in zirka 900 m Höhe bis zu 15 cm Tiefe (12. V. 1911). Hier wurde auch beobachtet, daß sich die *Diffflugien* von *Cladosporium* nähren, während sie in der an Bodenpilzen armen Blumentopferde *Hantzschien* verzehren. An der soeben genannten Lokalität erreichen sie auch 89–101  $\mu$  Durchmesser, während sie sonst bedeutend kleiner sind. Riesige *Diffflugia constricta* von 100  $\mu$  Länge fanden sich auch in Mischwaldboden im Förchtal bei Brannenburg (Bayer. Alpen, 8. VIII. 1910).

Bemerkenswert sind auch die *Diffflugia urceolata* im Münchener Straßenkehricht (15. II. 1911).

Im Herbst encystieren sich die *Diffflugien* (4. XII. 1910 im Acker- und Waldboden von Bruck bei München). Eine Probe von tiefschwarzem Humus an den Nordabhängen des Heimgartens (Bayer. Alpen) vom 2. VI. 1911 enthielt 24 große *Diffflugia globulosa* mit 13 glashellen mit feinkörnigem Plasma erfüllten Zysten von 3  $\mu$  Durchmesser.

Die Gehäuse der edaphischen *Diffflugien* werden ausschließlich aus Kieselplättchen, Humuskörnchen u. a. erbaut; ich sah nicht in einem Fall hierzu Kieselalgenschalen verwendet.

Dadurch sehen die Difflogiengehäuse den zahlreichen Quarzkörnchen so täuschend ähnlich, daß die Unterscheidung manchmal Schwierigkeiten bereitet und man anfänglich die meisten Diffflugien übersieht. (Vgl. Abb. 11—12.)

Eine Difflogia verdient besonders hervorgehoben zu werden als

**Difflogia Craterella Francé** (Abb. 12). Diese Difflogia fand sich zuerst in Wiesenerde bei Ammerland (Ob.-Bayern, 19. IV. 1911) mit anderen großen Diffflugien, Trinemen und *Navicula mutica*, später auch auf der Sonnenspitze bei Kochel (12. V. 1912). Sie erreicht bis 42  $\mu$  Durchmesser, erscheint als

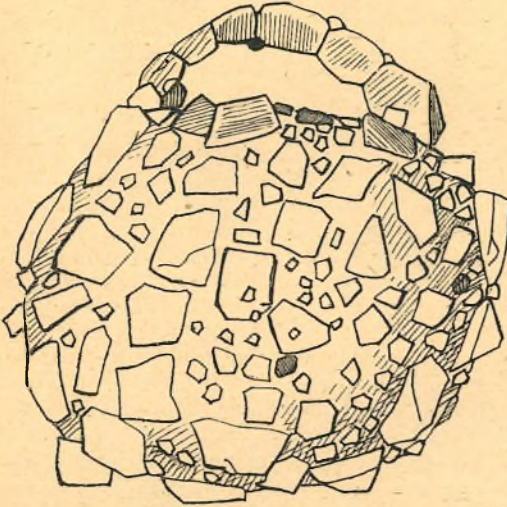
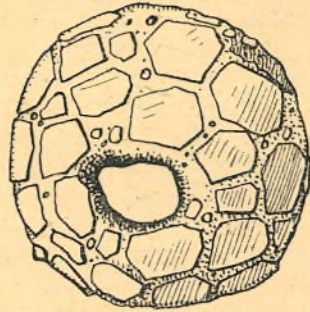
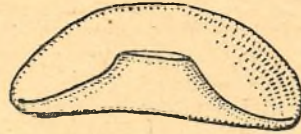


Abb. 11. *Difflogia constricta*.  
Typische Edaphonform. Stark vergrößert.  
Original des Verfassers.



a.



b.

Abb. 12. *Difflogia craterella*.  
a = von unten, b = in optischem Längs-  
schnitt. Original des Verfassers.

braune, flach gedrückte, einseitig abgeplattete Halbkugel, auf deren flacher Seite sich die bis 12  $\mu$  messende Schalenöffnung befindet. Zu dieser führt aber ein kraterförmig sich einsenkendes Peristomfeld, das ihr den Charakter verleiht. Die Dicke des Gehäuses beträgt 23  $\mu$ . Das Gehäuse ist mit Kieselplättchen verstärkt und reich inkrustiert.

Solche Craterellaformen sind auch von Leidy<sup>1)</sup> mehrfach (bei Arcellen und Diffflugien) abgebildet und müssen meiner Ansicht nach im System getrennt werden.

Besonders nahe steht unserer Form die *Centropyxis laevigata* Pén.<sup>2)</sup> mit dem Unterschied, daß die edaphische Form bedeutend flacher, die Einstülpung der Mundöffnung bedeutend tiefer, diese selbst unregelmäßig, lappig, vor allem jedoch, daß das Gehäuse bedeutend kleiner als die durchschnittlich 120—135  $\mu$  messende *Centropyxis* ist.

Nahe stehen ihr auch *Difflogia lobostoma* Leidy und *D. Arcula* Leidy, die beide unter Moosen (Bryaceen) im Fichtenwald bei Miesbach (16. II. 1913, leg. Th. Stiglitz) gefunden wurden und jedenfalls in denselben Variabilitätskreis gehören.

<sup>1)</sup> F. Leidy, Fresh-water Rhizopods. of. N.-America.

<sup>2)</sup> E. Pénard, Faune rhizopodique. Leman S. 306.

**Phryganella nidulus** Pen. Nur einmal in Alpwienerde von Zweisimmen (Schweiz, 29. VI. 1911) zwischen Kieselalgen.

**Diffugiella** sp. Eine den Diffugiellen nahestehende Form fand sich in Ackererde (Weizenfeld) bei Schwäbisch-Hall (Württemberg, 20. VII. 1911) mit Hantzschien und Geococcen. Außerdem in Wiesenboden bei Weßling (Ob.-Bayern, 3. II. 1911).

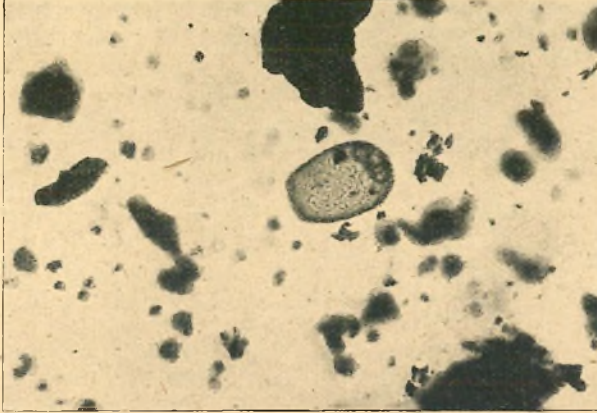


Abb. 13. Helicoverpa im Edaphon. Originalaufnahme.

**Nebela collaris** Leidy. Nicht selten im Edaphon der Wiesen (Spitzingsattel bei Schliersee, 4. X. 1910) des Waldbodens (Urwaldbestand im Dürrenachtal — Vorderkarwendel, Bayer. Alpen, 20. VIII. 1910), der Moore (Schwarze Tenn bei Tegernsee, Bayer. Alpen, 11. VII. 1911), des Gartenhumus (Neuer Botanischer Garten, München, 16. II. 1913). Niemals bisher in Ackerboden beobachtet.

Riesige Exemplare fanden sich im Boden einer frisch gedüngten Wiese im Kiental bei Herrsching (Bayern, 16. III. 1911) und unter der Lägerflora der Hirschtalalm bei Tegernsee (11. VII. 1911).

Im Herbst encystieren sich die Nebelen frühzeitig und stoßen dann aus den Cysten auch Pilzfäden aus, die zur Nahrung dienen (Abb. 23).

Eine *Nebela flabellulum* Leidy fand sich in der Moosfauna von Miesbach (16. II. 1913, leg. Th. Stiglitz).

**Geococcus vulgaris** Francé (Abb. 14, 15, 16). Dieser für das Edaphon höchst charakteristische Organismus läßt sich mit keiner der mir bekannten

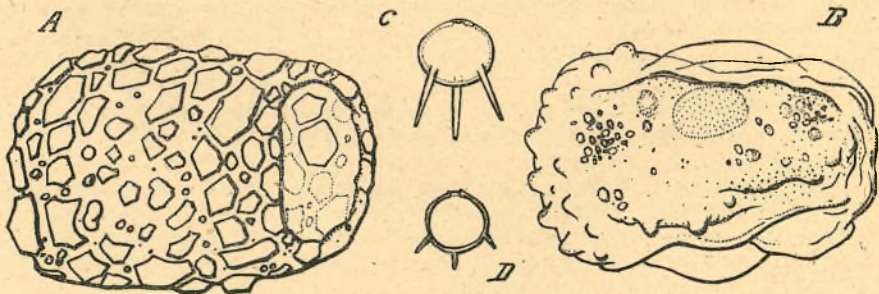


Abb. 14. Tropische Edaphonformen. A = Diffugia — B = Amoeba — C-D = Geococcus. (Nach Francé.)

Rhizopodenbeschreibungen identifizieren. Er trat in sehr vielen Erdproben vor Augen, so daß er seine Artbezeichnung wahrhaft verdient. Am häufigsten erscheint er im Edaphon feuchter Laubwälder und da namentlich zur Zeit der Schneeschmelze. Besondere Vorkommen waren: Ackererde aus 30 cm Tiefe

bei Dinkelsbühl (Weizenfeld, 27. VII. 1910) — Kar „im Friedhof“ (Kaisergebirge in Tirol, 28. V. 1911), in 1650 m Höhe, Brentenjoch bei Kufstein in Tirol, Almboden in ca. 1250 m Höhe (28. V. 1911) lebend, sehr zahlreich, meist lebend im Garten des Biologischen Institutes München (30. XI. 1912, Boden unter Föhn-einfluß aufgetaut). Auch im Ackerboden war *Geococcus* häufig in einem Waldacker im Leitzachtal (27. III. 1913). Er fand sich ebenso im afrikanischen Boden (Niltal 1914).

Anfänglich bereitete dieser Organismus der Bestimmung die größten Schwierigkeiten, da man gewöhnlich nur die leeren Gehäuse findet. Außerdem finden sich sehr häufig runde, dickwandige, etwa  $3\ \mu$  im Durchmesser haltende Scheibchen, auch in vollkommen humus- und vegetationslosem Sand und in

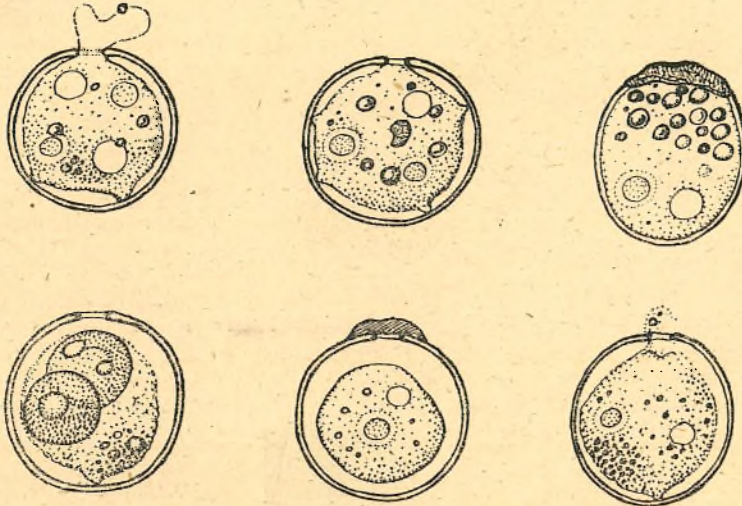


Abb. 15. *Geococcus vulgaris* aus dem Auwaldboden. Stark vergrößert.  
(Originalzeichnung des Verfassers.)

glazialen Schottern, deren Bestimmung noch heute nicht über die Vermutung, daß es sich hier um subfossile Kieselalgen (*Melosira?*) handelt, hinausgekommen ist.

Derartige Gebilde (wohl *Geococcus*) sind auch von H. Reichelt (Das Diatomaceenlager von Klein-Saubernitz, Archiv f. Hydrobiologie 1907) fossil aufgefunden worden. Desgleichen entdeckte neuerdings K. Küstner<sup>1)</sup> in meinem Institut im Savannenhumus von Lomie (Kamerun) Gehäuse einer anderen, als *Geococcus longispina* Francé bezeichneten Art, die sich von der Stammform durch drei hohle stachelförmige Schalenauswüchse unterscheidet. (Abb. 14 C—D.)

Die Gehäuse von *Geococcus* sind kugelig oder etwas oval,  $15\text{--}18\ \mu$  groß, ziemlich dickwandig, vollkommen durchsichtig und strukturlos. An einem Pol befindet sich die kreisrunde, von einem etwas verdickten Wall umgebene Mundöffnung, die im Winter bei encystierten Individuen durch ein manchmal braun gefärbtes Diaphragma verschlossen ist. (Fig. 15.)

Der Plasmainhalt ist manchmal durch einige Epipodien angeheftet; er besteht aus körneligem, sonst klarem Plasma mit einem (einmal glaubte ich

<sup>1)</sup> R. Francé - C. Küstner, Untersuchungen über tropisches Edaphon. (Die Kleinwelt 1915. VII. Bd.)

zwei Kerne — Abb. 15 — unterscheiden zu können) bläschenförmigen Nucleus, mehreren Vakuolen, von denen eine, meist gegen das aborale Ende zu gelegen, pulsiert. Das Innere umschließen sonst noch



Abb. 16. *Geococcus vulgaris*. (Original-Microphotographie.)  
Ca. 750fach vergrößert.

die Pénard<sup>1)</sup> zu dieser Gattung zieht und für die er 16 bis 21  $\mu$  Länge angibt. Bei spitzen Pseudopodien wäre er identisch mit *Microgromia elegantula* Pén.

Neuerdings gefunden wurde er von A. Himmer<sup>2)</sup> im Humus an den Ufern des Schwarzsees in Tirol im Jahre 1913. Desgleichen von Dr. F. Falger als erster Besiedler von Felsen.



Abb. 17. *Euglypha*. (Original-Microphotographie.)

Leitzachtal (Bayern, 27. III. 1913). — *H. picta* gehört zur Moosfauna.

***Pseudochlamys patella* Cl. & L.** Ist im Edaphon der Wiesen (Dinkelsbühl, 26. VII. 1910), Mischwälder (Brannenburg, Bayern, 8. VIII. 1910), des Moos-

<sup>1)</sup> E. Pénard, op. cit. p. 430.

<sup>2)</sup> A. Himmer, Die Rhizopodenfauna des Schwarzsees in Tirol. (Kleinwelt 1914.)

Körnchen, nur einmal sah ich in einer an Pleurococen reichen Erdprobe ein Individuum mit 2 Pleurococcusartigen Zellen im Innern (Abb. 15).

Pseudopodienbildung wurde nur einmal beobachtet. Stumpf lobose Pseudopodien streckten sich aus, um Humuskörnchen in das Innere zu ziehen (Abb. 15).

Über die Fortpflanzung konnte nichts ermittelt werden.

Der ganzen Organisation nach steht *Geococcus* nahe zu *Platoom*, namentlich den Formen,

***Hyalosphenia elegans* Leidy.** Im Humus der Latschenregion des Heimgartens (Bayerische Alpen, 1. VI. 1911), in zirka 1550 m Höhe einmal gefunden.

*H. cuneata*, *tincta* und *H. papilio* gehören zur Moosfauna.

***Heleopera petricola* Leidy** (Abb. 13). In Menge trat *Heleopera* auf in den Tintenstrichen des Roger (Kaisergebirge, 30. X. 1910), zahlreich auch in einem Waldacker im



bodens (Leutstettener Moor, Bayern, 11. XI. 1910), auch in Blumentopferde und Ackerboden (in 35 cm Tiefe Degerndorf, Bayern, 31. III. 1911 und Holzhausen, Ober-Bayern, Oberfläche, 19. IV. 1911) zu finden, jedoch nirgends zahlreich.

**Arcella vulgaris Ehrb.** Selten im Edaphon der Moore, des Spaltenhumus (Benediktenwand, Bayr. Alpen, Nordwand in 1650 m Höhe, 21. X. 1910), Humus der alten Wälder (Brannenburg, Bayer. Alpen, 8. VIII. 1910), also eine ausgesprochen Feuchtigkeit liebende Form. Auch auf Felsen (Falger).

**Assulina seminulum Ehrb.** Selten. Im Edaphon von Laubwäldern (Degerndorf, Ob.-Bayern, 31. III. 1911), im Humus des Neuen Botanischen Gartens, München (16. II. 1913).

Eine *Assulina minor* fand sich auch in der Moosfauna, die reich an Assulinen ist.

**Sphenoderia lenta Schlumb.** Im Edaphon des Leutstettener Moores (11. XI. 1910) und ausgezeichnete Exemplare in dem Humus der Lägerflora von der Hirschtalpe (11. VII. 1911).

**Euglypha alveolata** (Abb. 17.) Typisch für das Edaphon im Wiesenboden und in der Walderde. Sehr verbreitet im ganzen Untersuchungsgebiet, ebenso unter Moosen, wo sie bereits von Dujardin<sup>1)</sup> und Maggi<sup>2)</sup> angezeigt wurden. Seltsamerweise erwähnt sie hier Pénard in seiner Aufzeichnung über die *sylvicole Moosfauna* nicht<sup>3)</sup>, da diese nach ihm nur folgende Formen umfaßt:

Diffflugia constricta	Heleopera sylvatica
Arcella arenaria	Corythion dubium
Euglypha ciliata	Corycia flava
Pseudochlamys patella	Quadrula discoidea
Pryganella hemispaerica	Centropyxis laevigata
Trinema enchelys var. Crysophila	Sphenoderia dentata
Diffflugia lucida	Nebela lageniformis
Heleopera petricola	Assulina Seminulum var.
Assulina minor	scandinavica.
Amoeba terricola	

Bemerkenswerte Vorkommen von Euglyphen waren: Herrsching (gedüngte Wiese 16. III. 1911), Almboden auf dem Spitzingsattel bei Schliersee (Bayern, 4. X. 1910) und Oberfläche eines Waldweges bei Dinkelsbühl (25. VII. 1911), wo riesige und zahlreiche *E. alveolata* dominierten.

In 50 cm (Erdschichte unter Schottern) in München fanden sich (13. V. 1911) lebende *E. alveolata*.

Im Edaphon findet sich meist jedoch die sehr kleine (von Pénard, loc. cit. p. 513) auch unter Moosen angegebene *E. laevis* Perty, deren Plättchen gewöhnlich nicht sichtbar sind und die meist nicht 18—20  $\mu$  Länge erreicht.

Auch *Euglypha globosa* findet sich in Buchenmull (Dinkelsbühl, 25. VII. 1910), urwaldähnlicher Bestand im Dürrachtal (Bayer. Alpen, 20. VIII. 1910). *E. mucronata* (ohne Stachel) ist in sibirischen Erdproben aus dem Ischim'schen Kreis häufig.

**Corythion dubium Tar.** Gehört zu den Charakterformen der Moosfauna im Alpenvorland (Miesbach, 3. II. 1913, leg. Th. Stiglitz), Aying (IV. 1913) — ist jedoch leicht zu verwechseln mit den erdbewohnenden Trinemen, namentlich

<sup>1)</sup> F. Dujardin, Note sur les Infusoires vivants dans les mousses (Annales des Sciences Naturelles Zool. III. ser. 1852).

<sup>2)</sup> L. Maggi, Intorno ai Protozoi viventi sui Muschi. Rendiconti, Istit. Lomb. Sér. II. Vol. XXI.

<sup>3)</sup> Pénard, Op. cit. pag. 666.

*Trinema complanatum* Pen. und *Trinema acinus* Duj. (Abb. 10), die nicht nur zu den variabelsten aller Rhizopoden, sondern auch mit *Tr. lineare* Pén. zu dem eisernen Bestand des Edaphons gehören. Man wird diese zierlichen Gehäuse nur in wenig Erdproben vermissen und sie wurden in der Ackererde bereits vor zwei Menschenaltern von Ehrenberg angezeigt.

Wenn auch *Trinema* mit sandigem Ackerboden vorlieb nimmt, so bleibt sie darin, wie die meisten edaphischen Rhizopoden, doch klein, oftmals winzig, wie am Lafatscher Joch in Tirol in 2085 m Höhe (26. VIII. 1910), wo sie kaum über  $5\ \mu$  erreicht. Die Abtrennung des *T. lineare* durch Pénard ist durch das Edaphon bestens gerechtfertigt. Es existieren nebeneinander, manchmal in demselben Material zwei *Trinemen*, eine kleine und eine ca.  $36\text{--}40\ \mu$  messende Form, und wenn schon hieraus hervorgeht, daß die Größe nicht immer von der Feuchtigkeit abhängt, so bleibt daran kein Zweifel, wenn man z. B. auch in feuchtem Terrain unter Gras bei Schliersee (5. X. 1910) die Zwergform der *Trinema* in einem sonst reichen Edaphonbestand ( $1\ \text{mm}^3 = 36$  Indiv.) findet.

Die Tiefenverbreitung ist überraschend. In Ackerboden findet man in  $1\frac{1}{2}\text{--}2\frac{1}{2}$  dm Tiefe regelmäßig noch *Trinemen*, im Kaisertal bei Kufstein (Tirol, 25. IX. 1910) sah ich in 30 cm Tiefe in auf dem Fels unmittelbar aufliegendem mergeligen Lehm noch große *Tr. acinus*, im Untergrund von München fanden sich in 100 cm Tiefe in glazialen Schottern noch *Trinema acinus*-Schalen. Eine geflügelte Form (nach Art der Hantzschien) fand sich im Edaphon unter Moosen in 1300 m Höhe auf dem Köpernick im schlesischen Altwatergebirge (Abb. 10).

Trotz größter Aufmerksamkeit gelang es mir nicht, Sicheres über die Ernährung der edaphischen *Trinemen* zu ermitteln und ich kann nur annehmen, daß sie von den Bodenbakterien leben. Nur einmal sah ich in einer *Tr. acinus* aus dem Englischen Garten zu München (29. XII. 1910) einen Fremdkörper, der einer verdauten Amöbe gleich.

*Quadrula globulosa* Pén. Dieser sehr schöne Wurzelfüßler ist wohl identisch mit der von Pénard unter Waldmoosen angegebenen *Q. discoides*, zu der ich sie nur wegen der Anordnung der Plättchen nicht rechne.

Nur einmal gefunden im Spaltenhumus der Benediktenwand in 1650 m Höhe (21. X. 1910).

Die übrigen hier nicht besonders aufgeführten Rhizopoden gehören insgesamt der Moosfauna an.

**Ciliater Organismus** (Abb. 18). Zu meinem größten Erstaunen enthielt die Erde in einem Blumentopf der Glashäuser des Biologischen Institutes München wiederholt ciliate Organismen aus der Ordnung der Hypotrichen, die sich mit keinem der beschriebenen Wimpertierchen identifizieren ließen.

Das erste Mal fanden sich diese Ciliaten in feucht gehaltener Blumentopferde am 25. III. 1911 als  $54\ \mu$  im Durchmesser erreichende bauchseitig abgeplattete, lebhaft bewegliche, runde Organismen, die durch eine Einkerbung am Vorderende ausgezeichnet sind, welche sich auf der Bauchseite zu einem schlundartig eingesenkten Peristomfeld vertieft, von dem eine nach links gewundene adorale Wimperreihe ausgeht. Die Bauchseite trägt außerdem noch einzelne Cirren und Borsten, deren Zahl und genaue Anordnung aber noch nicht festgestellt ist. Der Körperrand besitzt überdies spärliche, gleichmäßige Bewimpfung. Im Innern sind ein großes, kugeliges, körniges Gebilde (Zellkern), die rückwärts gelegene pulsierende Vakuole und zahlreiche Humuspartikelchen zu unterscheiden.

In größerer Anzahl beschreibt F. Heinis (Über die Mikrofauna am Böhlen) Naturforsch. Gesellschaft Basel. 1916) Ciliaten, darunter *Cothurnia doliolum* unter Hypnen, und aus Humus in 10 cm Tiefe *Vaginicola terri-*

cola, die schon Greeff aus Erde angegeben hatte, desgleichen *Stylonychia Mytilus* usw., unbestimmbare Ciliaten noch aus 20 cm Tiefe.

Sehr merkwürdig war es mir in der arabischen Wüste bei Suês in staubtrockenem Wüstensand (III. 1914) Cysten zu finden, welche bei Befeuchtung in Wasser auflebten und sich als nicht näher bestimmbare Ciliaten erwiesen (vgl. Abb. 18).

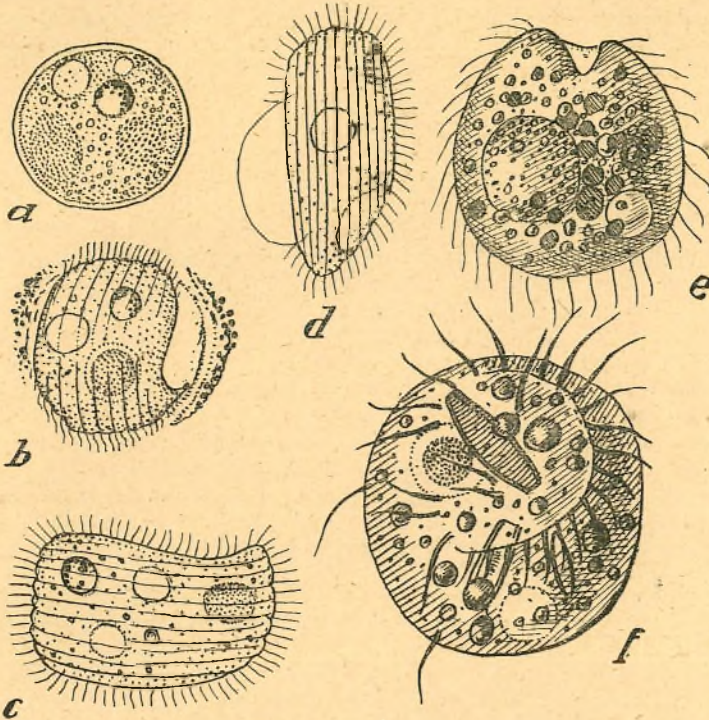


Abb. 18. Ciliaten des Edaphons. a—d = Entwicklung einer Form aus einer Cyste aus dem Boden der arabischen Wüste. e—f = Ciliaten aus Münchner Gartenerde. Ca. 450 mal vergr. Original des Verfassers.

***Philodina erythrophthalma* Ehrb.** Rädertiere sind im Edaphon ungleich seltener denn im Plankton; es scheinen nur die Bdelloida vertreten zu sein. Immerhin sind sie schon angesichts dessen, daß sie bereits Ehrenberg (Mikrogeologie S. 43) in den Moosen und Flechten der großen Libanonzedern in Syrien (Callidinen), also einfach ubiquitär gefunden hat, überall zu erwarten.

In den Polargegenden erlangen sie, namentlich in der Mooswelt, weit größere Bedeutung als sonst (erwähnt namentlich in den Beschreibungen von Shakleton); besonders Callidinen, die mit Rotiferarten allerdings auch in kanarischen Moosen sehr häufig sind, conf. Heinis, in Zool. Anzeiger 1908).

Eine wahrhafte Rotatorienfauna enumeriert Heinis (Naturf. Ges. Basel 1916) von den Hypnum- und Hylocomiumrasen des Bölchen (Adineta, viele Callidinaarten, Habrotrocha, Rotifer, *Philodina*, *Diaschiza*, zusammen 8 Arten).

*Philodina* fand sich in Tintenstrichen am Roger (Tirol, 30. IX. 1910) — häufig in Blumentopferde, *Philodinaeier* sind im Waldboden nicht allzu selten, wie denn überhaupt die Hauptdomäne der Rotatorien die Moosfauna zu sein scheint. (*Ph. aculeata* in Moosen.) Auch auf Felsen (Falger). (Vgl. Abb. 28 III.)

**Rotifer vulgaris** Ehrb. findet sich häufig in anabiotischem Zustand (Humus auf dem Heimgartengrat (Bayer. Alpen, 26. X. 1910), lebhaft strudelnd in Blumentopferde, auch in Ackererde (Kornfeld von Falkenberg bei Moosach (Ob.-Bayern, 17. V. 1911) zwischen Kieselalgen und Diffflugien, desgleichen *Callidina Ehrenbergii* überall in der Moosfauna, sowie in Gartenerde. (München 1917.) Als Felsenbesiedler gibt die Form *F. Falger* an. (Vgl. auch Abb. 28.)

**Tardigraden.** Typische Vertreter der Moosfauna. Lebend nur einmal in Wiesenboden bei Kufstein (Tirol, 15. XII. 1910), Eier aber oftmals im Gebirge (Ohlstadt, Wiesenboden 3 cm Tiefe, 26. X. 1910), Pyramidenspitze (Tirol) in 2000 m Höhe (30. X. 1910), am Brentenjoch bei Kufstein in 1250 m Höhe (28. V. 1911).

Diese Angaben sind durchaus im Einklang mit den Erforschern der Moosfauna, welche namentlich aus der Antarktis bis jetzt 38 Arten (1907) aufgefunden haben, von denen die Gattungen *Milnesium*, *Macrobotus* und *Echiniscus bipolar* und hochalpin verbreitet sind. Um so seltener sind sie in den Tropen.

**Macrobotus coronifer** Richt. ging auch auf Felsflächen über, wo es (in Jämtland) zwischen Xanthorien in Schweden gefunden wurde, also an den Verwitterungsvorgängen wenigstens mechanischen Anteil hat. (Vgl. R. C. Carlzon, Schwed. Tardigraden, Zoolog. Anzeiger 1909.) Übrigens gehören sie auch der Höhlenfauna krainischer Grotten an (z. B. *Arctiscoen stygium*), sind also zu unterirdischer Lebensweise befähigt. Auf feuchten Felsen wurde *Milnesium tardigradum* auch von Dr. Falger gefunden.

Nematoden sind nie fehlende Mitglieder des Edaphons. Besonders große fanden sich im Lägerboden der Hirschtalalpen bei Tegernsee (11. VII. 1911). Sie gehen in große Höhen (Gornergrat bei Zermatt [Schweiz] in 2780 m Höhe, 29. VI. 1911), sind aber im allgemeinen in Waldhumus häufiger als im Ackerboden. Enorme Mengen fand ich auf der überrieselten Stadtmauer von Dinkelsbühl in Mooshumus (13. VII. 1919).

Seit dem ersten Erscheinen dieses Werkes, in dem diese Tiergruppe nur ganz generell aufgeführt war, habe ich ihrem Studium erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt und im Waldhumus allerorten eine reiche Fauna von *Dorylaimus maximus* (namentlich in Gartenerde), *Diplogasterarten*, unter Moosen in der Münchner Gegend (1917) auch das merkwürdige *Bunonema reticulatum* Richt. festgestellt, das zuerst in der Antarktis, dann aber auch im Schwarzwald, im Taunus, in der Schweiz u. a. O. gefunden wurde.

Desgleichen bereicherte sich die Liste der edaphischen Nematoden mit den Gattungen *Tripyla* und *Aphanolaimus*. (München 1918.) Dagegen fand ich in den untersuchten tropischen Edaphonproben (Kamerun, arabische Wüste, März 1914, Nilschlamm, im Februar 1914), keine Nematoden. Fortgesetzte Studien werden diese Liste erheblich erweitern, was allein schon aus den Schweizer Untersuchungen von G. Steiner hervorgeht (Freilebende Nematoden aus der Schweiz. Archiv für Hydrobiologie 1914), durch die 139 Arten bekannt wurden.

Solche Untersuchungen sind höchst wünschenswert, da es sich in zunehmendem Maße herausstellt, wie wichtig die Nematoden für die mechanischen Umsetzungen der obersten Bodenschichten, namentlich in wurzelreichen Lehm- und Mergelböden sind. Neu ist, daß *Dorylaimus* nach Dr. Falger auch auf nackten Felsen siedelt.

**Enchytraeiden.** Gelegentlich fanden sich in größerer Zahl Enchytraeiden (so namentlich in humösen [Garten-] Böden, 1916), ohne daß ich diese Gruppe für besonders bedeutungsvoll halten muß. Darauf deuten auch die in der Literatur gelegentlich zu findenden Angaben, so, wenn V. Hensen (1882) aus Garten-

erde *Enchytraeus Perrieri* Vejd. angibt (Landwirtsch. Jahrb.), während *Friderica-* und *Anachaeta-*Arten mehr in festerer Erde leben (*Anachaeta bohemica* Vejd.). Immerhin fand K. Diem<sup>1)</sup> sie noch regelmäßiger als die Nematoden bis 20 cm tief und in Tannenwäldern bis 80000 Stück pro m<sup>2</sup>. In trockenem und kaltem Boden scheinen sie zu fehlen.

**Lumbriciden.** Die wichtigste Tätigkeit der Regenwürmer im Acker- und Gartenboden ist wohl ihr Lockern der Erde um die Zeit, da es der Mensch nicht mehr kann; ihre Bedeutung für den Wald- und Wiesenboden ist gemeinbekannt durch E. Ramann (Bemeli, Schellhorn und M. Krause, Anzahl und Bedeutung der niederen Organismen in Wald- und Moorböden. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, XXXI. Jahrg.), übrigens neuerdings auch zahlenmäßig erforscht worden. Leider sind bekanntlich die Sandböden fast der Regenwürmer bar und in der mechanischen, feinen Durcharbeitung nur auf das übrige Edaphon angewiesen.

In den Waldböden um München habe ich in den Jahren 1914—1917 folgende Arten festgestellt, welche von meiner Schülerin Frl. R. v. Aichberger gesammelt wurden. (Über deren Arbeit zur Ernährung der Regenwürmer s. S. 86.)

<i>Eisenia rosea</i> Sav.	<i>Allolobophora aporata</i> Bretschn.
* <i>Lumbricus terrestris</i> L.	* <i>Helodrilus D. octaëdrus</i> Sav.
* " <i>rubellus</i> Hoffm.	

Die mit \* bezeichneten Formen sind auch für Wiesen und Äcker, sowie Gartenerde kennzeichnend.

Die Edaphologie hat alle Ursache, die älteren Angaben von Hensen, Darwin und Djemil nachzuprüfen, seitdem E. Wollny (Forschungen a. d. Gebiet d. Agrikulturphysik Bd. 13) gezeigt hat, daß Regenwürmer die Ernten dermaßen beeinflussen, daß einer Kartoffelernte von 92 g Knollen im Versuch 217 g gegenüberstehen, wenn das Kulturgefäß 100 Regenwürmer ernährte.

**Crustaceen** im Edaphon sind seit der Erforschung der Moosfauna nichts Ungewöhnliches.

Die kleinen Harpacticiden nebst ihren Nauplien scheinen überall, namentlich im palaearktischen Bezirk unter Moosen zu finden zu sein. Sie sind allerdings offenbar auf dem Umweg über das Höhlenleben zu ihrer terrestrischen Lebensweise gekommen (Vgl. E. Graeter, Die Copepoden der unterirdischen Gewässer und Mrázek, Beitrag zur Kenntnis der Harpacticidenfauna des Süßwassers. Zool. Jahrb. 1894). Hauptsächlich sind es die Arten *Canthocamptus typhlops* Mráz., *C. pygmaeus* und *C. Zschokkei*, die man hierzu rechnen muß, wenn auch die letzteren zwei auf Reisig zu finden sind, *C. subterraneus* auf Fledermauskot lebt.

Dazu kommt noch neuerdings die im Taunus auf den *Racomitrium-* und *Brachytheciumrasen* lebende *Ophiocamptus* (*Moraria*) *musciicola* Richt. (F. Richters, Isländ. Tardigraden, Zool. Anz. 1904), welche insofern erst Neuling der Anpassungen zu sein scheint, weil sie einen dreimonatlichen Trockenschlaf nicht übersteht.

Menzel fügt hinzu aus dem Schweizer Rhätikon noch *Canthocamptus cuspidatus* Schm., *C. rhaeticus* Schm. und *C. monticola* Menz. (R. Menzel, Über die mikr. Landfauna. Arch. f. Naturg. 1914).

**Myriapoden.** Bei allen Edaphonuntersuchungen stoßen dem Beobachter in den oberflächlichen Schichten Tausendfüßler auf, die meist unter Moos und Steinen von Pilzen, modernden Blättern, Moos, Aas, auch von anderen Tieren leben. Einzelne, wie die *Geophiliden*, gehen sogar 20—40 cm in den Boden,

<sup>1)</sup> Untersuchungen über die Bodenfauna 1903. S. 372.

so daß man sie wohl, sowohl ihrer Ökologie wie ihrem Vorkommen nach, zu den Geobionten rechnen muß. Gut studiert sind sie erst in den Schweizer Alpen, von wo K. Diem (Untersuchungen über die Bodenfauna 1903) folgende Formen enumeriert:

- *Glomeris hexasticha* Brandt (in Mischwaldboden)
- " *transalpina* C. Koch, Gebirgsform
- *Polydesmus* sp. (Mischwald)
- *Craspedosoma Rawlinsii* Leach., Humusboden
- " *Canestrinii* Fedr., Weideboden
- *Chordeuma nodulosum* Verh., Hochform des Engadins
- " *silvestre* C. Koch, auf Grasbändern
- *Julus nigrofuscus* Verh., Wiesenboden
- *Cylindrojulus nitidus* Verh., Weiden, Laubwald
- " *Verhoeffi* Broel, Wiesen
- *Schizophyllum sabulosum* L., gemein
- *Lithobius forficatus* L., gemein.

**Insekten und andere Kleintiere.** Zahlreich sind vor allem Collembolen vorhanden, von denen *Isotoma viridis* und *fimetaria* Tullb. auch auf Blumentopferde, *Entomobrya lanuginosa* Nic., *Podocerus tridentiferus* Tullb., sowie *Sminthurus*-Arten überall auf Humus zu finden sind. Wie weit sie zum Edaphon gehören, wohin sie z. B. Ramann zu verweisen scheint, ist ebenso wie bei den Ameisen noch erst zu klären.

Dagegen hat A. Razzauti (Pisa 1913: *Contributo allo studio dell' Edafon I.*) unter dem Namen *Cylindropsis Doderoi* eine unzweifelhaft edaphische neue Staphylinide beschrieben. Neuestens hat L. Biró in Ungarn Edaphon-Insekten bis zu einem Meter Bodentiefe herausgesiebt. (Termész. Köz-löny 1919). Damit ist ein Gebiet dem Studium eröffnet, das heute noch gar nicht übersehen werden kann.

Das gleiche gilt für die gelegentlich erwähnten edaphischen Spinnen (*Geophilus*) (Hensen 1882) und Acariden (*Cepheus ocellatus* Mich. unter Moosen von F. Heinis beschrieben 1916), Landplanarien (*Nurmis*) (Hensen 1882) und die von Diem (op. cit. p. 392) erwähnten edaphischen Schnecken (*Carychium minimum* an Graswurzeln, *Helix aculeata* im Mulm). Ihnen allen müssen und werden sich Spezialforschungen zuwenden, die sich als überaus dankbar prognostizieren lassen und sicher wird erst nach vielen Jahren die Edaphologie über vielhundertnamige abgerundete Artenlisten von Bodentieren verfügen und damit über einen befriedigenden Überblick ihres weiten Gebietes.

**Säugetiere des Erdbodens.** Es ist ein Problem für sich, wie weit der Kreis der dem Edaphon zugehörigen Säugetiere zu ziehen ist. Für den Maulwurf (*Talpa europaea*) steht es außer allem Zweifel, da er dauernd unterirdisch lebt und als Regenwurmvertilger sogar in die Biocoenose des Edaphons mit aktiv eingreift. Das gleiche gilt für die außereuropäischen *Bathyergiden*, namentlich dem nach Art der Maulwürfe lebenden südafrikanischen *Bathyergus maritimus* Gm. und den Erdgräber (*Georychus capensis* Pall.). Wohl auch für die schon in Ungarn vorkommende Blindmaus (*Spalax typhlus* Pall.).

Nicht diskutiert zu werden braucht wohl auch die ökologische Stellung der Waldspitzmaus (*Sorex vulgaris* L. und ihrer Verwandten *S. araneus* und *S. minutus*), welche Bodenspalten und Maulwurfgänge benützt und den edaphischen Insekten nachstellt.

Dagegen erscheint es mir fraglich, ob die Feldmäuse (*Microtus arvalis* und *agrestis*), noch mehr, ob der Hamster (*Cricetus frumentarius*) in die edaphische Lebensgemeinschaft einzubeziehen sei.

## V. Untersuchungen zur Ökologie des Edaphons.

Der dauernde Aufenthalt im Boden versetzt die darauf angewiesenen Organismen in eine in hohem Grade eigentümliche, von dem Leben im Wasser, auf der Erdoberfläche oder in der Luft durchaus verschiedene ökologische Situation, auf die alle bekannt gewordenen terricolen Organismen durch ganz bestimmte Anpassungen reagiert haben. Es liegt leider noch immer keine, das gesamte Lebensreich umfassende Untersuchung weder über die durch terricole Lebensweise bedingten Anpassungen, noch über die physikalischen Eigenheiten des unterirdischen Lebens vor, so daß das nachstehend Geschilderte mit allen Schwierigkeiten eines noch unbegangenen Weges zu kämpfen hatte.

Im allgemeinen verrät sich im Habitus unterirdisch lebender Tiere und Pflanzen eine Reihe gemeinsamer Züge, wie das Fehlen oder Verkümmern der Lichtsinnesorgane (bei Maulwurf, Regenwurm) oder von Schwimmorganen bei Harpacticiden, die hervorragende Eignung zum Durchbrechen der Erdschichten mit grabenden Werkzeugen (Werre, Maulwurf) oder zum Durchschlüpfen der vorhandenen engen Spalten und Risse durch langgestreckte, schlanke Bauart (erdbewohnende Myriapoden, Collembolen, Drahtwürmer, Nematoden, Regenwurm), die Anpassung in der Ernährung durch die verwesenden und humifizierenden Stoffe in dem Boden (zahlreiche Kleinkäfer, Nematoden, desgleichen auch die Erdpilze), bei den Pflanzen außerdem der Mangel an assimilierenden Chromatophoren, dagegen die Eignung zur saprophytischen Ernährung. Razauti (Pisa 1913) gibt für sein *Cylindropsis Doderoi* das auf Feldern in 15—20 cm Tiefe lebt, als Sonderanpassungen den verlängerten zylindrischen Körper, die resistente Körperdecke, die kurzen Glieder, die zum Graben angepaßten Tibien und die Augenlosigkeit an. Die Konvergenz dieser Anpassungen deutete auf eine für alle Bodenbewohner gleicherweise in Betracht kommende ökologische Situation, die sich etwa aus folgenden Faktoren zusammensetzt:

Abweichend von der oberirdischen Lebenslage, ist die Temperatur im Boden geringen Schwankungen unterworfen, wiewohl für das Edaphon nur die Schicht „von der Oberfläche bis zu einem Meter“ nach meinen Untersuchungen in Betracht kommt. Ein zweiter Faktor von grundlegender Bedeutung ist die chemische Zusammensetzung des Bodens, wie sie durch die geologische Beschaffenheit der Verwitterungskrume bedingt ist, nicht nur nach der Seite, daß ein Überwiegen der Silikate in der aus Urgestein entstandenen Dammerde das Gedeihen bestimmter kiesel säurebedürftiger Geobionten begünstigt (Bacillariaceen!), sich die Zusammensetzung des Edaphons überhaupt nach Art der Verbreitungsgesetze der Kiesel- und Kalkholdenflora regelt, sondern auch insofern, als die leichte oder schwierige Verwitterung, die wieder ganz von der Petrographie der Unterlage abhängt, die edaphische Besiedelung reguliert und nicht zuletzt die Düngung im Kulturboden, die Stickstoffbilanz im von Pflanzen besiedelten Boden überhaupt hierauf von gewaltigem Einfluß ist.

Von diesen zwei Faktoren: Temperatur und Chemismus, bzw. geologische Beschaffenheit des Bodensubstrates, hängen die ökologischen Faktoren der Durchlüftung und Durchfeuchtung in hervorragendem Maße ab; Bodenfrost sperrt die Wasserquelle auch für das Edaphon ebenso gut ab, wie für die Landpflanzen, die durch die petrographischen Eigenschaften der Bodenelemente bedingte Krümelung und der Grad ihrer Auflockerung wehrt oder erleichtert das Eindringen von Licht und die Zirkulation von Wasser und Luft. Damit sind aber die Hauptbedingungen edaphischen Lebens reguliert, und eine solche Lebensformation von einer gewissen petrographisch-klimatischen Situation an erst ermöglicht.

Der Wassergehalt des Bodens, der freilich nur zum Teil durch das lokale Klima geregelt wird, zum anderen Teil aber von geographischen Momenten (orographische Situation des betreffenden Bodengebietes, z. B. abflußlose Mulde, Berghang, total entwässertes Hochplateau) abhängt, wird mit diesen zusammen, die sich auch durch andere Einflüsse geltend machen können (z. B. die Höhe über dem Meeresspiegel), dem Edaphon als ganzes so gut wie jedem einzelnen Glied dieser Lebensgemeinschaft bestimmte Züge aufprägen.

Aber nicht nur an diese in letzter Hinsicht gemeinsam als physikalische Faktoren zu wertende Lebensbedingungen hat sich das Edaphon angepaßt, sondern es wird auch durch Wirkungen beeinflußt, die in anderen Organismen oder in seiner eigenen Existenz liegen. Der Boden ist, wenn er den Geobionten geeignete Lebensbedingungen bietet, fast immer mit einer halbedaphischen Lebensgenossenschaft besetzt, die sich in ökologischer Hinsicht zum Edaphon so verhält, wie etwa die Amphibien zu den Fischen. Die höheren Pflanzen sind mit Ausnahme der rein schwimmenden oder submersen Formen von unserem Gesichtspunkt aus tatsächlich so zu werten. Ihr Wurzelsystem führt ein rein edaphisches Dasein, es ist also von vornherein zu erwarten, daß es auch die damit korrespondierenden Regulationen aufweist (Abb. 24). Es zeichnet aber die Wurzeln aus, daß sie, wie schon der gemeinbekannte Sachs'sche Korrosionsversuch beweist, gewisse Substanzen sezernieren, die „Rhizosphäre“ hat denn auch besondere Beziehungen zu den unterirdischen Organismen, über die allerdings derzeit noch wenig Klarheit herrscht. Nach Sachsse<sup>1)</sup> und Czapek<sup>2)</sup> sind von diesen Sekreten, wenn auch nicht freie Säuren außer Basen gebundener Ameisensäure, immerhin saures Kaliumphosphat und andere Phosphate mit Sicherheit erkannt, jedenfalls ist die Existenz von Lösungsmitteln zur Aufschließung der Aschenbestandteile im Boden zweifellos geworden. Wenn auch die von früheren Generationen eifrigst verfochtene gegenseitige Verdrängung durch Ausscheidungen heute nicht mehr angenommen wird, so ist doch eine Beeinflussung des Bodenmechanismus durch die Vegetation in den Schichten, in welche die Wurzeln reichen, in der Rhizosphäre außer Zweifel. Für das Edaphon ist damit wenigstens ein weiterer ökologischer Faktor gegeben.

Nicht zuletzt aber beeinflussen sich die Glieder dieser Lebensgemeinschaft auch wechselseitig. Durch meine Untersuchungen über die Ernährung der Geobionten, welche die tierischen Repräsentanten dieser Formation teils als Bakterien, teils als Pilzverzehrter erwiesen, ist auch in ihr ein biocoenotischer Zusammenhang festgestellt, der ebenso zu einer quantitativen Regelung führen muß, wie das aus dem Plankton und dem Haushalt des Meeres bekannt ist, jedenfalls aber einen sehr beachtenswerten ökologischen Faktor darstellt.

Es hatte sich also eine Untersuchung der ökologischen Verhältnisse des Edaphons etwa nach folgenden Gesichtspunkten zu gliedern.

1. Der Einfluß des Lichtes auf die Bodenorganismen.
2. Der Einfluß der Temperaturverhältnisse auf dieselben.
3. Die bodenchemischen Einflüsse (bodenphysik. Faktoren):
  - a) Bodenstrukturelle Einflüsse,
  - b) Einfluß der petrographischen Verhältnisse,
  - c) Einfluß der bodenamphibischen Vegetationen,
  - d) Einfluß der Düngung.
4. Einfluß der Bodenfeuchtigkeit.

<sup>1)</sup> R. Sachsse, Lehrbuch der Agrikulturchemie. 1888.

<sup>2)</sup> F. Czapek in Jahrbuch f. wissenschaftl. Botanik. 1896.





Oberfläche, Ackererde (Weizenfeld) Galgenberg b. Dinkelsbühl (Mittelfranken) 27. Juli 1910	3 dm Tiefe, Ackererde (Weizenfeld) Galgenberg b. Dinkelsbühl (dieselbe Stelle) 27. Juli 1910
Navicula sp. Hantzschia amphioxys Oscillatoria tenuis Lyngbya sp. Chroococcus Diffflugia globulosa Diffflugia urceolaris Geococcus vulgaris farblose Zyste am meisten Kieselalgen 1 mm <sup>3</sup> = 102 Individuen.	Hantzschia amphioxys       Geococcus vulgaris farblose Zyste Amoeba terricola Nematoden 1 mm <sup>3</sup> = 21 Individuen.

In größeren Tiefen als 1 m fanden sich nur mehr vereinzelt und niemals lebend noch Geobionten, so daß die Annahme nicht von der Hand zu weisen ist, daß es sich hierbei um Verschleppung durch Sickerwasser (Sächsische Schweiz!) oder um subfossile, zu mindestens den Alluvionen weit zurückliegender Zeiten angehörige Schalen von Rhizopoden und Bacillariaceen handelt, von denen die letzteren bekanntlich in guter Erhaltung bis in die Kreide- und Carbonzeit verfolgt werden können. Aber auch von Rhizopoden sind derartige subfossile Vorkommen bekannt und ich habe aus tertiären Conferviten aus Gánóc (Ungarn) schon 1893<sup>1)</sup> Schalen von *Diffflugia globulosa* Duj. beschrieben.

An solchen tiefen Fundorten fanden sich:

München. Kiesiges Erdreich aus 1 m Tiefe unter dem Straßenpflaster (Barerstraße, vor der Pinakothek, 4. I. 1913): Das gesamte Material enthielt eine Schale von *Geococcus vulgaris*.

München. (Bauplatz in der Hohenstaufenstraße). Durch tiefe Aufgrabungen wurden nicht nur die Alluvialschicht, sondern auch die eiszeitlichen Niederterrassenschotter (im Sinne Pencks) bis zur Tiefe von 3 m angeschnitten. Die Humusschicht des bis zur Eröffnungszeit als Wiese kultivierten Fundortes reicht bis 8 dm Tiefe und enthielt in dieser Tiefe reichlich Mycel von *Cladosporium humifaciens*, farblose Pilzhyphen und wenige Gehäuse von *Diffflugia globulosa* (14. II. 1912). Die eiszeitlichen Schotter enthielten in etwa 3 m Tiefe neben auffällig vielen Quarkörnchen (also fluvioglaziale Sande) zahlreiche *Diffflugia globulosa*-Schalen (1 mm<sup>3</sup> = 13 Individuen) sowie eine große braune Spore (Cyste?).

München. (Bauplatz in der Konradstraße, 12. Mai 1911.) Unter dem dünnen Humusbelag (Wildgarten) sind eiszeitliche Schotter, mit zwischenlagerten Humusschmitzen in 1/2 m Tiefe. Diese enthielten *Cladosporium humifaciens*, lebende (!) Individuen von *Euglypha alveolata*, glashelle Pilzfäden, lebende Nostockolonien (1 mm<sup>3</sup> = 7 Individuen, davon 5 lebend!).

Die Schotter in 1 m Tiefe enthielten braune Pilzsporen, schokoladenfarbige, septierte Mycelien (nicht *Cladosporium*) und Schalen von *Trinema acinus* (1 mm<sup>3</sup> = 4 Individuen).

Dagegen enthielt normale Münchner Gartenerde (aus dem Garten des Biologischen Instituts München, unter *Sambucus*gebüsch), bei durchschnittlicher Feuchtigkeit in der Schicht von Oberfläche bis 2 mm (1. April 1913):

<sup>1)</sup> R. Francé, Die mikroskopische Untersuchung der „Conferviten“ aus dem Kalktuffe von Gánóc. (Földtani Közlöny-Geolog. Mitteilungen), Budapest. 1893.

Hantzschia amphioxys (lebend), sehr zahlreich,  
 Navicula atomus (Schalen),  
 Pleurococcus-Zellen (ganze Häute),  
 Oscillatoria tenuis,  
 Geococcus vulgaris (sehr zahlreich lebend),  
 Trinema acinus,  
 Diffflugia urceolaris (zahlreich),  
 „ globulosa,  
 Amoeba verrucosa,  
 Euglypha alveolata,  
 Nematoden

1 mm<sup>3</sup> annähernd 300 Individuen, am meisten Hantzschia, Geococcus und Diffflugia.

Aus der Untersuchung der Erdproben von 180 Fundorten ging folgendes allgemeine Ergebnis hervor:

Liste der Formen Überflutungszone 0–2 cm Tiefe:	2 cm — 2 dm Tiefe:	über 2 dm Tiefe:
Oscillatoria tenuis <sup>1)</sup>	Oscillatoria tenuis <sup>1)</sup>	Oscillatoria sp.
Isocystis infusionum	Isocystis infusionum	—
Chroococcus sp.	Chroococcus	—
Gloeocapsa sanguinea	Gloeocapsa punctata	—
Lyngbya sp.	Lyngbya	—
Hypheothrix tenuissima	—	—
Nostoc punctiforme	Nostoc humifusum	Nostoc
Stichococcus bacillaris	Stichococcus bacillaris	—
Chlamydomonas tingens	—	—
Raphidium polymorphum	—	—
Scenedesmus acutus	—	—
Microspora floccosa	—	—
Pleurococcusformen	Pleurococcus	—
Ulothrix sp.	—	—
Conferva sp.	—	—
Pleurotaenium	—	—
Desmidium sp.	—	—
Calocylindrus sp.	—	—
Euastrum sp.	—	—
Mesotaenium Endliche- rianum	Mesotaenium Endliche- rianum	—
Mesotaenium caldariorum	—	—
Euglena velata	—	—
Astasia proteus	—	—
Petalomonas mediocanellata	—	—
Ciliate Infusorien	Ciliate Infusorien	—
Amoeba limax	Amoeba proteus	—
„ guttula	„ guttula	—
„ terricola	„ terricola	Amoeba terricola
„ verrucosa	„ verrucosa	—
Geococcus vulgaris	Geococcus vulgaris	Geococcus vulgaris

Liste der Formen Überflutungszone 0—2 cm Tiefe:	2 cm — 2 dm Tiefe:	über 2 dm Tiefe:
<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>
<i>Heleopera petricola</i>	<i>Heleopera petricola</i>	—
<i>Nebela collaris</i>	<i>Nebela collaris</i>	—
<i>Pseudochlamys patella</i>	<i>Pseudochlamys patella</i>	—
<i>Placocysta</i> sp.	—	—
<i>Diffflugia urceolata</i>	<i>Diffflugia urceolata</i>	<i>Diffflugia urceolata</i>
<i>Euglypha alveolata</i>	<i>Euglypha alveolata</i>	<i>Euglypha alveolata</i>
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	—
<i>Synedra</i> sp.	—	—
<i>Navicula borealis</i>	<i>Navicula borealis</i>	<i>Navicula borealis</i>
<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria Harrisonii</i>	—
<i>Philodina erythrophthalma</i>	<i>Philodina erythrophthalma</i>	—
<i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Hantzschia amphioxys</i>
—	<i>Navicula sima</i>	—
—	„ <i>atomus</i>	—
—	„ <i>affinis</i>	—
—	„ <i>mutica</i>	—
—	<i>Stauroneis Smithii</i>	—
—	<i>Surirella birostrata</i>	—
—	„ sp.	—
—	<i>Pinnularia viridis</i>	—
—	<i>Nitzschia microcephala</i>	—
—	„ <i>communis</i>	—
—	<i>Amphora</i> sp.	—
—	<i>Hyalosphenia papilio</i>	—
—	„ <i>elegans</i>	—
—	<i>Phryganella</i>	—
—	<i>Assulina seminulum</i>	—
—	<i>Diffflugia constricta</i>	<i>Diffflugia constricta</i>
—	„ <i>globulosa</i>	„ <i>globulosa</i>
—	„ <i>pyriformis</i>	—
—	„ <i>Craterella</i>	—
—	<i>Quadrula symmetrica</i>	—
—	<i>Nebela flabellulum</i>	—
—	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>
—	<i>Sphenoderia lenta</i>	—
—	<i>Arcella vulgaris</i>	—
—	<i>Cladosporium humifaciens</i>	<i>Cladosporium humifaciens</i>
—	<i>Leptothrix</i> fäden	—
—	<i>Rotifer</i>	—
—	<i>Macrobiotus</i>	—
—	<i>Dorylaimus</i>	—
—	<i>Tripyla</i>	—

<sup>1)</sup> und verwandte noch nicht gesonderte Arten.

Die Liste der Überflutungsformen wird sich natürlich mit jeder neuen Untersuchung sozusagen beliebig erweitern lassen, bis fast die gesamten Mikroorganismen des Süß- und Salzwassers auch in den Rückständen der gelegentlichen Pfützen und temporären Wiesensümpfe registriert sind. Dieses Moment drängte denn auch dazu, die Gemeinschaft der den Erdboden überkrustenden Organismen als Überflutungsformen zu bezeichnen, da deren Zahl und Existenz viel mehr von den Regengüssen, denn von den Wirkungen des Lichtes beeinflußt wird. Es wird daher auch erst langandauernder Kulturversuche bedürfen, um die Frage zu klären, welche dieser Formen auf der Bodenoberfläche dauernd ihren Wohnsitz nehmen und sich an deren Sonderverhältnisse angepaßt haben. Daß es solche spezifische Oberflächenformen gibt, ist von vornherein klar. Hierher gehören zweifelsohne jene pflanzlichen Formen, welche die Algologie bisher gewöhnlich als terrestrische Algen bezeichnete und als deren typische Vertreter verschiedene Vaucheriaarten, Botrydium oder Trentepohlia gelten können.

Es geht aber auch schon aus den vorliegenden Untersuchungen hervor, daß sich in der Oberflächen- und Tiefenverbreitung des Edaphons gewisse Momente erkennen lassen, die nicht so sehr auf die Verteilung der Feuchtigkeit oder der Nahrungsstoffe, wie vielmehr auf Beziehungen zum Licht schließen lassen. So ist die geringe Zahl der an der Oberfläche lebenden Spaltalgen auffällig. Auch die für das Edaphon kennzeichnenden Naviculen meiden, wie es scheint, mit Vorliebe die am besten belichteten Erdschichten. Auch in künstlich sehr feucht gehaltener Gartenerde war die oberste Schicht (bis 1 cm) nicht so von Naviculen belebt wie die folgenden 4 cm. Dagegen erweckt es das höchste Interesse, daß eine ganze Anzahl pflanzlicher Formen auch bis in Tiefen von 5—15 cm gefunden wurden. Es sind dies namentlich *Oscillatoria tenuis* (und verwandte Arten), *Nostoc*, *Navicula borealis* und *Hantzschia amphioxys*.

Bemerkenswerte derartige Vorkommen waren:

1. in 1½ dm Tiefe: Acker (unter Sommergetreide) bei Eurasburg (Ob.-Bayern, am 19. April 1911 große lebende Zellen von *Hantzschia amphioxys*).
2. in ½ dm Tiefe: Wiesenboden, früherer verlandeter Teich vor dem Wörnitztor in Dinkelsbühl (Mittel-Franken), 26. Juli 1910: *Pinnularia* sp., *Navicula borealis*, *Nitzschia sigmoidea*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula atomus*, 1 mm<sup>3</sup> = annähernd 300 Individuen. Die Kieseralgen, zum großen Teil lebend, mit völlig frischen Chromatophoren. Der Boden fast undurchlässig zäh, schlammig, mit dichter Grasnarbe bedeckt.
3. in 3 dm Tiefe: Weizenacker. Galgenberg bei Dinkelsbühl (Mittel-Franken), 27. Juli 1910: *Hantzschia amphioxys*.
4. in 5 dm Tiefe: Garten (Wurzgarten) in München, Konradstraße, 12. Mai 1911: *Nostoc* sp. (lebend).

Dies erweckt auch in der Geobiologie das Interesse für ein Problem, an dem die Pflanzenphysiologie lebhaft interessiert ist. Seitdem sie durch die Untersuchungen von Engelmann und Gaidukov über die Tatsache der selektiven Absorption des Lichtes durch die Pflanze orientiert ist und die biologische Bedeutung des Phycophaeins, Phycoerythrins und Phycocyanins bei den verschiedenen wasserbewohnenden Algengruppen kennt<sup>1)</sup>, hat sie sich mit der Tatsache, daß Kohlensäureassimilation auch bei ganz minimalen Lichtintensitäten stattfinden kann, befreundet, ja sie hat seitdem in *Nitzschia putrida* eine

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu bes.: Gaidukov, Über den Einfluß farbigen Lichtes auf die Färbung lebender Oscillarien. (Abhandlung d. k. preuß. Akad. d. Wissenschaften, Berlin. 1902.)

im Dunkeln assimilierende Pflanze kennen gelernt<sup>1)</sup>. Sie wird daher die pflanzlichen Geobionten ebenfalls unter diesem Gesichtspunkt untersuchen müssen, falls es sich herausstellen sollte, daß Erdtiefen von 3—5 dm bereits völlig und unter allen Umständen des Lichtes entbehren. Bei Versuchen hierüber in den Jahren 1917—1918 im Biologischen Institut München zeigte sich, daß die Lichtdurchlässigkeit des Bodens eine höhere ist, als bisher angenommen wird, daß sie jedoch durch die physikalischen Faktoren, im besonderen durch den Wassergehalt des Bodens beeinflußt wird. Im allgemeinen scheint feuchter Boden das Eindringen des Lichtes zu begünstigen.

Jedenfalls ist es sehr vielsagend, daß die den Lichtenpassungen der bodenamphibischen Pflanzen entsprechenden Chlorophyceen von mir immer nur in den oberflächlichsten Bodenschichten, bisher in keinem Fall tiefer als 5 cm gefunden wurden. Darunter folgt die Zone der edaphischen Bacillariaceen, deren untere Grenze auch bei 2 dm erreicht zu sein scheint, da tiefer nur mehr Hantzschia und Navicula in lebhafter Assimilation gefunden wurden. Dagegen dringen Schizophyceen auch noch bis zu 5 dm Tiefe vor, wobei ihre Chromatophoren oft einen mehr braunrötlichen Ton annehmen.

Es bietet also auch das Edaphon in gewissem Sinne ein Gegenstück zu der bekannten Erscheinung, daß von den Meeresalgen die grünen Tange nur im Seichtwasser vorkommen, während die mittleren, schwach belichteten Tiefen hauptsächlich von Phaeophyceen, die dunklen Tiefen von Rhodophyceen bewohnt werden.

Ganz in diesen Rahmen paßt es, daß sowohl mir, wie C. Küstner, wiederholt sehr bewegliche winzige (offenbar in den Kreis von *N. atomus* gehörige) Naviculen aufgestoßen sind, die entweder farblos waren oder ausgesprochen blaugüne Chromatophoren enthielten.

## B. Der Einfluß der Temperatur auf das Edaphon.

Die hierauf gerichteten Untersuchungen bezweckten namentlich die Feststellung der geobiologischen Periodizität unter dem Einfluß der Jahreszeiten. Es fiel diese Aufgabe zum Teil mit den Untersuchungen über die Rolle des Bodenwassergehaltes zusammen. Sie könnte daher ebenso gut unter jenem Titel ihre Darstellung finden und muß Begriffe und Ergebnisse daraus vorwegnehmen.

Es ergab sich im allgemeinen, daß die Bodenorganismen im europäischen Klima ebenso den Jahreszeiten unterworfen sind, wie die supraterrrestrischen Lebewesen, da in ihrem Verbreitungsbezirk (0—1 m) sich der Frost wenigstens in ihrem eigentlichen Lebensraum (0—5 dm) ebenso geltend macht, wie über der Erde, desgleichen Niederschläge und zum Teil wohl auch die Warmwirkungen der Insolation. Selbstverständlich beschreiben aber Thermograph und Hygrometer unter der Erde eine flachere Kurve, deren Gestaltung festzustellen noch Aufgabe der Zukunft sein wird. Vorläufig ist sie nur durch regelmäßige Beobachtungen, die sich in Bayern auf den Zeitraum vom 21. Juli 1910 bis 28. Juli 1911 auf anfangs zweiwöchentlich, dann wöchentlich entnommene Bodenproben bezogen, im Zeitraum vom Februar 1912 bis Februar 1913 außerdem durch regelmäßige Monatsbeobachtungen im Versuchsgarten des Biologischen Institutes München, die bis 1916 ausgedehnt wurden, ergänzt wurden, in ihren Wirkungen festgestellt, worüber nachstehende Tabellen orientieren:

<sup>1)</sup> Vgl. außer den Arbeiten von O. Richter noch K. Bittner, Über Chlorophyllbildung im Finstern bei Kryptogamen. Öst. bot. Zeitschrift, Bd. LV.

## I. Verbreitung der Geobionten im Winter.

### I. in Wiesenboden:

November: offener Boden	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	Gameten
Dezember: gefroren. „	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	Macrobiotus
Jänner: „	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-
Februar: „	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-

### II. in Ackerboden:

November: offen	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	Amoeba
Dezember: gefroren	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	Stichococcus
Jänner: „	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Februar: „	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-

### III. in Waldboden:

November: offen	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
Dezember: gefroren	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-
Jänner: „	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Februar: „	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Navicula	Nitzschia	Hantzschia	Oscillatoria	Plautococcus	Geococcus	Trinema	Diffugia	Euglypha	Nematoden	Sonstige Organismen

Selbstverständlich beziehen sich diese Angaben nur auf lebend oder (bei Rhizopoden) encystiert beobachtete Organismen, da das Vorkommen von Gehäusen bei der großen Wahrscheinlichkeit ihrer außerordentlichen Widerstandskraft gegen Verwesung (Vorkommen in tertiären Kalktuffen und diluvialen Schottern!) für die vorliegende Frage ziemlich nichtssagend ist.

Das Verhältnis zwischen gefundenen Schalen und lebenden (encystierten) Organismen läßt sich im Winter 1911/12 durch folgende Zahlen beurteilen<sup>1)</sup>:

#### Wiesenboden:

November in offenem Boden	}	96 Schalen, 37 lebende Organismen.
Dezember in offenem Boden		
Februar in gefrorenem Boden	}	58 Schalen, 2 lebende Organismen, darunter 1 Macrobiotus
Jänner in gefrorenem Boden		

#### Ackerboden:

November-Dezember, offener Boden = 9 Schalen, 6 lebend.  
Jänner-Februar, gefrorener Boden = 9 Schalen, 0 lebend.

#### Waldboden:

November-Dezember, offener Boden = 51 Schalen (nur Nematoden lebend).  
Jänner-Februar, gefrorener Boden = 24 Schalen, 0 lebend.

Hieraus geht also hervor, daß sich die einzelnen Bodentypen je nach Art ihrer Bewachung verschieden zu verhalten scheinen, daß aber auch das

<sup>1)</sup> Cladosporium humifaciens und sonstige Bodenpilze, die das ganze Jahr über im Boden vegetieren, blieben natürlich außer Betracht.

Erlöschen des Bodenlebens im Walde bereits vor der Froststarre des Bodens eintritt.

Die obigen Einsichten wurden durch vergleichende Untersuchung zahlreicher Bodenproben verschiedener Orte gewonnen. An einem und demselben Orte stellt sich die Jahresperiode in folgender Weise dar:

Die Bodenproben wurden stets an derselben Stelle von der Oberfläche unter Sambucusgebüsch im Versuchsgarten des Biologischen Institutes zu München entnommen.

Die grundlegende Untersuchung des Fundortes ergab am 10. Febr. 1912, 8 Tage nach heftigem Frost ( $-19^{\circ}$  C), nachdem der Boden bis 1 dm Tiefe unter dem Einfluß von Föhn (der Temperaturen bis zu  $15^{\circ}$  C erzeugte), aufgetaut war, eine Menge Pilzsporen, Gehäuse von *Diffflugia globulosa*.  $1\text{ mm}^3 = 3$  Individuen. Unter 1 dm Tiefe war der Boden steinhart gefroren. An der Grenze fand sich nur wenig *Cladosporium*, sonst keine Organismen.

2. 29. März 1912: Pilzsporen, viel *Cladosporium*, braune Mycelien (nicht *Cladosporium*), lebende Nematoden  $1\text{ mm}^3 = 12$  Individuen.
3. 29. April 1912: *Cladosporium*, *Stichococcus bacillaris*, *Geococcus vulgaris*, Nematoden, Pilzsporen.  $1\text{ mm}^3 = 10$  Ind. (3 lebend).
4. 20. Mai 1912: *Cladosporium* (wenig), Nematoden, *Diffflugia globulosa* lebend), farblose Cysten, farblose Pilzsporen.  $1\text{ mm}^3 = 15$  Ind. (9 lebend).
5. 29. Juli 1912: *Amoeba proteus*, *Cladosporium* (wenig), farblose Mycelien, *Geococcus vulgaris* (lebend), farblose Cysten.  $1\text{ mm}^3 = 13$  Ind., davon 10 lebend.
6. 22. August 1912: *Amoeba proteus*, *Cladosporium* (ganz wenig), Pilzsporen.  $1\text{ mm}^3 = 3$  Individuen (lebende Amöben).
7. 26. September 1912: *Cladosporium*, reichlich Pilzsporen, braune Cysten, *Trinema acinus*, *Amoeba guttula*.  $1\text{ mm}^3 = 7$  Ind., davon 3 lebend.
8. 26. Oktober 1912: Farblose Mycelien und Sporen, *Cladosporium* (ganz wenig), Nematoden, *Diffflugia constricta* (Schale).  $1\text{ mm}^3 = 3$  Ind.
9. 30. November 1912: (Inzwischen Frost, Boden unter Föhneinfluß jedoch wieder aufgetaut) *Cladosporium* (viel), *Geococcus* (lebend), Nematoden, *Amoeba guttula* (lebend), *Diffflugia urceolata* (lebend), *Iso-cystis infusionum*. Am meisten *Geococcus*.  $1\text{ mm}^3 = 29$  Ind. (9 lebend).
10. 29. Dezember 1912: (Boden gefroren). *Cladosporium*. Nichts Lebendes.
11. 29. Jänner 1913: Boden gefroren.

Dieser Befund bestätigt die oben angedeutete Einsicht, denn das plötzliche reiche Erwachen der Geobien unter Föhneinfluß ist für das Gesamtergebnis nichtssagend. Föhn bedeutet für das Bodenleben Frühlingszustand, der namentlich im vorher gefrorenem Boden reichlich Feuchtigkeit herstellt, worüber im Abschnitt über den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf das Edaphon näheres zu ersehen ist.

Der Gesamteindruck über des Edaphons Überwinterung stellt sich demnach in folgender Weise dar:

So lange der Boden offen ist, reicht in Wiese und Wald reiches Leben bis an die Oberschicht. Relativ frühzeitig erstirbt das Leben im Ackerboden. Am reichsten dagegen ist auch im Winter der Wiesenboden. Der erste eintretende Frost läßt jedoch alles noch Lebende absterben oder sich einzystieren. Man findet im Winter Zysten von *Diffflugia*, *Trinema*, *Geococcus*, Nebela, sowie farblose Zysten, die ich, nachdem sie sich an im Sommer amöbenreichen Fundorten zahlreich fanden, auf *Amoeba* beziehe. (Vergl. Fig. 33.)



Die Pilze (*Cladosporium*) überwintern alle lebend.

Die Bacillariaceen und Schizophyceen (*Hantzschia*, *Navicula*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Isocystis*, *Stichococcus*) überwintern lebend, offenbar in einer Art Kältestarre, doch nimmt ihre Zahl im Spätherbst außerordentlich ab. Als Belege für das Erstgesagte möge dienen:

In einer Bodenprobe von Fischbach am Inn (Ober-Bayern), die im Buchenwald am Petersberg in zirka 1200 m Höhe bei großer Kälte am 5. Januar 1913 entnommen wurde, fand sich neben zahlreichen Hefezellen eine große lebende Kolonie von *Nostoc humifusum* (leg. Frl. R. v. Aichberger).

*Oscillatoria* sp. fand sich lebend (beweglich) in einer Bodenprobe von Wangen (b. Starnberg, Ober-Bayern) unter 20 cm Schnee, in beinahe gefrorenem Wiesenboden am 16. Februar 1911.

Große *Hantzschia amphioxys* fanden sich lebend (beweglich) in hart gefrorener Ackererde von Weßling (Ober-Bayern) am 3. II. 1911.

Am 15. Dezember 1910 fanden sich in Bodenproben von dem hart gefrorenen apere Wiesenboden der Sparchenfelder bei Kufstein (Tirol) (allerdings nach vorhergegangenem 14 tägigem Tauwetter) lebende Nematoden, *Macrobiotus* (*Tardigraden*), auch eine *Suriella* sp. mit Chromatophoren.

Zur Bekräftigung der anfänglich gehegten Vermutung, daß sich die Geobionten, im besonderen auch die Nematoden, gleich den Regenwürmern mit dem Eintreten des Bodenfrostes in tiefere Bodenschichten ziehen, konnte nichts Positives beigebracht werden.

Dagegen zeigte jede auch nur einige Tage andauernde Lindwetterperiode im Winter sofort deutlichen „Bodenfrühling“. Hierfür mögen als Belege folgende zwei Beispiele gelten:

Auf der Rietzalm bei Vorderkaiserfelden (Zahmer Kaiser, Tirol) in annähernd 1250 m Höhe blühten am 15. Dezember 1910 nach etwa 14 frostfreien Tagen reichlich *Tussilago*, *Bellis*, *Potentilla*, *Primula farinosa*, *Ranunculus*, *Trifolium*. Dementsprechend war folgende Bodenbesiedelung des offenen, nur teilweise schneebedeckten Almbodens vorhanden:

*Euglypha alveolata*, *Trinema acinus* (lebend), *Diffflugia globulosa*, Cysten, Pilzsporen, Brandpilzsporen, *Cladosporium humifaciens*, *Hantzschia amphioxys*, *Suriella* sp., *Navicula borealis*, *Mesotaenium Endlicherianum*, *Euastrum* sp., *Leptothrix*fäden, 1 mm<sup>3</sup> = 45 Individuen, davon 6 lebend.

Noch vielsagender ist folgendes Untersuchungsprotokoll:

Grasige Böschung im Mühlthal bei Starnberg (Ober-Bayern). Apere Stelle mit dünnem Eisüberzug. Boden darunter ganz weich. 7. I. 1911. Material der Oberfläche (1—5 cm) entnommen. *Cladosporium humifaciens*, *Navicula affinis* (lebend), *Navicula borealis* (Schalen), *Hantzschia amphioxys* (Schalen), *Oscillatoria* (tenuisähnliche Form), *Pleurococcus*artige Zellen (lebend), grüne bewegliche Gameten (!), farblose Cysten, farblose Pilzsporen, *Diffflugia urceolata* (Gehäuse), *Diffflugia globulosa* (Gehäuse). Am meisten Kieselalgen, 1 mm<sup>3</sup> = 52 Individuen, davon 10 lebend.

Ein weiteres vielsagendes Beispiel ist:

Mühlthal bei Schäftlarn (Ober-Bayern). Apere rasige Stelle im Walde. Boden nicht gefroren am 26. Januar 1911. Material der Oberfläche (1—5 cm) enthielt: zahlreiche zweigeißelige grüne Gameten, *Hantzschia amphioxys* (lebend), *Navicula borealis* (lebend in lebhafter Bewegung), farblose Cysten, *Geococcus vulgaris*, *Trinema acinus* (Gehäuse), *Diffflugia urceolata* (Gehäuse), *Euglypha alveolata* (lebend), *Diffflugia globulosa*, zahlreiche farblose Pilzsporen, Nematodeneier, Eier von *Philodina* sp., 1 mm<sup>3</sup> = 75 Individuen, von denen 27 im vollstem frischen Leben.

Dieses letztere Resultat gehört schon in die Reihe jener Befunde, die mich zur Überzeugung brachten, daß der Bodenfrühling stets der Entfaltung der bodenamphibischen Vegetation vorausseilt. Neben solchen lokalen Erscheinungen, zu deren Hervorruf schon eine ganz kurzandauernde Erhöhung der Lufttemperatur über den Nullpunkt genügt, stellte sich der Bodenfrühling nach meinen mehrjährigen Aufzeichnungen endgültig ein:

im Jahre 1911 zwischen 26. Januar und 15. Februar  
 " " 1912 " 19. Februar und 7. März  
 " " 1913 " 16. Februar und 27. März.

Unter Bodenfrühling ist hierbei verstanden, daß die Zahl der lebenden Individuen mindestens  $\frac{1}{5}$  der Gesamtzahl ausmacht, daß die Kieselalgen in Teilung und keine (oder nur verschwindend wenige) Wurzelfüßler mehr encystiert angetroffen werden.

Über die Phaenologie des Bodens gibt folgende Tabelle genauere Auskunft (die sich auf das Jahr 1911 und auf Oberbayern bezieht):

Die ersten lebenden Geobionten wurden angetroffen:

	Jänner	Februar	März	April
Diffflugia	—	—	31.	26. von da ab immer
Trinema	—	—	16.	von da ab immer
Amoeba	—	—	12., 27.	von da ab immer
Geococcus	—	—	10.	von 31. III. ab immer
Euglypha	26.	—	16.	von da ab immer
Nebela	—	—	16.	" " " "
Navicula	7. 26.	5. 23.	10., 12.	" " " "
Hantzschia	26.	15. 23.	12.	von " " "
Pinnularia	—	—	16.	— — —
Fragilaria	—	—	12.	— — —
Oscillatoria	7.	16.	von da ab immer	—
Cylindrospermum	—	—	12.	—
Pleurococcus	7.	—	von da ab immer	—
Schwärmer: (Gameten)	7.	—	—	—

Wie ersichtlich, tritt das allgemeine und massenhafte Erwachen im März, das der Kieselalgen aber schon im Januar ein. Sie verhalten sich also auch im Erdboden ähnlich wie im Süßwasser, in dem das erste Jahresmaximum der Bacillariaceen sich bereits unmittelbar nach dem Auftauen, meist schon im Januar einstellt. Die Rhizopoden erwachen später als die Kieselalgen, was vielleicht damit zusammenhängt, daß ihr Hauptaufenthaltsort, der Humus (Walderde), an sich eine „kältere“ Bodenart darstellt, als der sandig-lehmige Acker- und Wiesenboden, der dem Vorkommen der Bacillariaceen vornehmlich günstig ist.

Bezüglich der Jahresverbreitung der einzelnen Organismengruppen ergaben die Feststellungen für das Jahr 1911 folgendes Bild für die Bacillariaceen bzw. deren wichtigste zwei Gattungen (vgl. Abb. 19):

	Bacillariaceen überhaupt:	Navicula:	Hantzschia:
Januar	6	4	2
Februar	—	—	3
März	13	5	6
April	8	3	5
Mai	6	4	3
Juni	10	5	4

	Bacillariaceen überhaupt:	Navicula:	Hantzschia:
Juli	8	4	4
August	6	4	3
September	7	4	3
Oktober	4	3	1
November	2	1	1
Dezember	7	4	3

In dieser Tabelle bedeuten die Zahlen die Zahl der in den jeweils am Monatsende untersuchten Bodenproben gefundenen lebenden Kieselalgen.

Das Ergebnis graphisch dargestellt, läßt das dadurch erkannte ökologische Gesetz plastischer hervortreten:

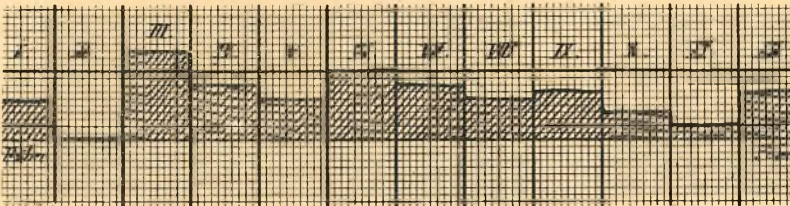


Abb. 19. Tabelle zur Veranschaulichung der Jahresverbreitung der edaphischen Bacillariaceen.

Zu bemerken ist, daß das Ansteigen im Dezember und Januar auf Föhnwindwirkungen zurückzuführen ist.

Als Allgemeinsatz ist hieraus abzuleiten: Die edaphischen Bacillariaceen haben das Minimum ihrer Häufigkeit im Winter. Dieses Minimum scheint um die Jahreswende zu kulminieren<sup>1)</sup>. Mit der Schneeschmelze erfolgt im März ein plötzliches Anschwellen auf das Jahresmaximum. Von da ab bleibt der Bestand wiederholt absinkend auf mittlerer Höhe. Die Kurve zeigt jedoch im allgemeinen sinkende Tendenz und senkt sich jäh Ende Oktober und Anfang November.

Damit ist die Erklärung gegeben für die Resultate, welche Engberding (Zentralblatt f. Bakteriologie II. Abt. 1909) erhielt, als er den Einfluß der Jahreszeit und Witterung auf die Bodenbakterien untersuchte.

Er fand, daß die Temperatur nur geringe Wirkung, um so mehr aber die Feuchtigkeit ausübe. Im Sommer wird das Optimum bei Sättigung der vollen Wasserkapazität erreicht, während Frost die Keimzahl herunderdrückt.

Nun hat man endlich Einblick in die längst bekannte Tatsache, warum sowohl die Ammoniakbildung wie andere Umsetzungen im Boden im Frühjahr und Herbst ein Maximum erreichen, im Winter und Hochsommer dagegen Minima aufweisen (Löhnis, Bakteriologie S. 596).

Die zweite Hauptgruppe des Edaphons, die Rhizopoden, weisen folgende Verhältniszahlen auf.

<sup>1)</sup> Nach den Untersuchungen im Winter 1912/13.

	Diffflugia	Trinema	Euglypha	Geococcus	allgemein Rhizopoden
Januar	3	3	2	1	9
Februar	3	2	1	—	6
März	1	2	2	4	9
April	3	2	1	—	6
Mai	5	2	2	1	10
Juni	5	4	4	2	15
Juli	4	3	2	1	10
August	3	2	1	1	7
September	1	1	1	—	3
Oktober	3	3	3	—	9
November	3	2	2	—	7
Dezember	2	2	1	—	5

Das graphische Bild wirkt dementsprechend ganz anders (Abb. 20):

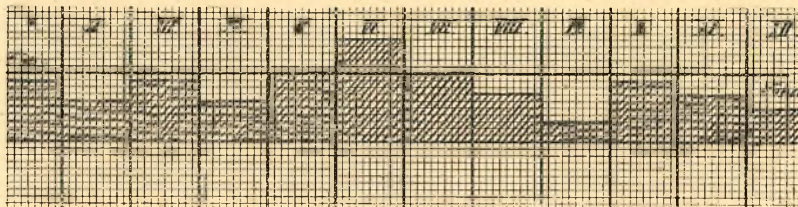


Abb. 20. Tabelle zur Veranschaulichung der Jahresverbreitung der edaphischen Rhizopoden.

In den Tabellen ist auch hier der Föhn ebenso zu berücksichtigen wie in den über die Bacillariaceen mitgeteilten.

Der für die Verbreitung der edaphischen Rhizopoden gültige Allgemeinsatz lautet:

Die Rhizopoden haben ihr Minimum im Winter, namentlich um die Jahreswende (Ergebnis aus Winterbeobachtungen 1912/13). Im März erfolgt ein rasches Ansteigen einzelner Formen (Geococcus), das allgemeine Ansteigen der Kurve ist aber auf den Mai-Juni verlegt, in welche Monate auch das Maximum fällt. Hierauf sinkt die Zahl, bis die Herbstregen im Oktober wieder ein nicht geringes Ansteigen mit sich bringen. Mit den ersten Nachfrösten sinkt die Zahl ganz bedeutend.

Ob dieses „Nachhinken“ in der Vermehrung der vorhin erwähnten Eigentümlichkeit der humosen Böden im Gegensatz zu den ariden zuzuschreiben sei oder aber der im allgemeinen langsameren Fortpflanzung der Rhizopoden gegenüber den sich rasch teilenden Bacillariaceen, muß ich dahingestellt sein lassen (Abb. 21—22).

<sup>1)</sup> Da Diffflugien etc. relativ leichter verwesen, als die Kieselschalen der Bacillariaceen, wurden ausnahmsweise auch frische Gehäuse in diesen Tabellen berücksichtigt und es ergab sich auch tatsächlich im Vergleich zu einer, nur aus der Zahl lebend beobachteter Rhizopoden zusammengestellten Vergleichstabelle, daß das Resultat in den Hauptzügen ziemlich gleich bleibt, es verschiebt sich nur das Maximum etwas mehr auf den Mai.

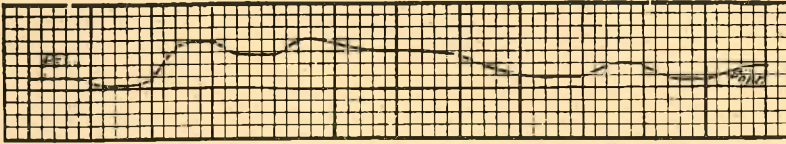


Abb. 21. Jahreskurven der lebendig gefundenen edaphischen Rhizopoden.

Wieder anders verläuft die Wachstumskurve für den drittichtigsten Komponenten des Edaphons, nämlich den Bodenpilz *Cladosporium humifaciens* und seine Genossen.

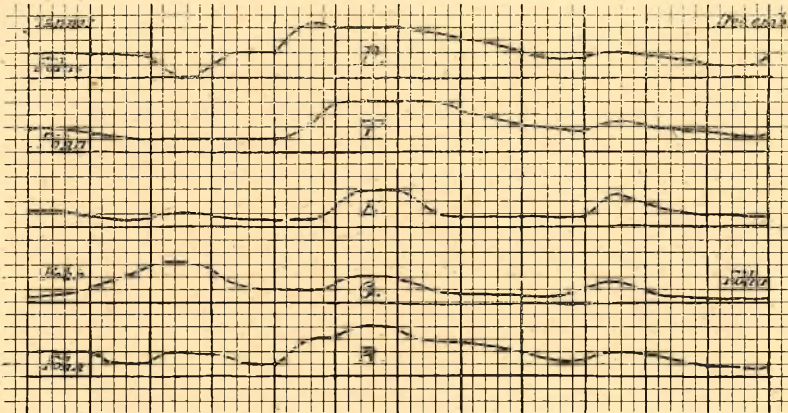


Abb. 22. Die Jahresverbreitung der wichtigsten Rhizopoden des Edaphons.  
*D* = *Diffflugia*, *T* = *Trinema*, *E* = *Euglypha*, *G* = *Geococcus*, *R* = Rhizopoden im allgemeinen.

In den Jahren 1911 und 1912 wurde darüber folgendes ermittelt:

Juli 1910 bis Juni 1911		1912	
Januar	mäßig reich,	Januar	wenig,
Februar	mäßig reich,	Februar	wenig,
März	wenig in Acker, reich in Wald,	März	reich.
Juli 1910 bis Juli 1912		1913	
April	mäßig reich,	April	mäßig reich,
Mai	sehr reich,	Mai	wenig,
Juni	sehr reich,	Juni	wenig,
Juli	reich,	Juli	wenig,
August	reich,	August	wenig,
September	mäßig,	September	reicher,
Oktober	reich,	Oktober	wenig,
November	sehr reich,	November	mäßig reich,
Dezember	mäßig reich,	Dezember	mäßig.

Da für *Cladosporium* natürlich ein Zählen der Fadenbruchstücke wenig Sinn hatte, beschränkte ich mich in meinen Notizen auf allgemeine Ausdrücke. Zu bemerken ist, daß die Angaben des Jahres 1911 aus vielen verschiedenen

Fundorten abgeleitet sind, während sich die des Jahres 1912 auf ein und denselben Quadratmeter Erde (im Versuchsgarten des Biolog. Institutes München) beziehen.

Soweit sich aus dem Mitgeteilten etwas ableiten läßt, ist es der Eindruck, daß die Pilzvegetation im Boden von den Temperaturverhältnissen fast gar nicht, von der vom Klima abhängigen Bodenfeuchtigkeit insoweit beeinflußt wird, als sich zur Schneeschmelze, sowie nach den Herbstregen üppigeres Wachstum zeigt. Wesentlich verschieden ist übrigens das Verhalten von Acker- und Waldboden und es wäre eine besondere Aufgabe, bei dem letzteren die Regulation des Wasserhaushaltes im Zusammenhang mit dem Fehlen oder Vorhandensein einer Moosdecke zur Beurteilung der Bodenpilzflora zu untersuchen.

Auch die Periodizität der Nematodenverbreitung wurde untersucht. Das Ergebnis ist folgendes:

Juli 1910 bis Juli 1911		1912	
Januar	0 (Eier)	Januar	0
Februar	9*) (Eier)	Februar	0
März	18	März	12
April	6	April	2
Mai	7	Mai	6
Juni	6	Juni	0
Juli	9	Juli	0
August	5	August	0
September	10	September	0
Oktober	12 (Eier)	Oktober	3
November	3	November	3
Dezember	6	Dezember	0

1911 ist von verschiedenen Fundorten zusammengestellt, 1912 bezieht sich auf den Versuchsgarten des Biolog. Institutes München. So lückenhaft auch das Resultat ist, so scheint doch aus ihm die gleiche Tatsache eines Frühjahrsmaximums und einer Zunahme nach den Herbstregen hervorzugehen. Den Winter verbringen die Nematoden wenigstens zur Zeit des Bodenfrostes im Eizustand, in dem sie auch, wie die im Biolog. Institut München von Herrn H. Lehmann angestellten Untersuchungen ergeben haben, durch Luftströmungen verbreitet werden.

Fassen wir also die Ermittlungen über den Einfluß der Temperatur- (und klimatischen) Verhältnisse auf das Edaphon zusammen, so darf wohl gesagt werden, daß auch den Geobionten in unserem Klima eine gewisse Periodizität durch den Bodenfrost aufgedrückt wird, der mit Ausnahme der Bodenpilze (und wie es scheint auch mancher Bacillariaceen) sie zu einer Unterbrechung des gewohnten Daseins nötigt. Die konstatierten Frühlings- und Herbstmaxima scheinen aber mehr von der Zunahme der Bodenfeuchtigkeit abzuhängen. Hierbei ist bei den Rhizopoden langsamere Entwicklung zu bemerken als bei den Bacillariaceen.

### C. Der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf das Edaphon.

In Ergänzung der im vorigen Abschnitt mitgeteilten Tatsachen seien hier die Untersuchungen über den Einfluß von Dürre, geringerer oder dauernd größerer Bodenfeuchtigkeit, bzw. des Grundwasserstromes zusammengefaßt.

1) Föhneinfluß.

Gab sich schon in den auf S. 51 abgedruckten Tabellen über die Jahresperiode von *Cladosporium* im Vergleich der Jahre 1912 und 1910 (1911) deutlich ein Vorseilen der Bodenpilzvegetation im außerordentlich regenreichen Sommer 1912 zu erkennen, so sprechen die Fundprotokolle über den (wenigstens in Württemberg) ausnehmend trockenen und heißen Sommer 1911 eine nicht weniger beredete Sprache, namentlich im Vergleich zu den Funden in der gleichen Zeit des viel niederschlagsreicheren Jahres 1910.

In Dinkelsbühl (M.-Franken) wurden in der regnerischen Woche vom 21. bis 28. Juli 1910 nach einem vorwiegend regnerischen Sommer gefunden: lebende Formen

in 1 mm <sup>3</sup>	Gartenerde	6 Individuen
„ 1 „	Ackererde	10 Individuen
„ 1 „	Wiesenboden	25 Individuen
„ 1 „	(gedüngten) Grasgarten	40 Individuen
„ 1 „	Waldboden	18 Individuen.

Um Schwäbisch-Hall (Württemberg) wurden in der heiteren Woche vom 18. bis 25. Juli 1911 nach dreiwöchentlicher Dürre bei 36° C max. Schattentemperatur gefunden: lebende Formen

in 1 mm <sup>3</sup>	Gartenerde	0 Individuen
„ 1 „	Ackererde	3 Individuen
„ 1 „	Wiesenboden	18 Individuen
„ 1 „	(ged.) Grasgarten	0 Individuen (Cysten)
„ 1 „	Waldboden	2 Individuen (nur Nematoden).

Hierbei ist zu bemerken, daß der Wiesenboden dicht am Kocher, in dessen Inundationsgebiet lag, also hohen Grundwasserstand besaß. Die Gartenerde enthielt 40 Organismengehäuse und Schalen, war also vor der Dürre reich belebt.

1 mm<sup>3</sup> enthielt also im feuchten Sommer durchschnittlich 68,63 Organismen,  
1 mm<sup>3</sup> enthielt im trockenen Sommer durchschnittlich 14,28 Organismen.

Der allgemeine Eindruck war, daß Dürre auf das Edaphon ähnlich wie Frost wirkt. Einige Auszüge aus den Untersuchungsprotokollen werden dies belegen.

1. Erdprobe aus Schwäb.-Hall. Ackerboden (Weizenfeld). Boden rissig, steinhart eingetrocknet. Oberfläche. 20. Juli 1911.

Sehr viele Quarzprismen und Oktaëder, *Geococcus vulgaris* (Gehäuse), *Diffugiella* sp. (Gehäuse), *Pleurococcus*zelle (lebend), *Hantzschia amphioxys* (Schale), ganz wenig *Cladosporium humifaciens*. 1 mm<sup>3</sup> = 5 Individuen, davon nur 1 lebend.

2. Erdprobe aus Schwäb.-Hall. (Gartenerde aus den Ackeranlagen). 20. Juli 1911. Oberfläche. Staubtrocken.

*Navicula borealis*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia* sp., *Navicula atomus*, *Geococcus vulgaris*, *Navicula mutica*, *Cladosporium humifaciens*. Reich. 1 mm<sup>3</sup> = 40 Individuen, meist *Hantzschia*. Jedoch nur Schalen. Nichts lebend.

Da auch *Hantzschien* gefunden wurden, die bei völlig intakten Chromatophoren durchaus regungslos waren und erst nach mehrstündigem reichlichen Befeuchten der Bodenprobe ihre gewohnte Beweglichkeit wieder erlangten, ist es nicht ausgeschlossen, daß die Kieselalgen die Zeit größter Trockenheit in einer Trockenstarre verbringen, wofür in der sattsam bekannten Anabiose der Rotatorien und Tardigraden längst ein Gegenstück bekannt ist. Auch das Vorhandensein von Cysten deutet auf besondere, den Kälteanpassungen

entsprechende Anpassungen zur Überwindung von Trockenperioden. Daß *Pleurococcus*zellen auch im trockensten Bodenstaub vegetieren, wird ihnen wohl nur durch die verschleimte Zellmembran ermöglicht. Sehr lehrreich war zur Beurteilung dessen die Untersuchung von „Tintenstrichen“ in den Kalkalpen, jenen bekannten schwarzen vertikalen Vegetationsstreifen an senkrechten Felswänden, an denen temporär oder dauernd Wasser herabsickert. Meisthin leben diese Tintenstriche nur von der, sich von Regen zu Regen wiederholenden Befeuchtung, sind also oft dazu verurteilt, an vollkommen nackter Felswand wochenlang der sengendsten Sonne ausgesetzt zu sein, die, wofür M. Oettli Angaben beibringt<sup>1)</sup> und wie auch eigene Erfahrung jeden Alpinisten lehrt, sich annähernd auf 60° C, mindestens so erhitzen kann, daß die Berührung des Felsen mit bloßer Hand auf die Dauer kaum möglich ist. Die mikroskopische Untersuchung eines solchen Tintenstrichüberzuges an vollkommen trockener, nahezu senkrechter Kalkwand im Vorderkaisergebirge in Tirol („Am Roger“) am 30. Oktober 1910 ergab folgende Fauna und Flora:

*Heleopera petricola*, *Nebela collaris*, *Philodina erythropthalma*, *Cylindrospermum* sp., *Hypheothrix tenuissima*, *Stichococcus*zellen, *Nostoc punctiforme*, *Gloeocapsa sanguinea* (violett), *Navicula borealis*, junge Moospflanzen. Alles in unzählbarer Menge.

Es überwogen die in Gallerte eingebetteten und durch schleimige Scheiden geschützten Schizophyceen, so daß ich nicht anstehe, diese Gallertbildungen für eine Anpassung an das Luft- bzw. Erdleben zu halten.

Die gleiche Vermutung drängt sich für die Tatsache auf, daß die Kieselalgen als Assimilationsprodukt nicht Stärke, sondern fettes Öl erzeugen. Gerade sie ertragen auch einen Grad der Austrocknung, der geradezu in Erstaunen versetzt. Versuche, die ich hierüber anstellte, ergaben folgendes:

*Navicula* aus Wiesenerde, gesammelt zu Interlaken (Schweiz) am 30. Juni 1911 wurde in geringer Erdmenge in einer Papierdüte lufttrocken aufbewahrt. Wiederholt untersucht, waren die Kieselalgen bis zum 16. Juli 1911 noch völlig lebendig und beweglich. Die Erde war inzwischen zu einem staubigen Pulver zerfallen.

Erdproben aus dem Spaltenhumus des Roger (Kaisergebirge), gesammelt am 30. Oktober 1910, wurden in Holzschachteln lufttrocken aufbewahrt. Am 27. Mai 1913 waren darin die *Gloeocapsen* und *Hypheothrix*, ebenso *Nostoc* noch frisch und lebten auf Befeuchtung wieder auf.

Es gelten also auch für die niederen Geobionten dieselben Gesetze, welche bereits das 17. und 18. Jahrhundert staunenden Auges an der Rotatorienanabiose erkannt hatte. (Zusammengestellt in Ehrenberg, *Die Infusionstierchen*. 1836.)

Übrigens kann auch *Amoeba terricola* durch ihre Membran völlig austrocknen, wie Pénard neuerdings gezeigt hat. Sie schrumpft dann ein, ohne sich zu encystieren, so wie sie auch 8—10 Tage in reinem Wasser zubringen kann, ohne abzusterben.

Das vornehmste Mittel der edaphischen Einzeller, um Unterbrechungen der Lebenstätigkeit ohne Schaden zu überstehen, ist jedoch dennoch nicht die Anabiose, sondern die Encystierung.

Cysten wurden das ganze Jahr über gefunden, wie aus nachstehender Zusammenstellung hervorgeht:

<sup>1)</sup> M. Oettli, Beiträge zur Ökologie der Felsflora. Zürich 1904. S. 49. Ähnliches auch bei E. Whymper, Berg- und Gletscherfahrten. Braunschweig 1886.



	zusammen	Waldboden	Wiesenboden	Ackerboden
Januar	8	4	4	0
Februar	7	4	3	0
März	6	0	3	3
April	5	0	3	2
Mai	17	7	0	10
Juni	2	0	2	0
Juli	19	8	4	7
August	9	5	4	0
September	5	0	5	0
Oktober	9	0	9	0
November	7	0	4	3
Dezember	11	4	4	3

Es spielt sich also ein nicht unerheblicher Teil des Geobiontenlebens im Cystenzustand ab. So wie das Meeresplankton stets einen ansehnlichen Prozentsatz an Eiern enthält, finden sich auch im Edaphon regelmäßig Nematoden, — Rotatorien — Tardigradenier, Pilzsporen der verschiedensten Form, Hefezellen, farblose, auch rote und goldgelbe Cysten (Auxosporen von Bacillariaceen?). Nur die Rhizopoden encystieren sich, wie bereits erwähnt, innerhalb des Gehäuses (vergl. Abb. 23).

Die große Zahl der Cysten im Mai erklärt sich durch noch eingetretene Nachfröste, gegen die gerade die soeben erwachte edaphische Tierwelt empfindlich zu sein scheint. Die auffallende Steigerung im Juli bis August läßt darauf schließen, daß auf Dürre (Sommerauströcknung des Bodens überhaupt) fast noch intensiver reagiert wird, als auf die Abspernung der Bodenwasserleitung durch die Winterfröste.

Übrigens beherbergt auch die Tiefe (bis  $\frac{1}{2}$  m) Cysten in größerer Zahl als die Oberfläche, desgleichen die alpine Region, sowohl im Boden der „Schneefleckflora“, als auch unter Lawinenresten, in tieferen Zonen, wie im allgemeinen über 1700 m. Als Belege hierfür kann ich anführen:

1. Almboden der Kothalm bei Kochel (Bayern). Unmittelbar unter dem Schnee, doch Boden nicht gefroren. Soldanellen am Fundort gerade in Knospen. 12. Mai 1911.

Wenig Cladosporium, Diffflugia urceolata, farblose Cyste.  $1 \text{ mm}^3 = 10$  Individuen, davon 9 Cysten.

2. Erdprobe vom Heimgarten (Bayer. Alpen), Südseite, Latschenregion. Unter Alpenrosen in zirka 1550 m Höhe. 1. Juni 1911.

Cladosporium, Diffflugia globulosa (mit Cysten), Diffflugia urceolata, D. constricta, Euglypha alveolata, Hyalosphenia elegans, Trinema acinus, Stichococcus, farblose Cysten, Pilzsporen.  $1 \text{ mm}^3 = 73$  Individuen, davon 15 lebend und 12 Cysten. Leitform: Diffflugia.

3. Erdprobe vom Lafatscher Joch (Tirol). 2085 m Höhe. Unter Silene acaulis-Rasen in 2 cm Tiefe. 25. August 1910.

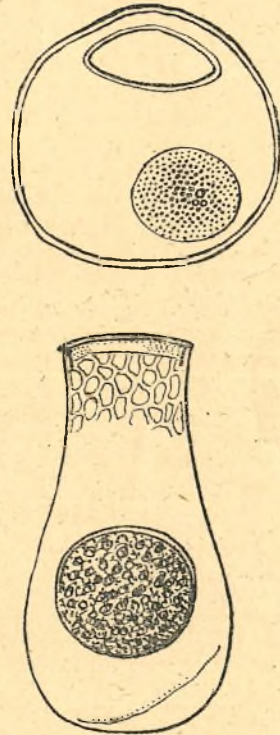


Abb. 23. Cysten im Edaphon. Oben Trinema, unten Nebela.

*Cladosporium humifaciens*, Moosrhizopoden, farblose Cysten, Pilzsporen. Fast keine Humusbestandteile, keine Mikroorganismen außer Bodenpilzen und Cysten.

Diesen Befunden entsprechend zeigen auch die „trockenen“ Böden im allgemeinen geringere edaphische Besiedelung als die feuchten.

Über das Extrem informieren die nachstehenden Untersuchungsprotokolle:  
1. Kernhag bei Scheyern (Ober-Bayern). Waldblöße im Gebiet der tertiären Sande. Reiner zusammengebackener lehmiger Sand. Vegetationslos. 3. Mai 1911.

*Navicula affinis* (1 Schale). Ganz wenig *Cladosporium*.  $1 \text{ mm}^3 = 1$  Individuum.

2. Helgoland. Düne. Völlig unbewachsener reiner Sand von der weißen Düne. Juli 1912.

Reine glashelle Quarzkörner etwa 5—6 mal so groß wie in der „Erde“. Manche eisenrostbraun. Öfters korrodiert. Bräunliche Olivin (?) -plättchen. Organismenfrei.

Als Gegensatz hierzu:

3. Dinkelsbühl (Mittel-Franken). Früher verlandeter Teich, jetzt feuchte Wiese. 26. Juli 1910.

(Nähere Angaben bereits vorhin mitgeteilt.)  $1 \text{ mm}^3 =$  annähernd 300 Individuen.

Aus den gesamten Untersuchungen ging folgende Tabelle hervor, in der Moor und Sumpfboden deshalb auseinandergelassen wurden, weil durch den Gehalt an Humussäuren wenigstens für die bodenamphibischen Vegetationen auch das nasseste Moor „physiologische Trockenheit“ bedeutet, es also von vornherein geboten war, auch für die edaphischen Thallophyten diese Möglichkeit zu beachten.

Die Zusammenstellung mußte sich auf Wiesenboden beschränken, da Ackerbau natürlich nur auf Böden mittlerer Bewässerung möglich ist und mir aus Sumpfwäldern, wie sie z. B. an der Theiß oder in Brüchen (Oderbruch, Spreewald) vorkommen, kein Material erlangbar war. Für alles andere spreche die Tabelle selbst:

#### Wiesenboden:

Extrem feuchter Boden		Feuchte Wiese	Trockene Wiese	Extrem trockene Wiese Xerophile Veget.
Sumpf	Moor			
<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia</i>	—	—	—
<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>
<i>Nitzschia</i>	—	<i>Nitzschia</i>	—	—
<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia</i>	—
<i>Oscillatoria</i>	—	—	—	—
<i>Pleurococcus</i>	—	<i>Pleurococcus</i>	—	—
<i>Amoeba</i>	—	<i>Amoeba</i>	—	—
<i>Euglypha</i>	<i>Euglypha</i>	<i>Euglypha</i>	<i>Euglypha</i>	—
<i>Pseudochlamys</i>	<i>Pseudochlamys</i>	—	—	—
<i>Diffugia</i>	<i>Diffugia</i>	<i>Diffugia</i>	<i>Diffugia</i>	—
<i>Geococcus</i>	—	<i>Geococcus</i>	—	<i>Geococcus</i>
<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i>	—
—	<i>Nebela</i>	<i>Nebela</i>	—	—
—	<i>Arcella</i>	—	—	—
—	<i>Desmidium</i>	—	—	—
—	<i>Pleurotaenium</i>	—	—	—
—	<i>Calocylindrus</i>	—	—	—
—	—	Rotifer	—	—
<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>
—	—	—	<i>Gomphonema</i>	—
—	Nematoden	Nematoden <sup>1</sup>	Nematoden	—

Über die quantitative Verteilung wurde folgendes ermittelt: Es enthalten durchschnittlich pro mm<sup>3</sup>:

Extrem trockener Wiesenboden . . . . .	1—3 Individuen.
Normal " " . . . . .	14 "
(Saure Wiese) Feuchter " . . . . .	36—39 "
Extrem nasser " (Moor) . . . . .	27—81 "
" " " (sumpfige Wiese) . . . . .	30—300 "

Es zeigte sich insofern ein Unterschied zwischen Sumpf- und Moorboden, als der erstere wesentlich reicher an Organismen aller Art ist, während unter denen des Moorbodens beschaltete Rhizopoden und Desmidiaceen vorwiegen. Moorboden geht, namentlich im Sphagnetum, unmittelbar in jene reichen Rhizopodenbestände über, von denen I. Leidy und Taranek ein so anziehendes Bild entworfen haben. An einem einzigen Fundort enthalten sie dann im Sphagnum und wässerigen Moorgrund bis 142 Rhizopodenarten, worüber A. Himmer nach seinen im Biologischen Institut München angestellten Untersuchungen ausführlicheren Bericht erstattet hat<sup>1)</sup>.

Am reichsten sind neben gewesenem Sumpfboden und feuchten Wiesen und Mooren in absteigender Reihenfolge: Moosige Wiesen (und Äcker), dann Wiesen, Weiden, sonnige Grasfluren (und Äcker) an Berghängen, Triften; am ärmsten sind sonnige mergelige, erdiglehmige Stellen ohne Vegetation.

Extrem trockener Boden beherbergt im Durchschnitt	2 Gattungen,
Normaler Wiesenboden " " " "	5 "
Feuchte Wiesen beherbergen " " " "	9 "
Moor- und Sumpfboden beherbergen " " " "	13 "

Als des Wasserreichtums „Leitform“ kann nach meinen Befunden *Pinularia* gelten, als Leitformen mooriger Böden die beschalteten Rhizopoden. Als häufigste Form in allen Wiesen und Äckern: *Navicula*.

Als Allgemeinsatz ist demnach abzuleiten: Mit zunehmendem Wassergehalt (steigendem Grundwasser) steigert sich die Zahl und Mannigfaltigkeit der edaphischen Lebensformen.

## D. Der Einfluß der geographischen Situation auf das Edaphon.

(Klimatologie des Edaphons.)

Mit dem Fragenkomplex des Einflusses der Temperatur, Niederschläge, des Grundwassers hängt auf das innigste auch die Beeinflussung des Bodenlebens durch das Klima bzw. die geographische Situation des jeweiligen Lebensortes zusammen.

Untersuchungen über das Edaphon des tropischen, subtropischen und arktischen Lebensbezirkes sind erst im Gange und gestatten noch kein abschließendes Urteil. Ebenso wenig kann hier definitives gesagt werden über die geographische Verbreitung der edaphischen Formen. Wenn aber, wie aus dem Vergleich europäischen Materials mit dem Edaphon sibirischer Steppenerde und afrikanischer Boden hervorgeht, in so weitem Verbreitungsbezirke dieselben Leitformen wiederkehren, liegt der Schluß nahe, daß auch das Edaphon so wie das Plankton im allgemeinen ubiquitäre Verbreitung besitzt.

Durch das Entgegenkommen russischer Behörden 1912 wurde ich in den Stand gesetzt, eine große Zahl musterhaft gesammelter Bodenproben aus

<sup>1)</sup> A. Himmer, Die Rhizopodenfauna des Schwarzsees in Tirol. (Arbeiten aus dem Biolog. Institut München. Nr. 5.) (Kleinwelt 1914.)

Rußland, Sibirien, sowie aus Turkestan geobiologisch zu untersuchen, über die in der russischen Zeitschrift „La pédologie“ Bericht erstattet wurde<sup>1)</sup>. Aus diesen Befunden sei vergleichsweise folgendes Protokoll hier mitgeteilt:

Probe aus dem Ischim'schen Kreis. Gouv. Tobolsk. (W. Sibirien) (Ischimsche Expedition).

Humusreiche, wurzelfilzige, schokoladenbraune Steppenerde mit viel Pflanzenresten.

Enthält wenig Cladosporium, dagegen sehr viel (in absteigender Reihenfolge) Hantzschia amphioxys, Diffflugia globulosa, D. constricta, Trinema acinus, Geococcus vulgaris, Navicula borealis, Pinnularia sp., Euglypha mucronata (ähnliche Form), Nitzschia sp., Euglypha alveolata, Assulina seminulum, Navicula mutica, Navicula atomus, Diffflugia pyriformis. 1 mm<sup>3</sup> = 201 Individuen.

Die übrigen, in dem vorliegenden Bericht durchgearbeiteten Befunde beziehen sich auf Fundorte aus ganz Deutschland, ferner aus Teilen von Österreich, der Schweiz und Frankreich, also fast ganz Mitteleuropa und gestatten das Urteil, daß innerhalb dieses Bereiches kein Unterschied in den Arten der edaphischen Besiedelung von Orten mit gleicher ökologischer Situation zu bemerken ist.

Anders verhält es sich jedoch mit der vertikalen Verbreitung des Edaphons, über die ich folgende umfassende Untersuchungsreihe vorlegen kann:

Die Untersuchungen reichen von Niederungen unmittelbar am Meeresspiegel bis zur Höhe von 2780 m, lassen sich aber auch durch Angaben von G. Chr. Ehrenberg ergänzen, der bei gelegentlicher Untersuchung von Erdproben vom Gipfel des Monte Rosa in 4284 m Höhe von dort folgende Arten angibt:

Eunotia (= Hantzschia amphioxys), Fragilaria Rhabdosoma, Gallionella granulata, G. tenerrima, G. procera, Diffflugia (= Assulina) seminulum, Eunotia monodon, Navicula nivalis und Pinnularia (= Navicula borealis).

Am Monte Rosa in 11770 m Höhe fand sich: Assulina seminulum, Hantzschia, Navicula borealis etc. Desgleichen viele Tardigraden.

Daß Heinze Azotobacter im Hochgebirge für die Humusbildung verantwortlich macht, wurde schon erwähnt; dagegen stellt Ramann fest, daß wenigstens die Bodenbakterien in großen Höhen nicht zahlreicher als unten sind.

Als allgemeines Ergebnis ließ sich hierbei feststellen, daß die Zahl der Geobionten, abgesehen von allen durch Lokalverhältnisse (Feuchtigkeit etc.) bedingten Unterschieden, dennoch mit steigender Höhe gewisse gesetzmäßige Verschiebungen erleidet. Und zwar nimmt im Kalkgebirge (bayer.-tirol. Kalkalpen) die Zahl der Bacillariaceen von 519 m bis 2085 m ständig ab, dagegen nehmen die Rhizopoden, wenn auch nicht in gleichem Maße, zu.

Zugleich zeigte sich jedoch, daß das Problem sehr verwickelt ist und auf das engste mit den Fragen des chemischen Substrates, also der geologischen Beschaffenheit der Berge zusammenhängt. Aussicht auf Erfolg war daher nur zu erwarten, wenn man sich auf einen Gebirgszug von möglichst einheitlichem Bau (geologischer Herkunft) und ähnlicher Oekologie der Fundorte beschränkte. Als solcher wurde das Kaisergebirge in Tirol gewählt, da es von München aus leicht erreichbar und von einem so ausgezeichneten Steignetz durchzogen ist, daß es leicht war, in allen gewünschten Höhenlagen von ökologisch annähernd konformen Orten Proben zu entnehmen.

<sup>1)</sup> Vgl. R. Francé, Neue Untersuchungen auf dem Gebiet der biolog. Bodenkunde (La Pédologie 1913).

Die Erdproben wurden alle im Laufe der gleichen Vegetationszeit (1910 und 1911) gesammelt. Nur eine Angabe (Pendling) bezieht sich nicht unmittelbar auf das Kaisergebirge selbst, sondern auf einen Gipfel des ihm unmittelbar vorgelagerten und mit ihm geologisch identischen Gebirgszuges.

- In 488 m abs. Höhe enthielten die Erdproben aus den Kufsteiner Wiesen 42 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In ca. 900 m abs. Höhe aus dem Felsenhumus der Rasenbänder des Roger 86 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In ca. 1250 m abs. Höhe aus dem Almboden am Brentenjoch 71 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In ca. 1350 m abs. Höhe aus dem Almboden bei der Rietzalm 45 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In ca. 1560 m abs. Höhe aus dem Wiesenboden am Pendling 36 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In 1650 m abs. Höhe aus dem rasigen Boden im Kar „Im Friedhof“ 19 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In ca. 1750 m abs. Höhe aus den Grasflecken zwischen Felsen am Stripsenjoch 9 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.  
 In ca. 2000 m abs. Höhe unter Polsterpflanzen auf der Pyramidenspitze 1 edaph. Org. im mm<sup>3</sup>.

Das Verhältnis der Kieselalgen zu den Rhizopoden gestaltete sich in diesen Befunden wie folgt:

		1 mm <sup>3</sup>	
488 m Kufstein	30 Bacillariaceen	6	Rhizopoden
900 „ Roger	18 „	65	„
1250 „ Brentenjoch	13 „	55	„
1350 „ Rietzalm	16 „	25	„
1560 „ Pendling	3 „	9	„
1650 „ „Im Friedhof“	0 „	13	„
1750 „ Stripsenjoch	0 „	6	„
2000 „ Pyramidenspitze	0 „	1	„

Im Urgebirge (Glimmerschiefer) waren mir zwar ähnliche systematische Untersuchungen bislang nicht möglich, immerhin dürften die vorliegenden Angaben nicht ohne Vergleichswert sein.

ca. 500 m. Ackerfeld bei Schwaz in Tirol. 2. Juli 1911. (Glimmerschieferzone) 1 mm<sup>3</sup> = 46 Individuen, meist Bacillariaceen. (*Navicula affinis*, *Navicula mutica*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula* sp. (sima-ähnlich), *Mesotaenium Endlicherianum* (lebend), *Isocystis* sp., wenig *Cladosporium humifaciens*, Nematoden, *Trinema acinus*, 24 Individuen (lebend), vorwiegend Kieselalgen.

570 m. Wiesenboden der Rugenau bei Interlaken (Schweiz). 30. Juni 1911.  
*Navicula affinis*, *Hantzschia amphioxys*, *Cladosporium humifaciens*, Pilzsporen (zu tausenden). 1 mm<sup>3</sup> = 13 Individuen, davon 7 lebend, vorwiegend Kieselalgen.

ca. 1100 m. Wiesen zwischen les Bossons und les Praz d'en bas bei Chamonix (Frankreich, Abhänge des Montblanc). Juni 1911.

*Navicula borealis*, *Navicula mutica*, *Gomphonema* sp., *Trinema acinus*, *Cladosporium humifaciens*, 1 mm<sup>3</sup> = 16 Individuen, vorwiegend Kieselalgen.

- ca. 1630 m. Wiesen bei Zermatt (Schweiz). Juni 1911. *Navicula borealis*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula* sp., wenig *Cladosporium*. 1 mm<sup>3</sup> = 22 Individuen, darunter 4 lebend. Am meisten *Navicula*.
- ca. 2780 m. Almboden am Gornergrat bei Zermatt (Schweiz). 29. Juni 1911. (Erde sehr glimmerreich). Apere Stelle zwischen Schnee.  
*Navicula borealis*, Nematoden (lebend). Wahre Kieselgur von *Navicula*. 1 mm<sup>3</sup> = 40 Individuen. Viele Bruchstücke von *Bacillariaceenschalen*.

Vergleicht man diese Befunde, wird man trotz ihrer Lückenhaftigkeit zu der Überzeugung geführt, daß im Vergleich gegen das Tal anfänglich eine Zunahme des Edaphons unabhängig von dem geologischen Substrat stattfindet, daß aber über 1700—1800 m die Abnahme unverkennbar ist. Vergleicht man damit die meteorologischen Angaben, wird man dies nicht unverständlich finden. Der Zunahme des Edaphons entspricht die Zunahme der Niederschläge in der unteren alpinen Zone; die allgemeine Abnahme der Formen in den Höhen über 1700 m wird man vielleicht den gleichen Ursachen beimessen müssen, die den xerophilen Habitus der Alpenflora bedingen. Nur wird hierbei die mit der Höhe zunehmende Frostdauer wohl noch mehr Einfluß geltend machen, als auf die phanerogame Vegetation.

Daß die *Bacillariaceen* im Kaisergebirge so auffallend rasch mit zunehmender Höhe verschwinden, am Matterhornstock aber noch auf 2780 m Höhe reichlich vorhanden sind, scheint auf eine allgemeine Kalkfeindlichkeit der Kieselalgen zu deuten, die ihr Gegenstück in der gemeinbekannten Kalkfeindlichkeit der *Desmidiaceen* hat.

Im allgemeinen ergaben darauf gerichtete Untersuchungen folgenden Einblick in den Zusammenhang zwischen Kieselalgenverbreitung und chemischer (petrographischer) Beschaffenheit des Substrates.

Kalkboden (Kalkgebirge) triassische Kalke	Kieselboden (Gneiß und Granit)	Sandstein (Lettenkohle)	Lehm und Mergelböden	Sandboden (tertiäre Meeressande)
<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>
—	<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia</i>	—	<i>Hantzschia</i>
—	—	<i>Nitzschia</i>	—	—
—	—	<i>Pinnularia</i>	—	—
<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i>	—	<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i>
<i>Geococcus</i>	<i>Geococcus</i>	<i>Geococcus</i>	—	<i>Geococcus</i>
—	<i>Diffugia</i>	—	<i>Diffugia</i>	<i>Diffugia</i>
—	<i>Euglypha</i>	—	<i>Euglypha</i>	<i>Euglypha</i>
—	<i>Phryganella</i> <sup>1)</sup>	—	—	—
—	—	<i>Diffugiella</i>	—	—
—	—	—	<i>Nebela</i>	—
—	—	—	<i>Amoeba</i>	<i>Amoeba</i>
<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> <sup>2)</sup>
—	Nematoden	Nematoden	—	Nematoden
—	<i>Cylindrospermum</i>	—	<i>Cylindrospermum</i>	—
—	—	—	—	<i>Stichococcus</i>
—	<i>Mesotaenium</i>	—	—	—
—	—	<i>Pleurococcus</i>	—	—

<sup>1)</sup> Es ist zu beachten, daß nach Awerinzew's Untersuchungen (Die chemische Zusammensetzung der Gehäuse von Süßwasser-Rhizopoden. Archiv für Protistenkunde 1906) die Innenschicht aller Rhizopodengehäuse Kieselsäure enthält.

<sup>2)</sup> Sehr viel.

Zur Tabelle ist zu bemerken, daß die Angaben sich nur auf Fundorte beziehen, an denen wenig Humus vorhanden war, also die chemische Beschaffenheit des Substrates zur Geltung kam. Es zeigte sich nämlich bald, daß bei Humusansammlungen die Unterschiede zwischen Kalk- und Kieselorganismenwelt völlig verwischt wurden, analog den Erfahrungen, die man mit der Kalk- und Kiesel flora im allgemeinen machte. Ganz besonders deutlich ging dies aus der Untersuchung von Spaltenhumus im Kalkgebirge hervor, wofür als Beweis nachstehende Protokolle gelten sollen:

Spalten-Humus aus der Nordwand der Benediktenwand (Wettersteinkalk) in ca. 1650 m Höhe. 21. Oktober 1910.	Schwarzer Humus zwischen Felsen am Pendling (Tirol) [Wettersteinkalk] ca. 1560 m Höhe. 13. Oktober 1910.	Brauner Humus in Felsspalten an dem Heimgartengrat (O.-Bayern) [Trias-Kalke] ca. 1400 m Höhe. 26. Oktober 1910.
Oscillatoria	—	Oscillatoria
Diffugia	Diffugia	Diffugia
Trinema	Trinema	Trinema
Euglypha	—	Euglypha
Nebela	—	—
Amoeba	—	—
Quadrula (symmetrica)	—	—
Arcella (vulgaris)	—	—
Navicula	—	Navicula
—	Hantzschia	Hantzschia
—	Stichococcus	Stichococcus
Gloeocapsa (punctata)	—	—
—	—	Mesotaenium
—	—	Rotifer
—	Nematoden	—
—	Philodina	—
—	Cladosporium	—
1 mm <sup>3</sup> = 52 Individuen	1 mm <sup>3</sup> = 36 Individuen	1 mm <sup>3</sup> = 150 Individuen

In humusarmen Böden tritt dagegen mit aller Bestimmtheit hervor, daß das Edaphon sich als silicophile Lebensgemeinschaft darstellt, daß namentlich die edaphische Kieselalgenflora nicht weniger kalkfeindlich zu sein scheint, als die Desmidiaceen. Ebenso zweifellos ist es aber, daß dem Gedeihen der edaphischen Organismen das Vorhandensein von Humus überaus günstig ist. Dies lenkte die Aufmerksamkeit darauf, ob der Humus zu den notwendigen Lebensbedingungen des Edaphons gehört.

Die Tatsache, daß nicht reiner Humus, wie er in der alpinen Region, im besonderen als Spaltenhumus sich dem Studium in unübertrefflich reiner Ausbildung darbietet, die reichste Besiedelung aufzuweisen hat, deutet nun nicht gerade in dieser Richtung.

Als Illustration diene hierfür nachstehende Zusammenstellung:

Reiner Humus enthält im Durchschnitt<sup>1)</sup> 60 Organismen im mm<sup>3</sup>,  
 Moorboden, humusreich, im Durchschnitt 46 Organismen,  
 Sandsteinboden an humusarmen Stellen, im Durchschnitt 55 Organismen,  
 Kieselboden (Granit etc.) an humusarmen Stellen, im Durchschnitt 33 Organismen,  
 Sandboden an humusarmen Stellen, im Durchschnitt 61 Organismen,  
 Lehmboden (Mergel) an humusarmen Stellen, im Durchschnitt 41 Organismen,

<sup>1)</sup> Von ca. 160 Erdproben.

Kalkboden (Kalkgebirge) an humusarmen Stellen, im Durchschnitt 1,5 Organismen.

In reinem Humus überwiegen die Rhizopoden,			
In Moorboden	„	„	„
In Sandsteinboden	„	„	Bacillariaceen,
Im Urgebirge	„	„	„
In Sandboden	„	„	„
Im Kalkgebirge	„	„	Rhizopoden.

Um die Frage zur Entscheidung zu bringen, wurde der Untersuchung von Neuland, also vollkommen humusfreier Bodenarten besondere Aufmerksamkeit zugewendet.

Zu dem vorhin nach anderer Seite bereits gewürdigten Befunden im reinen, vegetationslosen Sand von Kernhag (Bayern) und der weißen Düne von Helgoland gesellten sich auch Untersuchungen über die erste Verwitterungsrinde am nackten Fels, die jede Möglichkeit von Humusverwertung für die edaphischen Organismen ausschlossen.

Hierüber stellte im Biolog. Institut München Herr Dr. F. Falger unter meiner Leitung besondere Untersuchungen an, über welche bereits eingehend berichtet wurde<sup>1)</sup>. Hierbei zeigte sich, daß die Cyanophyceen unter den gefundenen 75 Arten mit 31 Arten am meisten vertreten sind, während die Chlorophyceen (nur einzellige Formen) namentlich auf Kalk eine größere Rolle spielen als die Diatomaceen. Bodenpilze, Rhizopoden und Ciliaten (nur ein hypotriches Infusor) sind ebenso wie die höheren Tiere nur an den Stellen vertreten, die stark besiedelt waren.

Merkwürdigerweise war der Sandstein (Vorarlberger Alpen) weitaus am meisten, weniger der Kalk und kristalline Schiefer (der meist von Chlorophyceen angegriffen wird, während die Cyanophyceen zurücktreten), am wenigsten der Mergel besiedelt, wobei Sandstein pro cm<sup>2</sup> etwa 22000 Cyanophyceen und 2000 Diatomeen als Lithobionten enthielt.

Seit diesen Untersuchungen ist es klar, daß diesen Lithobionten „der Rang als erster Erschließener neuer Wohnstätten des Lebens gebührt, den man bisher allgemein den Flechten zugeteilt hat.“ (Falger op. cit. p. 7.)

Als Beleg diene folgender Auszug aus meinen eigenen Protokollen:

1. Verwitterungsrinde von Klingstein (Phonolith)-felsen bei Platten in Böhmen. (Gesammelt von R. Träger-Platten.) Juni 1912.

Cladosporium, Trinema acinus, farblose Mycelien, Protococcuszellen (in ganzen Häuten), Hantzschia amphioxys.

2. Graugrüne Verwitterungsrinde an reinem Sandstein. (Affensteine in der Hölle. Sächsische Schweiz. Elbsandsteingebirge.) Juli 1912. (Gesammelt von R. Francé.)

Cladosporium humifaciens, Mesotaenium caldariorum, Protococcus-Zellen, Moosprotonema, Trinema acinus, Gloeocapsa punctata, Assulina seminulum, Navicula borealis, N. affinis, Nematoden, goldgelbe Cysten. 1 mm<sup>3</sup> = 102 Individuen, meist Mesotaenium, Gloeocapsa, viele Nematoden.

3. Reiner Meeressand von Stavoren (Holland), Juli 1912. (Gesammelt von R. Francé.) (Flugsand.) Völlig reine, abgeschliffene Quarzkörner, Feldspatplättchen, Granaten, ohne mikroskopisch erkennbare Humusbestandteilchen und Organismen.

<sup>1)</sup> F. Falger, Die erste Besiedelung der Gesteine. (Arbeiten an dem Biolog. Institut München Nr. 3.) (Kleinwelt 1914.)



4. Oberfläche der grauen Düne bei Wilhelmshöhe auf Norderney. Bewachsen mit *Calamagrostis*, *Cakile*, *Armeria*, vereinzelt Moospäckchen. Das Material stammt aus reinem, zusammengebackenem, faserdurchzogenem Sand. (Juli 1912. Gesammelt von R. Francé.)

*Cladosporium* (relativ viel), Pilzsporen, *Oscillatoria tenerrima*, *Hantzschia amphioxys* (lebend), *Navicula* sp. (lebend), *Diffflugia globulosa*, *Trinema acinus*, *Isocystis infusionum*.  $1 \text{ mm}^3 = 100$  Individuen, davon 41 lebend, am meisten *Navicula*, dann *Oscillatoria*.

5. Schlammiger Sand mit Gräsern, *Cakile* (?) von Carolinensiel bei Wittmund (Friesland), Außendeich, dicht an der Fahrrinne. (Gesammelt von G. Hibben-Leer.) 30. Juni 1912.

Spongillennadeln, *Navicula mutica*, *Coscinodiscus* sp., *Cladophora* sp., *Nitzschia* sp., *Synedra Ulna*, *Surirella* sp., *Pinnularia* (Bruchstücke), *Rhoicosphenia curvata*, Nematoden, oligochaeter Wurm.  $1 \text{ mm}^3 = 157$  Individuen, davon 39 lebend.

6. Reiner Sand mit gelben Auswitterungen von Carolinensiel, Außendeich aus 10 cm Tiefe, aus dem Watt. (Gesammelt von G. Hibben-Leer.) 30. Juni 1912.

Farblose Mycelien, *Navicula interrupta*, *Navicula affinis*, *Gyrosigma* sp., *Coscinodiscus* sp., viele Spongillennadeln, *Synedra Ulna*, *Polystomella* sp. Die Gelbfärbung beruht auf Niederschlägen (Eisenoxydhydrat?) auf den Quarkörnchen und Foraminiferen.  $1 \text{ mm}^3 = 79$  Individuen, alles gleich gemischt, nichts lebend.

Summieren wir, so besteht kein Zweifel, daß sowohl bei rupicoler Lebensweise, wie als Neulandbesiedler auch unabhängig von der Humusbildung, zumindestens eine Anzahl Geobionten (im besonderen die Gattungen *Navicula*, *Oscillatoria*, *Hantzschia*, *Trinema*) zu existieren vermag. Dazu gehört auch *Cladosporium humifaciens*, das schon nach den Untersuchungen von P. E. Müller<sup>1)</sup> als Humusbildner bekannt ist. Die Literatur bietet auch zwei weitere Stützen für die hier ausgedrückte Ansicht. P. Graebner<sup>2)</sup> hat für die norddeutschen Heiden gezeigt, daß sich auf dem völlig nackten Sand die Algen *Sirosiphon ocellatus*, *Ulothrix radicans*, *Palmogloea macrococca*, *Lynghya vulgaris* und *Pleurococcus vulgaris* (Abb. 7) als erste Humusbildner ansiedeln. Wenngleich ein Teil der genannten Algen zur Kategorie der Überflutungsorganismen gehört und daher an der Humusbildung nicht durch Durcharbeitung des Bodens und chemische Umsetzungen, sondern nur passiv durch Anreicherung des Bodens durch die verwesende Substanz beteiligt ist, so bestätigt doch Graebner hier unsere Überzeugung, daß die Erdorganismen nicht so sehr humicol sind, sondern durch ihre Existenz erst eine Vorbedingung der Humusbildung darstellen.

Gleiches geht aus den Untersuchungen von F. Bachmann<sup>3)</sup> hervor, wenn er schreibt, er habe innerhalb der Glimmerkristalle feuchter Granitwände, also an einem Ort, an dem gewiß kein Humus vorauszusetzen ist, Diatomeen gefunden, die sich anscheinend sogar im Innern der Kristalle, zwischen den Spaltungsplättchen derselben vermehren. „Zuweilen leben Algen aus verschiedenen Abteilungen des Systems dicht beieinander in demselben Kristall; am auffallendsten ist dies bei der *Lithoidea chlorotica*, einer Wasserflechte. In den von ihr überzogenen Glimmerkristallen treten kugel- und faden-

<sup>1)</sup> P. E. Müller. Studien über die natürlichen Humusformen.

<sup>2)</sup> P. Graebner. Studien über die norddeutsche Heide. (Englers botan. Jahrbücher XX. 1895.)

<sup>3)</sup> Bachmann in Pringsheims Jahrbücher 1910. Bd. 44. (S. 10.)

förmige, verzweigte und einfache freudig- und blaugrüne Algen auf, alle außer Berührung mit den Flechtenhyphen und allesamt anderen Arten und Gattungen angehörig, als die im Thallus befindlichen flechtenbildenden Gonidien.“

C. Schroeter, der diese Angabe zitiert,<sup>1)</sup> bemerkt hierzu, daß diese Algen zweifellos zur Verwitterung der Felsen beitragen, wenn auch noch nicht untersucht sei, ob sie in das Gestein aktiv eindringen, was ihm übrigens nicht unwahrscheinlich ist.

Heinze dagegen schreibt die erste Humifikation im Hochgebirge den Azotobakterien zu (vgl. S. 58.)

Wertvolle Fingerzeige hierfür gewährt bereits der Laboratoriumsversuch. Denn wenn Kossowitsch (Botan. Ztg. 1894) in Glassand, den er mit Boden- und Algenaufschwemmungen tränkte, ansehnliche, der Allgemeinentwicklung entsprechende Stickstoffgewinne erhielt und Bouilhac und Giustiniani (Comptes Rendus Paris 1903) auf 2,5 kg Sand mit Anabaena, Nostoc und Bodenbakterien 33 mg Stickstoffzunahme erzielten, auf 2 kg sogar 50 mg, so sind damit die Falger'schen Untersuchungen und Graebner's Behauptungen in ganz neues Licht gerückt.

Hier entsteht also ein neues, für den Geologen und Agronomen gleicherweise wie für den Biologen anziehendes Problem des Einflusses des Edaphons (dessen felsbewohnende Formen richtiger wohl als Lithobien zu bezeichnen wären) auf die Verwitterung. Soweit ich dieser Aufgabe näher getreten bin, befestigte sich in mir die Überzeugung, daß durch die Lithobien wohl im Verein mit der Müntz'schen Mikrobenflora dem Spaltenfrost und den Regenwirkungen in hervorragender Weise vorgearbeitet und nur durch sie den felsbewohnenden Flechten und Moosen, deren Rolle als Vegetationspioniere unbestritten ist, das Keimbett bereitet wird.

Das Edaphon gewinnt durch diese Einsichten eine enorme Bedeutung als Humusbildner und Neulandbesiedler, die sein Studium auch dem Geologen nahelegen.

### E. Chemische Bodeneinflüsse auf das Edaphon.

Es war unvermeidlich, diese Frage schon im Zusammenhang mit dem Einfluß des Wassergehaltes und der geographischen Situation auf das Edaphon teilweise zu erörtern, wie denn zugleich, wie bei allen pedologischen Fragen, die petrographische Beschaffenheit des Substrates sich vornehmlich als größere oder geringere Wasserhaltigkeit des Bodens kundgibt.

So bleibt denn auch zu untersuchen, ob die festgestellte reichere Besiedelung der Verwitterungsrinde von kristallinischen Gesteinen gegenüber dem Kalk nicht einfach nur auf deren größerem Wassergehalt beruht. Eine wissenschaftlich völlig zufriedenstellende Methode müßte jeweils dem biologischen Befund auch eine Feststellung des prozentualen Wassergehaltes beifügen und kann erst aus der



Abb. 24. Schema des Baues des Ackerbodens mit Wurzelhaaren einer Kulturpflanze (G).

<sup>1)</sup> C. Schröter. Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908. S. 560.

Vergleichung von chemisch differenten, aber in der Feuchtigkeit identischen Bodenproben ihr definitives Urteil über den Einfluß bodenchemischer Agentien auf das Edaphon abgeben.

Für praktische Zwecke genügt allerdings auch das bisherige Resultat, wenngleich es durchaus wahrscheinlich ist, daß in ihm weniger die chemischen wie die wasserbindenden Eigenschaften der Böden zum Ausdruck kommen, so wie auch bei der Höhenverbreitung sich nicht so sehr die Änderung in der Insolation, die des Luftdrucks und der Temperatur geltend macht, sondern die geringere Humusbildung in großer Höhe und vor allem die kurze Vegetationszeit und geringe Lockerung des Bodens infolge der Kürze der frostfreien Zeit.

Das gleiche gilt auch für die sofort mitzuteilenden Untersuchungen über das Edaphon der Rohhumus- und Mullböden, sowie für jene über den Zusammenhang zwischen Edaphon und Vegetation.

Angesichts der großen praktischen Bedeutung der Unterscheidung von Mullböden und Rohhumusböden (nach der Definition P. E. Müllers) für die Forstwirtschaft, erschien es mir von Wert, besondere Paralleluntersuchungen über das Edaphon beider Humusarten in der Umgebung Münchens anzustellen, mit folgendem Resultat:

Mullboden (Buchenwalderde, milde, neutrale Böden) enthielt:	Rohhumusboden (Fichtenwalderde, saure, humusreiche Böden) enthielt:
Difflugia constricta sehr häufig	—
Difflugia urceolata häufig	Difflugia urceolata wenig
Difflugia Craterella selten	—
Trinema acinus häufig	—
Euglypha alveolata häufig	—
Euglypha globulosa häufig	—
Geococcus vulgaris häufig	Geococcus vulgaris wenig
Pseudochlamys patella selten	—
Nebela collaris selten	Difflugia globulosa wenig
Navicula sp. häufig	—
Hantzschia amphioxys wenig	—
Nematoden häufig	Nematoden häufig
Cladosporium humifaciens sehr häufig	Cladosporium humifaciens sehr häufig
Kennzeichnend große Formen.	Kennzeichnend mittlere u. kleinere Formen.
Im Durchschnitt 93 Individuen pro mm <sup>3</sup>	Im Durchschnitt 6 Individuen pro mm <sup>3</sup>
(Maximum 155 Individuen).	(Maximum 11 Individuen).

Mullboden ist also um ein Vielfaches organismenreicher als Rohhumusboden<sup>1)</sup> und kennzeichnet sich durch Diffflugienreichtum und relativ große Formen. Als das Ideal kann etwa Urwaldhumus gelten, wie ich ihn z. B. aus dem vorderen Karwendelgebirge in Ober-Bayern, aus dem Dürrachtal zu untersuchen Gelegenheit hatte. Das betreffende Untersuchungsprotokoll lautet:

<sup>1)</sup> In meiner vorläufigen Mitteilung stand aus Versehen „27 mal reicher“; es hätte richtig „15 mal reicher“ heißen müssen.

1. Dürrachtal auf dem Weg von Fall nach Forsthaus Agilla (Vorderkarwendel), in ca. 900 m Höhe. Waldlichtung in einem urwaldähnlichen Bestand, Oberfläche Humus. Tiefere Lagen vermorschte Baumstämme. 20. August 1910.

*Trinema acinus* (sehr groß), *Cladosporium* (viel), *Euglypha globulosa*, *Geococcus vulgaris*, Gelbe Cysten, *Nebela collaris* (groß).

Ein anderer ähnlicher Fundort ergab:

2. Sonnenspitze bei Kochel (Ober-Bayern), ca. 900 m Höhe. Kaffeebrauner milder Waldhumus. Ca. 1 $\frac{1}{2}$  dm tief. 12. Mai 1911.

Enorme Mengen von *Cladosporium*, das in ganzen Filzen den Erdboden durchzog: *Diffflugia urceolaris*, *Diffflugia globulosa* (sehr groß), *Diffflugia Craterella*. Wahre Reinkultur von *Diffflugien*. 1 mm<sup>3</sup> = 155 Individuen.

Dieses Ergebnis und auch andere Erwägungen legten den Gedanken an einen bestimmten Zusammenhang zwischen *Cladosporium* und dem übrigen Edaphon nahe. Infolgedessen stellte ich besonders darauf gerichtete Untersuchungen an mit folgendem Resultat:

Es sind vorhanden im Boden bei Anwesenheit von

Viel <i>Cladosporium</i>	Wenig <i>Cladosporium</i>	Kein <i>Cladosporium</i>
<i>Diffflugia</i>	<i>Diffflugia</i>	—
<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i>	—
<i>Geococcus</i>	<i>Geococcus</i>	<i>Geococcus</i>
<i>Pseudochlamys</i>	—	—
<i>Nebela</i>	—	—
<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i>
<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia</i>	—
—	<i>Hantzschia</i>	—
—	<i>Fragilaria</i>	—
—	<i>Nitzschia</i>	—
—	<i>Diffugiella</i>	—
—	<i>Euglypha</i>	—
—	<i>Amoeba</i>	—
—	<i>Pleurococcus</i>	—
—	<i>Cylindrospermum</i>	—
—	<i>Mesotaenium</i>	—
—	Rotifer	—
Nematoden	Nematoden	—

Bei viel *Cladosporium* betrug die durchschnittliche Zahl der edaphischen Organismen pro mm<sup>3</sup> 52; bei wenig *Cladosporium* 26 und bei Mangel an *Cladosporium* 12. Viel *Cladosporium* ist mit reicher Rhizopodenfauna verbunden; wenig *Cladosporium* geht mit Kieselalgenreichtum parallel und Mangel an *Cladosporium* schließt weder Kieselalgen noch Rhizopoden aus.

Soweit sich hieraus etwas Bestimmtes ablesen läßt, scheint dem *Cladosporium*- und Rhizopodenreichtum eine gemeinsame Ursache (nämlich Humusreichtum) zugrunde zu liegen, die gerade das übermäßige Vermehren der Bacillariaceen nicht begünstigt. Da aber bei massenhaftem *Cladosporium*vorkommen sowohl eine sehr reiche *Diffflugien*fauna (155 *Diffflugien* in mm<sup>3</sup>), reiche *Trinemen*fauna (42 *Trinemen* im mm<sup>3</sup>), wie aber auch große Armut (5 Rhizopoden im mm<sup>3</sup>) gefunden wurde, glaube ich nicht irre zu gehen mit der Annahme, daß

*Cladosporium* weder ein Pionier der edaphischen Besiedelung, noch deren Schlußstein, überhaupt nicht von bestimmendem Einfluß auf die übrigen Geobionten ist.

Ein weiteres, gerade für die Praxis hervorragend wichtiges Problem lag in den Zusammenhängen zwischen Edaphon und bodenamphibischen Vegetationen. Daß ich diese Frage in dem Kapitel der bodenchemischen Einflüsse behandle, ist insofern Willkür, als sie ebensogut auch in das Kapitel von der Bodenfeuchtigkeit gehört. Zweifelsohne ist eine Vegetationsdecke für das Edaphon von großer Wichtigkeit einfach schon deshalb, weil sie das Austrocknen des Bodens verzögert oder unter Umständen überhaupt verhütet, und wenn je nach Art der bodenamphibischen Besiedelung sich qualitative und quantitative Unterschiede im Edaphon ergeben, so wird bei ihrer Beurteilung in erster Linie die Regulation der Bodenfeuchtigkeit in Betracht zu ziehen sein, im Zusammenhang mit dem Wasserbedarf der edaphischen Organismen, von denen ja die Rhizopoden wasserbedürftiger zu sein scheinen als die Bacillariaceen. Hierauf beruht auch der besondere Reichtum und die spezifische Ausprägung der „Moosfauna“.

Andererseits ist es klar, daß eine innige Durchsetzung des Bodens mit Wurzeln (und unterirdischen Stengelteilen), die, wie die Pflanzenphysiologie längst weiß, im Leben Säuren und durch die Atmung Kohlensäure abscheiden, dagegen der Bodenluft Oxygen entziehen, die ferner mit stickstoffverwertenden Mykorrhizen oder stickstoffsammelnden Bakterien (Leguminosen!) in intimster Verbindung sind, nach dem Tode aber dem Boden eine kolossale Bereicherung mit nitrogenhaltiger Substanz bringen, auf das Edaphon in mannigfacher, vornehmlich chemischer Weise einwirken muß.

Von vornherein war anzunehmen, daß die bodenamphibische Vegetation in nicht geringerem Grade wie die Durchsetzung des Bodens mit Tierleichen (Myriopoden, Insekten, Regenwürmer usw.) dem Edaphon eine der wichtigsten Vorbedingungen seines Daseins, nämlich die Nahrungsquelle (seines Stickstoffbedarfes) darstellt; die Aufmerksamkeit mußte sich aber auch darauf erstrecken, ob nicht wieder das Edaphon zu den Vorbedingungen der Vegetation und des höheren tierischen Bodenlebens gehört.

Für eine Gruppe von Organismen scheinen diese kaum durchschaubaren Wechselbeziehungen nicht allzu schwer feststellbar. Das sind die Moose, die bei allgemeiner Verbreitung auf allen Sorten von Böden, vom sonst vegetationsleeren Fels bis zu Wald und Hochmoor, längst als wichtigste Speicherer der Niederschläge und Regulatoren des Bodenwasserhaushaltes erkannt sind.

Hier ist auch wieder einer der wenigen Punkte gegeben, an denen der Edaphologie von der Wissenschaft bereits vorgearbeitet ist. Denn seitdem Ehrenberg eine mikroskopische Moosfauna in weiter Verbreitung nachwies, ist das Interesse für diese nicht mehr erloschen und hat gerade in neuester Zeit, wie die Arbeiten von Leidy, Richters, Heinis und anderen zeigen, sogar einen gewissen Aufschwung genommen. Die Entdeckung reichster Rhizopodenfaunen im Sphagnetum, das Vorhandensein von Tardigraden, Nematoden und Rotatorien in den Moospolstern auf Dächern, Mauern, in Wäldern und in der sonst vegetationslosen Arktis, haben eine reiche Literatur über muscicole Organismen gezeitigt. Einzelne Forscher, wie R. Greeff<sup>1)</sup> und F. Heinis sind gerade im Verfolg solcher Arbeiten in den Boden selbst eingedrungen, aber ihre Untersuchungen blieben vereinzelt und der naheliegende Gedanke,

<sup>1)</sup> R. Greeff, Über einige in der Erde lebende Amöben und andere Rhizopoden. (Archiv f. Wiss. Anat.)

daß die Moosbewohner kein „Kuriosum“, sondern nur Vorposten einer reichen und allgemein verbreiteten Bodenbesiedelung, etwa das seien, was das Necton im Vergleich zum Plankton darstellt, ist bis zur Entdeckung des Edaphons ungedacht geblieben.

In Wirklichkeit gehört die Moosfauna- und muscicole Flora auch dem Edaphon an, stellt aber in dieser Lebensgemeinschaft tatsächlich eine ganz bestimmte Untergruppe, eine in sich geschlossene Lebensgemeinschaft dar, wie aus den sofort beizubringenden Detailangaben hervorgehen wird.

In Münchens Umgebung setzt sich die muscicole Organismenwelt vornehmlich aus folgenden Formen zusammen:

	<i>Cladosporium humifaciens</i>		<i>Placocysta spinosa</i>
	<i>Diffugia urceolata</i>		<i>Navicula affinis</i>
	" <i>constricta</i>	25.	" <i>borealis</i>
	" <i>globulosa</i>		<i>Hantzschia amphioxys</i>
5.	" <i>arcula</i>		<i>Pinnularia sp. (viridis)</i>
	<i>Amoeba verrucosa</i>		<i>Surirella birostrata</i>
	<i>Heleopera petricola</i>		<i>Achnanthes sp.</i>
	" <i>picta</i>	30.	<i>Mesotaenium Endlicherianum</i>
	<i>Euglypha alveolata</i>		" <i>caldarorum</i>
10.	<i>Trinema acinus</i>		<i>Gloeococcus sp.</i>
	" <i>terricola</i>		<i>Pleurococcus vulgaris</i>
	<i>Geococcus vulgaris</i>		<i>Isocystis infusionum</i>
	<i>Assulina seminulum</i>	35.	<i>Oscillatoria tenuis</i>
	" <i>minor</i>		<i>Rotifer vulgaris</i>
15.	<i>Nebela collaris</i>		<i>Philodina erythrophthalma</i>
	" <i>flabellulum</i>		" <i>aculeata</i>
	<i>Pseudochlamys patella</i>		<i>Callidina Ehrenbergii</i>
	<i>Corythion sp.</i>	40.	<i>Dorylaimus maximus</i> *)
	<i>Parmulina obtecta</i>		<i>Bunonema reticulatum</i> Richters
20.	<i>Pamphagus hyalinus</i>		<i>Canthocamptus cuspidatus</i> Schmeil
	<i>Hyalosphenia cuneata</i>		<i>Macrobiotus Hufelandii</i>
	" <i>tincta</i>		<i>Milnesium tardigradum.</i>

Wie ersichtlich, mischt sich ein guter Teil der typisch-edaphischen Formen, (die in der Liste fettgedruckt sind), unter die Moosbewohner, wie ja auch von vornherein bei dem vollständigen Ineinanderübergehen von Erdboden und Moosrasen zu erwarten war. Ich habe bisher nur wenige Bodenproben gesehen, denen nicht Moosrhizoiden beigemischt waren (oft sogar in noch ansehnlicher Tiefe von 1—1½ dm), und Moosprotonemen, sowie leere Brutknospenhüllen gehören zum täglichen Anblick des Edaphologen.

Der enorme Reichtum des Moosrasens an Organismen (die Befunde ergaben auch 226 Individuen im mm<sup>3</sup>) ist leicht verständlich angesichts der ansehnlichen Speicherung der Niederschläge in ihnen; er variiert je nach Gattung der Moose, ist in einem Barbulapolster auf trockenem Schindeldach oder in

\*) In Moosrasen an dem sehr feuchten Dach der Stadtmauer zu Dinkelsbühl fanden sich (13. VII. 1919) so massenhaft *Dorylaimus*, daß die Rasen einer wahren Reinkultur der Fadenwürmer glichen.

einem Hylocomniumrasen im Fichtenwald geringer, erreicht sein Maximum in den dichten schwammigen Polytrichumbeständen feuchter Waldesgründe und namentlich in den Sphagnumpolstern, wie sie sich vielfach eingestreut in den Wäldern, bestandbildend aber z. B. in meinem Arbeitsgebiet in den zahlreichen „Filzen“ der bayerischen Hochebene finden.

Den Zusammenhang zwischen reinem Edaphon und muscicoler Organismenwelt möge folgendes Beispiel illustrieren, das meinem Untersuchungstagebuch aus dem Jahre 1913 entnommen ist:

Im Mischwald bei Glonn (Ober-Bayern) enthielt eine unter den Moosrasen am 27. Februar 1913 dem mergeligen Untergrund (des Moränenhügellandes) entnommene Erdprobe zahllose Quarkörnchen (aus der Sandschicht stammend), wenig Cladosporium, Oscillatoria tenuis, Euglypha alveolata, Hantzschia amphioxys (lebend!), Heleopera picta (mit Cyste), Trinema acinus, Geococcus vulgaris,  $1 \text{ mm}^3 = 56$  Individuen, namentlich Euglypha (19 Individuen) und Trinema (18 Individuen).

Der tiefschwarze Humus dieses Waldbodens enthielt in  $1\frac{1}{2}$  dm Tiefe sehr viel Cladosporium, sehr große Diffflugia globulosa (mit Cysten), Eier,  $1 \text{ mm}^3 = 210$  Individuen, am meisten Hantzschia (102 Individuen), Trinema (41 Zellen), Euglypha (30 Zellen), Diffflugia (29 Zellen). In der unmittelbar den Moosstämmchen anhaftenden Erde fanden sich: massenhaft Cladosporium, Pamphagus hyalinus (lebend), Oscillatoria tenuis, Hantzschia amphioxys (lebend), Assulina seminulum, Pleurococcus vulgaris, Diffflugia constricta, Trinema acinus, Geococcus (?), Nebela collaris, Diffflugia urceolata, Amoeba verrucosa, Diffflugia globulosa, Heleopera picta, Hyalosphenia tinctoria, farblose Cysten (6), Pilzsporen; am meisten Hantzschia (118 Zellen), Trinema (53 Zellen), Diffflugia (25 Zellen),  $1 \text{ mm}^3 = 226$  Individuen, davon 42 lebend. Nach vorausgegangenem Föhn herrschte voller Bodenfrühling.

Gelegentlich einer mit großer Sorgfalt durchgeführten Analyse von Gebirgsmoosrasen in Schlesien an der deutsch-österreichischen Grenze wurde mir der grundlegende Unterschied zwischen Edaphon und Moosorganismen so klar, daß ich wenigstens auf einige der Hauptunterschiede durch Anführung der besonders spezifischen Moosbewohner hier hinweisen will.

Spezifische Formen der (außergewöhnlich reichen und interessanten) Moosfauna im Schlesischen Altwatergebirge sind:

*Pelomyxa villosa* (Abb. 25) (Mähr. Altstadt, Koppenstein 5. VII. 1896), *Ditrema flavum* (Glatzer Schneeberg, Seefelder 24. VII. 1896), *Quadrula symmetrica* (massenhaft unter Jungermannien, Heinrichstal 7. VII. 1896), *Nebela Bursella* (Freiwaldau, Goldkoppe 30. III. 1896), *Arcella mitrata* (Freiwaldau, Hausdach 21. II. 1896), *Trinema verrucosa* (Glatzer Schneeberg, Grenzsteig 24. VII. 1896), *Platoum* sp. (Alt-Mohrau 21. VII. 1896), *Sphenoderia lenta* (Freiwaldau, Stadtwald 18. II. 1896), *Trinema n. sp.* (mit Flügeln wie *Hantzschia* (Abb. 10) vgl. S. 25 in 1300 m Höhe auf dem Köpernick 29. VIII. 1896), dazu *Dactylothece Braunii* (unter Moosen im Freiwaldauer Stadtwald 28. III. 1896).

Die ausführliche Mitteilung dieser Analysen erfolgte auch aus dem Grunde, um den vielleicht nicht ganz überflüssigen Beweis zu erbringen, daß die Mooslebewelt einen Spezialfall des edaphischen Lebens darstellt und das Edaphon auch außerhalb der Moosregion üppig gedeiht. Es ist auch nicht bloß ein in die Tiefe gewanderter Abkömmling der Mooslebewelt; dies beweisen die anderen Arten der obigen Liste, ferner im bisherigen mitgeteilten zahlreichen Befunde aus absolut moosfreien Erdproben, nicht weniger auch das Vorhandensein eda-

phischer Organismen in der Verwitterungsrinde von Felsen, die sogar für Moosbesiedelung noch zu wenig Humus aufweisen.

Es dürfte sich also vielmehr umgekehrt verhalten und die Moosorganismenwelt aus dem Edaphon stammen. Sie ist unter den ihr besonders zusagenden Verhältnissen zu üppiger Entwicklung gelangt und hat sich als be-

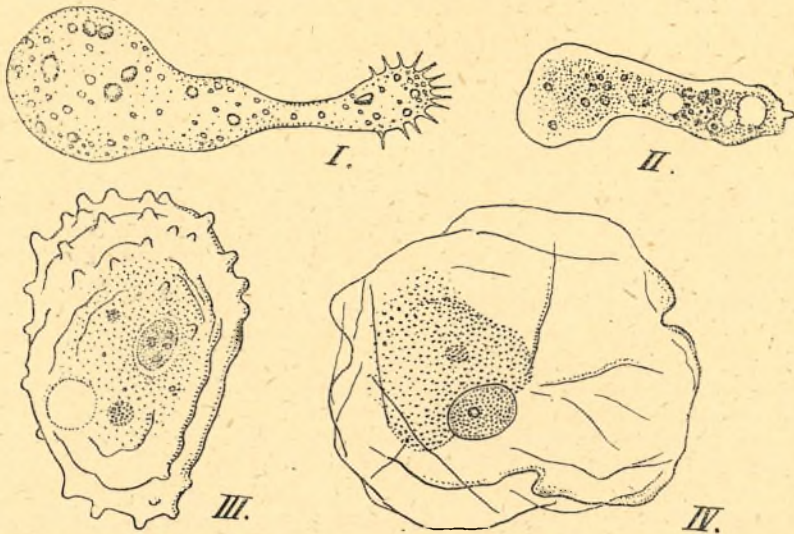


Abb. 25. Moos- und Erdamöben.  
I = *Pelomyxa villosa*. II = *Amoeba limax*-Typ. III = *A. verrucosa*-Typ. IV = *A. terricola*-Typ. (Original.)

sondere Lebensgemeinschaft insofern ausgebildet, als in ihr die Rhizopoden an Artenzahl stets überwiegen, außerdem Rotatorien, Crustaceen und Tardigraden zu einer Entwicklung gelangt sind, die dem Geobiontenverein sonst völlig fremd ist. Wengleich Rotatorien allerdings nur aus der Gruppe der Bdelloidea relativ häufig im Edaphon sind, freilich nie recht in die Tiefe gehen, habe ich Tardigraden fast niemals in den eigentlichen edaphischen Schichten<sup>1)</sup>, sondern stets nur in der Überflutungszone und unter Moosen gesehen. Der seit Leeuwenhoek's Zeiten „klassische“ Fundort, nämlich die Regenrinne, ist auch noch jetzt der beste Fundort dieser Organismen.

In Summa scheint mir die muscicole Organismenwelt mit den Moosen nur durch das Band der dauernden und ausgiebigen Bewässerung der Moosrasen verknüpft zu sein.

Bezüglich der übrigen bodenamphibischen Vegetationen ließ sich folgendes ermitteln:

Im allgemeinen, wenigstens für die Praxis, kommen drei solche Bodenbesiedelungsformen in Betracht: die künstliche Bepflanzung (zugleich Bearbeitung und Düngung) des Bodens im Ackerfeld (Garten), die natürliche Vegetationsform der Wiese (Almboden), (Weide), sowie die des Waldes. Auf diese be-

<sup>1)</sup> Ausnahme: Wiesen bei Kufstein (Tirol) im Januar 1911.



schränkten sich vorläufig auch meine Untersuchungen und es muß Aufgabe späterer Forschungen sein, auch noch die anderen natürlichen Vegetationstypen (Steppe, Heide, Tundra, Geröllfluren, Macchia usw.) edaphologisch zu prüfen.

Dem Waldboden des Edaphons, der Wiese und des Ackerbodens gehören folgende Formen an:

## Rhizopoda:

Wald:	Wiese:	Acker:
Diffflugia constricta	Diffflugia constricta	—
" globulosa	" globulosa	Diffflugia globulosa
" —	" pyriformis	" pyriformis
" urceolata	" urceolata	" urceolata
" Craterella	" Craterella	—
5. Trinema acinus	5. Trinema acinus	Trinema acinus
" complanatum	" complanatum	—
Euglypha alveolata	Euglypha alveolata	5. Euglypha alveolata
" globulosa	—	—
Arcella vulgaris	—	—
10. Amoeba limax	Amoeba limax	Amoeba sp.
—	" proteus	—
" verrucosa	—	—
" terricola	—	Amoeba terricola
—	10. Amoeba guttula	—
Pseudochlamys patella	Pseudochlamys	Pseudochlamys patella
Geococcus vulgaris	Geococcus vulgaris	8. Geococcus vulgaris
15. Assulina seminulum	—	—
16. Pseudodiffflugia gracilis	—	—
—	Phryganella	—
—	Nebela collaris	—
—	15. Difflugiella	—
—	—	10. Heleopera petricola
Bacillariaceae:		
Pinnularia (viridis)	Pinnularia viridis	Pinnularia mesolepta
—	" sp. *	—
Hantzschia amphioxys	Hantzschia amphioxys	Hantzschia amphioxys
Navicula mutica	—	Navicula mutica
—	Stauroneis Smithii	—
5. Navicula borealis	Navicula borealis	4. Navicula borealis
" sima	" sima	—
" affinis	" affinis	" affinis
" atomus	" atomus	" atomus
Nitzschia sigmoidea	Nitzschia sigmoidea	Nitzschia sp. *
—	10. " microcephala	" microcephala
—	" communis	" communis
10. Surirella sp.	Surirella sp.	10. Surirella sp.
" birostrata	—	—
—	Navicula sp. *	Navicula sp. *

Wald:	Wiese:	Acker:
—	Fragilaria sp.*	—
—	15. Gomphonema sp.*	—
—	Achnanthes	—
Stauroneis sp.	Eunotia sp.*	Stauroneis sp.
—	Schizophyceae:	—
—	Stichococcus	Stichococcus
Oscillatoria sp.*	Oscillatoria tenuis	Oscillatoria tenuis
—	3. Isocystis infusioenum	Isocystis infusioenum
Cylindrospermum sp.*	—	—
3. Nostoc humifusum	—	—
—	—	Lyngbya vulgaris
—	—	5. Chroococcus sp.*
Mesotaenium Endlicherianum	Chlorophyceae:	—
2. Pleurococcus	Mesotaenium Endlicherianum	—
—	2. Pleurococcus	1. Pleurococcus
—	3. Grüne Gameten	—
Cladosporium humifaciens	Cladosporium	Cladosporium
—	Rotatoria:	—
—	—	Rotifer vulgaris
—	Philodina erythrophthalma	—
Nematoden	Nematoden	Nematoden
—	Macrobiotus sp.	—
—	Enchytraeus	—

Wie sich aus der Verteilung dieser edaphischen Lebensformen auf den ersten Blick zeigt, besitzt der Waldboden die größte, der Ackerboden die geringste Mannigfaltigkeit an Rhizopoden; dagegen steht der Wald an Artenzahl der Bacillariaceen hinter dem Wiesenboden zurück. Die quantitativen Feststellungen bestätigen diesen Eindruck, nur mit dem Unterschied, daß die Kieselalgenflora des Ackerbodens relativ reichhaltiger als die des Waldbodens ist, wengleich sie mehr monoton, hauptsächlich aus den Gattungen (und Untergattungen: Stauroneis, Pinnularia) Navicula und Hantzschia zusammengesetzt erscheint. Der Wiesenboden nimmt in bezug auf Rhizopoden- und Kieselalgenreichtum eine vermittelnde Stellung ein. Tabellarisch zusammengefaßt, präsentiert sich das so:

Im Winter	meist Kieselalgen (einmal meist Rhizopoden),		
Zur Schneeschmelze	"	"	( " " Trinema),
Frühlingsmaximum	"	"	( " " Diffugia),
Herbstmaximum	"	"	( " " " ).

Im Winter verhalten sich die Kieselalgen zu den  
anderen Organismen wie . . . . . 6 : 2,  
Zur Schneeschmelze verhalten sie sich wie . . 7 : 1,  
Im Frühlingsmaximum " " " " . . 6 : 2,  
Im Herbstmaximum " 22 " " " . . 6 : 2,

\*) Es gelang nicht, diese vermutlich noch unbeschriebenen Arten mit einer der bekannten zu identifizieren.

Im Ackerboden überwiegen das ganze Jahr über oft nahezu als Alleinherrscher die Kieselalgen.

Im Waldboden dominieren das ganze Jahr über Rhizopoden, Cladosporium und Nematoden.

Um nun zu entscheiden, ob dies allein von dem im Waldboden stets vorhandenen größeren Wassergehalt abhängt, wurden Waldböden verschiedener Standorte, vom extrem trockenen (Föhrenwälder im Sandboden Frankens) bis zum extrem feuchten (sumpfige Auwälder an der Isar) in den Kreis der Untersuchungen gezogen.

Das Ergebnis war:

Extrem feuchter Boden (Humusarmer Auwald)	Extrem feuchter Boden (Humusreicher Urwald)	Trockener Boden	Extrem trockener Boden
—	Nebela	—	—
—	Pseudochlamys	—	—
Amoeba	—	—	—
—	Diffugia	Diffugia	Diffugia
Trinema	Trinema	Trinema	Trinema
—	Euglypha	Euglypha	Euglypha
Geococcus	Geococcus	Geococcus	—
Hantzschia	Arcella	Hantzschia	—
Navicula	—	Navicula	Navicula (wenig)
Pleurococcus	—	—	Pinnularia (wenig)
—	Nematoden	Nematoden	Nematoden
Cladosporium	Cladosporium	Cladosporium	Cladosporium
(wenig)	(viel)	—	(wenig)
1 mm <sup>3</sup> = 22 Indiv. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 84 Indiv. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 39 Indiv. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 37 Indiv. durchschnittlich <sup>1)</sup>

Wenn man hieraus einen Schluß wagen will, wird man zu der Annahme gedrängt, daß der Rhizopodenreichtum des Waldbodens nicht allein von dessen größerem Wassergehalt abhängt, sondern viel mehr von dem durch die ökologische Situation des Waldes bedingten größeren Humusgehalt. Er hat also eine durch die bodenamphibische Vegetation bedingte chemische Ursache.

Um zu versuchen, ob die von der jeweils dominierenden Pflanzenart bzw. die von dem dominierenden Bestand abhängige Humuszusammensetzung qualitative und quantitative Änderungen des Edaphons nach sich zieht, wurde in genauen Aufnahmen der Zusammenhang zwischen Vegetation und Edaphon registriert. Dadurch wurde folgendes Bild gewonnen:

<sup>1)</sup> Auf Kalkboden 6 durchschnittlich, auf den fränkischen Sanden 67 durchschnittlich.

Eichenwald ( <i>Quercus sessiliflora</i> ) lockerer Bestand	Buchenwald Sonniger Standort	Fichtenwald (Tannenwald) <i>Abies excelsa</i> u. <i>A. pectinata</i>	Föhrenwald <i>Pinus silvestris</i>	Auwald ( <i>Populus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Salix</i> , <i>Alnus</i> )	(Mischwald) (Urwald), <i>Abies</i> , <i>Fagus</i> , <i>Ulmus</i> etc.	Latschen <i>Pinus pumilio</i>
<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>	<i>Trinema acinus</i>
<i>Diffflugia constricta</i>	<i>Diffflugia constricta</i>	—	<i>Diffflugia constricta</i>	—	<i>Diffflugia constricta</i>	<i>Diffflugia constricta</i>
„ <i>urceolata</i>	„ <i>urceolata</i>	<i>Diffflugia urceolata</i>	„ <i>urceolata</i>	—	„ <i>urceolata</i>	„ <i>urceolata</i>
—	—	„ <i>globulosa</i>	—	—	„ <i>globul.</i>	„ <i>globulosa</i>
—	—	—	—	<i>Amoeba terricola</i>	—	<i>Geococcus</i>
—	<i>Geococcus vulgaris</i>	<i>Geococcus</i>	—	<i>Geococcus</i>	<i>Geococcus</i>	—
—	<i>Euglypha globul.</i>	—	—	—	<i>Euglypha globul.</i>	—
—	—	<i>Euglypha alveol.</i>	<i>Euglypha alveol.</i>	—	„ <i>alveol.</i>	<i>Euglypha alveol.</i>
—	—	—	—	—	—	<i>Hyalosphenia elegans</i>
—	—	—	—	—	<i>Arcella vulgaris</i>	—
—	—	—	—	—	<i>Pseudochlamys</i>	—
—	—	—	—	—	<i>Nebela collaris</i>	—
<i>Navicula</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.	—	—
<i>Hantzschia amphioxys</i>	—	—	—	<i>Hantzschia amphioxys</i>	—	—
—	—	—	<i>Pinnularia</i> sp.	—	—	—
<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>
Nematoden	Nematoden	Nematoden	Nematoden	—	Nematoden	Nematoden
—	—	—	—	<i>Pleurococcus</i>	—	—
1 mm <sup>3</sup> = 108 Ind. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 108 Ind. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 16 Ind. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 67 Ind. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 22 Ind. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 84 Ind. durchschnittlich	1 mm <sup>3</sup> = 46 Ind. durchschnittlich

Zu bemerken ist jedoch, daß diese Angaben nur orientierenden Wert haben können, da noch Sonderuntersuchungen je nach den geologischen Verhältnissen und der jeweiligen orographischen Situation nötig sind. Die Lokalverhältnisse haben großen Einfluß, sonst könnte Urwald(Mischwald)boden nicht 155 und 42 Individuen enthalten, oder Buchenumus (108 durchschnittlich) in einem, eben wegen der offenkundigen Sonderverhältnisse in der Tabelle nicht berücksichtigten Fall nur 5 Organismen im mm<sup>3</sup>.

Immerhin sah man auch aus den Untersuchungen, daß Diffflugia die häufigste, Trinema die verbreitetste edaphische Gattung im Waldboden ist; dann folgen in absteigender Reihe Geococcus, Navicula und Euglypha (vgl. Abb. 26).

Im Auwald scheinen Sonderverhältnisse zu herrschen. Sein edaphischer Typus erinnert schon durch die vielen Hantzschien an den Wiesenboden. Auffällig war das besonders reichliche Vorkommen von Geococcus.

Im Eichenwald herrschte Diffflugia und Trinema, im Buchenumus Trinema. Es waren aber auch Euglyphen und Navicula reicher vertreten.

Im Föhrenwald herrschen unbedingt die Diffflugien, im Rohhumusboden des Fichten-(Tannen-)waldes bei großer Armut sind die Rhizopoden ziemlich gleichmäßig verbreitet.

Im Misch(Ur)wald sind alle Formen größer als im „Forst“, meist neben außerordentlicher Cladosporientwicklung. Diffflugia herrscht, daneben Trinema und Geococcus. Manchmal findet man wahre Reinkulturen von Diffflugia.

Im Legföhrenbestand (in 1550—1600 m Höhe) herrschen Wurzelfüßler, namentlich Diffflugien. Die biologischen Verhältnisse erinnern an Urwaldboden. Je nach Lage (kalter Boden unter Lawinenresten) wechselt das Edaphon außerordentlich.

Über die quantitative Verteilung des Edaphons in den verschiedenen Waldböden orientiert die beistehende graphische Skizze.

Je nach den Jahreszeiten verhalten sich die Rhizopoden zu den anderen Organismen: im Winter wie . . . . . 5:3,  
zur Zeit der Schneeschmelze wie . . . . . 6:2,  
„ „ des Frühlingsmaximums wie . . . . . 7:1,  
„ „ „ Herbstmaximums wie . . . . . 2:6.

Im Herbst überwiegen die Nematoden, im Vorfrühling (Schneeschmelze) verhält sich Geococcus zu den anderen Rhizopoden wie 5:3.

Im allgemeinen darf also wohl gesagt werden, daß durch ihren Einfluß auf die Humusbildung die Art der bodenamphibischen Vegetation im Walde Zusammensetzung und Menge des Edaphons

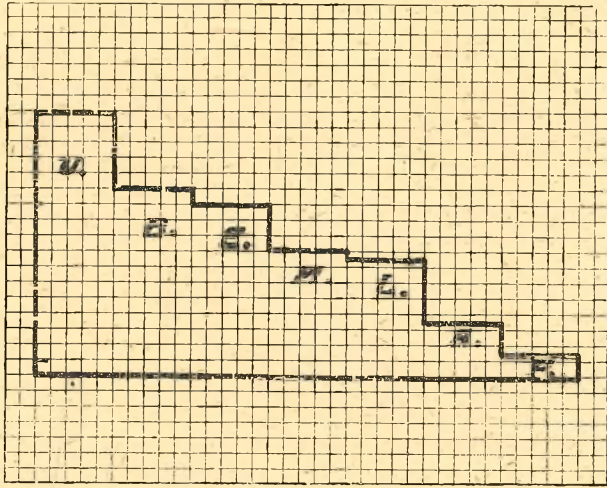


Abb. 26. Vergleich der Edaphonquantitäten im Urwaldboden. U = Urwald. B = Buchen. E = Eichen. M = Misch. L = Legföhren. A = Au. F = Föhrenwald.

zu beeinflussen scheint, daß aber unverkennbar sich die edaphische Besiedelung auch mit den Faktoren steigert, die den Boden für Hygrophyten geeignet machen.

Über den Zusammenhang zwischen Edaphon und anderen pflanzengeographischen Formationen habe ich nur gelegentliche Angaben gesammelt.

Diese deuten jedoch auf ganz interessante Zusammenhänge. So, wenn eine Untersuchung von Bodenproben aus der Lüneburger Heide unter Calluna-beständen folgendes Protokoll hinterließ: Heideerde von Uelzen in Hannover. Sehr sandig. März 1911. (Gesammelt von R. Moser-Uelzen.)

*Navicula borealis*, *Enchytraeus* sp., *Cyclotella* sp. (in Massen), *Cladosporium* (wenig), *Geococcus vulgaris*, *Heleopera petricola*, 1 mm<sup>3</sup> = 121 Individuen, davon 9 lebend. Erinnert an Kieselgur.

Ganz besondere Verhältnisse bestehen im Ackerboden, sowie anderen künstlich veränderten Böden (Ruderalflora, Lägerflora, Gartenerde, Blumentopferde) und dies vereinigt sowohl das, was über den Einfluß der Kultur, wie den der Düngung auf das Edaphon ermittelt wurde.

Von vornherein war anzunehmen, daß ein dermaßen unter Spezialverhältnisse versetzter Boden, wie es der Ackerboden ist, trotzdem ein Getreidefeld, ökologisch betrachtet, nur eine selektionierte Wiese darstellt, auch bodenbiologisch eine Sonderstellung (die ihm in der bisherigen Darstellung auch eingeräumt wurde), einnehmen wird. Denn sowohl auf die mechanische Zubereitung des Bodens, wie namentlich auf die Düngung und Überdüngung müssen die Geobionten reagieren. Wenn aber erwartet wurde, daß der Ackerboden um ein Vielfaches in seiner edaphischen Besiedelung den Naturboden übertrifft, so ergab sich insofern zwar eine Enttäuschung, als auch der beste Ackerboden nicht reicher besiedelt erschien als Mischwalderde. Immerhin übertrifft er im Durchschnitt sein natürliches Gegenstück, den Wiesenboden, wenn auch nicht an Mannigfaltigkeit der Formen, so doch an Zahl der edaphischen Organismen. Das erscheint verständlich, wenn man bedenkt, daß Äcker stets nur eine, im ganzen Großen wenig variierte ökologische Situation darbieten, während die Wiese schon in bezug auf Wassergehalt (saure Wiese, feuchte Wiesen, Weiden, Triften, Almboden) weit größeren Spielraum für die Ansiedelung von Geobionten zuläßt, während dagegen andererseits den im Ackerboden vorhandenen Organismen durch die regelmäßige Bodenbearbeitung und Düngung reiche Vermehrung gewährleistet wird. Daß diese zwei Faktoren großen Einfluß haben, sieht man daraus, daß gute Gartenerde, namentlich aber die am besten durchgearbeitete, meist auch überdüngte und überbewässerte Erde der Blumentöpfe noch reicheres Edaphon in sich birgt, die in den Blumentöpfen geradezu den Reichtum einer Infusion erreichen kann.

Als Belege sei mir gestattet, folgende Beispiele anzuführen:

1. Humuserde im neuen Botanischen Garten zu München-Nymphenburg (16. Februar 1913) enthielt enorm viel *Cladosporium*, *Oscillatoria tenuis*, *Difflugia urceolata*, *D. globulosa*, *Nebela collaris*, *Trinema acinus*, *Tr. terricola*, *Hyalosphenia papilio*, *Corycia* sp., *Assulina seminulum*. 1 mm<sup>3</sup> = 61 Individuen. Meist *Trinema*, *Nebela*, *Oscillatoria*, *Difflugia*.

Diese Erde trug also ausgesprochenen Walderdecharakter.

2. Erde aus dem Ranunculaceenbeet im alten Botanischen Garten zu München (12. März 1911) *Amoeba guttula*, sehr wenig *Cladosporium*, *Stauroneis Smithii*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula atomus*, *Fragilaria Harrisonii*, *Fragilaria construens*, var. *pusilla* (?), *Navicula borealis*, *Geococcus vulgaris*, *Isocystis infusioformis*. Durchsichtige Cysten. Meist Kieselalgen. 1 mm<sup>3</sup> = 75 Individuen, davon 21 lebend.

Ausgesprochenes Ackerbodenedaphon, nur reicher.

3. Blumentopferde (mit Gras besetzt) im Biologischen Institut München (31. Dezember 1910). Die Erde stammt ursprünglich aus dem Garten des Institutes, war zirka  $\frac{1}{2}$  Jahr in gärtnerischer Kultur im Glashaus mit Poudrette.

*Amoeba proteus*, *A. limax*, Ciliates Infusorium (unbeschriebene Form), Rotifer vulgaris (strudelnd), *Diffugia urceolaris*, *D. constricta*, *Petalomonas mediocanellata*, *Navicula mutica*, *Hantzschia amphioxys*, *Cladosporium*, Nematoden. Besonders viele *Difflugien*, Kieselalgen und *Amoeben*.  $1 \text{ mm}^3 = 105$  Individuen, davon 57 lebend.

Da dieser Befund den Verdacht weckte, ob nicht Wasser aus den Aquarien des Institutes die Erde verunreinigte, gebe ich hier die Liste sämtlicher aus anderen Blumentöpfen von mir notierten Geobionten:

Nitzschia (palaea?)	<i>Oscillatoria</i> sp.
<i>Navicula affinis</i>	<i>Amoeba limax</i>
<i>Navicula atomus</i>	<i>Amoeba verrucosa</i>
<i>Navicula borealis</i>	<i>Amoeba proteus</i>
5. <i>Navicula mutica</i>	20. <i>Amoeba terricola</i>
<i>Stauroneis</i> sp.	<i>Geococcus vulgaris</i>
<i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Trinema acinus</i>
<i>Surirella</i> sp.	<i>Diffugia urceolaris</i>
<i>Synedra</i> (Ulna, Bruchstück?)	<i>Diffugia globulosa</i>
10. <i>Nitzschia</i> (sigmoideaähnlich)	25. <i>Euglypha alveolata</i>
<i>Nitzschia microcephala</i>	<i>Pseudodiffugia gracilis</i>
<i>Nitzschia communis</i>	Ciliate Infusorien
<i>Stauroneis</i> sp.	<i>Cladosporium humifaciens</i>
<i>Nitzschia acicularis</i>	Nematoden
15. <i>Pleurococcus vulgaris</i>	30. <i>Philodina erythrophthalma</i> .

Da sich auch unter Umständen bis über 300 Individuen im  $\text{mm}^3$  fanden, kann die Erde der Blumentöpfe direkt als eine der besten Materialquellen zur Demonstration des Edaphons bezeichnet werden. Zum Studium der Formen und ihrer ökologischen Verhältnisse eignet sie sich allerdings ebensowenig wie Gartenerde überhaupt, die stets eine künstliche Mischung verschiedener natürlicher Bodentypen darstellt.

In gewissem Sinne trifft dies auch für den Ackerboden zu, dessen Edaphon durch das Pflügen, Rigolen, durch Bodensprengungen völlig durchgemischt, aus seiner natürlichen Verteilung gerissen, durch die Düngung (ebenso wie teilweise auch der Wiesenboden) aber periodisch unter ganz neue Lebensverhältnisse versetzt wird.

Für das erstere zeugt der Unterschied der edaphischen Besiedelung vor und nach dem Stürzen der Äcker im Lenz.

Erde aus einem Ackerfeld bei Westerham (Ober-Bayern, Leitzachtal, nahe dem Wald, was sich im Edaphon ausspricht) enthielt am 27. März 1913 an der Oberfläche 38 edaphische Organismen im  $\text{mm}^3$  (davon 10 lebend), und zwar: *Pinnularia mesolepta*, *Surirella* sp., *Cladosporium humifaciens*, *Diffugia urceolaris*, *Geococcus vulgaris*, *Trinema acinus*, *Euglypha alveolata*, *Heleopera petricola*, Nematoden.

Dieser Acker wurde soeben zirka  $1\frac{1}{2}$ —2 dm tief aufgepflügt. In der dadurch an die Oberfläche gelangten Erde fanden sich im  $\text{mm}^3$  nur 10 edaphische Organismen (von denen nur 2 lebend waren), nämlich *Pinnularia mesolepta*, wenig *Cladosporium*, farblose Cysten, *Trinema acinus*, farblose Mycelien.

Dieses Beispiel steht im Einklang mit den übrigen Erfahrungen, wonach frisch geackter Boden geradezu arm ist im Vergleich mit dem Edaphongehalt

im Sommermaximum<sup>1)</sup>. Die Regeneration erfolgt allerdings rasch, wofür ich nach meinen Untersuchungen folgende Tabelle zusammenstellen konnte:

Ackererde <sup>2)</sup> (gepflügte) enthielt am	27. Januar	im mm <sup>3</sup>	9	Indiv.
" " " "	19. Februar	" "	9	"
" " " "	7. März	" "	25	"
" " " "	16. "	" "	21	"
" " " "	21. "	" "	24	"
" " " "	19. April	" "	21	"
" " " "	25. "	" "	35	"
Ackererde (gepflügte) enthielt am	3. Mai	im mm <sup>3</sup>	88	Indiv.
" " " "	17. "	" "	25	"
" " " "	2. Juli	" "	46	"
" " " "	23. "	" "	51	"
" " " "	27. "	" "	102	"

Ackererde enthielt nach neuem Stürzen der Schollen am 13. November 15, am 4. Dezember 3 Individuen im mm<sup>3</sup>.

Neben den durch die klimatischen Einflüsse bewirkten Änderungen läßt sich deutlich aus dieser Tabelle die Wiederherstellung des ursprünglichen Boden-

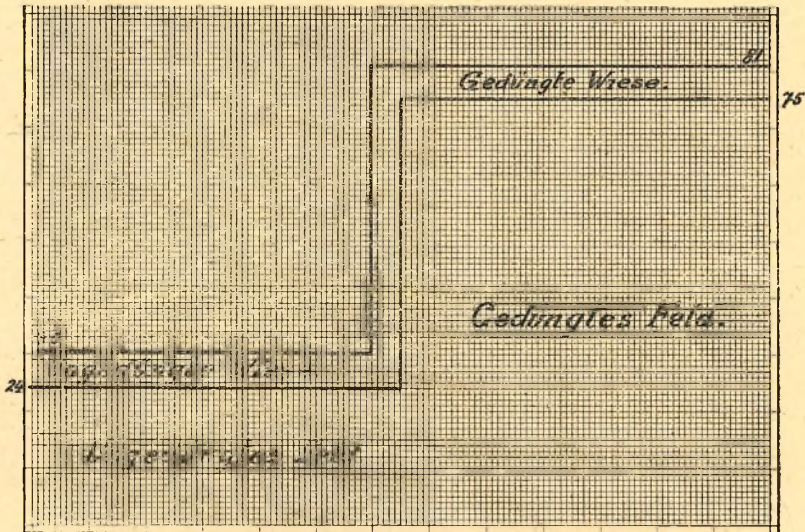


Abb. 27. Düngungstabelle zu S. 79.

reichtums erkennen. In keinem Falle ging er bisher über 103 Individuen im mm<sup>3</sup>. Diese Angabe bezieht sich auf eine Erdprobe aus einem Weizenfeld am Galgenberg bei Dinkelsbühl (Mittel-Franken) vom 27. Juli 1910. Sie enthielt:

*Navicula borealis*, *Oscillatoria tenuis*, *Lyngbya vulgaris* (in lebhafter Bewegung), *Hantzschia amphioxys*, *Chroococcus* sp., *Diffflugia urceolaris*, *D. globulosa*, *Geococcus vulgaris*, farblose Cysten. Am meisten Kieselalgen, diese meist lebend.

<sup>1)</sup> Deshalb enthält z. B. auch die aus der Tiefe heraufgeholtte Erde der Maulwurfshügel verschwindend wenig Edaphon.

<sup>2)</sup> Verschiedene Fundorte.



An gleicher Stelle enthielt der Boden in 3 dm Tiefe am gleichen Tag: *Amoeba terricola*, *Hantzschia amphioxys*, *Geococcus vulgaris*, Nematoden und Cysten.  $1 \text{ mm}^3 = 21$  Individuen.

Diese Zahlen werden natürlich auch von dem Einfluß der Düngung verändert werden. Hierüber kann ich jedoch nur mit orientierenden Angaben dienen, da Düngungsversuche mehrere Jahre fortgesetzt werden müssen, um endgültige Resultate zu liefern und gegenwärtig erst im Gang sind. Immerhin ließ sich bisher schon folgendes in die nachstehenden Tabellen gefaßtes Tatsachenmaterial feststellen.

Namentlich vielsagend ist in dieser Tabelle der darin verarbeitete Vergleich einer sehr nassen, vermoosten und ungedüngten Naturwiese bei Pähl (Ob.-Bayern) am 16. März 1911 am gleichen Tage mit einer mit Stalldünger belegten Wiese feuchterer Lage bei Herrsching unweit von Pähl. Deshalb sei dieses Ergebnis hier noch besonders hervorgehoben (vgl. Abb. 27):

Herrschinger Wiese (gedüngt)	Pähler Wiese (ungedüngt)
<i>Pinnularia</i> sp. (groß)	—
<i>Nitzschia</i> sp. (sehr groß)	—
<i>Navicula borealis</i> (groß)	<i>Navicula</i> sp. (normal)
<i>Hantzschia amphioxys</i> (normal)	<i>Hantzschia amphioxys</i> (winzig)
<i>Trinema acinus</i> (normal)	<i>Trinema acinus</i> (normal)
<i>Nebela collaris</i> (riesig)	—
<i>Euglypha alveolata</i> (groß)	<i>Euglypha alveolata</i> (normal)
<i>Cladosporium humifaciens</i>	—
Nematoden	Nematoden
Pilzsporen	—
Cysten	—
$1 \text{ mm}^3 = 81$ Individuen. davon 42 lebend, am meisten Kieselalgen und <i>Trinema</i> .	$1 \text{ mm}^3 = 30$ Individuen (besonders <i>Trinema</i> und <i>Euglypha</i> ) davon 12 lebend.

Hervorzuheben ist ferner der Befund von Erdproben, die aus der Umgebung der reichlich mit typischer „Lägerflora“ (*Rumex*, *Urtica* etc.) bewachsenen Umgebung der (aufgelassenen) Hirschtalalm zwischen Tegernsee und Lenggries im bayerischen Hochland entnommen wurden:

1900. 3. September.	1911. 11. Juli.	1913. 22. Mai.
<i>Navicula borealis</i> (groß)	—	<i>Cladosporium humifaciens</i>
<i>Hantzschia amphioxys</i> (riesig)	<i>Hantzschia amphioxys</i> (riesig)	<i>Hantzschia amphioxys</i> (riesig)
<i>Surirella</i> sp.	—	—
<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia</i>	—
<i>Geococcus vulgaris</i>	—	<i>Geococcus vulgaris</i>
—	<i>Trinema acinus</i> (klein und riesig)	<i>Trinema acinus</i>
—	<i>Nebela collaris</i> (riesig)	—
$1 \text{ mm}^3 = 30$ Individuen, meist auffallend große Diatomeen.	<i>Sphenoderia lenta</i> (groß)	—
	<i>Euglypha alveolata</i> (groß)	—
	Nematoden (riesig)	<i>Diffflugia globulosa</i> (riesig)
	$1 \text{ mm}^3 = 34$ Individuen (da- von 13 lebend) meist große Rhizopoden.	<i>Diffflugia urceolata</i> .

Auffällig ist hierbei namentlich der Reichtum an lebenden Formen und die Größe der Kieselalgen, Rhizopoden und Nematoden.

Ähnliches zeigte sich in den gedüngten Gartenbeeten des (alten) Botanischen Gartens zu München, wo von 75 Individuen 21 lebend gefunden wurden; in der Erde der bemisteten Wiesen von Herrsching war das Verhältnis 42 lebende zu 81, im überdüngten Boden der Hirschtalpe 34 : 13.

Jedenfalls zeigen schon diese orientierenden Versuche, daß die Düngung das Wachstum und die Vermehrung der Geobionten auf das günstigste beeinflußt.

Dies wird gestützt durch eine Betrachtung der Ergebnisse, welche die Bodenbakteriologie und Mykologie in den letzten Jahren gerade auf diesem Gebiete erzielt hat. Wenn Thaer (Kalk und Humus S. 101) sagt, alle Düngung wird nur durch ihren Durchgang durch den Leib von Mikroorganismen wirksam, so ist damit nichts anderes als die Anerkennung eines der ersten Sätze der neuen Edaphologie ausgesprochen.

Dies wird noch besonders unterstrichen durch die Zahlen, welche Löhnis in seiner Bodenbakteriologie (S. 513) hierfür beibringt. Er sagt, daß eine Düngung (die er mit 400 dz pro ha ansetzt) 5—10 dz Bakterien und Pilze in den Boden bringe, da 1 dz Stallmist  $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{2}$  kg Bakterienmasse allein enthält. Diese besteht hauptsächlich aus Stäbchen, weniger Mikrokokken und Streptokokken, sporadisch aus Sarcinen, dagegen (namentlich in der Jauche) aus Vibriolen und Spirillen.

Die wichtigsten Formen sind die mycoides-subtilis-mesentericus-Protocus-gruppe, auch Actinomyceten. Dazu kommen Sproßpilze und viele Schimmelpilze, sowie viele (allerdings noch nicht genügend geklärte) Protozoen.

Hier möchte ich aus eigenen älteren<sup>1)</sup> sowie neuerdings aufgenommenen Untersuchungen, insbesondere auf die Flagellatengruppen der Polytoemeen, — für welche ich deshalb den Namen Jauchecalgen<sup>2)</sup> vorgeschlagen habe —, der Monadinen und gewisser Euglenen, sowie auf die Stylonychien und Oxytrichinen aus der Gruppe der Ciliaten und das Rädertier Hydatina senta als die praktisch wichtigsten Jaucheamsetzer hinweisen.

Allerdings ist die Bedeutung des Edaphons für die Düngerrotte zwar im ganzen festgestellt, im einzelnen aber völlig unklar. Man weiß nur, „es gehe durch Mikroorganismen“. Und dieser beschämende Zustand auf einem der wichtigsten Gebiete angewandter Naturwissenschaft, dauert nun, wie auch Löhnis zugibt (S. 506), seit mehr denn 40 Jahren!

Es war nun auch von Interesse, auch darauf zu achten, ob zwischen der Art der Ackerbestellung und dem Edaphon gesetzmäßige Beziehungen walten, ferner ob die Stickstoffanreicherung des Bodens durch Knöllchenbakterien sich auch in der edaphischen Bilanz ausspricht, um so mehr als durch Schloesing, Hellriegel<sup>3)</sup> und Laurent schon eine gewisse Fixierung des Stickstoffes durch auf der Erde angesiedelte Algenvegetationen nachgewiesen wurde, von der er allerdings annahm, daß sie nur im Lichte funktioniert. R. Bouilhac<sup>4)</sup> hat in Übereinstimmung damit gezeigt, daß Nostoc punctiforme im Licht bei Gegenwart von Bodenbakterien kräftig wächst und Stickstoff produziert. Allerdings hat Berthelot<sup>5)</sup> dann auch den von uns hier vertretenen Ergebnissen der Edaphologie insofern vorgearbeitet, als er nachwies, daß diese Stickstoff-

<sup>1)</sup> R. Francé, Die Polytoemeen (Jahrbücher f. wiss. Botanik 1894). 8°.

<sup>2)</sup> Vgl. R. Francé, Das Leben der Pflanze. Bd. III. Stuttgart. 1908.

<sup>3)</sup> Zitiert nach L. Hiltner: Die Bindung von freiem Stickstoff in Lafars Handbuch d. techn. Mykologie 1904—06.

<sup>4)</sup> In Comptes Rendus de l'Acad. Paris. 1896.

<sup>5)</sup> Hiltner loc. cit. p. 16—17.

anreicherung auch im nicht belichteten Boden vor sich geht, namentlich auch in 45 cm dicken Bodenschichten. Das erschien unverständlich und fand erst durch das Auffinden von assimilierenden Algen im Edaphon seine natürlichste Erklärung.

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt meine Befunde nach den Kulturpflanzen verteilt:

Acker besetzt mit Kartoffeln	Acker Zuckerrübe	Acker Weizen	Acker Roggen	Kleefeld Wickenfeld
Navicula Hantzschia Geococcus	Navicula	Navicula Hantzschia Geococcus	Navicula Hantzschia Geococcus	Navicula
Trinema	Diffflugia Trinema Euglypha Amoeba	Diffflugia Trinema	Diffflugia Trinema Euglypha	Geococcus
		Amoeba Diffugiella Mesotaenium Pleurococcus Isocystis	Mesotaenium	Euglypha
Cladosporium		Cladosporium Nematoden	Isocystis Rotifer Cladosporium Nematoden	Cladosporium
Nitzschia			Oscillatoria Stichococcus Pinnularia Surirella Heleopera	
1 mm <sup>3</sup> = 8 In- div.durchschn.	1 mm <sup>3</sup> = 14 In- div.durchschn.	1 mm <sup>3</sup> = 44 In- div.durchschn.	1 mm <sup>3</sup> = 44 In- div.durchschn.	1 mm <sup>3</sup> = 5 In- div.durchschn.

Soweit sich aus solchen ersten Befunden überhaupt urteilen läßt, sind die besseren und besten Böden auch von reicheren Edaphon belebt und dies stimmt auch mit der allgemeinen, aus allen meinen Untersuchungen sprechenden Erfahrung, daß das Edaphon einen Indikator für die Fruchtbarkeit des Bodens darstellt!

In diesem Sinne schließt es sich als besonders wertvolles Mittel der Bodenbonitierung vollwertig den bisherigen, namentlich den biologischen Methoden an, wie sie seit Thumann vielfach, zuletzt von A. Schneider<sup>1)</sup> geübt und mit gutem Erfolge ausgebaut wurden, nur vermag der Edaphologe auf Grund zielbewußt entnommener Bodenproben mit ganz anderer Bestimmtheit anzugeben, welchen praktischen Wert eine gewisse natürliche Parzelle für den Pflanzenbau hat. Auf Grund praktischer Erfahrung wird er mit Gewißheit angeben können, ob sich ein Acker für Weizen, Weideboden, Zuckerrübenbau, ob er sich als Gartenland eignet und eine großzügig angelegte Mappierung von größerem Gutsbesitz oder auch eines Staatsdominiums wird natürlich eine optimale Ausnützung des Bodens ganz anders fördern, wie das durch die — ohnedies so angezweifelte — chemische Bodenanalyse oder bloß praktische Erfahrung ermöglicht ist, auf der heute noch so ziemlich die Einteilung der Ländereien beruht.

<sup>1)</sup> A. Schneider, Pflanzenindikation und Pflanzenbau. Duisburg. 8°.

Derartige Aufnahmen in großem Stil waren vor 1914 bereits von seiten der ung. geolog. Landesanstalt in Budapest im Gange, wurden jedoch durch die Ereignisse seitdem unterbrochen.

An diesem Punkte, als mikrologische Bonitierungsmethode ist die Edaphologie schon heute unmittelbar nutzbar und es bedarf nur ihrer Anwendung, um Steigerungen der Ernten durch eine optimale Ausnützung der Bodenarten zu erzielen<sup>1)</sup>.

In geobiologischer Hinsicht wird es meiner Ansicht nach möglich sein, natürliche Bodentypen festzustellen und eine neue Wissenschaft wird uns gestatten, die Bonitierung der Acker- und Wiesenböden außer den chemisch-physikalischen Zahlen nach nicht weniger verlässlichen biologischen Angaben vorzunehmen.

So weit sich meine Begriffe hierüber bereits klären konnten, scheinen ökologische Beziehungen zu bestehen zwischen dem Boden und der Moosflora, der Grasvegetation, der perennierenden baumartigen Vegetation und ihrem Laubfall und der menschlichen Kultur (Gartenpflege, Ackerbau, Ruderalplätze); demgemäß erscheint es mir aussichtsreich, den Moorboden<sup>2)</sup>, Schlammboden (Überflutungsboden<sup>3)</sup>, Humusboden<sup>4)</sup>, Wiesenboden auf ihr Wesen als natürliche Bodentypen zu untersuchen, aus denen die Mannigfaltigkeit des Kulturlandes in seiner vielfachen Ausprägung hervorging.

## VI. Die biocoenotischen Verhältnisse des Edaphons.

Ein guter Teil der hier zu erörternden Dinge findet sich bereits in den vorstehenden Abschnitten abgehandelt, so weit es überhaupt gelang, sie schon in den ersten Jahren der Edaphonforschung zu klären. Hierher gehört vor allem das Verhältnis der Geobionten zu einander, für das es von vornherein nicht unwahrscheinlich war, daß auch im Boden ein ähnlicher biocoenotischer Kreislauf besteht, wie er im Süßwasser und Meer schon längst bekannt, wenn auch noch nicht genügend erforscht ist.

Um hierfür Anhaltspunkte zu gewinnen, schien es vorteilhaft, von vornherein auf die Nahrungsaufnahme der edaphischen Organismen zu achten. Für die eine große Hälfte, das Phytodaphon, war die Frage, soweit chromatophorenhaltige Organismen in Betracht kamen, leicht zu beantworten, angesichts der reichlichen Leukosinmengen, mit denen man die edaphischen Bacillariaceen stets erfüllt sieht. Für sie, sowie für die Schizophyceen ist anzunehmen, daß sie neben der für ihre Assimilation nötigen Kohlensäure auch Stickstoff verarbeiten. Und schon die Arbeiten der Agrikulturbotaniker (Berthelot, Schloesing, Laurent, Löhnis, Hellriegel u. a.) haben uns davon überzeugt, daß als ihr Stickstofflieferant die Bodenbakterien, namentlich Azotobacter, Clostridium und andere stickstoffbindende Bakterien anzusprechen sind.

Diese Bodenbakterien gehören natürlich ebenso gut, wie die Schizophyceen, Kieselalgen oder Wurzelfüßler zu dem Edaphon.

Man findet sie bei mikroskopischen Bodenuntersuchungen denn auch stets in großer Menge, gleich den verschiedenen Hefe- und Schimmelpilzen, namentlich auch den Pilzsporen, die natürlich alle im Stickstoffhaushalt des Bodens

<sup>1)</sup> Anfragen über solche ist der Verf. gerne bereit, an die im Werden begriffene Untersuchungsstelle für Bodenbonitierung zu leiten.

<sup>2)</sup> Als Moor- (Hochmoore) oder Grasboden (Grünmoore).

<sup>3)</sup> Varianten sind die „Tintenstriche“.

<sup>4)</sup> Als Waldboden, desgl. als Spaltenhumus im Gebirge.

jene nicht zu unterschätzende Rolle spielen, die seit P. E. Müller gewöhnlich allein dem *Cladosporium* zugeschrieben wird.

Seit dem Durchdringen des Satzes: Wo viel Bodenbakterien, da viel Erträge, wurde mit immer erhöhter Aufmerksamkeit die Analyse ihres Wirkens im Boden vorgenommen, so daß man heute wenigstens in diesem einen Punkt der Edaphologie genügenden Bescheid weiß. (Vgl. die Liste der Bodenbakterien.)

Zunächst besorgen sie die im Boden stattfindenden Zersetzungen (von Mist, Humus, Leichen etc.) Hierbei wird Kohlensäure und Wasser gebildet und atmosphärischer Sauerstoff wird frei. Die Stickstoffverbindungen werden, so weit sie löslich sind, zunächst in Ammoniak und später durch oxydierend wirkende Bakterien in Salpeter verwandelt. Hierbei ist die Aufnahme einer Base erforderlich, um die entstehende Salpetersäure zu neutralisieren. Hierzu dient der Kalk und in dieser Tatsache liegt die Ursache der guten Wirkungen des Kalkens auf die Ernteerträge. (Magnesia dient bei diesem Prozeß als Ersatz.)

Von da ab differieren die von ihnen bewirkten chemischen Prozesse. Eine große Anzahl verwandelt Luftstickstoff in gebundenen Stickstoff (z. B. *Clostridium* und *Azotobacter*). Die Nitrosomonaden zerlegen Ammoniakstickstoff in Nitritstickstoff, *Nitrobacter* dagegen bewirkt den umgekehrten Prozeß. Während jede Stickstoffanreicherung ein Gewinn ist, schaden dagegen die Denitrifikanten, welche Nitrite wieder in freien Stickstoff zerlösen, den Interessen der Pflanzenwelt (so z. B. *Bact. denitrificans*).

An der Nitratreduktion, an der wir schon 85 Arten von Bodenbakterien beschäftigt wissen, nehmen auch viele Sproßpilze und Schimmelpilze teil.

Sie sind mit den Knöllchenbakterien durch die sattsam bekannten Umsetzungen teils als Stickstoffzehrer, teils als Binder freien Stickstoffs ebenso als Verwerter der Kohlenstoffnahrung (Untersuchungen von Gautier und Drouin) das erste Glied der Kette, an das sich nach meinen Untersuchungen vornehmlich die Rhizopoden anschließen. Ternetz<sup>1)</sup> hat nachgewiesen, daß auch die Pilze der Mykorrhiza, die sich offenbar eng an *Cladosporium* halten, sowie die Schimmelpilze des Bodens zur gleichen Stickstoffassimilation wie *Clostridium Pasteurianum* befähigt sind; sie müssen demnach im biocoenotischen Kreislauf gleich jenen gewertet werden.

Neben ihnen kommt aber der seit O. Richters u. a. unzweifelhaft gewordene Saprophytismus der Bacillariaceen und Schizophyceen, ebenso der wenigen Chlorophyceen in Betracht.

Schon die Wirkung der Bodenbakterien ist eng verknüpft mit gewissen Bodenalgeln, in deren Symbiose mit dem so überaus wichtigen *Azotobacter* und die knöllchenerregenden Rhizopoden eine Reihe von Autoren den Hauptfaktor von deren segensreichen Wirken erblicken.

Bei Beurteilung der so enorm bedeutsamen Stickstoffbindung dürfen von nun an die edaphischen Algen nicht mehr wieder vernachlässigt werden, wissen wir doch seit Stoklasa (Ztrbl. f. Bakteriologie II. Abt. 1900), daß sie auf Zahl und Leistungen der Bakterien unmittelbar fördernd einwirken.

Es ist zwar noch immer nicht untersucht, inwieweit die Edaphonalgen für die Ammonassimilation im Boden in Betracht kommen, aber schon die alten Arbeiten von Gautier und Drouin (*Comptes Rendus Paris* 1888) lassen vermuten, daß sie auch hierbei besonders wichtig sind.

Jedenfalls zeigte schon B. Frank (*Landwirtschaftl. Jahrb.* 1892) an Gemischen von *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Pleurococcus*, *Ulothrix* und *Chroococcus* eine Stickstoffbindung und es ist auffällig, wie gerade in der

<sup>1)</sup> In Berichte der deutschen botan. Gesellschaft 1904. Neuerdings zeigte A. Oes das gleiche für die mit Azollen symbiotisch lebenden *Anabaena*-Algen.

„Überflutungszone“ eine Stickstoffanreicherung einzutreten pflegt, die verschiedene Autoren z. B. Dehérain und Demoussy (Comptes Rendus 1900 Paris) auf den 20fachen Betrag dessen fixierten, was in 25 cm Tiefe von Bakterien gebunden wurde.

Wem das noch nicht die Augen für die enorme praktische Bedeutung und Notwendigkeit systematischer Edaphonstudien durch den Staat öffnet, der will die Erfordernisse des Tages nicht sehen.

Seitdem Khawkiné und Zumstein<sup>1)</sup> an *Euglena* das Problem der mixotrophen und heterotrophen Ernährung klarlegten, wird außerdem der Halbsaprophytismus, bei dem sich also neben  $\text{CO}_2$ -Assimilation auch die Aufnahme organischer Nahrung beteiligt, für immer größere Gruppen der Algen stets wahrscheinlicher und wenn auch für die edaphischen Algen derzeit noch keine direkten Angaben vorliegen, so sind doch gerade sie am wenigsten einem Zweifel darüber ausgesetzt, daß sie von dem reichgedeckten Tisch der Verwesungssubstanzen im Boden naschen. Ihr üppiges Wachstum in überdüngtem Boden (Lägerflora), ihre reiche Vermehrung nach der Düngung in Acker- und Wiesenboden sind nur in dieser Richtung deutbar.

Von diesen, die Vorbedingung edaphischen Lebens bildenden Organismen profitieren nun die Rhizopoden. Hierüber habe ich positive Belege gesammelt.

Am 12. Mai 1911 fand ich in braunem Waldhumus von der Sonnenspitze bei Kochel (Bayern) in einer Bodenprobe, die enorme Mengen von *Cladosporium*, aber keine *Bacillariaceae* enthielt, eine wahre Reinkultur von riesigen (Durchmesser 83—90  $\mu$ ) *D. globulosa*, *Craterella*, *urceolaris*, die sich von den *Cladosporium*-Fäden nährten.

In Blumentopferde, die relativ arm an *Cladosporium* ist, verzehrten die *Difflugia* dagegen Hantzschien; *Nebela*, *Euglypha* und *Trinema* hingegen enthalten Humuspartikelchen; sehr häufig findet man sie freilich ganz leer oder mit Einschlüssen, die auf Bakteriennahrung deuten. Unter Moosen von Miesbach (Bayern) fand ich einmal eine große *Nebela collaris* mit cystenähnlichem Plasma und daraus ausgeschiedenen Pilzfäden. Auch in ihrem Inneren fanden sich noch solche farblose Mycelbruchstücke. An übersiedelten Felswänden am Bergleskopf (bei Kochel in Bayern) fand sich (25. September 1907) in tintenstrichartigen Vegetationen eine reiche halb edaphische, halb lithophile Organismenwelt, im besonderen: *Rivularia haematites* Ag. (Leitform), *Oscillatoria* sp., *Achnanthes exilis*, *Gomphonema gracile* in dichtem Rasen, *Difflugia urceolata*, *Amoeba proteus*, *Gomphonema constricta*, *Chamaesiphon confervicola*, *Nitzschia sigmoidea*, *Euglypha alveolata*, *Amoeba radiosa*, *Gromia mutabilis*, *Amoeba verrucosa*, *Difflugia constricta*, prächtige *Achnanthes* sp.

In diesem Material nährten sich die Rhizopoden, allen voran die Amöben und Gromien, ausschließlich von Kieselalgen.

Lange Zeit hindurch blieb es völlig unerfindlich, wovon sich *Geococcus* nährt, bis sich darin wiederholt Humuskörnchen und in einer Erdprobe aus dem Garten des Biologischen Instituts München vom 1. IV. 1913 inmitten ganzer Ballen von *Pleurococcus* auch *Geococci* fanden, die eine oder mehrere *Pleurococcus*-Zellen (die allerdings nach Art der Zoochlorellen unverdaut waren) enthielten. (Fig. 17—22.)

Merkwürdigerweise sind die großen Erdamöben sogar Vertilger von Bärtierchen (Tardigraden) und Rädertieren (*Callidinacysten*), wie Richters (Beitrag zur Verbreitung der Tardigraden, *Zoolog. Anzeiger* 1904) von *Amoeba ter-*

<sup>1)</sup> Vgl. H. Zumstein, Zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis* Kl. (*Jahrbücher f. wiss. Botanik* 1909.)

ricola beschreibt, desgleichen F. Heinis (1914) Hyalosphenien und Diffflugien voll von Pleurococcen und Diatomeen.

Es kann also daran kein Zweifel sein, daß die edaphische Algen- und Pilzvegetation zu den Vorbedingungen der Rhizopodenfauna gehört, so wie sie selbst auf die Vorarbeit und Mithilfe der Bodenbakterien angewiesen ist.

Ebensowenig zweifelhaft ist es, daß Rotatorien und Nematoden nebst Humusstoffen auch Mikroorganismen aufnehmen, obwohl es mir wenigstens in bezug auf die letzteren nicht gelang, eigene Angaben beizubringen.

Über diese biocoenotischen Zusammenhänge beginnt sich nun doch schon langsam Licht zu verbreiten, da man einsieht, daß hier ein interessantes und in vielen Beziehungen wertvolles Arbeitsgebiet gegeben ist.

Über die Ernährung der wichtigsten Geobionten erfahren wir schon von M. Doyère (Mémoire sur les Tardigrades Annales des scienc. naturelles 1840), daß sie, die lange hungern können, ausschließlich Tieren (und zwar Rädertieren) die Säfte aussaugen.

Die moosbewohnenden Krebse und Milben werden von F. Richters<sup>1)</sup> zu den Detritus- (also auch Edaphon-) Fressern gezählt und tatsächlich fand auch Heinis Morarien mit von Algen (Pleurococcus) grüngefärbtem Darm<sup>2)</sup>.

Diem<sup>3)</sup> meint, daß Nematoden hauptsächlich von Pflanzenstoffen und nicht von Humus leben, was allgemeine Ansicht zu sein scheint. Dem widerspricht aber Heinis<sup>4)</sup>, der Dorylaimus für einen Feind von Nebela hält und Menzel<sup>4)</sup>, nach dem im Darm von Monhystera Diatomeen gefunden wurden.

Über die Nahrung der noch höheren Gruppen sind wir ausgezeichnet unterrichtet. F. Plateau<sup>5)</sup> fand im Darm von Myriopoden Erde, Sandkörner und Kalktrümmer, ähnliches, mit pflanzlichen Stoffen auch Diem (op. cit. p. 385). Die Chilopoden wieder sind Räuber. Die Lithobiden z. B. fressen kleine Insekten, wie Poduriden, auch Würmer, Acariden und Spinnen. Chilopoden sah man Regenwürmer, Insektenlarven, Nematoden und Enchytraeiden fressen.

Über die edaphischen Insekten berichtet A. Razzauti<sup>6)</sup>, daß Staphyliniden im Magen Humus und edaphische Organismen enthielten.

Eine besondere und wichtige Rolle spielen im Edaphon jedoch die Lumbriciden, auch in der Ernährung.

Seit Darwins Untersuchungen ist es in jedes Lehrbuch übergegangen, daß sie die berufenen Verzehrer der verwesenden Pflanzenteile, der Blätter und Stengel sind, und daß ihre Rolle hierbei gar nicht genug überschätzt werden kann. Allerdings hat man sich andererseits davon überzeugt, daß die Regenwürmer ständig Erde aufnehmen und entleeren.

Meine orientierenden Untersuchungen führten mich zu der Überzeugung, daß die Aufnahme pflanzlicher Nahrung durch den Regenwurm überschätzt werde, daß er dagegen das in der aufgenommenen Erde vorhandene Edaphon ebenfalls ausnutzt.

Der Darminhalt von Regenwürmern aus Ackererde unbekannter Herkunft (Juni 1911) enthielt allerdings Rhizoiden, Moosblattfragmente, eine Menge Kiesel-

<sup>1)</sup> F. Richters, Die Fauna der Moosrasen des Gaußberges (D. Südpolar-expedition) Berlin 1907.

<sup>2)</sup> F. Heinis, Über die Mikrofauna am Bölchen (Liestal). 8<sup>o</sup> 1916.

<sup>3)</sup> K. Diem, op. cit. p. 317.

<sup>4)</sup> R. Menzel, Über die mikroskopische Landfauna der Schweizer Hochalpen (Archiv f. Naturgeschichte 1914).

<sup>5)</sup> F. Plateau, Recherches sur les Phénomènes de la digestion chez les Myriopodes. (Mém. de l'académie Royale de Belgique 1876.)

<sup>6)</sup> A. Razzauti, Contributo allo studio dell'Edafon. Pisa 1913.

körnchen, Gefäßzellen mit spiralgigen Verdickungen, Libriformzellen, mazerierte Wurzelfragmente, Kiefernpollen, daneben aber auch Pleurococcus, Ciliaten (Opalinen?), Pilzsporen, Cladosporium humifaciens, Diffflugia globulosa (vgl. Abb. 28).

Am 13. November 1911 wurde der lebend herauspräparierte Darminhalt eines Regenwurmes aus dem Garten des Biologischen Instituts München sofort untersucht. Es fanden sich:

Lebende *Navicula mutica* (mit gesunden Chromatophoren), *Heleopera*, *Diffflugia*, *Pseudodiffflugia*, *Hantzschia*, *Euglypha* (lebend).

Später wurden im konservierten Material noch gefunden: *Cymbella* sp., *Geococcus*, *Cladosporium*, Pilzsporen. Gar keine Pflanzenreste. In 1 mm<sup>3</sup> Darminhalt = 45 Individuen, also mehr als in der zahllosemal genau durchsuchten Erde unseres Gartens jemals gefunden wurden. (Maximum 29 Individuen pro mm<sup>3</sup>).

Als Ergänzung wurden auch vollkommen frische Regenwurmexkreme aus einem Versuchsgefäß (mit *Tropaeolum*) am 23. Juni 1911 untersucht. Die gleichmäßig feinkörnige Erde enthielt: *Stauroneis*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Nitzschia* (Schalen), *Oscillatoria* (lebend), *Geococcus*, *Trinema acinus*; alle Kieselalgen korrodiert. 1 mm<sup>3</sup> = 79 Individuen.

Ferner wurden Regenwurmexkreme aus dem Versuchsgarten des Biologischen Instituts, die an der Oberfläche goldbraun schimmerten, untersucht (22. April 1911). Die Oberfläche bestand aus tausenden lebenden (auch toten) Individuen einer winzigen 6–12  $\mu$  langen Amphoraart. Im Innern fanden sich auch noch *Geococcus*-Schalen, wenig *Cladosporium* und farblose Cysten. 1 mm<sup>3</sup> = 16 Individuen.

Der Gesamteindruck aus diesen Orientierungsuntersuchungen war neben dem eingangs Gesagten, daß die Regenwürmer für das Gedeihen des Edaphons von wesentlichem und zwar förderlichem Einflusse sind, da ihre Exkreme eine (offenbar stickstoffreiche) wahre Brutstätte für edaphische Organismen bilden.

Daß aber die Bedeutung der Regenwürmer für die Bildung der Ackerkrume sehr hoch eingeschätzt werden muß, ist seit Darwin und Hensen gemeinbekannt.

Ausführliche Untersuchungen und Versuche über die Ernährung und Bedeutung des Regenwurmes für das Edaphon sind dann auf meine Veranlassung durch Fr. R. v. Aichberger im Biologischen Institut München ausgeführt worden mit folgendem Ergebnis:

Ausgedehnte Untersuchungsreihen<sup>1)</sup> ergaben mit voller Bestimmtheit, daß die heimischen Regenwürmer nicht aus Pflanzenresten den Hauptteil ihrer Nahrung beziehen, sondern aus den großen Mengen Erde, die sie ständig aufnehmen, worauf ihre große bodenmechanische Bedeutung beruht, und aus der sie die darin befindlichen Geobionten verdauen.

Damit sind die bisherigen Ansichten in vielen Punkten widerlegt. Wenn ein mm<sup>3</sup> Darminhalt der Regenwürmer bis zu 50 Geobionten (*Mesotaenium*, *Cosmarium*zellen, *Navicula*, *Hantzschia*, *Nitzschia*, *Cymbella*, *Oscillatorien*, *Saccharomyces*, *Cladosporium*mycelien, *Geococcus*, *Amoeba*, *Diffflugia*, *Nebela*, *Trinema*, *Arcella*, *Euglypha*, *Dorylaimus*) sämtliche in verdaulichem Zustand (korrodiert, mit zerlöstem Inhalt) vorgefunden werden, so muß dem Edaphon bei der Ernährung dieser Tiergruppe jedenfalls ein größerer Einfluß zugestanden werden, als den Pflanzenresten, die oft genug von den Würmern verschmäht wurden (vgl. Abb. 28).

<sup>1)</sup> R. v. Aichberger, Untersuchungen über die Ernährung des Regenwurmes. (Arbeiten a. d. Biol. Institut München Nr. 4.) (Kleinwelt 1914.)



Fassen wir das Gesagte zusammen, so ergibt sich schon aus dem Bisherigen sonder Zweifel, daß das Edaphon eine ökologische Einheit darstellt und ähnliche biocoenotische Zusammenhänge aufweist wie das Plankton.

Bodenbakterien und Bodenpilze arbeiten als Stickstofflieferanten für die edaphischen Algen, die wieder im Verein mit den Vorgenannten den Rhizopoden als Nahrung dienen, mit diesen teilweise auch den Rotatorien und Nematoden. Diese werden von Amoeben und Myriapoden, sowie von Tardigraden gefressen.

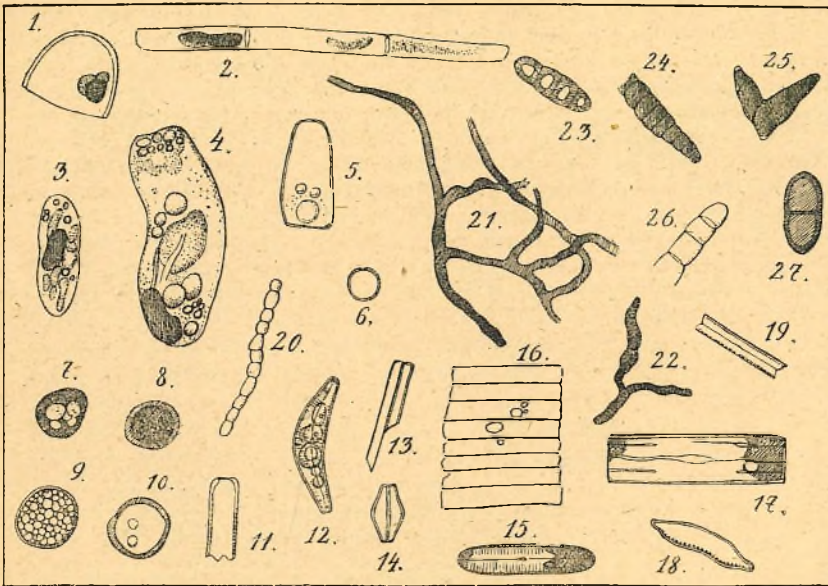


Abb. 28. Geobionten aus den Regenwürmfäces.  
1—2, 5—6 = Grünalgenreste. 3—4 = Rädertierreste. 7—10, 20—27 = Bodenpilze und Sporen.  
11—19 = Erdkieselalgen. (Nach R. v. Aichberger.)

Das gesamte Mikroedaphon aber wird von den Regenwürmern aufgenommen, von diesen teils verdaut, teils wieder im Gedeihen gefördert. Hin und her spinnen sich also die Fäden, eines besteht durch das andere und das gibt uns das Recht, das Edaphon als eine aus Bakterien, Schizophyceen, Bodenpilzen, Kieselalgen, Grünalgen, Rhizopoden, Rotatorien, Tardigraden, Nematoden und größeren Würmern, sowie Myriapoden und Insekten zusammengesetzte, in sich geschlossene Lebensgemeinschaft aufzufassen.

## VII. Die Bedeutung des Edaphons.

Es ist eine Überfülle von Problemen und Ausblicken, die sich durch die Ergebnisse der Erforschung der ökologischen Verhältnisse des Edaphons dem geistigen Auge eröffnen. Zahllos sind die Fäden und Beziehungen, die sich von hier zur Pflanzenphysiologie durch die Assimilation der edaphischen Schizophyceen und Bacillariaceen und ihrem Saprophytismus, zur Geologie durch die

neuen Ausblicke auf die Verwitterung, zur Biologie überhaupt spinnen, nicht weniger wichtig aber auch die Beziehungen zur landwirtschaftlichen Botanik und Pedologie, deren hier noch in einem Ausblick vorzugsweise gedacht werden soll.

Es kann nach dem Ergebnis unserer Untersuchungen kein Zweifel daran sein, daß dem Edaphon im Kreislauf der Natur eine außerordentlich bedeutsame Rolle zukommt, schon durch die allgemeine Verbreitung, die es in der Verwitterungsrinde der Erde besitzt.

Da die edaphischen Formen nicht so leicht durch Luftströmungen verschleppt werden können, wie die Süßwasserorganismen, bei denen es ohnedies noch fraglich geblieben ist, wieso denn die keine Cysten bildenden Organismen (z. B. Desmidiaceen, Bacillariaceen) wandern, entstand die Frage nach ihrer Verbreitung, zu deren Lösung ich schon im Jahre 1904 ausgedehnte Versuchsreihen mit dem Ergebnis anstellte, daß Amöben, Microspora, Navicula, Stichococcus, Oscillatoria sicher durch Luftströmungen verbreitet werden.

Die Versuchsanordnung, welche sich über die Zeit vom 30. Juni bis 27. November 1904 bei täglichen Beobachtungen erstreckte, führte genau Tagebuch über das Auftreten und die Vermehrung der Mikroflora und Fauna in der freien Luft des Stadtinneren zu München ausgesetzten Schalen mit reinem Wasser und Erde, die nur durch das natürliche Regenwasser ergänzt wurden.

Zu Beginn der Beobachtungsreihe von 150 Tagen enthielt das Wasser nur 1 Cyste, 1 Navicula-Schale, die Erde Hantzschien, Navicula und Cysten. Am Ende des Versuches hatten sich 31 Algenarten, 10 Rhizopoden, 28 Ciliaten und Flagellaten und 5 Rotatorienarten eingefunden, zusammen 74 Arten von Organismen, von denen 20 dem typischen Edaphon angehören.

Im reinen Wasser traten auf

- am 6. Juli: Amöba guttula (viel), Navicula,
- „ 12. „ Amöba proteus, Pilzsporen,
- „ 21. „ Microspora (zahlreich), tausende von Navicula,
- „ 20. August: Stichococcus, Scenedesmus,
- „ 1. September: Rote Cysten (später Vampyrellen),
- „ 17. „ Oscillatoria,
- ab 14. November war das Wasser gefroren.

In der sterilisierten Gartenerde fanden sich ein die Gattungen Ulothrix, Nostoc, Isocystis, Chroococcus, Raphidium, Pleurococcus, Navicula, Geococcus, Petalomonas, Strombidium, Dorylaimus, Rotifer, Philodina. (Die typischen Edaphonformen sind gesperrt gesetzt<sup>1)</sup>).

Diese Untersuchungen wurden im Winter 1911—1912 aufgenommen durch die Feststellung der auf unberührtem Schnee aus der Luft abgelagerten Microorganismen. Im Garten des Biologischen Institutes München wurden am 5. Febr. 1912 auf diese Weise im „Kryoplankton“ konstatiert von Geobionten:

- Pilzsporen,
- Pilzmycelien (cladosporiumähnlich),
- Rädertiereier (vgl. Abb. 29),
- Cysten (vgl. Abb. 23),
- Pleurococcus vulgaris.

Außerdem wurden am Biolog. Institut München unter meiner Leitung von H. Lehmann Untersuchungen über die im frischgefallenen Schnee zu München vorhandenen Microorganismen angestellt.

Als deren Ergebnis stellte sich heraus, daß frisch geschmolzenes Schnee-

<sup>1)</sup> Eine ausführliche Publikation hierüber ist angesichts der vielen ökologisch wichtigen Resultate in Vorbereitung.

wasser aus Schnee, der vom Beginn eines Schneefalles stand, folgende Fremdkörper enthielt (1912 und 1913):

Protococcus-Zellen (in ganzen Klumpen), viel mineralische Teilchen, halbverbrannte Flocken, Phytolitharien (Ehrbg.), zahllose Rußflöckchen, braune Pilzsporen, Libriform, blau gefärbte Wollfasern, Stärkekörnchen (viel), tierische Haare, braune Pilzmycelien, Rädertiereier, zahlreiche Öltröpfchen, braune Cysten, Hantzschia amphioxys.

Die Luftverbreitung der Geobionten ist demnach außer jedem Zweifel gestellt.

Neben dieser Allverbreitung des Edaphons, wodurch allein schon numerisch die Süßwasserorganismen nur als ein Spezialfall des mikroskopischen Lebens auf Erden erscheinen, kommt ihm auch quantitativ eine außerordentliche Bedeutung zu. Denn wenn auch der Durchschnitt der edaphischen Besiedlung im Ackerboden mit 70 Individuen im  $\text{mm}^3$  nicht zu hoch gegriffen erscheint, im Waldboden etwa 125 Individuen pro  $\text{mm}^3$  entspricht, so ergibt dies doch schon auf den Kubikzentimeter umgerechnet höchst ansehnliche Zahlen, nämlich:

in gutem Ackerboden	50000—100000 Individuen pro ccm
„ guter Wiesenerde	75000—115000 „ „ „
„ „ Garten(Blumen)erde	30000—100000 „ „ „
„ „ Walderde (Mull)	100000—150000 „ „ „

wobei natürlich Großwürmer und Bodenbakterien nicht mitgerechnet sind.

Nach Ramann<sup>1)</sup> sind nun Acker-Gartenerde und Mullboden (Wald) im April-Mai am reichsten an Bodenbakterien, wobei auf

1 ccm Mullboden	2460000 Individuen
1 „ Rohhumus	220000 „

entfallen. Wenn man auf die Bakterien durchschnittlich  $1 \mu$  Länge,  $9,3 \mu$  Dicke und Breite rechnet, entspricht dies einem lebendig wirksamen Quantum von 198000—2214000 Kubikmikron Plasmasubstanz im ccm Erde, während bei der Annahme von 100000 Geobionten im ccm diese, da sie durchschnittlich  $10 \mu$  lang,  $5 \mu$  breit und dick sind, mehr als das 10fache Quantum, nämlich 25000000 Kubikmikron ausmachen.

In neuerer Zeit sind außerordentlich viele Zählungen von Bodenbakterien erfolgt, die einen überwältigenden Einblick in die Bedeutung dieser Lebensgemeinschaft für das Gesamtleben der Natur gewähren.

Seit den Tagen, da Hiltner (Jahresbericht d. Verein. für angewandte Botanik 1907) die prophetischen Worte schrieb, daß Amöben, Flagellaten und Infusorien oft in sehr großer Menge, mitunter Millionen in 1 g Erde — leben, hat sich diese Zahl — wenigstens in bezug auf die Bakterien, noch vervielfacht.

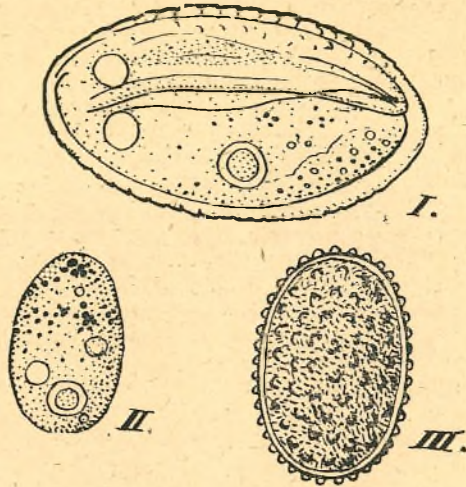


Abb. 29. Eier im Edaphon.  
I = Nematodenei. II—III = Rädertiereier (?).

<sup>1)</sup> E. Ramann, Bodenkunde. 2. Aufl. S. 116.

Löhnis (Bodenbakterien und Bodenfruchtbarkeit 1914) berechnete unter dem Eindruck meines Edaphonwerkes, daß 1 ha Ackerland durchschnittlich 20 Zentner Edaphon enthält. Die Futtererträge eines solchen Stückes Boden genügen nun bekanntlich für 2 Stück Großvieh von je 10 Zentner Gewicht. Es wird also unter der Erde ebensoviel Leben ernährt wie über der Erde.

Von diesen Mengen können wir nach ihm rechnen, daß etwa 400 kg auf Bakterien, 200—400 kg auf Pilze, Algen und Protozoen und 200—1000 kg auf Regenwürmer entfallen, was nach meiner Ansicht zu nieder gegriffen ist. Hat doch F. Hensen (Landwirtsch. Jahrb. 1882) schon berechnet, daß 1 ha 200 bis 1000 kg Wurmmasse enthalten kann, die doch durch Edaphon ernährt wird und hat doch K. Diem im Engadin auf den Magermatten auf  $\frac{1}{16}$  m<sup>2</sup> allein bis 4860 Enchytraeiden gefunden und P. E. Müller tausende von Lumbricus purpureus pro Quadratfuß in mildem Buchenhumus.

Über Bakterien schufen neuere Zählungen ungeheuerliche Zahlen. So gibt Caron (Landwirtschaftl. Versuchsstation 1895) unter Klee pro g Erde 6 Millionen Keime an in 20 cm Tiefe, in 50 cm Tiefe noch immer 1,5 Millionen. Maggiora (Zit. nach Löhnis p. 511) fand in aufgeschüttetem Erdreich pro g Erde oben 32 Millionen Keime, in 1 m Tiefe noch 80000, in 2 m 20000, in 3 m 18000. Bluemer (Löhnis S. 512) gibt in sandigem Humus 45 Millionen Keime pro g, C. Hoffmann in Marscherde einige hundert Millionen an!

Burri (Schweiz. Landwirtsch. Ztrblatt 1901) fand in 10 cm Tiefe pro g Erde in

Gartenerde 4,3 Mill. Keime	Kleefeld 4,3 Mill. Keime
Wiese 3,8—16 " "	Wald 1,1—33,4 " "
Roggenacker 9,5 Mill. Keime.	

Stoklasa und Ernest (Löhnis S. 513) 3—5 Millionen im g Zuckerrübenboden.

Nun haben interessanter Weise vor kurzem Th. Remy<sup>1)</sup> und G. Rösing gezeigt, daß die Peptonzersetzung im natürlichen Boden ganz anders verläuft, als in den mit dem betreffenden Boden nach der üblichen bakteriologischen Methode geimpften Nährlösungen. Und zwar geht ein nicht unerheblicher Teil des Gesamtstickstoffes im Boden verloren und es zeigt sich, daß der Versuchsfeldboden dem Laboratoriumsnährboden in der Zerlegungskraft für Eiweiß und Pepton stark überlegen ist.

Dies erscheint den Verfassern rätselhaft und sie ziehen daraus den ganz richtigen Schluß, daß die heutige Methode der biologischen Bodenuntersuchung verbesserungsbedürftig sei.

Die hier so deutlich empfundene Lücke in der Nachahmung des Stoffwechsels des Bodens wird durch das Edaphon ausgefüllt, in dem man einen gewaltigen Faktor bei fast allen chemischen und mechanischen Änderungen, die von der ersten Verwitterung bis zur Bodengare führen, zu erblicken hat.

Dieser optimale Bodenzustand (der sowohl als Ackergare, wie als noch wenig beachtete und doch nicht weniger wichtige „Waldgare“ auftritt) äußert sich als vergrößertes Volumen, Krümelstruktur, Lockerheit (Rümker), und keine dieser Eigenschaften, bis auf die (durch Humifikationspilze hervorgerufene) dunkle Farbe (s. Tscherno sem) und den Erdgeruch (Bakterien) ist denkbar ohne die humifizierende, mechanisch und chemisch zersetzende und umsetzende Tätigkeit der Geobionten.

Im besonderen müssen die Humifikation, die Struktur (mechanische Bodenänderung), die Kohlensäure- und Stickstoff-

<sup>1)</sup> Th. Remy und G. Rösing, Beitrag zur Methodik der bakteriellen Bodenuntersuchung (Zentralblatt f. Bakteriologie. II. Abt. 1911).

bilanz, die Durchlüftung und in Zusammenfassung dieser Änderungen die Selbstreinigung des Bodens durch das Edaphon beeinflusst werden.

Es wird Aufgabe des hier neu aufschießenden Wissenszweiges der Edaphologie sein, Grad und nähere Umstände dieser Umwandlungen festzustellen; gegenwärtig lassen sich aus den vorliegenden Untersuchungen nur allgemeine Sätze hierüber wagen.

Für die mechanische Auflockerung des Bodens und die mit ihr zusammenhängenden physikalischen Eigenschaften wie Bindigkeit, Wasserhaltungskraft, Wasseraufsaugungsvermögen und Absorptionsvermögen kommen namentlich die edaphischen Tiere in Betracht, und von den Pflanzen jene mit freier Beweglichkeit. Da ist es denn sehr auffällig, daß gerade solche so reich im Edaphon vertreten sind (Bacillariaceen und Oscillatoriaceen), ja daß — namentlich gilt dies für die Kieselalgen — deren Beweglichkeit im Boden gegen die im Süßwasser gesteigert ist<sup>1)</sup>. Die kleinen Naviculen und Hantzschien rutschen mit unglaublicher Geschwindigkeit im Präparat umher (Lichtreiz?) und es ist anzunehmen, daß sie auch in der gesättigten Lösung zwischen den Bodenteilchen, die ihr natürlicher Aufenthaltsort ist, ähnlich lebhaft sind.

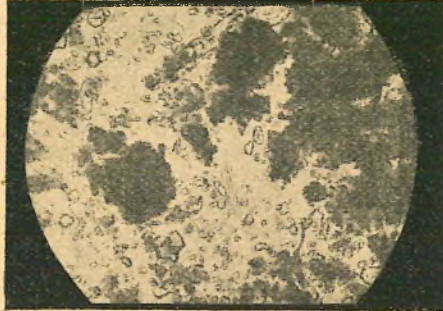


Abb. 30. Die Krümelung des Ackerbodens. Man vergleiche die Größe der Krümel mit der Hantzschia. (Originalaufnahme.)

Wenn auch die Wurzeltätigkeit der Gräser sicher einigen Einfluß hat, so zerlegen doch vornehmlich, wie auch Löhnis (S. 571) zugibt, Protozoen die pflanzlichen Reste.

Der Einfluß von Mycelpilzen und Spalt-, sowie Sproßpilzen auf das Hohlraumvolumen ist weit größer, als man gemeinhin denkt, denn sie bilden Gase, deren Druck den Boden lockert. Er geht dadurch auf, wird „gar“ (vgl. S. 90), mürbe und krümelig. So stellt auch Mitscherlich in seiner „Bodenkunde“ (S. 135—136) den Haupteinfluß der niederen Pflanzen dar (vgl. Abb. 24).

Zudem gesellt sich die Auflockerung der feinsten Bodenkrümel durch die Zerlösung in den Rhizopoden, Rotatorien und Nematoden, die zugleich eine Anreicherung mit stickstoffhaltiger Substanz bedeutet.

Die mechanische und chemische Arbeit des Regenwurmes, über deren hohe Bedeutung sich der Agrikulturbotaniker längst im klaren ist, wird also in feinstem Maße und gründlich noch einmal besorgt und das für den Landwirt so wichtige Problem der Krümelbildung ist nun in ein völlig neues Licht gerückt. Die Fülle von „gekrümelten Bodenarten“, in denen Regenwürmer und sonstige größere Tiere völlig fehlen und für die es gegenwärtig keine Erklärung gab<sup>2)</sup>, finden nun eine Möglichkeit des Verständnisses (vgl. Abb. 30).

Die Zersetzung der organischen Substanzen wird hauptsächlich durch das Phytodaphon bewirkt.

Sie besteht zuerst aus Dissimilationsprozessen. Hierbei sind die Spalt-

<sup>1)</sup> Dies erweckt, wie auch die als Schutz gegen Austrocknung vorzüglich geeigneten Kieselchalen die Vermutung, daß Beweglichkeit und Schalenbildung hauptsächlich Anpassungen an das edaphische Leben sind.

<sup>2)</sup> Vgl. Ramann, Bodenkunde S. 227.

pilze tätig. Dann folgt die Humifizierung durch die Mycelpilze des Bodens und die Zersetzung der humosen Bestandteile durch Protozoen und Kleintiere.

Jetzt tritt die Ammoniakbildung, dann die Nitrifikation in Tätigkeit. An ihr sind Spaltpilze, Mycelien, Kiesel- und Grünalgen in gleicher Weise tätig, desgleichen an der Stickstoffbindung (vgl. S. 64).

Die Bodenbakterien, namentlich die Nitrobakterien und *Bacillus mycoides*, in sauren Böden die Schimmelpilze, sind die Ammoniakbildner, die das Casein, Fibrin, Glutein, Asparagin, Myosin, Pepton und die übrigen tierischen und pflanzlichen Eiweißstoffe zersetzen. Schimmelpilze besorgen auch die Fetthaltung und Zersetzung im Boden.

Aber sie können ihre Tätigkeit nur dann ausüben, wenn die verwesenden Substanzen genügend zerkleinert sind, wie zuerst die Untersuchungen von E. Wollny bewiesen haben<sup>1)</sup>. Auch nimmt die Intensität dieser Zersetzung mit besserer Durchlüftung zu.

Ganz besonders wichtig ist die Rolle des Edaphons für die Durchlüftung.

Ohne Luft im Boden verfaulen die Humussubstanzen; es bilden sich dann die giftigen freien Säuren. Edaphon aber schafft Luft, allerdings mit Ausnahme der Schimmelpilze, die denn daher auch im Wald-, Weide- und Wiesenedaphon in absteigendem Maße besser vertreten sind, denn im Ackerboden.

Durch ihre Atmung tragen die Geobionten sogar zur Erhöhung der Bodentemperatur in solchem Maße bei, daß Stoklasa und Ernest in einem extremen Fall in Hausmull in 1 m Tiefe Blutwärme (37° C) gemessen haben.

Auf diesen Eigenschaften beruht denn auch letzten Endes die moderne Abwasserreinigung, in deren Anlagen-System Wiesen als Entfäuler deshalb eingesetzt werden können.

Nach Kolkwitz (chem.-biolog. Untersuchungen d. Elbe 1907 und Thumm, Städtereinigung 1911) sind hieran von Edaphonteilnehmern besonders Hantzschien, Euglenen, *Ulothrix*, *Phormidium*, auch Protonemen von Moosen und Moose selbst (z. B. *Ceratodon*) beteiligt.

Hier scheint mir der Punkt zu sein, der die Existenz des Edaphons besonders wichtig für den Landwirt macht. Die edaphischen Organismen als die wichtigsten Zerkleinerer der organischen Substanzen und anerkannte Durchlüfter des Bodens sind für den Stoffwechsel des vegetationsfähigen Bodens unentbehrlich; die Methode, durch welche es gelingt, ihre Zahl zu vermehren, hat für die Landwirtschaft die Bedeutung einer Förderung der Bodengare und der Fruchtbarkeit.

Nicht minder wichtig erscheint das Edaphon für die Humusbildung. Die Bedeutung des *Cladosporium humificans* für die Humifikation hat schon P. E. Müller nachgewiesen, auch hat man über die Bedeutung der niederen Tierwelt bei der Bildung von Mull seit H. von Post<sup>2)</sup> allgemeine Vorstellungen, die sich nun allerdings in ganz bestimmte verwandelt haben.

Den größten Teil des Stickstoffgehaltes eines Bodens bergen bekanntlich die Humussubstanzen, und sie führen ihn um so rascher den Pflanzen zu, je rascher sie zersetzt werden. Hieraus ergibt sich neuerdings ein Zusammenhang zwischen Edaphon und den Interessen der Land- und Forstwirtschaft, wie er intensiver nicht gedacht werden kann.

Die Humusstoffe bilden Kohlensäure und bewirken dadurch die Lösung bzw. Verwitterung ungelöster Mineralien. Wir haben gesehen, daß der Reich-

<sup>1)</sup> E. Wollny im Journal für Landw. 1886.

<sup>2)</sup> Vgl. Landwirtschaftliche Jahrbücher 1888.

tum an Edaphon dem Reichtum an Humus entspricht und es wird Aufgabe der Zukunft sein, zu zeigen, ob die bekannten Eigenschaften des Humus, schwere Böden lockerer zu machen, die Auswaschung zu hindern, rein chemischer Natur sind oder aber mit dem Edaphon zusammenhängen. Nach den Untersuchungen der Agrikulturchemiker (Bouilhac, Giustiniani u. a.) kann schon heute kein Zweifel daran sein, daß die Algenvegetationen die Stickstoffernährung der in stickstoffarmen Böden gezogenen Pflanzen günstig beeinflussen (was den alten Glauben der Landwirte, daß „grüne Schimmel auf der Erde“ ein Zeichen guter Gare des Ackers sind, bestätigte), die physiologische Erforschung des Edaphons hat uns eine neue Lehre von der Stickstoffbilanz im Boden beschert.

Auf ihr beruhen jene zwei großen praktischen Fortschritte, welche uns die junge Wissenschaft der Edaphologie zum Heile unserer Landwirtschaft beschert hat.

Die Möglichkeit einer biologischen Bodenbonitierung als Ergänzung und oft auch als Ersatz der chemischen Bodenanalyse (vgl. S. 82) ist es, durch die wir uns dem Idealziel einer optimalen Verwertung der Bodenfruchtbarkeit erheblich nähern können. Es liegt von nun an nicht mehr an unserem Wissen, sondern nur an der Überwindung herkömmlicher Bequemlichkeit, wenn die Bodenrente aller Länder um vielleicht viele Prozent gesteigert wird.

Der zweite Fortschritt liegt in der Möglichkeit biologischer Bodenimpfungen, von denen seit dem Entfalten der Edaphologie in wachsendem Maße und mit wachsendem Erfolg Gebrauch gemacht wird.

Schon die übliche Düngung mit Stallmist ist nichts anderes als eine Impfung mit Edaphon, denn Dünger ist eine primitiv zubereitete Mischkultur von Bakterien und Bodenpilzen nebst Protozoen. Eine einfache Methode ist auch das von Hiltner empfohlene Überschichten von Moorböden mit Brachland und Leguminosenerde.

Hierher gehören auch die von Nobbe und Hiltner geschaffenen Nitragin-Impfungen von Samen oder Böden, sowie die neuesten namentlich von J. Simon<sup>1)</sup> und Kühn in Verkehr gebrachten Impfungen mit Azotobakterien. Ursprünglich verwendete Simon getrocknete Erde mit Knöllchenbakterien, kann sich aber erst seit seinem Azotogen (vgl. Deutsche Landwirtschaftl. Presse 1911 und Bericht von 1915) auf 85% günstiger Resultate berufen, so wie die amerikanischen Parallelerfahrungen von Terguson (Löhnis S. 789) und die englischen von Bottomley (Proceed. Roy. Soc. London 1909), die von Azotobacterimpfungen bei Hafer, Gerste, Rüben, Erdbeeren, Kohl ausgezeichnete Wirkungen konstatierten, was Stoklasa seinerseits bestätigt.

Auf welches Gebiet der Bodenkunde und Agrikulturchemie wir also immer blicken, überall hin führen Beziehungen vom Edaphon in das rätselhafte Geflecht der Zusammenhänge und Gesetze, durch die sich die Erde ihre Fruchtbarkeit sichert, von der ersten Verwitterung bis zur vollen Tragkraft des Ackers wirkt hundertfach das im Boden verborgene Leben des Edaphons mit, und wenn Pedologie bisher vorzugsweise eine geologische und chemisch-physikalische Wissenschaft war, so ist sie von nun an in erster Linie eine biologische Wissenschaft geworden.

<sup>1)</sup> Vgl. Simon, Über Bakterien und andere Kleinwesen als Freunde des Gärtners. (Flora-Sitzber. v. Sächs. Ges. f. Botanik 1913/15.) — Natürliche Impferde oder künstl. Bakterienkulturen zur Hülsenfruchtimpfung (D. Landw. Presse 1915).

## Sach- und Autoren-Register.

- Absidia orchidis, Hagem. 12, 24  
 Absorption des Lichtes, durch die Pflanze 43  
 Abwasserreinigung, durch Edaphon 92  
 Acarina 14, 36  
 Achnanthes coarctata 11  
 Achnanthes elliptica, Küst. 11, 21  
 Achnanthes gracillima 11  
 Achnanthes hauckiana, Grun. 11  
 Achnanthes microcephala 11  
 Achnanthes minutissimum 11, 18  
 Achnanthidium exile, Heib. 18  
 Achnanthidium lineare, Sm. 11, 18  
 Ackerboden, Bau des 22  
 Ackerboden, biologische Analyse 77  
 Ackerböden in Tirol, Edaphon 19, 21, 47, 59  
 Ackerboden, Kieselalgenflora 72  
 Ackerboden, staubtrockener, Edaphon 18, 20  
 Ackerboden, Winterleben 46  
 Ackerboden, Winterformen 45  
 Ackererde, Einfluß des Lichtes 40  
 Ackererde, in Franken, Edaphon 15, 21, 29, 53  
 Ackererde in Oberbayern, Edaphon 15, 16, 21, 25, 31, 34, 43, 47, 77  
 Ackergare, Begriff 90  
 Adametz, L. 24  
 Adineta vaga 13, 33  
 Afrika, Edaphon 29, 32, 34  
 Agronomie und Bodenbiologie 64  
 Aichberger, R. v. 35, 86  
 Algen, im Edaphon 4  
 Allobophora aporata, Bretschn. 14, 35  
 Almboden, Edaphon 18, 21, 22, 23, 28, 29, 31, 47, 55, 59, 60  
 Alpenmischwald, Edaphon 22, 26, 30, 31, 69, 84  
 Alpenvorland, Edaphon 31, 36  
 Alpenwiesen, Edaphon 28, 32  
 Alpines Edaphon, Vorkommen 20, 21, 30, 34  
 Alternaria humicola, Oud. 12, 24  
 Ammonassimilation, durch Edaphon 83  
 Ammoniakbildung, Beteiligung an der 92  
 Ammoniakbildung, im Maximum 49  
 Amoeba alba 25  
 Amoeba fibrillosa 25  
 Amoeba guttula, Duj. 13, 26  
 Amoeba horticola, Naegl. 25  
 Amoeba limax, Duj. 13, 26  
 Amoeba nitrophila 26  
 Amoeba papyracea, n. sp. 25  
 Amoeba proteus, Rösel 13, 26  
 Amoeba similis, Greff 25  
 Amoeba sphaerucleolus, Greff 13, 25  
 Amoeba striata, Pen. 13, 25  
 Amoeba terricola, Ehrb. 13, 25, 26, 31  
 Amoeba terricola, Austrocknung von 54  
 Amoeba velata, Pen. 13, 26  
 Amoeba verrucosa, Leidy 13, 26  
 Amöben, als Feuchtigkeitsleitform 26  
 Amöben, moosbewohnende, im Edaphon 25  
 Amöben, als Trinemanahrung 32  
 Amoeba vesiculata, Pen. 25  
 Amphora borealis 11  
 Amphora, sp. 20  
 Anabaena, als Stickstoffbildner 64  
 Anabiose, der Rotatorien und Tardigraden 53  
 Anachaeta bohemica, Vejd. 14, 35  
 Anachaeta, Vorkommen 35  
 Antarktis, Edaphon 34  
 Aphanolaimus, sp. 13  
 Aphanolaimus, Vorkommen 34  
 Aphanothece saxicola 10  
 Arachnoidea 14  
 Arcella asenia, Greff 13, 31  
 Arcella nitrata 69  
 Arcella vulgaris, Ehrb. 13, 31  
 Arcella vulgaris, als Feuchtigkeitsform 31  
 Arcticoon stygium 34  
 Aspergillus candidus, Pers. 12, 24  
 Aspergillus glaucus 12, 24  
 Aspergillus niger, v. Tiegh 12, 24  
 Aspergillus terricola 12, 22, 23  
 Aspergillus repens, D. By. 12, 24  
 Aspergillus, sp. 24  
 Assulina minor, Pen. 13, 31  
 Assulina muscorum 13  
 Assulina seminulum, Ehrb. 13, 31  
 Assulina seminulum var. Scandinavica 31  
 Astasia proteus, St. 12  
 Auwald, biologische Analyse (Liste) 73, 74  
 Auwälder, Edaphon 18, 26  
 Auxosporen, bei Bacillariaceen 55  
 Awerinzew 60  
 Azotobacter chroococcum 10, 21  
 Azotobacter chroococcum, als Ursache der Humusbildung 22  
 Azotobacter, als Humusbildner 58  
 Azotobacter, Nitratreduktion durch 83  
 Azotogen, Versuche 93  
 Bachmann, F. 63  
 Bacillariaceen, Auxosporen 55  
 Bacillariaceen, der Wiese (Liste) 71  
 Bacillariaceen, des Ackers (Liste) 71  
 Bacillariaceen, des Waldes (Liste) 71  
 Bacillariaceen, fossile 40  
 Bacillariaceen, geologische Verbreitung 60  
 Bacillariaceen, Höhenverbreitung 56  
 Bacillariaceen, Jahresmaximum 48  
 Bacillariaceen, Jahresmimum 49  
 Bacillariaceen, Jahresverbreitung der edaphischen 49  
 Bacillariaceen, Saprophytismus 83  
 Bacillariaceen, Tiefenverbreitung 44  
 Bacillariaceen, Trockenstarre 53  
 Bacillus mycoides, als Ammoniakbildner 92  
 Bacillus amylobacter 10  
 Bacillus, Ellenbachensis 10  
 Bacillus megatherium 10  
 Bacillus mesentericus 10  
 Bacillus mycoides 10  
 Bacillus radicicola 10, 24  
 Bacillus subtilis 10  
 Bacillus agreste 10  
 Bacillus coeruleus 10  
 Bacterium denitrificans, Tätigkeit 83  
 Bacterium herbicola 10  
 Bacterium radiobacter 10  
 Basidiosporium(?) gallarum, Moel. 12, 24  
 Bathyergus maritimus, Gm. 36  
 Bdelloida 33  
 Bemeli 35  
 Berthelot 7, 80, 82  
 Berzelius 6  
 Beyerinck 36  
 Biocoenose, des Edaphons 38  
 Bittner, K. 44  
 Bluemer 90  
 Blumentopferde, biologische Analyse (Liste) 77  
 Blumenopferde, Edaphon 17, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 36, 77, 84  
 Bodenbakterien, als Stickstoffbildner 64  
 Bodenbakterien, Einfluß auf Düngung 80  
 Bodenbakterien, als Ammoniakbildner 92  
 Bodenbakterien, im Edaphon 4  
 Bodenbakterien, Jahreskurve 49  
 Bodenbakterien, quantitative Analyse (Liste) 89  
 Bodenbakterien, Rolle im Boden 83  
 Bodenbakterien, Zählungen 90  
 Bodenbakterien, Zugehörigkeit zum Edaphon 82  
 Bodenbakteriologie, als Vorläufer der Edaphonforschung 7  
 Bodenbakteriologie, Untersuchungsmethode 8  
 Bodenbiologie, Beginn als Wissenschaft 8  
 Bodenbonitierung, auf Edaphon 81  
 Boden extrem trockener, biologische Analyse (Liste) 73  
 Boden, Feinstruktur 64  
 Bodenfeuchtigkeit, Einfluß auf Edaphon (Belege) 52  
 Bodenfrost, als Einfluß auf Edaphon 37  
 Bodenfrühling, Belege 47  
 Bodenfrühling, Phänologie 48  
 Bodenimpfungen, biologische 93  
 Bodenindikation, durch Edaphon 81  
 Bodenkultivierung, Einfluß auf Edaphon 39  
 Bodenleben im Walde, winterliches Erlöschen 46  
 Bodenpilze, als Lithobionten 62  
 Bodenpilze, im Edaphon 4  
 Bodenrente, Steigerung 93  
 Bodentaub, Organismen im 54  
 Bodstoffwechsel, durch Edaphon 92  
 Bodentemperatur, als Einfluß auf Edaphon 37  
 Bodentemperatur, organische Erhöhung durch Edaphon 92  
 Boden trockener, biologische Analyse (Liste) 73  
 Bodentypen natürliche, Feststellung 82  
 Bodenwassergehalt, als Einfluß auf Edaphon 38  
 Bonitierungsmethode, mikrobiologische 82



- Borzia trilocularis 10  
 Bottomley 93  
 Botrydium granulatum 12  
 Botrytis cinerea, Pers. 12, 24  
 Botrytis vulgaris 25  
 Bouilhac 7, 64, 80, 93  
 Bunonema reticulatum, Richt. 13, 34  
 Bunonema Richtersi, Jäg. 13  
 Buchenmull, Edaphon 16, 18,  
 24, 31, 47, 75  
 Buchenwald, bodenbiologische  
 Analyse (Liste) 74  
 Buchenwalderde, Edaphon 65  
 Burri 90  
 Callidina Ehrenbergii 13, 34  
 Callidina multispinosa 13  
 Callidina papillosa 13  
 Callidina sp. 33  
 Calocyclus sp. 12  
 Camaesiphon confervicola 10, 15  
 Campascus sp. 13  
 Canthocamptus cuspidatus,  
 Schm. 14, 35  
 Canthocamptus monticola,  
 Menzel 14, 35  
 Canthocamptus pygmaeus 35  
 Canthocamptus rhaeticus,  
 Schm. 14, 35  
 Canthocamptus subterraneus 14, 35  
 Canthocamptus typhlops,  
 Mráz. 14, 35  
 Canthocamptus Zschokkei,  
 Mráz. 14, 35  
 Carlson, R. C. 34  
 Caron 90  
 Carychium minimum 14, 36  
 Centricae 11  
 Centropyxis laevigata, Pen. 27, 31  
 Cepheus ocellatus, Mich. 14, 36  
 Chaetoniella sp. 12  
 Chaetomonotus macrotrichus 13  
 Charpentier 7  
 Chilopoden, Ernährung 85  
 Chlamydomonas tingens 12  
 Chlorella sp. 12  
 Chlorophyceae 12  
 Chlorophyceae, des Waldes  
 (Liste) 72  
 Chlorophyceen, als Lithobionten 62  
 Chlorophyceen, Saprophytismus 83  
 Chlorophyceen, Tiefenverbrei-  
 tung 44  
 Chlorophyceen, als Über-  
 flutungsorganismen 21  
 Chlorophyceen, des Ackers (Liste) 72  
 Chlorophyceen, der Wiese (Liste) 72  
 Chordeuma nodulosum, Nersch. 36  
 Chordeuma silvestre, C. Koch 36  
 Chroococcus, Bodenstickstoff-  
 verbindungen durch 7  
 Chroococcus, Stickstoffbindung  
 durch 83  
 Chroococcus sp. 10, 15  
 Ceratodon 92  
 Cictydium cernuum 12  
 Ciliaten 13, 33  
 Ciliaten, als Lithobionten 62  
 Ciliater Organismus im Boden,  
 Beschreibung 32  
 Citromyces(?) glaber, Wehm. 12, 24  
 Cladosporium sp. 24  
 Cladosporium, als Indikator des  
 Mullbodens 66  
 Cladosporium, des Ackers 72  
 Cladosporium, des Waldes 72  
 Cladosporium, der Wiese 72  
 Cladosporium, Rolle im Boden 67  
 Cladosporium epiphyllum, Pers.  
 12, 22, 24  
 Cladosporium herbarum, Pers. 12, 24  
 Cladosporium humifaciens  
 P. E. M. 12, 22  
 Cladosporium humifaciens, Be-  
 deutung für den Edaphon 23  
 Cladosporium humifaciens,  
 Jahresverbreitung 51  
 Cladotrix sp. 10  
 Clostridium gelatinosum 10  
 Clostridium Pasteurianum 10  
 Clostridium, Nitratreduktion  
 durch 83  
 Collembolen, Vorkommen 36  
 Conferviten, fossile 40  
 Conjugaten 12  
 Corycia flava, Duj. 13, 31  
 Corythion dubium, Tar. 13, 31  
 Coscinodiscus sp. 11, 17  
 Cotherina doliolum, Pen. 13, 32  
 Craspedosoma Canestrinii, Flor. 36  
 Craspedosoma Rawlinsonii, Leach 36  
 Crisetus frumentarius 36  
 Crustaceen 35  
 Crustaceen, unter Moosen 70  
 Cyanophyceen, als Lithobionten 62  
 Cyclotella comta 11, 17  
 Cyndrojoilus nitidus, Verk. 36  
 Cyndropsis Doderoi, Razz. 14, 36, 37  
 CyndrospERMUM majus 10, 16  
 CyndrospERMUM sp. 16  
 Cymbella edaphica, Küst. 20  
 Cymbella leptoceros, Kütz. 11  
 Cymbella microcephala, Grun. 11  
 Cymbella n. sp. 11  
 Cymbella parva, W. Sm. 11  
 Cymbella rupicola 8  
 Cymbella sp. 11  
 Cymbella ventricosa, Kütz. 11  
 Cysten, im Edaphon 55  
 Cystococcus humicola 12, 21  
 Czapek 38  
 Daetylococeopsis 10  
 Daetylothece Braunii 69  
 Dale, Elisabeth 9, 24  
 Darwin, Ch. 7, 35, 85, 86  
 Debyromyces globosus, Klöck. 12, 24  
 Déherain 7, 84  
 Demarium pullilans 12  
 Dematium sp. 12, 24  
 Demoussy 7, 84  
 Denticula tenuis, Kütz. 11  
 Denitrifikanten, Tätigkeit der 83  
 Desmidiaceen, Vorkommen 21  
 Desmidiium sp. 12  
 Deschiza semiaperta 13, 33  
 Diatomaceen, als Lithobionten 62  
 Diatoma vulgare 11  
 Diem, K. 4, 8, 36, 85  
 Diffflugia arcula, Leidy 13, 27  
 Diffflugia constricta, Ehrb. 13, 26, 31  
 Diffflugia constricta 27  
 Diffflugia craterella, Francé 13, 26, 27  
 Diffflugia globulosa, Duj. 13, 26  
 Diffflugia lobostoma, Leidy 13, 27  
 Diffflugia lucida, Pen. 13, 31  
 Diffflugia pyriformis 13  
 Diffflugia urceolata, Cart. 13, 26  
 Diffflugia sp. 28  
 Diffugiella 71  
 Diffugiella sp. 13  
 Difflugien, als edaphische Wald-  
 humusform 26  
 Difflugien, als Indikator des  
 Mullbodens 65  
 Difflugien, Cysten 26  
 Difflugien, Gehäusebau 26  
 Difflugien, Nahrung 26  
 Diplogaster (inermis?), Bütschli  
 13, 34  
 Ditrema flavum 69  
 Djemil 35  
 Dorylaimus, Ernährung 85  
 Dorylaimus Carteri, Bast. 13  
 Dorylaimus macrolaimus, Dc. M. 13  
 Dorylaimus maximus 34  
 Doyère, M. 85  
 Drouin 83  
 Duclaux 7  
 Dujardin 31  
 Düngung, als edaphologische  
 Methode 93  
 Düngung, Einfluß auf Edaphon 38, 78  
 Düngung, günstiger Einfluß der  
 Durchlüftung, durch Edaphon 92  
 Dürre, Einfluß auf Edaphon 53  
 Echiniscus, in der Antarktis 34  
 edaphische Pflanzen, Funktions-  
 form 37  
 edaphische Tiere, Funktionsform 37  
 Edaphologie, Beginn als Wissen-  
 schaft 8  
 Edaphologie, Aufgaben 91  
 Edaphon, als biocoenotische  
 Lebensgemeinschaft 4  
 Edaphon, Allverbreitung 89  
 Edaphon, Bedeutung 87  
 Edaphon, Bedeutung für die  
 Düngerrotte 80  
 Edaphon, Bedeutung für Durch-  
 löftung des Bodens 91  
 Edaphon, Bedeutung für Kohlen-  
 säure- und Stickstoffbilanz 91  
 Edaphon, Bedeutung für mecha-  
 nische Bodenänderung 90  
 Edaphon, Bedeutung für Selbst-  
 reinigung des Bodens 91  
 Edaphon, Beziehungen zu  
 pathogenen Chlamydozoen 25  
 Edaphon, biocoenotische Ver-  
 hältnisse des 38, 82  
 Edaphon, chemische Boden-  
 einflüsse 64  
 Edaphon, chemische Boden-  
 zusammensetzung als Einfluß 37  
 Edaphon, Definition 4, 87  
 Edaphon, Eier und Cysten 55  
 Edaphon, Einfluß der geogra-  
 phischen Höhe 57  
 Edaphon, als Faktor des Boden-  
 stoffwechsels 92  
 Edaphon, der Feuchtigkeitsstufen 56  
 Edaphon, Frühlingserwachen 48  
 Edaphon, gemeinsame Merkmale 4  
 Edaphon, geographische Ver-  
 breitung 39  
 Edaphon, Gesetz der Periodizität 52  
 Edaphon, Kieselalgen 17  
 Edaphon, Klimatologie 57  
 Edaphon, als Lebensformation 37  
 Edaphon, als Lithobionten 62  
 Edaphon, als ökologische Einheit 87  
 Edaphon, Periodizität 39  
 Edaphon, Phänologie 39  
 Edaphon, quantitative Analyse  
 (Liste) 89  
 Edaphon, quantitative Verteilung  
 in verschiedenen Waldböden 75  
 Edaphon, als silicophile Lebens-  
 gemeinschaft 61  
 Edaphon, Systematik 10  
 Edaphon, Tiefenverbreitung  
 (Belege) 40  
 Edaphon, tropisches 28  
 Edaphon, Umfang der Orga-  
 nismenliste 14  
 Edaphonverbreitung, Versuche 88  
 Edaphon, vertikale Verbreitung 58  
 Edaphon, Zugehörigkeit zum 4

- Edaphonforschung, am Biolog. Institut, München 9  
 Edaphonforschung, in Deutschland 7  
 Edaphonforschung, in England 9  
 Edaphonforschung, in Frankreich 7  
 Edaphonforschung, in Italien 9  
 Edaphonforschung, in Ungarn 9  
 Edaphonforschung, Vorläufer 5  
 Edaphonquantitäten, im Urwald-boden 75  
 Ehrenberg, G. Chr. 32, 33, 54, 58, 67  
 Ehrenberg, G. Chr., als Geobiontenforscher 5  
 Eichenwald, bodenbiologische Analyse (Liste) 74  
 Eier, im Edaphon 55, 89  
 Eisenia rosea, Sav. 14, 35  
 Elbsandsteingebirge, Edaphon 15, 18, 19, 62  
 Enchytraeiden, im Edaphon 4  
 Enchytraeidae 14, 34  
 Enchytraeus 72  
 Enchytraeus Perrieri, Vejd. 14, 35  
 Encystierung, des Edaphons 54  
 Engelmann 43  
 Engberding 49  
 Entomobrya lanuginosa, Nic. 14, 36  
 Epicoccum sp. 12  
 Erdamöben 70  
 Erdamöben, Ernährung 84  
 Ernest 90, 92  
 Euastrom, aus dem Ackerboden 21  
 Euastrom sp. 12, 21  
 Euglenen, als Halbsaprophyten 84  
 Euglenen, als Jauchemsetzer 80  
 Euglena velata, Kl. 12  
 Euglypha alveolata, Duj. 13  
 Euglypha ciliata, Ehrb. 13, 31  
 Euglypha globosa 13, 31  
 Euglypha laevis, Perty. 13, 31  
 Euglypha mucronata, Leidy 13, 31  
 Euglypha strigosa, Leidy 13  
 Eunotia arcus curta, Grun. 11  
 Eunotia exigua 11  
 Eunotia gracilis, Ehrb. 11  
 Eunotia tenella, Grun. 11  
 Eunotia sp. 17  
 Falger, F. 9, 15, 16, 17, 21, 23, 30, 31, 33, 34, 62, 64  
 Flagellata 12  
 Flagellaten, im Edaphon 25  
 Flechten, als Vorbereiter des Bodens 62  
 Fledermauskot, Edaphon 35  
 Fichtenwald, bodenbiologische Analyse (Liste) 74  
 Fichtenwalderde, Edaphon 65  
 Fischer, H. 22  
 Föhn, Einfluß auf Edaphon 46  
 Föhrenwald, bodenbiologische Analyse (Liste) 74  
 Formen, geographische Verbreitung der edaphischen 57  
 Fraas 6  
 Fragilaria dubia, Grun. 11  
 Fragilaria construens var. pusilla 11, 17  
 Fragilaria Harrisonii 11, 17  
 Fragilaria mutabilis, Grun. 11  
 Fragilaria sp. 72  
 Francé, R. 8, 19, 29, 40, 56, 62, 63, 80  
 Frank, B. 7, 25, 83  
 Fricideria sp. 14, 35  
 Frustulia vulgaris, Thir. 11  
 Fungi 12  
 Fusarium solani, Mont. 12, 24  
 Fusarium sp. 12, 24  
 Gaidukov 43  
 Gallionella (Melosira) sp. 11, 17  
 Gare des Ackers, Anzeichen 93  
 Garten (biologisches Institut, München), Edaphon 15, 20, 26, 29, 32, 40, 46, 52, 84, 88  
 Gartenerde des alten und neuen botanischen Gartens München, Edaphon 17, 19, 28, 31, 76, 80  
 Gartenerde, bodenbiologische Analysen 76  
 Gartenerde in Franken, Edaphon 18, 21, 53  
 Gartenerde sterilisiert, Besiedelung durch Edaphon 88  
 Gautier 83  
 Gebirge in Bayern, Edaphon 15, 16, 18, 23, 26, 27, 28, 30, 31, 34, 55, 61, 65, 84  
 Gebirge in Böhmen, Edaphon 62  
 Gebirge in der Schweiz, Edaphon 17, 22, 28, 34, 36, 60  
 Gebirge in Schlesien, Edaphon 32, 69  
 Gebirge in Tirol, Edaphon 15, 18, 20, 21, 23, 29, 30, 32, 34, 54, 55, 59, 61  
 Gebirgsgipfel, Edaphon 58, 59  
 gefrorener Boden, Edaphon 15, 20, 22, 45, 46, 47  
 Genus incertus 13  
 Geobionten, Winterverbreitung 45  
 Geococcus 29, 30  
 Geococcus, fossile 29  
 Geococcus, Ernährung 84  
 Geococcus longispina, Francé 29  
 Geococcus vulgaris, Francé 13, 28  
 Geocolie, der Maulwürfe und Regenwürmer 4  
 Geophiliden, Vorkommen 35  
 Geophilus subterraneus 14  
 Georychus capensis, Pall. 36  
 Giustiniani 7, 64, 93  
 Glassand, Edaphon auf 64  
 Gloeocapsa punctata 10, 15  
 Gloeocapsa sanguinea 10, 15  
 Gloeococcus sp. 12  
 Gloeocystis botryoides 12  
 Glomeris hexasticha 36  
 Glomeris sp. 14  
 Glomeris transalpina, C. Koch 36  
 Gomphonema gracile 11, 20  
 Gomphonema olivaceum, Lyngb. 11  
 Gomphonema sp. 20, 12  
 Graebner, P. 16, 63, 64  
 Graeter, E. 35  
 Grasbänder, Edaphon 36, 59  
 Grasgarten (gedüngt), Edaphon 52  
 Graswurzeln, Edaphon 36  
 Greeff, R. 8, 25, 33, 67  
 Gromia mutabilis 13  
 Gromia mutabilis, als Verwitterungsorganismus 84  
 Grünalgen 22  
 Grünalgen, Bodenstickstoffverbindungen durch 7  
 Grundwasser, Einfluß auf Edaphon 57  
 Gyrostigma sp. 11, 21  
 Habrotricha angusticollis 13, 33  
 Hantzschia amphioxys 8, 11, 19, 20  
 Hantzschia amphioxys, als Ackerleitform 20  
 Hantzschia amphioxys, Trockenheitsversuche mit 20  
 Hantzschia intermedia, Grun. 11  
 Hantzschia pusilla, Dippel 11  
 Hantzschia n. sp. 11  
 Hantzschia vivax, Grun. 11  
 Harpacticidae 14  
 Harpacticiden, Vorkommen 35  
 Heide, bodenbiologische Analysen 76  
 Heideboden der Lüneburger Heiden, Edaphon 17  
 Hefearten, im Edaphon 24  
 Heinis, F. 32, 33, 36, 67, 85  
 Heinze, B. 22, 24, 58, 64  
 Helgoland, Edaphon 56, 62  
 Heleopera petricola, Leidy 13, 30, 31  
 Heleopera petricola 30  
 Heleopera picta, Leidy 13, 28  
 Heleopera rosea, Pen. 13  
 Heleopera silvatica, Pen. 13, 31  
 Helix aculeata 14, 36  
 Helriegel 8, 80, 82  
 Helminthosporium interseminatum, Berk. 12, 24  
 Hensen, V. 7, 34, 36, 86, 90  
 Hibben, G. 17, 21, 63  
 Hiltner, L. 80, 89, 93  
 Himmer, A. 30, 57  
 Hochgebirge, Humifikation durch Azotobakter 64  
 Hoffmann, C. 90  
 Höhenklima, Einfluß auf Edaphon 39  
 Höhenverbreitung des Edaphons, Gesetz 60  
 Höhlenlehm, Edaphon 26  
 Höhlenseen, Edaphon 23, 34  
 Holland, Edaphon 25  
 Holodrilus D. octaedrus, Sav. 14, 35  
 Humifikation im Hochgebirge, durch Azotobakter 64  
 Humusbildner, Liste 63  
 Humusbildung, durch Azotobakter chroococcum' 22  
 Humus, Edaphon 36, 66  
 Humus, Einfluß auf Edaphon 61  
 Humus, quantitativer Edaphon-gehalt 61  
 Hyalosphenia cuneata, Stein 13, 30  
 Hyalosphenia elegans, Leidy 13, 30  
 Hyalosphenia papilio, Leidy 13, 30  
 Hyalosphenia tincta 13, 30  
 Hydatina senta, als Jauchemsetzer 80  
 Hypheothrix tenuissima 10, 16  
 Insecta 14, 36  
 Insekten, edaphische, Ernährung 85  
 Insekten, im Edaphon 4, 36  
 Isocystis infusionum 10, 16  
 Isotoma fimetaria, Tullb. 14, 36  
 Isotoma viridis, L. 14, 36  
 Issel, R. 9  
 Iterson 25  
 Jahreskurven, lebendig gefundener Rhizopoden 51  
 Jahresverbreitung der edaphischen Bacillariaceen 49  
 Jahresperioden des Edaphons, Belege 46  
 Jahresverbreitung der wichtigsten Rhizopoden 50, 51  
 Jahreszeiten, Einfluß auf Edaphon 44  
 Julus nigrofuscus, Derb. 14, 36  
 Kamerun, Edaphon 17, 18, 19, 20, 29, 34  
 Kartoffelacker, bodenbiologische Analyse (Liste) 81  
 Kette, W. 7  
 Khawkine 84  
 Kieseligurbildung, durch Edaphon 17  
 Klima, als Einfluß auf Edaphon 37  
 Klöcker, R. 24  
 Kolkwitz 8, 16, 92  
 Kossowitsch 8, 64

- Knöllchenbakterien, Beziehungen zum Edaphon 80  
 Kohlensäureassimilation bei minimaler Lichtintensität 43  
 Krause, M. 35  
 Krebse, Ernährung 85  
 Krümelung, als Einfluß auf Edaphon 37  
 Krümelung des Bodens 91  
 Kryptoplankton, Formen im Kühn 88  
 Küstner, C. 17, 19, 20, 21, 29, 44
- Lägerboden, Edaphon 17, 20, 21, 28, 31, 34, 79  
 Lägerflora, bodenbiologische Analyse (Liste) 79  
 Landstraßen in Oberbayern, Edaphon 16  
 Latschenwald, bodenbiologische Analyse (Liste) 74  
 Laubwälder, Edaphon 31, 36  
 Laurent 7, 80, 82  
 Leeuwenhoek, als Geobotanikerforscher 5  
 Legföhrenbestand, bodenbiologische Analysen 75  
 Lehmann, H. 52, 88  
 Lehmmergel alpin, Edaphon Leidy, F. 27, 57, 67  
 Leptodera curvicaudata, Schn. Leptothrixfäden 42  
 Licht, Einfluß auf Edaphon, Belege 37, 39  
 Lithobiden, Ernährung 85  
 Lithobius forficatus 14, 36  
 Lithobionten, Liste 62  
 Lithobionten, Achnanthes minutissima unter 17  
 Lithobionten, Arcella vulgaris unter 31  
 Lithobionten, Cladosporium humifaciens unter 23  
 Lithobionten, Chroococcus unter 15  
 Lithobionten, Dorylaimus unter 34  
 Lithobionten, Geococcus unter 30  
 Lithobionten, Hantzschia amphioxys unter 20  
 Lithobionten, Milnesium tardigradum unter 34  
 Lithobionten, Nostoc sphaericum unter 16, 18  
 Lithobionten, Rotatorien unter 33, 34  
 Lithobionten, Synedra Ulna Ehrb. unter 17  
 Lithoidea chlorotica 63  
 Löhnis 7, 9, 49, 80, 82, 90, 91  
 Lumbricida 14, 35  
 Lumbricus rubellus, Hoffm. 14, 35  
 Lumbricus terrestris, L. 14, 35  
 Lyngbya vulgaris 10, 15
- Macrobiotus coronifer, Richt. 14, 34  
 Macrobiotus in der Antarktis 34  
 Macrobiotus intermedius, Plate 14  
 Macrobiotus Hufelandi, C. F. Sch. 14, 68  
 Macrobiotus macronyx 14  
 Macrobiotus sp. 72  
 Macrosporium cladosporium, Desm. 12, 24  
 Maggi 31  
 Maggiora 90  
 Mammalia 14, 36  
 Marsson 8  
 Mastogloia minutissima 20  
 Maulwürfe, Geologie 4  
 Maulwurfshügel, Edaphon Menzel 35, 85
- Mermis nigrescens, Duj. 13  
 Mesotaenium caldariorum 12, 21  
 Mesotaenium Endlicherianum 12  
 Microcystis 10  
 Microgromia elegantula 30  
 Microspora sp. 12  
 Microtus agrestis 36  
 Microtus arvalis 36  
 Milnesium tardigradum, Doy. 14, 34  
 Mikrogeologie, von Ehrenberg 5  
 Milben, Ernährung 85  
 Mischwald, bodenbiologische Analyse (Liste) 74  
 Mitscherlich 91  
 Mollusca 14  
 Mollusken, im Edaphon 4  
 Monadinen, als Jaucheumsetzer 80  
 Monilia candida 24  
 Monilia coningi, Oud. 12, 24  
 Moorboden, Edaphon 19, 26, 28, 30, 31, 56, 57  
 Moorböden, Übersichten von 93  
 Moose, Edaphon unter 18, 21, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 84  
 Moose, Einfluß auf Edaphon 67  
 Moosfauna, Verbreitung 67  
 Moosorganismenwelt, Herkunft 70  
 Monhystera, Ernährung 85  
 Moraria muscicola, Richt. 14, 35  
 Mrázek 35  
 Mucor circinelloides, v. Tiegh 12, 24  
 Mucor mucedo 12, 24  
 Mucor plumbens, Bon. 12, 24  
 Mucor racemosus, Fres. 12, 24  
 Mucor ramanianus, Moell. 12, 24  
 Mucor rufescens, Fisch. 12, 24  
 Mucor sphaeroporos, Hagem. 12, 24  
 Mucor stolonifer 12, 24  
 Mulder 6  
 Mullböden, Edaphon 65  
 Müller, P. E. 8, 63, 83, 90, 92  
 München, Edaphon 15, 16, 17, 18, 23, 26, 28, 32, 34, 40, 43  
 Muscicole Fauna, Liste 68  
 Muscicole Flora, Liste 6  
 Müntz 68  
 Mycogone puccinioides (Preuss.) Sacc. 12, 25  
 Mykorrhizen, im Edaphon 4, 25  
 Myriopoda 14, 35  
 Myriopoden, Ernährung 85  
 Mycelpilze, Humifizierung durch 92
- Nägler, K. 25  
 Naviculaarten, besondere Kleinheit 18  
 Navicula affinis 11, 18  
 Navicula affinis, besondere Widerstandsfähigkeit 18  
 Navicula atomoides 11  
 Navicula atomus, Naeg. 8, 11, 18  
 Navicula borealis, Ehrb. 11, 18  
 Navicula borealis, als wichtigste Edaphonform 18  
 Navicula Cohnii subsp. 11  
 Navicula constricta 11  
 Navicula contenta var. biceps 11  
 Navicula cryptocephala, Kütz. 11  
 Navicula Göppertiana, Bl. 11  
 Navicula interrupta, W. Sm. 11, 18  
 Navicula lepidula, Grun. 11  
 Navicula magis stauroneiformis 11  
 Navicula minima, Grun. 11  
 Navicula mutica ventricosa, Kütz. 11, 19  
 Navicula pachycephala 11  
 Navicula producta 11  
 Navicula protracta, Küst. 11  
 Navicula Rabenhorstia 11  
 Navicula radiosa var. tenella, v. H. 11
- Navicula sima, Ehrb. 11, 18  
 Navicula subundulata, Gr. 11  
 Navicula undulata, Hilse 11  
 Navicula var. scalaris, Grun. 11  
 Naviculen, Beweglichkeit der farblosen Formen 44  
 Nebela bigibbosa, Pen. 13  
 Nebela bursella 69  
 Nebela collaris, Leidy 13, 28  
 Nebela flabellulum, Leidy 13, 28  
 Nebela lageniformis, Pen. 13, 31  
 Nematoda 13, 34  
 Nematoden, des Ackers 72  
 Nematoden, im Edaphon 4  
 Nematoden, Ernährung 85  
 Nematoden, Überwinterung 47  
 Nematoden des Waldes 72  
 Nematoden der Wiese 72  
 Nematoden, Wichtigkeit der mechanischen Tätigkeit 34  
 Nematodenverbreitung, Periodizität 52  
 Nematogonum humicola 12, 24  
 Neulandbesiedler, Liste 63  
 Nilschlamm, Edaphon 34  
 Nitraginimpfungen, als edaphologische Methode 93  
 Nitratreduktion, durch Edaphon 83  
 Nitrobacter, Nitritzerlösung durch 83  
 Nitrobakterium 10  
 Nitrosococcus 10  
 Nitrosomonaden, Nitroreduktion durch 83  
 Nitrosomonas europaea Winogr. 10  
 Nitzschia acicularis? 11, 19  
 Nitzschia amphibia Grun. 11  
 Nitzschia communis 11  
 Nitzschia frustulum Grun. 11  
 Nitzschia Kützingiana Hilse 11  
 Nitzschia microcephala 11, 19  
 Nitzschia palea Kütz. 11, 19  
 Nitzschia palea, var. fonticola 8  
 Nitzschia putrida, Assimilation im Dunklen bei 43  
 Nitzschia sigmoidea 11, 19  
 Nitzschia sigmoidea, als Verwitterungsorganismus 84  
 Nitzschia sp. 71  
 Nitzschia subtilis Grun. 11  
 Nitzschia var. thermalis 11  
 Nitzschia, Feuchtigkeitsliebe 19  
 Nobbe 93  
 Nordseedünen, Edaphon 15, 16, 63  
 Nostoc, Bodenstickstoffverbindungen durch 7  
 Nostoc, als Stickstoffbildner 64  
 Nostoc, Stickstoffbindung durch 83  
 Nostoc, Stickstoffgewinn durch 7  
 Nostoc humifusum 10, 16  
 Nostoc muscorum 10  
 Nostoc punctiforme 10, 16  
 Nostoc sphaericum 10, 16  
 Nucleophaga amoeba Dang. als Kernparasit von Amoeba terricola 25  
 Nurmis sp. 14, 36
- Oberflächenformen, im Edaphon 43  
 Odontidium hiemale Grun. 11  
 Oidium lactis 12, 24  
 Ökologie des Edaphons, Untersuchungen 37  
 Ökologie des Waldes, Einfluss auf Edaphon 73  
 Oes R. 83  
 Oetli M. 54  
 Oligochaeten, im Edaphon 4  
 Ophiocampmus muscicola Richt. 35  
 Oscillatoria, Bodenstickstoffverbindungen durch 7

Oscillatoria, Stickstoffbindung durch	83	Placocysta sp.	42	Roggenacker, bodenbiologische Analyse (Liste)	81
Oscillatoria tenerrima	10, 15	Planaria	14	Rohhumusböden, Edaphon	65
Oscillatoria splendida, als Überflutungsorganismus	17	Plateau, F.	85	v. Rosenberg-Lipinsky	6
Oscillatoria splendida in berieseltem Grasland	16	Platoum sp.	30, 69	Räsning, G.	90
Oscillatoria tenuis	10, 15	Pleurococcus, Bodenstickstoffverbindungen durch	7	Rotatoria	13
Oxytrichinen, als Jaucheumsetzer	80	Pleurococcus, in Bodent Staub	54	Rotatorien, des Ackers	72
Ozonium (?) esocum Pers.	12, 24	Pleurococcus, Stickstoffbindung durch	83	Rotatorien, Anabiose	52
Palmella-Stadien	39	Pleurococcus vulgaris	12, 21, 63	Rotatorien, im Edaphon	4
Palmogloea macrocca	63	Pleurostauron parvulum Grun.	11	Rotatorien, Ernährung	85
Pamphagus hyalinus Ehrb.	13	Pleurostauron Smithii Grun.	11	Rotatorien, unter Moosen	70
Parmulina oblecta	13	Pleurotaenium sp.	12	Rotatorien des Waldes	72
Pasteur, Louis	6	Podocerus tridentiferus Tullb.	14, 36	Rotatorien der Wiese	72
Pelomyxa villosa	69	Polydesmus sp.	14, 36	Rotifer vulgaris	13, 33, 34
Pénard, E.	27, 30, 31, 32, 54	Polytomeen, als Jauchealgen	80	Rotifer tardigradus	13
Pennatae	11	Polytomeen, Einfluß auf Düngung	80	Rümker	7
Penck	40	Post, H. von	92	Russland, Edaphon (Formenliste)	58
Penicillium glaucum	24	Pseudochlamys patella Cl. u. L.	13, 30, 31	Saccharomyces cerevisiae	24
Penicillium (?) intricatum Thom.	12, 24	Pseudodiffugia gracilis	13	Saccharomyces ellipsoideus	24
Penicillium sp.	24	Proteus mirabilis Haus.	10	Saccharomyces glutinis	24
Penicillium (?) unguulosum Thom.	12, 24	Proteus vulgaris	10	Saccharomyces sp.	12, 23
Peptonzersetzung, im natürlichen Boden	90	Protozoa	12	Saccharomyceten, Denitrifikation durch	24
Periodizität, geobiologische	44	Protozoen, Einfluß auf Düngung	80	Sachs	38
Petalomonas mediacanellata St.	12, 25	Protozoen, im Edaphon	4	Sachsse	38
Petrographie des Bodens, als Einfluß auf Edaphon	37	Prowazek	25	Sand, rein, Edaphon	18, 56, 62, 63
Petrographie und Kieselalgenverbreitung	60	Pyrenochaeta humicola	12, 25	Saprophytismus, edaphischer	83
Pflanzendecke, Einfluß auf Edaphon	67	Pyronema sp.	12	Bodenalgen	83
Pflanzenwurzeln, als Einfluß auf Edaphon	38	Quadrula discoides	31, 32	Säugetiere, im Edaphon	4
Pflügen, Einfluß auf Edaphon	78	Quadrula globulosa Pén.	13, 32	Scenedesmus acutus	12
Phacodinium muscorum Prov.	13	Quadrula symmetrica Fr. E. Sch.	13	Schawo, M.	17, 18
Phänologie des Bodens, Tabelle	48	Ramann, E.	21, 35, 36, 58, 89, 91	Schellhorn	35
Philodina aculeata	13, 33	Raphidium polymorphum	12	Schepotieff	25
Philodina erythropthalma	13, 33	Rasenböschungen, Edaphon	25, 47	Schimmelpilze, Einfluß auf Düngung	80
Philodina vorax	13	Razzauti, A.	9, 36, 37, 85	Schimmelpilze, im Edaphon	24
Phormidium	92	Regenrinnen, Edaphon	21, 70	Schizophyceae, des Ackers (Liste)	72
Phormidium (?) in Rieselböden	16	Regenwurm, Bedeutung	85	Schizophyceae des Waldes (Liste)	72
Phryganella hemisphaerica Pen.	13, 31	Regenwurmerzeugung, Analyse (Liste)	86	Schizophyceae, der Wiese (Liste)	72
Phycococci, biologische Bedeutung	43	Regenwurmexkremete, Edaphon in	15, 20, 85, 86	Schizophyceen	10
Phytedaphon, Leukosin bei	82	Regenwurmfäeces Abbildung	87	Schizophyceen, Saprophytismus	83
Phytoflagellata	12	Regenwürmer, Einfluß auf die Ernte	35	Schizophyceen, Stickstoffverarbeitung	82
Pilze, Überwinterung (Belege)	47	Regenwürmer, Geocolie	4	Schizophyceen, Tiefenverbreitung	44
Pilzflora des Edaphons, Bedeutung	25	Regenwürmer, Untersuchungen des Biol. Inst., München	4	Schizophyllum sabulosum L.	36
Pilzvegetation, Jahreskurve	52	Reichert, H.	29	Schlesien, Moosfauna (Liste)	69
Pilzsporen, im Edaphon	82	Reisig, Edaphon unter	35	Schlick der Nordseeküste, Edaphon	17
Pinnularia alpina	8	Remy, Th.	90	Schlösing	7, 80, 82
Pinnularia appendiculata Rg.	11	Rhizopoda	13	Schluchten in Thüringen, Edaphon	19, 21
Pinnularia borealis var. scalaris	8	Rhizopoden, des Ackers (Liste)	71	Schnee, biologische Analyse (Liste)	88
Pinnularia Brébissonii Kutz	8, 11	Rhizopoden, Ernährung	84	Schnee, Edaphon unter	18, 26, 88
Pinnularia geophila	19	Rhizopoden, fossile	40	Schneeflektflora, Edaphon der	55
Pinnularia mesolepta	19, 71	Rhizopoden, Höhenverbreitung	56	Schneewasser, frisch geschmolzen, Edaphon	89
Pinnularia microtoma Ehrb.	11	Rhizopoden, Jahresverbreitung der edaphischen	50	Schneeschmelze, Edaphon zur	25, 29
Pinnularia molaris Grun.	11	Rhizopoden, Jahreskurve	48	Schneider, Cl.	81
Pinnularia naveana	11	Rhizopoden, Jahresminimum	50	Schotterboden, Edaphon	29, 31, 32, 40
Pinnularia n. sp.	11	Rhizopoden, als Lithobionten	62	Schönfeldt, H. v.	8, 18
Pinnularia sp.	71	Rhizopoden, Rolle im Bodenhaushalt	83	Schroeter, G.	64
Pinnularia subcapitata Grun.	11	Rhizopoden, des Waldes (Liste)	71	Schwannomyces occidentalis Klöck	12, 24
Pinnularia var. commutata Grun.	11	Rhizopoden, der Wiese (Liste)	71	Schwarzwald, Edaphon	33, 34
Pinnularia var. diminuta v. Heurk	11	Rhizopoden, Winterformen	45	Schweden, Edaphon	34
Pinnularia var. paucistriata Grun.	11	Rhizopodenfauna, unter Moosen	67	Shakleton	33
Pinnularia viridis Grun.	11, 19	Rhizopodenreichtum, Ursache des	66	Sibirien, Edaphon	31, 58
Pinnularien, als Feuchtigkeitsleitform	19	Rhizopus arrhizus Fisch.	12, 24	Simon, J.	9, 93
Pinnularien, als Leitform für Wasserreichtum	57	Rhizosphaere, Bedeutung	38	Siphonae	12
Placocysta spinosa	13	Rhoicosphenia eurvata	11, 21	Sirosiphon ocellatus	63
		Richter, O.	44, 83	Sordaria humicola	12, 25
		Richters, F.	35, 67, 84, 85	Sminthurus sp.	14
		Rieselböden, Mikroflora	16	Sminthurus, Vorkommen	36
		Rivularia haematites	10, 16	Sorex araneus	36
		Rivularia haematites, als Verwitterungsorganismus	.84	Sorex minutus L.	14, 36
				Sorex vulgaris L.	14, 36
				Spaltalgen, Stickstoffverbindungen durch	7

- Spalax typhlus* Pall. 36  
 Spaltenhumus, Formenliste 61  
 Sphagnetum, Edaphon 26, 57, 67, 69  
 Spaltenhumus, Edaphon 18, 21, 31, 32, 34, 54  
*Sphenoderia dentata* Pen. 13, 31  
*Sphenoderia lenta* Schlumb. 13, 31  
 Spinnen, im Edaphon 4  
*Spirillum spec.* 10  
*Sporotrichium roseolum* 12, 25  
 Sprosspilze, Einfluß auf Düngung 80  
 Stadtmauer überrieselte, Edaphon 34, 68  
*Stachybotrys sp.* 12  
 Stauroneisarten, als Ackerbewohner 19  
*Stauroneis n. sp.* 11  
*Stauroneis Smithii* 11, 19  
*Stauroneis sp.* 72  
*Stemphylium botryosum* Wallr. 12, 24  
 Steiner, G. 34  
 Steppenerde (Sibirien) Edaphon 18, 58  
*Stichococcus bacillaris* 10, 15  
 Stickstoffanreicherung, durch Algen —  
 Stickstoffanreicherung, in Überflutungszonen 84  
 Stickstoffbindung, durch edaphische Algen 83  
 Stickstoffhaushalt des Bodens 67  
 Stickstoffzehrer, Tätigkeit und Bedeutung 83  
*Stigonema sp.* 10  
 Stoklasa 83, 90, 92, 93  
 Straßenschmutz, Edaphon 20, 22, 26  
*Streptothrix odorifera* 10  
*Stylonychia Mytilus* Ehrb. 13, 33  
 Stylonychien, als Jauchemsetzer 80  
 Sumpfboden, Edaphon 57  
*Surirella angustata* Brill 11  
*Surirella birostrata* Hust. 11, 21  
*Surirella ovalis var. minuta* Brill 11  
*Synechococcus* 10  
*Synedra amphicephala* 11  
*Synedra ulna* Ehrb. 11, 17  
 Syrien, Edaphon 33  
*Talpa coeca* Savi 14  
*Talpa europaea* L. 14, 36  
 Tannenwälder, Edaphon 35, 69  
 Taranek 57  
 Tardigrada 14  
 Tardigraden, Anabiose 53  
 Tardigraden, im Edaphon 4  
 Tardigraden, als Moosform 34, 70  
 Temperatur, Einfluß auf Edaphon 44  
 Tergusan 93  
 Ternetz 83  
 Tertiäre Sandablagerungen, Abb. 6  
 Thumm 8, 16, 92  
 Thaer 80  
 Thumann 81  
 Tiefenverbreitung des Edaphons, Lichteinfluß 43  
 Tiefenzonen, Liste der Formen 41  
 Tintenstriche, Edaphon 15, 16, 30, 33, 84  
 Tintenstriche, Flora der 54  
*Trichoderma album* Preiss 12, 24  
*Trichoderma Koningi* Ond. 12, 24  
*Trichothecium roseum* Luik. 12, 24  
 Trinemen, Nahrung 32  
*Trinema acinus* Duj., Abb. 13, 25, 32  
*Trinema complanatum* Pén. 13, 32  
*Trinema enchelys var. crysophila* 31  
*Trinema lineare* Pén. 13, 32  
*Trinema n. sp.* 69  
*Trinema terricola* 68  
*Trinema verrucosa* 69  
 Trinemen, als Tiefenform 32  
 Tripyla, Vorkommen 34  
*Tripyla setifera* Bütschli 13  
 Trockene Böden, Edaphon 56  
 Trockenstarre, der Kieselalgen 53  
 Überflutete Felsen, Edaphon 20, 34, 63  
 Überflutete Waldwege, Edaphon 15, 16, 21, 31, 39  
 Überflutungsformen, Verzeichnis 43  
 Überflutungszone, Liste der Formen 41  
 Überschwemmungsgebiet, Edaphon 17, 53  
 Überwinterung, des Edaphons 46  
*Ulothrix radicans* 63  
*Ulothrix sp.* 12  
*Ulothrix*, Bodenstickstoffverbindungen durch 7  
*Ulothrix*, Stickstoffbindung durch 83  
 Urwald, bodenbiologische Analyse (Liste) 73  
 Urwaldbestand, Edaphon 28, 31, 65, 66, 75  
*Vaginicola terricola* Greeff 13, 32  
*Vaucheria terrestris* 12  
 Vegetationen, bodenamphibische 10  
 Verlandungsgebiete, Edaphon 19  
*Verticillium albo-atratum* Reinke 12, 24  
 Verwitterungsrinde, Edaphon 62  
 Waldäcker, Edaphon 19, 29, 30, 77  
 Waldboden, biologische Analyse 73  
 Waldböden, bodenbiologische Periodizität 75  
 Waldboden, Cladosporium im 73  
 Waldboden, Edaphon 18, 26, 33, 34, 35, 53  
 Waldboden, Formenliste 65  
 Waldboden, Winterformen 45  
 Waldbodenhumus, Organismen 69  
 Waldgare, Begriff 90  
 Wattenboden in Friesland, Edaphon 17, 18, 21, 63  
 Weideboden, Edaphon 36  
 Weizenacker, bodenbiologische Analyse (Liste) 81  
 Weizenäcker in Franken, Edaphon 15, 19, 26, 43, 78  
 Weizenäcker in Württemberg, Edaphon 21, 28  
 Wickenfeld, bodenbiologische Analyse (Liste) 81  
 Wiesenboden, feuchter, Edaphon 19, 56, 79  
 Wiesenboden in Franken, Edaphon 26, 30, 43, 53  
 Wiesenboden, Kieselalgenflora 72  
 Wiesenboden in Frankreich, Edaphon 18, 20, 59  
 Wiesenboden, frisch gedüngt, Edaphon 28, 31, 79  
 Wiesen in Oberbayern, Edaphon 26, 27, 28, 47, 79  
 Wiesenboden der Schweiz, Edaphon 36, 54, 59  
 Wiesenboden in Tirol, Edaphon 16, 21, 34, 59, 70  
 Wiesenboden, Winterleben 45, 46  
 Wiesendüngung, Einfluß auf Edaphon 79  
 Wollny 7, 24, 35, 92  
 Wüstensand, staubtrocken, Edaphon 32, 34  
 Zersetzung organischer Substanzen, durch Phytodaphon 91  
 Zoochlorellen 84  
 Zuckerrübenacker, bodenbiologische Analyse (Liste) 81  
 Zumstein, H. 84

## VON R. H. FRANCÉ

sind bei der Franckh'schen Verlags-  
handlung in Stuttgart ferner erschienen:

### Bilder aus dem Leben des Waldes

Mit zahlreichen Naturaufnahmen und zwei  
Kunstbeilagen

### Das Liebesleben der Pflanzen

Mit Abbildungen im Text und 3 Farben-  
drucktafeln

### Das Sinnesleben der Pflanzen

Mit zahlreichen Abbildungen

### Streifzüge im Wasser- tropfen

Mit zahlreichen Abbildungen und einer  
Farbendrucktafel

### Die Pflanze als Erfinder

Mit zahlreichen Abbildungen

### Die Lichtsinnesorgane der Algen

Mit Abbildungen

PREIS JEDES BANDES GEHEFTET M. 5.20, GEBUNDEN M. 7.80

### Pflanzenpsychologie als Arbeitshypothese der Pflanzenphysiologie

Mit Abbildungen / Preis geheftet M. 6.60

### Wege zur Natur

Eine Einführung in die mikroskop.  
Studien für Anfänger

Preis geheftet M. 6.60 / gebunden M. 9.80

### Der Bildungswert der Kleinwelt

Gedanken über mikroskop. Studien  
Preis geheftet M. 5.20

### Elementarkurs der Mikrologie

Von R. H. Francé und anderen  
Preis geheftet M. 6.60 / gebunden M. 13.—

### Einführung in die wissenschaftliche Photographie

Von R. H. Francé und M. Gambera

Preis geheftet M. 3.—

## DAS LEBEN DER PFLANZE

Mit zahlreichen Abbildungen im Text, Faksimiles, Karten und Tafeln in Schwarz- und  
Farbendruck von

R. H. FRANCÉ UND ANDEREN

8 Bände, jeder Band gebunden etwa M. 80.— (Band I in neuer umgearbeiteter Auflage)

Das groß angelegte Werk ist in der naturwissenschaftlich-botanischen Literatur das

➤ SEITENSTÜCK ZU BREHMS TIERLEBEN ◀



**Die beste und billigste**  
allgemeinverständlich geschriebene deutsche  
Monatsschrift für Mikroskopie  
ist der

# Mikrokosmos

Zeitschrift

für angewandte Mikroskopie, Mikrobiologie,  
Mikrochemie und mikroskopische Technik /

Vereinigt mit der „Zeitschrift für angewandte Mikroskopie  
und klinische Chemie“ und der „Kleinwelt“



*Der Jahrgang läuft vom 1. Oktober jedes Jahres  
bis zum 30. September des nächsten*



Jährlich **zwölf** Hefte und **eine** Buchbeilage



**Bezugspreis halbjährlich**

nur **12** Mark



**Geschäftsstelle des Mikrokosmos, Stuttgart**