Der Boden als Heimstätte des Lebens

Autor(en): **Stöckli, S.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **97 (1946)**

Heft 8-9

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-765401

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Der Boden als Heimstätte des Lebens

Von Dr. *A. Stöckli,* Eidg. landw. Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon

Einleitung

Die Vegetationsdecke produziert alljährlich gewaltige Mengen an organischen Substanzen. Diese müssen jedoch, soll das Leben weitergehen, wieder in den Kreislauf der Stoffe zurückgeführt werden, eine Voraussetzung, die nur dann zutrifft, wenn die organischen Substanzen durch heterotroph sich ernährende Lebewesen wieder in ihre Bausteine zerlegt werden.

Man rechnet pro Jahr und ha Kulturland mit einem Ernterückstand in Wiesland von 60 q, in Ackerland von 35 q und bei Getreidenutzung von 40—50 q Trockensubstanz. Bedeutend größer ist der Anfall in nicht oder nur zeitweise genutzten Böden. Das Kulturland muß neben den Ernterückständen die ihm aus Haus und Hof anfallenden Wirtschaftsdünger verarbeiten.

Beim Abbau der organischen Substanz entstehen neben größeren und kleineren Einzelteilchen wasserlösliche Stoffwechselprodukte. Mit dem Sickerwasser werden nun die wasserlöslichen wie auch gewisse feste Abbaurückstände in den Boden eingespült. Der restliche Teil der festen Stoffe wird durch Bodentiere mit dem Boden vermischt. Ähnlich verläuft der erste Abbau der unterirdisch anfallenden organischen Reste, herstammend aus Pflanzenwurzeln, pflanzlichen und tierischen Bodenlebewesen. Würden nun die im Bodenwasser gelösten oder suspendierten Stoffe mit dem Sickerwasser den Boden verlassen, dann würde der Kreislauf der Stoffe in andere Bahnen gelenkt. Das Quell- und Grundwasser wie auch die Flüsse würden große Mengen organischer Substanzen führen, die in stehenden Gewässern zur Ablagerung kämen. Welch verheerende Folgen eine stärkere Verlegung des Abbaues der organischen Substanzen in die Gewässer nach sich ziehen würde, braucht nicht näher erläutert zu werden, sind sie uns doch sattsam genug bekannt aus den Aufgaben, die uns aus der Beseitigung der städtischen Abwasser erwachsen. Glücklicherweise nimmt nun der Abbau der auf und im Boden anfallenden organischen Substanz unter normalen Bedingungen einen anderen Verlauf. Sowohl die zersetzbaren wie die schwer abbaubaren Rückstände werden restlos im Boden zurückgehalten oder filtriert. Wir wissen aber, daß jeder Filter mit der Zeit verstopft. Nun hat aber auch hier die Natur wieder eine geniale Lösung gefunden. Die nicht zersetzbaren Rückstände, welche von den anfallenden Abfällen unter gewissen Bedingungen nur einen verhältnismäßig kleinen Anteil ausmachen, werden zu einem integrierenden Bestandteil des Bodens mit stark adsorbierenden Eigenschaften. Dadurch wird die feste Bodensubstanz vermehrt, der Boden nimmt an Masse zu; er wächst. Was

geschieht nun aber mit den andern organischen Substanzen? Selbst in einem Filter wie der Boden, der über eine gewaltige innere Oberfläche verfügt, beträgt doch die Porenfläche von einem Gramm Boden sechs bis zwölf Quadratmeter, müßten die Poren in wenigen Jahren mit organischen Zersetzungsprodukten angefüllt sein. Die Folgen wären für den Pflanzenbau katastrophal. Ein Beispiel hierfür liefern die Vorgänge in gewissen sauren Böden, wo es zur Bildung von Hochmooren kommt. Durch die Bodensäure bleiben die teilweise abgebauten Rückstände im Bodenwasser suspendiert und gelangen in den Untergrund, wo sie zusammen mit dem im Wasser gelösten Eisen ausgefällt werden und zu einer Verdichtung und Verstopfung des Untergrundes führen. Es entsteht in der Folge im Untergrund eine mehr oder weniger wasserundurchlässige Schicht. Über dieser Zone, die wir als Ortstein bezeichnen, tritt zufolge Wasserstauung Sauerstoffmangel ein, welcher seinerseits einen Rückgang der auf- wie abbauenden biologischen Vorgänge nach sich zieht. Unter dieser Bedingungen vermögen nur noch wenige anspruchslose Pflanzen ein ärmliches Dasein zu fristen. Es kommt zur Bildung von Hochmooren. In landwirtschaftlich benutzten Böden, die kein Übermaß an Säuren aufweisen, wird die organische Substanz in den obersten Schichten zurückgehalten, ohne daß es aber zu einer Verstopfung der Bodenporen kommt. Welches ist nun die Ursache dieser erfreulichen Tatsache? Es ist der biologische Vorgang, den wir als Selbstreinigung bezeichnen. Mit diesem Namen wurden erstmals die Prozesse benannt, denen zufolge die in die Bäche, Flüsse und Seen gelangten Schmutzstoffe mit der Zeit nicht mehr nachzuweisen sind. Das Wasser entledigt sich unter gewissen Voraussetzungen seiner Fremdstoffe nicht einfach dadurch, daß es sie als Schlamm oder Detritus irgendwo an den Ufern oder auf dem Grunde deponiert, sondern sie werden derart verändert, daß sie nicht mehr als Verunreinigung angesprochen werden können. Beim näheren Studium dieses Vorganges hat sich gezeigt, daß der Abbau der Schmutzstoffe durch Kleinlebewesen vorgenommen wird, welche die erwähnten Substanzen als Bau- und Betriebsstoffe verwenden. Diese Erkenntnis fand ihre praktische Auswertung bei der Herstellung von biologischen Filtern. Darunter sind sogenannte Klärkörper zu verstehen, die sich selbst reinigen, in denen also die zurückgehaltenen Schmutzstoffe durch Kleinlebewesen zersetzt und mineralisiert werden. Der erste, größte und leistungsfähigste biologische Filter ist, war und bleibt für alle Zeiten der gut durchlüftete Boden. Seine vielen Hohlräume, als Gänge, Röhren, Höhlen, Ritzen, Poren und Kapillaren, haben je nach Bodenart eine Oberfläche von 6—12 m^2 pro Gramm und einen Inhalt von 400—700 cm^3 pro Liter oder dm^3 Boden. Trotz alledem wären die obersten porösen Erdschichten in kurzer Zeit verstopft, wenn die deponierte organische Substanz nicht größtenteils zersetzt würde. Das Bodeninnere beherbergt eine reiche

Flora und Fauna, die sich ausschließlich vom Abbau organischer Substanzen ernährt. Sie werden auch Geobionten, Bodenbewohner oder Bodenorganismen genannt, während man der Gesamtheit der Bodenbewohner die Bezeichnung Edaphon oder Bodenlebewelt gegeben hat.

Leider wird die Bedeutung der Geobionten, und zwar nicht nur von Laien, für die Beschaffenheit, Fruchtbarkeit und Aktivität des Bodens vielfach als völlig nebensächlich hingestellt. Diese Auffassung ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß man über Zahl, Art, Ernährung, Lebensweise, Größe und Gewicht der Bodenflora und -fauna wie auch über ihre Ansprüche an Raum und ihr Verhalten gegenüber den Umweltsbedingungen ungenügend orientiert ist. So begegnet man immer wieder dem vorerst überzeugend wirkenden Einwand, es sei vollständig unmöglich, daß ein Gramm Boden mehreren Milliarden Kleinlebewesen Unterkunft zu geben vermöge. Ebenso frägt sich der Laie mit Recht, ob es möglich sei, daß der Boden eine derart zahl- und artenreiche Mikrobengesellschaft ernähren könne? Wenn wir uns jedoch an die minimen Körperdimensionen der häufigsten Bodenmikroben sowie an die Tatsache erinnern, daß die einzelnen Arten sich nur zeitweise in einem aktiven Zustand befinden, dann werden die nachstehenden Ausführungen um vieles glaubwürdiger erscheinen.

Die Zahl der Bodenorganismen

Die Tabelle 1 orientiert uns über die Zahl der Bodenlebewesen, zusammengefaßt in größere systematische Einheiten. Die Resultate stammen von verschiedenen Autoren. Die Gehaltsangaben beziehen sich also nicht auf den gleichen Boden, sondern sind Ergebnisse von Wiesenböden von annähernd gleicher Beschaffenheit. Die Übersicht enthält zudem Angaben über das Gewicht der festgestellten Bodenorganismen. Sie beziehen sich auf das Lebendgewicht mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 80 %.

Die Kleinlebewelt des Bodens ist eine Gemeinschaft von pflanzlichen und tierischen Organismen, wie sie bezüglich Zahl und Artenreichtum von keiner andern Lebensgemeinschaft im Wasser, in der Luft oder auf der Erdoberfläche erreicht wird. Wenn wir nach dem Warum dieser Tatsache forschen, dann kommen wir zum Ergebnis, daß das Bodeninnere der Ackerkrume ein Lebensmilieu darstellt, in welchem die Umweltsbedingungen (Temperatur, Wasser-, Luft- und Sauerstoffgehalt, Größe und Form der Hohlräume wie auch Menge und Art der Nahrung) außerordentlich starken Schwankungen ausgesetzt sind. Die feinsten Poren sind beständig mit Wasser gefüllt. Die darin schwebenden oder an den Wänden klebenden organischen Substanzen können nur durch kleinste Organismen wie Bakterien, Pilze und Protozoen abgebaut werden. Im Kapillarwasser fehlt öfters der Sauerstoff. In diesem Falle

wird die Zersetzung nur durch Organismen weitergeführt, die sich auch bei Sauerstoffmangel zu ernähren vermögen. Die Spezialisierung bezüglich Ernährung geht jedoch noch bedeutend weiter. Es gibt beispielsweise pflanzliche Mikroben, die nur wasserlösliche Stoffe zu verarbeiten vermögen, während andere durch nach außen abgesonderte Fermente vorzugsweise Stärke, Zellulose, Pektine oder Eiweißverbindungen vorerst verflüssigen und erst nachher als Nahrung verwerten. Den Mikroben fehlt zeitweise für den Aufbau neuer Zellen der nötige Stickstoff. Dieser

Tabelle 1

Menge und Gewicht der Kleinlebewesen in der obersten, 15 cm mächtigen Schicht

Mikroflora und -fauna	Anzahl	Gewicht in kg	Totalgewicht
A. Mikroflora Russell (10)	pro Gramm	ha	kg
Algen	100 000	139	
Bakterien	6 000 000 000	10 080	
Pilze	400 000	10 000	
Total	6 000 500 000	20 219	20 219
B. Mikrofauna Russell (10)	pro dm³		
Amöben, Flagellaten und Ciliaten (10)	1 551 000 000	379	379
C. Metazoenfauna Stöckli	pro dm³		
Mollusken	5	40	
Nematoden	50 000	50	
Enchytraeiden	20	15	
Regenwürmer	2	4 000	
Tausendfüßler usw.	14	50	
Proturen, Dipluren usw.	4	0,1	
Springschwänze	220	6,5	
Milben	150	4,4	
Diverses	1	1	
Total	50 416	4 167	4 167
D. Größere Schadlinge bei mittelstarkem Auftreten Wiesmann (16)	pro m²		
Käfer, Engerlinge, Drahtwürmer	100—160	350	
Fliegenlarven und Erdraupen	50—100	325	
Maulwurfsgrillen und Spinnen	2	25	
Rasenameisen	30—60	5	
Graswespen	10—20	1	
Total	190—342	706	706
Gesamttotal			25 471

Umstand gab einigen Bakterienarten die Veranlassung, zur Assimilation von Luftstickstoff überzugehen, wobei die einen hierfür einen normalen Sauerstoffgehalt der Bodenluft benötigen, während die andern diese Tätigkeit besonders bei Sauerstoffdefizit zu entwickeln vermögen. Aber nicht nur tote organische Substanz wird abgebaut, sondern auch lebende Organismen sind beständigen Angriffen ausgesetzt. Ferner sind Räuber, Krankheitserreger und Parasiten vorhanden, die eine übermäßige Vermehrung der einen oder andern Art verhindern. Jeder Bodenorganismus hat also einen oder mehrere Feinde, die ihm nach dem Leben trachten oder ihm dasselbe so sauer wie möglich machen. Aber auch auf die Mithilfe und Unterstützung von Freunden und Mitarbeitern darf er rechnen. Die Bodenlebewelt ist daher eine Gemeinschaft von Lebewesen, deren Bestand nicht allein von chemisch-physikalischen Bedingungen abhängig ist, sondern sie beteiligt sich selbst aktiv an der Bestandeskontrolle. Die Gemeinschaft der Bodenorganismen hat die Aufgabe, die mannigfaltigsten organischen Substanzen des Bodens unter den im Bodeninnern stark wechselnden Lebensbedingungen abzubauen, dabei den Boden offenzuhalten, die Qualität des Bodenfilters zu erhalten oder zu verbessern. Diese schwierige Aufgabe kann aber nur durch eine anpassungs- und widerstandsfähige Flora und Fauna gelöst werden. Die Erfüllung dieser Voraussetzung gewährleistet allein die Kontinuität der biologischen Bodenprozesse. Tatsächlich sind denn auch sozusagen alle Bodenorganismen mit irgendeiner Fähigkeit versehen, die es ihnen erlaubt, ungünstige Lebensbedingungen in einem « scheintoten » Zustande zu überdauern. Pilze und Bakterien bilden Sporen oder Dauerformen, in denen sie 60 und mehr Jahre auf bessere Zeiten warten können. Bei Wasser- oder Nahrungsmangel kapseln sich die Protozoen ein und ertragen in diesem Zustand jahrelang vollständige Trockenheit und relativ hohe Temperaturschwankungen. Die Bärtierchen und Nematoden vermögen ebenfalls längere Zeit in einem passiven Zustande zu verharren. Tiere mit größerer Bewegungsfreiheit können sich durch Standortswechsel den schädlichen Einflüssen entziehen. So geht beispielsweise der Regenwurm bei Trockenheit in größere Tiefen, wo er zusammengerollt schlafend auf die ihm zusagenden klimatischen Verhältnisse von Frühling und Herbst wartet. Aber auch der Körperbau der größeren Organismen, die als Jagdtiere in den Höhlen und Gängen auf Raub ausgehen, ist den besonderen Verhältnissen ihres Lebensraumes angepaßt. Ihr Körper ist lang und stark gegliedert und demzufolge sehr bieg- und schmiegsam, mit vielen Beinen versehen, so daß die Tiere ohne Hemmung die schroffsten Windungen und Abzweigungen der Bodenhohlräume bezwingen können. Zudem haben sie die Fähigkeit, sich ebenso gut vor- wie rückwärts zu bewegen, so daß ihnen das Labyrinth von Gängen und Höhlen niemals zum Verhängnis werden kann. Gegen tiefe Temperaturen sind alle Bodenorganismen besonders widerstandsfähig.

Der Abbau der organischen Substanz im Boden oder die sogenannte Selbstreinigung des Bodens ist ein außerordentlich komplizierter Vorgang, an dem die verschiedensten Organismen in ungeheurer Zahl beteiligt sind. Da aber das Bodeninnere ein Lebensraum ist, der bezüglich Nahrung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wasser- und Sauerstoffgehalt usw. starke und häufig eintretende Veränderungen aufweist, können nie alle Glieder der Lebensgemeinschaft gleichzeitig in Aktion sein. Mit jeder Änderung der oben erwähnten Lebensbedingungen erfolgt jeweils ein Schichtwechsel. Ein Teil der bisher aktiven Organismen wird inaktiv, sei es, daß sie sich einkapseln, sich in Dauerstadien verwandeln, in Trocken- oder Kältestarre verfallen, einen Winter- oder Sommerschlaf nehmen oder aber durch ihre Todfeinde fast restlos aufgefressen werden. Sobald aber die äußeren Umstände es den Überlebenden wieder erlauben, treten sie sofort wieder in Aktion, womit meistens eine starke Vermehrung verbunden ist.

Das Gewicht der Geobionten beträgt pro ha ca. 10 000—25 000 kg. Um sich einen Begriff von der Bedeutung dieser Zahl einzuprägen, sei erwähnt, daß die in landwirtschaftlich benutzten Böden der Schweiz vorhandenen Organismen gesamthaft ein Gewicht erreichen, das hundertmal größer ist als dasjenige der schweizerischen Bevölkerung. Aber

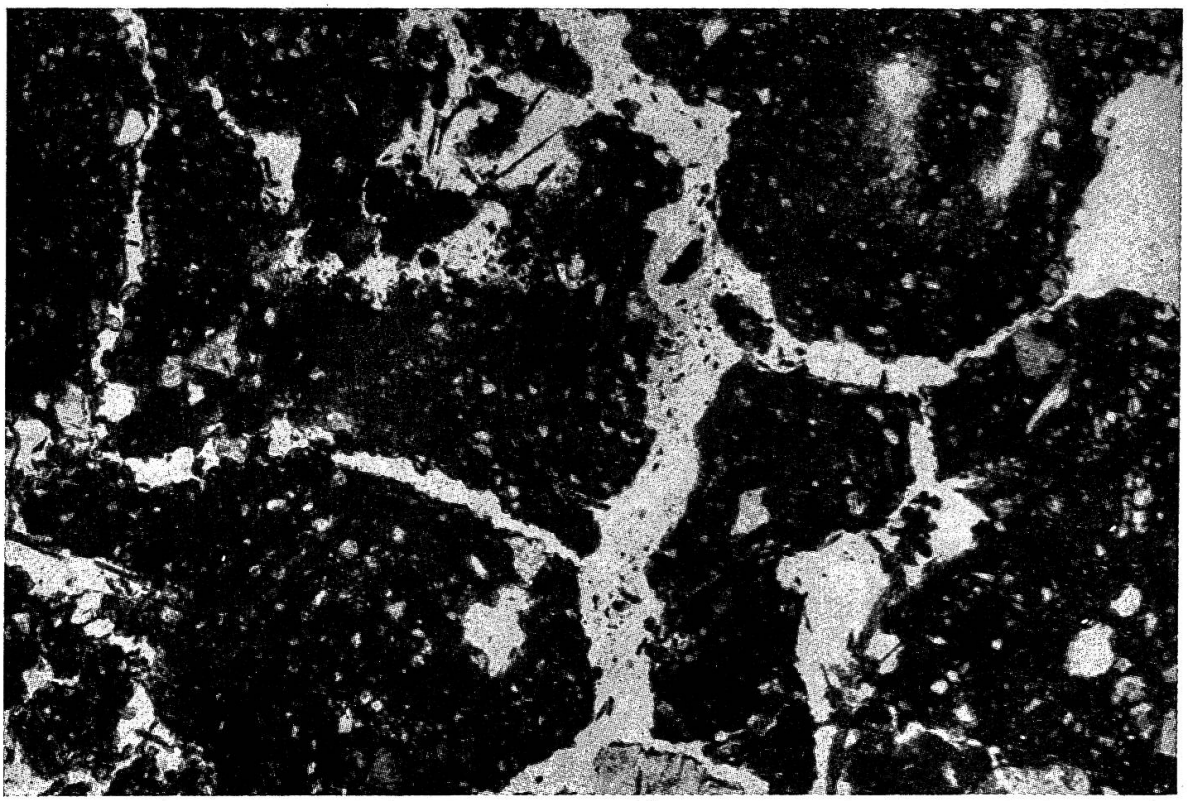


Abb. 1. Dünnschliff der Oberschicht einer Waldbraunerde. Vergr. 30×
(Foto Dr. E. Frei.)

nicht nur die Menge oder das Gewicht der Bodenlebewelt versetzt uns in Staunen, sondern auch ihr Arten- und Formenreichtum verdient unsere volle Bewunderung. Schon im Jahre 1840 hat Ehrenberg 4000 verschiedene Mikroben beschrieben. Seither ist ihre Zahl ins Phantastische gestiegen. Einzig die Bodennematoden sind mit ca. 5000 Arten vertreten, die Regenwürmer mit ca. 90. Wiederum weit zahlreicher sind die Arten der Milben und Springschwänze. Der Boden ist also die eigentliche Biosphäre unserer Welt. Nirgends, weder im Wasser, in der Luft noch auf der Erdoberfläche findet man eine derartige Anhäufung von Leben wie im Boden. Die oberste Verwitterungsschicht ist also ein einziger großer Gärbottich, in dem fortwährend ein gewaltiger Ab-, Um- und Aufbau von organischen und anorganischen Verbindungen stattfindet.

Die Wohndichte

Die bisherigen Ausführungen vermögen die eingangs geäußerten Zweifel, daß es schon aus rein räumlichen Verhältnissen unmöglich sei, daß der Boden in seinem Innern Millionen von Lebewesen zu bergen vermöge, nicht zu entkräften, sondern viele werden durch die hohen Zahlen neuerdings in ihren Bedenken bestärkt werden. Wieweit ein

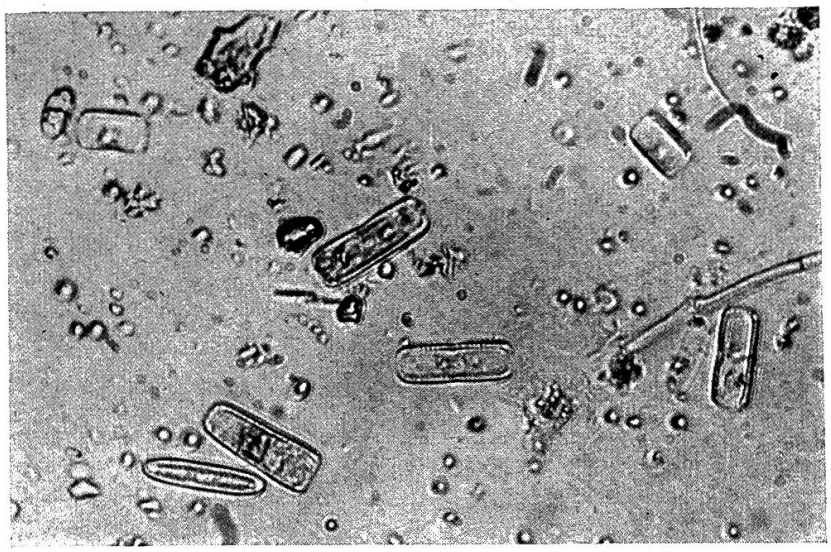


Abb. 2. Kieselalgen aus Waldboden. Vergr. 450×
(Foto A. Stöckli.)

solches Verhalten berechtigt ist, lehrt uns eine Überlegung, die wir an das Gewicht der Bodenlebewelt anknüpfen. Die oberste Erdschicht eines Wiesenbodens von 15 cm Tiefe hat bei einem Wassergehalt von 30 % ein Gewicht von ca. 2 500 000 kg. Demgegenüber beträgt das Gewicht der Geobionten nur 1 % oder rund 25 000 kg. Bezüglich der Verteilung

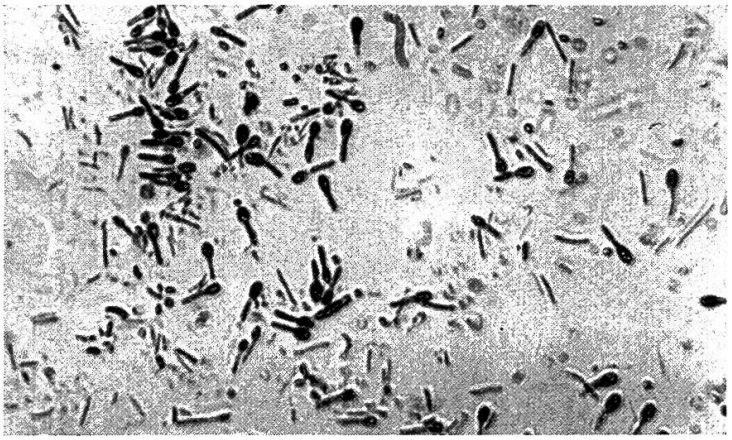


Abb. 3. Zelluloseabbauende Bakterien. Vergr. 700 ×
(Foto A. Stöckli.)

der Geobionten im Bodeninnern geben uns folgende Tatsachen die erforderlichen Richtlinien. Entsprechend ihrer Lebensweise und Körperbeschaffenheit trennt man die Bodenlebewelt in endogäe und kavernikole Organismen. Die erstere Gruppe benützt die ganze durch sie bewohnbare Bodenschicht als ihren Lebensraum, indem sie sich durch grabende oder minierende Tätigkeit, unbesehen um die vorhandenen Hohlräume,

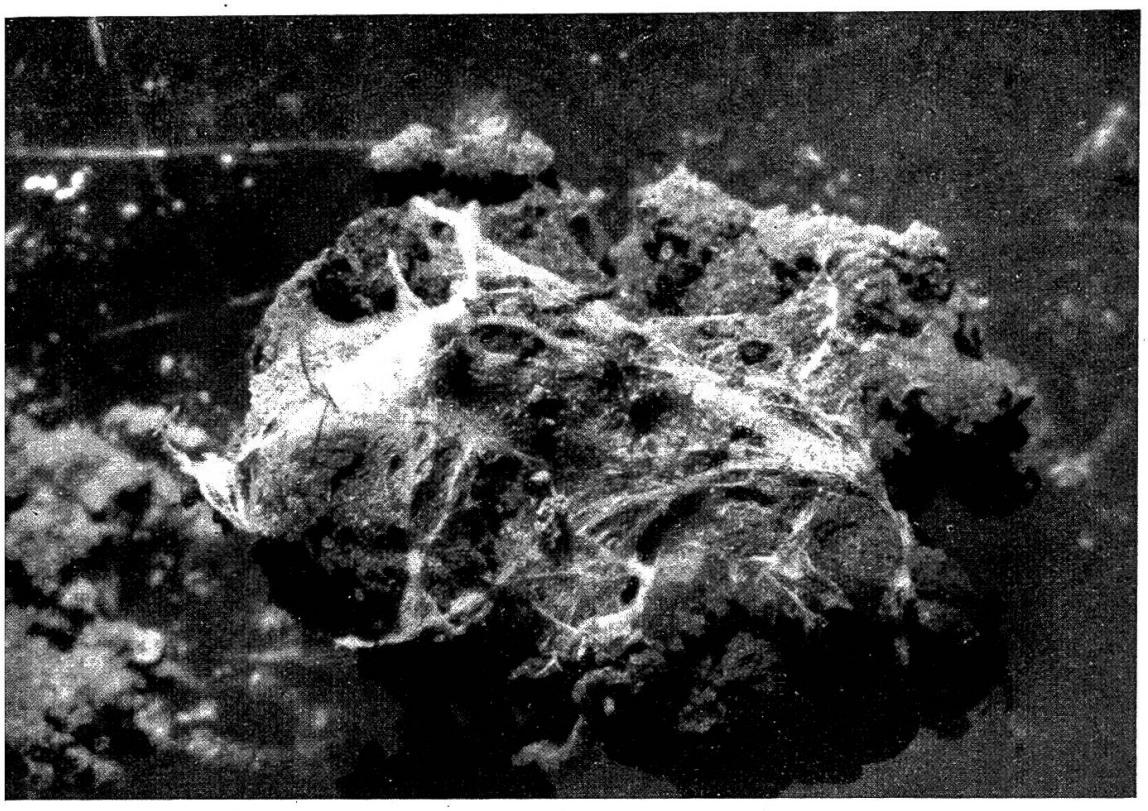


Abb. 4. Erdkrümel, zusammengehalten durch Pilzfäden. Vergr. 2 ×
(Foto A. Stöckli.)

im Boden frei bewegen kann und ihre Gänge, Röhren, Nestanlagen, Puppenwiegen usw., sofern es nötig ist, selbst gräbt oder auszubauen vermag. Hierher gehören Ringelwürmer, gewisse Käfer und Käferlarven, Raupen, Maden, Maulwurfsgrillen, Ameisen und Grabwespen.

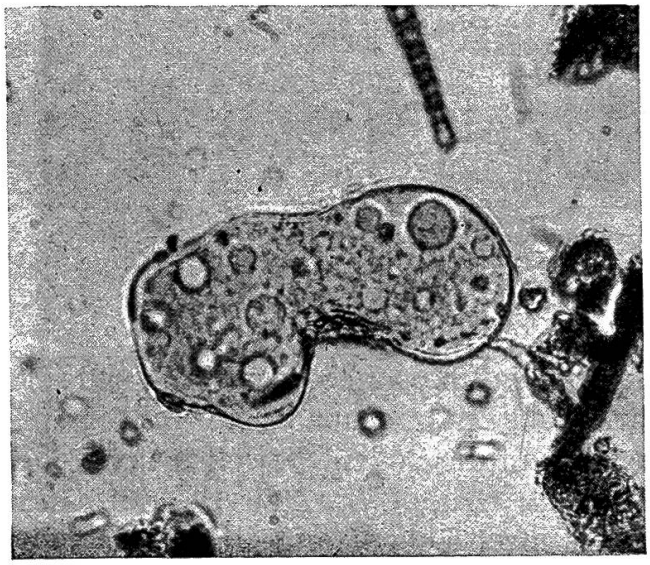


Abb. 5. Nackte Amöbe mit leicht deformierbarem Körper, aus Waldboden. Vergr. 600 × (Foto A. Stöckli.)

Im Gegensatz hierzu bezeichnet man die Geobionten, die auf die vorhandenen Hohlräume des Porenvolumens angewiesen sind, als kavernikole Bodenbewohner. Ihr Lebensraum beschränkt sich auf die im Boden sich vorfindenden zahlreichen Gänge, Höhlen, Ritzen, Poren und Kapillaren. Die Körperdimensionen der Hohlraumbewohner sind im all-

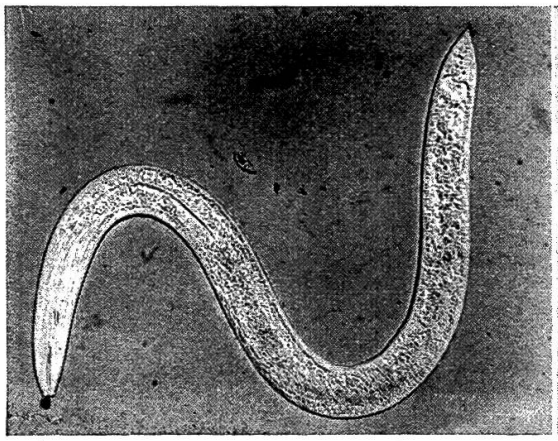


Abb. 6. Fadenwurm. Vergr. 200 × (Foto A. Stöckli.)

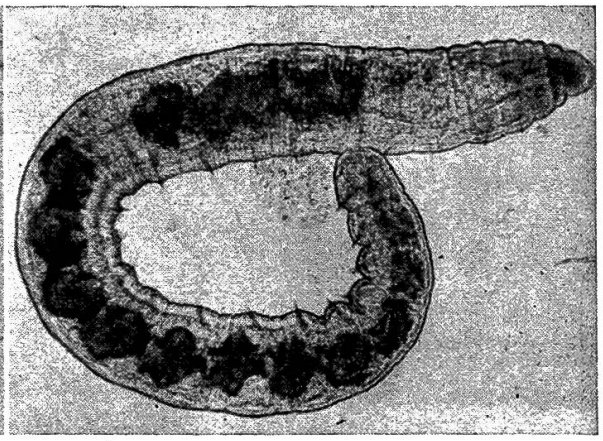


Abb. 7. Ringelwurm *Euchytraeus* spez? Vergr. 125 × (Foto A. Stöckli.)

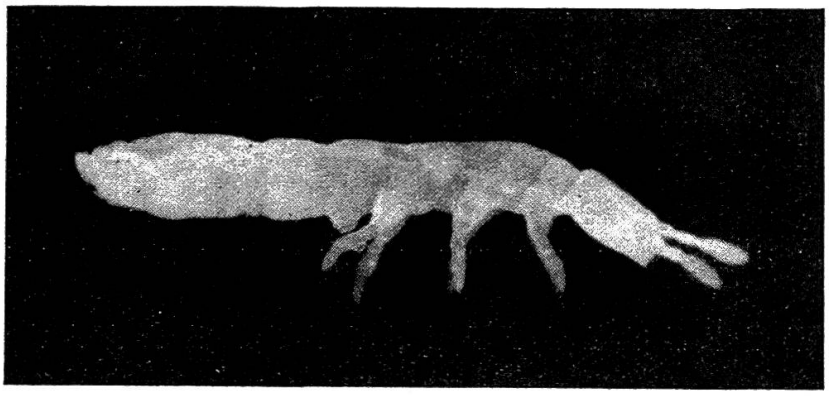


Abb. 8. Im Bodeninnern lebender Springschwanz: *Onychyurus armatus* mit stark reduziertem Sprungapparat. Vergr. 40 ×
(Foto A. Stöckli.)

gemeinen bedeutend kleiner als die der endogäen Fauna. Zudem verfügen viele kavernikole Organismen über einen deformierbaren Körper, der es ihnen erlaubt, sich den verschiedenen Formen der Bodenhohlräume anzupassen. Zu den Hohlraumbewohnern des Bodens gehören in erster Linie die Bakterien, die Bodenpilze, Algen, Protozoen, Rädertiere, Bärtierchen, Nematoden, Wenig-, Zwerg-, Hundert- und Tausendfüßler, Milken, Springschwänze, Spinnen und Skorpione. (Siehe Abb. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9.)

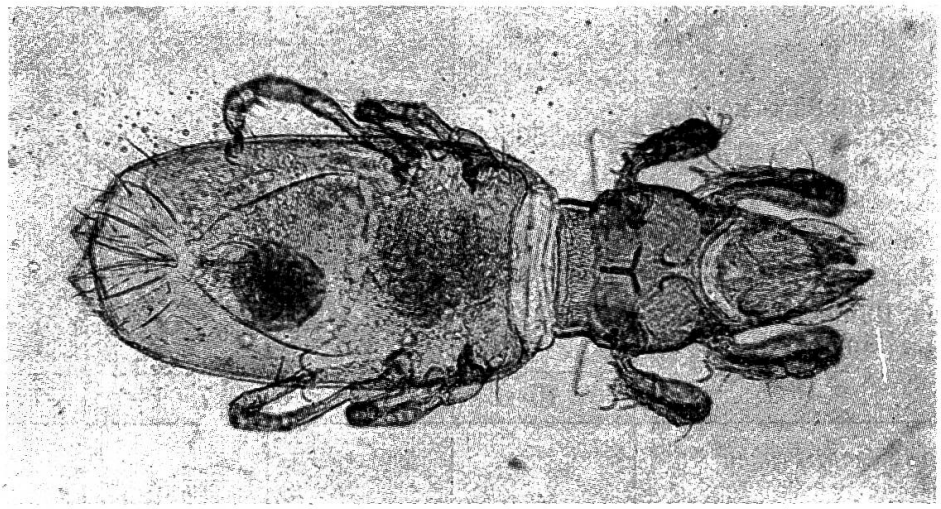


Abb. 9. Bodenmilbe: *Eulohmannia ribagai.* Vergr. 100 ×
(Foto A. Stöckli.)

Um über die Wohn- und Unterkunftsverhältnisse der Bodenlebewelt ein Bild zu gewinnen, müssen wir einerseits über die Größe, Form und Verteilung der Leerräume im Bodeninnern orientiert sein. Anderseits ist

es notwendig, daß wir die Körperbeschaffenheit der Bodenorganismen kennen. Dabei ist ohne weiteres verständlich, daß je nach dem Wassergehalt des Bodens immer ein gewisser Teil seiner Hohlräume mit Wasser gefüllt ist, der dann vorübergehend nur von solchen Organismen als Aufenthaltsraum benützt werden kann, die längere Zeit auch im Wasser

Tabelle 2

Das Volumen
der Bodenlebewelt in der obersten, 15 cm mächtigen Krume eines Wiesenbodens

Berechnet nach Angaben der Tabelle 1 und unter Annahme eines bewohnbaren Porenvolumens von 50 %

Flora und Fauna	Gewicht der Organismen pro ha in kg	Volumen der Organismen pro h. in dm³	Lebensraum in dm³	Verhältnis: Volumen der Organismen zu Lebensraum = Wohndichte
Endogäe Fauna				
Regenwürmer	4 000			
Enchytraeiden	50			
Käfer- und Käferlarven .	350			
Fliegenlarven und Raupen	325			
Maulwurfsgrillen, Rasenameisen u. Grabwespen	27			
	4 752	4 320	1 500 000	1 : 350
Kavernikole Fauna				
Schnecken	40			
Nematoden	50			
Tausend-, Hundert- und Wenigfüßler	50			
Proturen, Dipluren und Asseln	0,2			
Springschwänze	6,5			
Milben	4,4			
Spinnen, Raubkäfer, Wurzelläuse usw. . .	4,0			
	155,1	141	750 000	1 : 5 300
Kavernikole Mikroben				
Algen	139			
Bakterien	10 080			
Pilze	10 080			
Protozoen	379			
	20 678	18 798	750 000	1 : 40
Total der kavernikolen Bodenlebewelt	20 833,1	18 939	750 000	1 : 39

zu leben vermögen. Es betrifft dies hauptsächlich die Kapillarräume, welche zufolge ihres geringen Durchmessers nur von Bakterien, Pilzen, Algen und Protozoen bevölkert werden. Vom Porenvolumen fällt je nach Bodenart ein größerer oder kleinerer Teil der Hohlräume zum vornherein als Wohnraum für Geobionten außer Betracht, weil er aus so englumigen Kapillaren besteht, daß sie nicht einmal von den kleinsten einzelligen Lebewesen aufgesucht werden können. Wenn wir das Volumen dieser Hohlräume vom Gesamthohlraum des Bodens in Abzug bringen, erhalten wir das bewohnbare Porenvolumen. Messen wir diesen Wert mit dem Körpervolumen der Hohlraumbewohner, dann gibt uns das so gewonnene Verhältnis eine Vorstellung über die Wohndichte. (Siehe Tabelle 2 und die Abbildung 1.) Für die endogäe Fauna ist die Wohndichte hingegen das Verhältnis Volumen der bewohnbaren Bodenschicht zum Volumen der Bodentiere. Der Einfachheit halber haben wir zur Ermittlung des Volumens der Geobionten ein durchschnittliches spezifisches Gewicht von 1,1 angenommen, ebenso wurde ein bewohnbares Porenvolumen von 50 % gewählt (siehe Tabelle 2).

Zu den in vorstehender Übersicht zusammengestellten Ergebnissen, die an Hand der in Tabelle 1 angegebenen Werte berechnet sind, ist folgendes zu bemerken :

Bei der endogäen Bodenlebewelt wird das Verhältnis Volumen der Organismen zum Bodenvolumen in ausschlaggebender Weise durch die Anzahl der vorhandenen Regenwürmer bestimmt. Die Wohndichte des Porenvolumens ist hingegen in erster Linie eine Funktion der Mikroflora. Ebenso dürfte ohne weiteres verständlich sein, daß die englumigen Hohlräume prozentual mehr lebende Substanz enthalten als die weitlumigen Poren. Einen genaueren Aufschluß über diese Verhältnisse kann man, wie wir später zeigen werden, mit Hilfe der Strukturanalyse des Bodens gewinnen. Die mittelst der Bodenmikroskopie festgestellten Bakterienzahlen von Russell (10) scheinen uns für die Feststellung der Wohndichte zu hohe Werte zu liefern. Eine Korrektur ist vor allem deshalb gerechtfertigt, weil bei der Auszählung der Mikroflora auch die toten Exemplare registriert werden, die aber nicht mehr der Bodenlebewelt, sondern der toten organischen Substanz angehören. Dieser Vorbehalt gilt auch für die Ermittlung der Besiedelungsdichte des Lebensraumes.

Der Lebensraum

Bisher wurde der Boden ganz allgemein als Lebensraum der Geobionten bezeichnet. Die vorausgegangenen Ausführungen dürften jedoch dargetan haben, daß eine solche Definition ungenügend ist. Sie stimmt lediglich für die endogäe Fauna. Der Aufenthalt der übrigen Kleinlebewelt ist auf die Hohlräume des Bodens beschränkt. Auch in der Literatur finden wir verschiedene Definitionen über den Lebensraum der Geo-

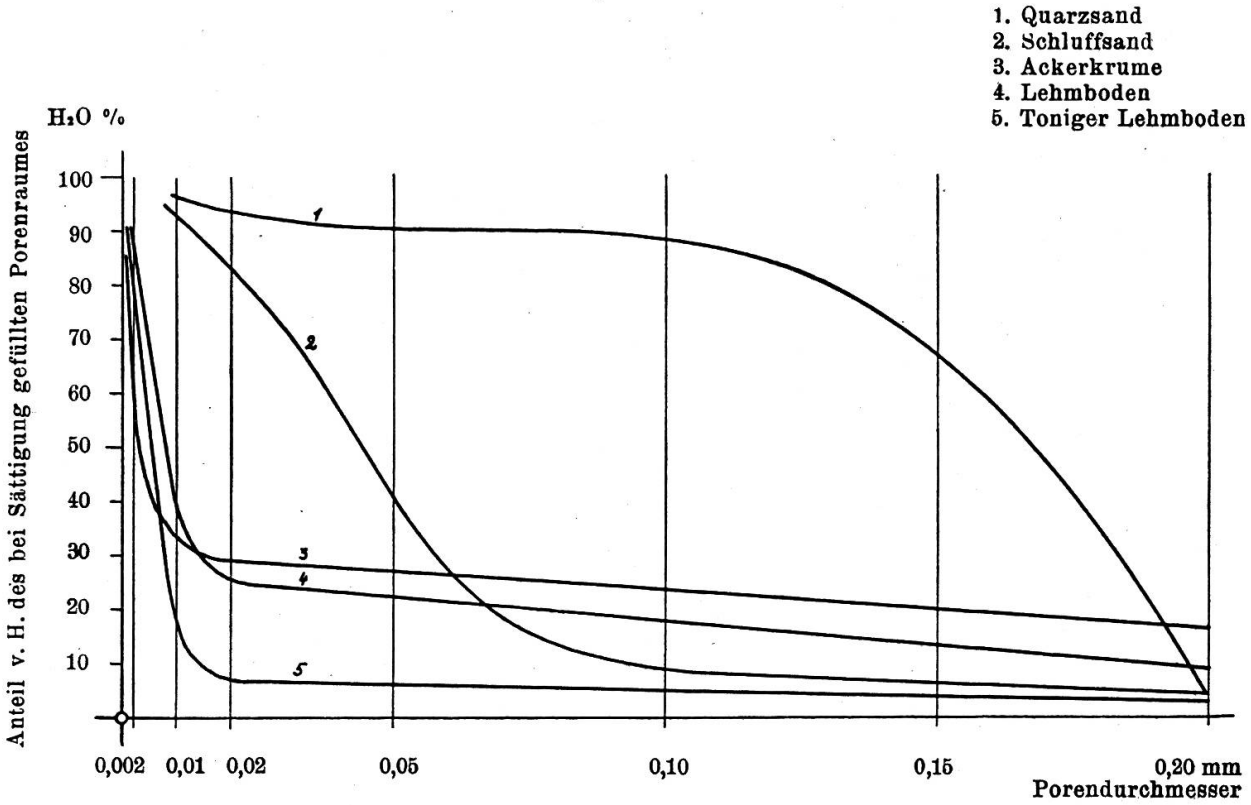
bionten. Beispielsweise bezeichnet Ulrich (15) die belebte Bodenschicht kurzerhand als den Lebensraum der Geobionten, ohne dieselben in endogäe oder kavernikole Organismen zu trennen. Im weiteren berechnet er sowohl den Lebensraum der Arten wie auch des einzelnen Organismus, indem er das Bodenvolumen durch die Anzahl der darin festgestellten Organismen dividiert. Ein solches Vorgehen liefert lediglich ein rechnerisches Ergebnis, dem jedoch keine Wirklichkeit entspricht. Für die endogäen Arten ist die ganze für sie bewohnbare Bodenschicht ihr Lebensraum. Wieviel der einzelne Organismus davon während seines Lebens in Anspruch nimmt, hängt von Umständen ab, die wir vorläufig nicht zu eruieren vermögen. Auf noch größere Schwierigkeiten stoßen wir bei der Ermittlung des Lebensraumes bei den kavernikolen Bodenbewohnern. Je nach Größe, Beschaffenheit und Lebensweise der Organismen steht ihnen nur ein bestimmter Teil des Porenvolumens als Lebensraum zur Verfügung. Der Aktionsraum des einzelnen Organismus ist nicht bestimmbar. Was wir vorläufig annäherungsweise ermitteln können, ist lediglich der Anteil am Porenvolumen, der einer bestimmten kavernikolen Art zur Verfügung steht. Im weitern geben uns die Kenntnisse über Körperform, Körpergröße und Beschaffenheit der einzelnen Bodenorganismen die Möglichkeit, einen Einblick zu gewinnen in die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften bestimmter Poren oder Porenklassen.

Nach diesen Erläuterungen steht den verschiedenen Bodenlebewesen je nach Größe, Lebensweise und Körperbeschaffenheit ein ungleich großer Anteil des Bodens als Lebensraum zur Verfügung. Demzufolge läßt sich der Lebensraum für bestimmte Organismengruppen wie folgt definieren:

1. Geophage, grabende und minierende Organismen (Ringelwürmer, Ameisen, Grabwespen, Käfer, Engerlinge, Maden, Raupen usw.	Lebensraum gleich bewohnbare Bodenschicht.
2. Hohlraumbewohner *a)* Organismen mit festem Körperbau (Hundert-, Tausend-, Wenig- und Zwergfüßler, Raubkäfer, Spinnen, Milben, Apterygoten, Thecamöben, Kieselalgen, Bakterien und Pilze)	Lebensraum gleich Porenvolumen minus Hohlräume, deren Durchmesser kleiner ist als der größte Durchmesser der Organismen.
b) Organismen mit veränderlicher Körperform (nackte Amöben, Flagellaten, Ciliaten, Rädertierchen usw.)	Lebensraum gleich Porenvolumen minus Hohlräume, deren Durchmesser kleiner ist als der kleinstmögliche Durchmesser der Mikroben.

Selbstverständlich gelten diese Definitionen nur für die erwachsenen Geobionten. Die Jugendformen haben entsprechend ihren kleineren Körperdimensionen einen größeren Lebensraum.

Für spezielle Fragen, die mit der Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeit im Zusammenhang stehen, mag es angezeigt sein, den Lebensraum bestimmter Arten genauer zu kennen. Einen Fingerzeig, wie dabei vorgegangen werden kann, geben uns die Arbeiten von Donat (2), Pozdena (9) und Sekera (11), die sich mit der Bestimmung der Porengröße und der Strukturanalyse der Böden befassen. Trotzdem die genannten Verfahren immer noch mit schwer zu eliminierenden Fehlerquellen behaftet sind, vermögen sie uns ein recht anschauliches Bild über den Aufbau des Porenvolumens zu geben.



Darstellung 1. **Aufteilung des Hohlraumvolumens in Porengruppen, deren Durchmesser über oder unter einer bestimmten Größe liegen.**

Die Darstellung 1 wurde nach Angaben von Donat (2) erstellt. Sie ermöglicht die Ermittlung des prozentualen Anteils jeder beliebigen Porengröße unter 0,2 mm Durchmesser am Gesamthohlraumvolumen. Ebenso kann an Hand dieser Darstellung das Volumen der Poren unter- und oberhalb eines bestimmten Durchmessers festgestellt werden. Ist uns beispielsweise der Durchmesser eines gewissen Organismus bekannt, dann können wir mit Hilfe der Porenverteilungskurve und unter Berücksichtigung des Gesamthohlraumvolumens den Lebensraum des in Frage stehenden Organismus mit ziemlicher Genauigkeit feststellen. Nach der

Darstellung 1 hat eine Nematodenart von 0,05 mm Durchmesser einen Lebensraum von 4%, 20%, 30%, 40% und sogar von 95% des Porenvolumens, je nachdem es sich um einen bestimmten Ton-, Lehm-, Acker-, Schluffsand- oder Quarzsandboden handelt.

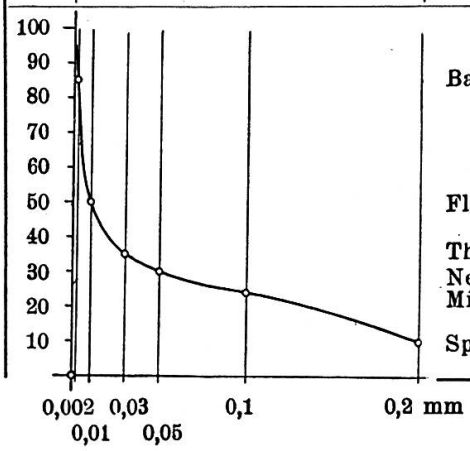
Tabelle 3

Der Lebensraum der Bodenorganismen

Fauna und Flora	Durchmesser der Organismen	Von den einzelnen Organismengruppen besetzbarer Raum des Porenvolumens			
		Ackerkrume III	Lehmboden IV	Tonboden V	Schluffsand II
Maulwurfsgrillen, Engerlinge und Drahtwürmer Larven, Raupen, Puppen Käfer, Ameisen, Läuse Spinnen, Afterskorpione Tausend-, Hundert-, Zwerg- und Wenigfüßler große Milben Proturen, Dipluren, Springschwänze Asseln und Schnecken Regenwürmer und Enchytraeiden	über 0,15 mm	22%	10%	2%	3%
Mittlere und kleine Milben Kleine Enchytraeiden Harpacticiden, Plattwürmer	0,15—0,05 mm	30%	20%	4%	42%
Große Nematoden, Ciliaten und Algen Rädertierchen, Bärtierchen und Thecamöben	0,05—0,02 mm	35%	33%	6%	85%
Wurzelhaare, Flagellaten Amöben und kleine Nematoden	0,02—0,01 mm	45%	50%	30%	95%
Bakterien und Fadenpilze	0,01—0,002 mm	85%	86%	77%	97%
Unbewohnte Poren	unter 0,002 mm	15%	14%	23%	3%

Auf gleiche Weise kann der Lebensraum bestimmter Organismengruppen erfaßt werden (siehe Tabelle 3).

Umgekehrt erlaubt die Porenverteilungskurve einen Einblick in die qualitative Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften der einzelnen Porenklassen.



Porengröße Durchmesser der Organismen	Fauna und Flora	Bewohnbarer Anteil des Porenvolumens	Lebensraum in % des Bodenvolumens	Zahl der Lebewesen pro cm³ Boden	Besiedelungsdichte pro cm³ Hohlraum
	Bakterien	85	42,5	6 000 000 000	14 500 000 000
	Flagellaten	50	25,0	1 500 000	6 000 000
	Theramöben	35	17,5	3 000	17 100
	Nematoden	30	15,0	30	200
	Milben	24	12,0	3	21
	Springschwänze	10	5,0	2	40

Darstellung 2.

Flora und Fauna der kapillar-wirksamen Leerräume im Boden IV.
Porenvolumen des Bodens = 50 %.

Der graphischen Darstellung Nr. 2 ist folgendes zu entnehmen:

1. Je kleiner der Organismus, ein desto größerer Anteil des Porenvolumens steht ihm davon als Lebensraum zur Verfügung.
2. Die kleineren Hohlräume werden zur Hauptsache von solchen Mikroben bewohnt, die durch besondere Dauerformen sich vor den schädlichen Einflüssen eines plötzlich eintretenden Wassermangels zu schützen vermögen.
3. Mit zunehmendem Porendurchmesser wird die Fauna und Flora der Hohlräume bezüglich ihrer qualitativen Zusammensetzung mannigfaltiger.
4. Die Hohlräume mit einem Durchmesser über 0,2 mm werden durch die Strukturanalyse nicht weiter unterteilt, weshalb der Lebensraum der größeren Hohlraumbewohner vorläufig nur annäherungsweise eingeschätzt werden kann. Davon werden vorab die größern Arten von Milben, Springschwänzen, Asseln, Hundert- und Tausendfüßlern betroffen. Der Lebensraum dieser Tiere beträgt im Mineralboden 5—20 % des Porenvolumens, während er in ausgesprochenen Humusböden bedeutend größer ist.

Die Besiedelungsdichte

In der Literatur wird die Zahl der pro Volum- oder Gewichtseinheit Boden ermittelten Organismenzahl mit Wohn- oder Besiedelungsdichte bezeichnet (8). Entsprechend unsern bisherigen Ausführungen möchten

wir die beiden Ausdrücke für zwei verschiedene Begriffe anwenden. Die Wohndichte wählten wir als Ausdruck für das Verhältnis Volumen der lebenden Substanz zu Volumen ihres Lebensraumes. Die Besiedelungsdichte gibt uns hingegen die Zahl der Organismen pro Volumeinheit Lebensraum. Nachdem wir zwischen endogäen und kavernikolen Bodenlebewesen unterschieden haben, ist es ohne weiteres klar, daß das Bodenvolumen nur zur Ermittlung der Besiedelungsdichte der endogäen Geobionten herangezogen werden kann, während für die Hohlraumbewohner die Volumeinheit der von diesen bewohnten Hohlräume maßgebend ist.

Nach diesen Voraussetzungen ist die Besiedelungsdichte für die verschiedenen Bodenbewohner wie folgt zu bestimmen :

Besiedelungsdichte für	
1. Endogäe Organismen (Geophage, grabende oder minierende Geobionten)	Anzahl der Tiere pro Volumeinheit Boden.
2. Kavernikole Lebewesen (Milben, Collembolen, Hundert- und Tausendfüßler, Asseln, Raubkäfer usw., Nematoden, Protozoen, Algen, Pilze, Bakterien)	Anzahl der Organismen pro Volumeinheit der von ihnen bewohnbaren Hohlräume.

Unter Berücksichtigung der Lebensweise sowie des Durchmessers der Bodenorganismen ist es künftighin mit Hilfe der Porenverteilungskurve möglich, in die quantitative und qualitative Beschaffenheit der Bodenlebewelt verschieden großer Hohlräume einen Einblick zu gewinnen (siehe Tabelle 4).

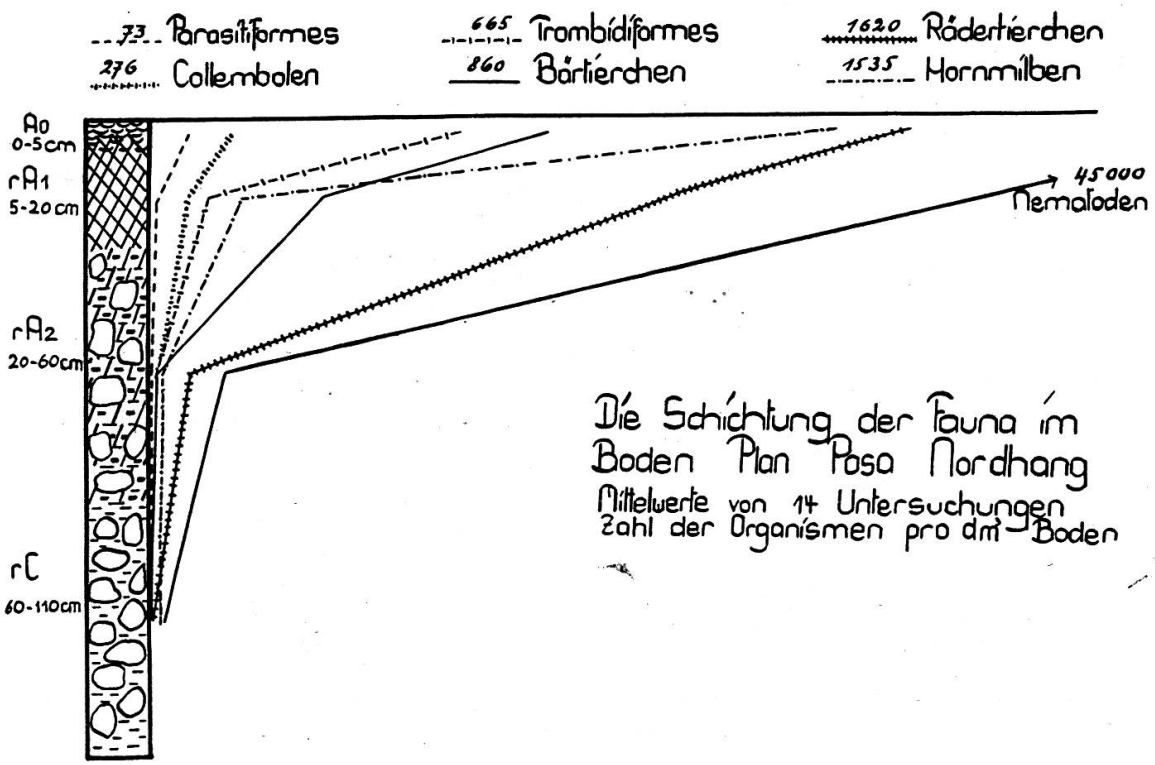
Tabelle 4

Versuch zur Ermittlung der Mikrolebewelt bestimmter Porenklassen pro cm³ Boden (Porenvolumen = 50 %)

	0,2—0,1 mm		0,1—0,03 mm		0,03—0,002 mm	
	Anteil am Lebensraum der Art %	Zahl der Organismen	Anteil am Lebensraum der Art %	Zahl der Organismen	Anteil am Lebensraum der Art %	Zahl der Organismen
Kleine Springschwänze .	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Kleine Milben	30,0	1	0,0	0	0,0	0
Mittlere Nematoden .	70,0	21	20,0	6	0,0	0
Mittlere Thecamöben	60,0	1 800	30,0	900	0,0	0
Flagellaten .	38,0	570 000	22,0	330 000	30,0	450 000
Bakterien . .	18,0	1 080 000 000	13,0	780 000 000	59,0	3 540 000 000
		1 080 571 822		780 330 906		3 540 450 000

Aus den Darstellungen 1 und 2 in Verbindung mit den Angaben der Tabelle 4 lassen sich folgende Schlüsse ableiten :

Die verschiedenen Bodenarten repräsentieren keinen einheitlichen Biotop. Sogar das Porenvolumen ein- und desselben Bodens bietet der kavernikolen Lebewelt nicht überall die gleichen Lebensbedingungen. Die chemischen und physikalischen wie auch die biologischen Umweltsbedingungen ändern mit dem Porendurchmesser. Ebenso selbstverständlich dürfte es sein, daß in tiefern Bodenschichten andere Lebensbedingungen vorliegen als in den oberflächlichen Schichten (siehe Darst. 3).



Darstellung 3. **Abnahme der Metazoenfauna mit zunehmender Bodentiefe.**

Ein ganz besonderer Lebensraum ist beispielsweise die Rhizosphäre; auch die Brutstätten und Nester der endogäen Fauna bieten andere Lebensmöglichkeiten als die Röhren der Regenwürmer oder Enchytraeiden. Das Studium der Lebensgemeinschaften der verschiedenen Bodenhohlräume verspricht uns daher nicht bloß interessante Einblicke in gewisse Fragen, die mit dem Abbau der organischen Substanz und der Beschaffenheit und Verteilung der Rückstände im Zusammenhang stehen, sondern ermöglicht weiterhin die Abklärung der gegenseitigen Beziehung unter den Geobionten, welche für die Erhaltung des biologischen Gleichgewichtes von größter Bedeutung sind.

An Bodenschliffen macht man gelegentlich die Beobachtung, daß die Oberfläche der Krümel wie auch die Wände von Röhren, Ritzen oder Höhlen von kompakter Beschaffenheit sind, was als Rindenbildung

bezeichnet wird. Der Agrikulturchemiker ist nun sofort geneigt, diese Erscheinung auf Ausflockungen und Infiltrationen zurückzuführen, was teilweise auch der Fall sein dürfte. Anderseits wissen wir vom Regenwurm, daß er die Wände seiner Gänge mit seinen feindispersen Exkrementen bepflästert. Ähnliche Wandverfestigungen, die auf tierische Ausscheidungen zurückzuführen sind, finden wir an den Puppenwiegen von Käfer-, Fliegen- und Schmetterlingslarven, die sich im Boden verpuppen. Ferner konnte verschiedentlich beobachtet werden, daß Springschwänze oder Milben, welche die Oberfläche größerer Krümel nach Pilzen, Algen und kleineren Bodentieren absuchen, mit ihren Exkrementen die Krümeloberflächen verkleistern. Die Rindenbildung ist nicht an sämtlichen Hohlraumwänden in gleichem Maße zu erkennen, sondern ist in den englumigen Poren schwächer ausgebildet. In Hohlräumen, in denen Geobionten mit festen Ausscheidungen fehlen, tritt sie im allgemeinen weniger stark in Erscheinung (siehe Bild 10). Es ist deshalb

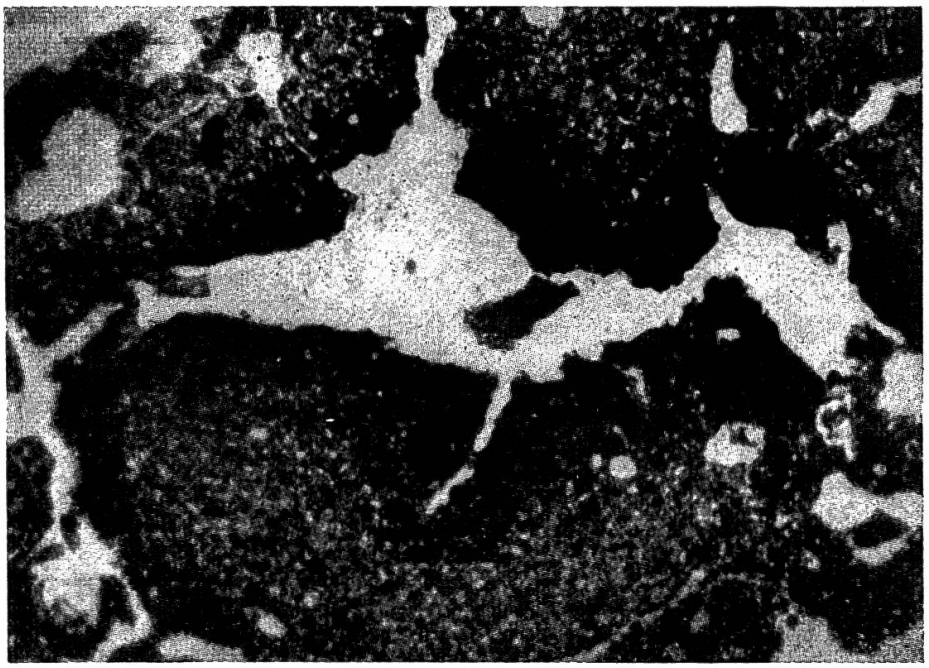


Abb. 10. Rindenbildung an der Oberfläche der Krümel (Dünnschliff einer Schwarzerde) Vergr. 50 ×

anzunehmen, daß die durch die Rindenbildung verursachte höhere Krümelbeständigkeit nicht allein auf Ausflockung von im Bodenwasser gelösten Substanzen beruht, sondern teilweise auch auf biologische Einflüsse zurückzuführen ist. Selbst die Mikroflora kann dabei beteiligt sein. Gewisse Bakterienarten sondern Schleimstoffe ab, welche ebenfalls, wenn vielleicht auch nur vorübergehend, zur Verfestigung der Krümel beitragen. Auch eine gewisse Lebendverbauung der festen Bodenbestandteile durch Pilzfäden mag in diesem Zusammenhang erwähnt sein.

Zusammenfassung

Unsere Betrachtungen über den Boden als Heimstätte des Lebens können wir wie folgt rekapitulieren :

1. Der Boden bietet einer zahl- und artenreichen Mikrolebewelt die erforderlichen Existenzmöglichkeiten.
2. Sofern es sich dabei um sogenannte Geophage, d. h. erdfressende oder aber um grabende oder minierende Organismen handelt, steht denselben die gesamte bewohnbare Erdkrume als Lebensraum zur Verfügung. Die übrige Fauna und Flora ist hingegen auf die Leerräume des Bodens angewiesen.
3. Trotz der ungeheuren Zahl der Bodenlebewelt beträgt ihr Lebendgewicht selbst in den stärkstbesiedelten Böden selten mehr als 1 % der feuchten Erde.
4. In schweren Böden ist der Anteil der englumigen Kapillaren am Bodenvolumen sehr groß, so daß für die größeren kavernikolen Bodentiere verhältnismäßig wenig Hohlräume vorhanden sind.
5. Sowohl die Besiedelungs- wie die Wohndichte nehmen mit zunehmender Bodentiefe rasch ab.
6. Die Wohndichte, das heißt das Verhältnis des Volumens der lebenden Substanz zum Volumen des Wohnraumes ist in den Kapillaren ein engeres als in den größeren Hohlräumen. Ebenso verhält es sich mit der Besiedelungsdichte.
7. Die Körperform wie auch die Körperbeschaffenheit, ob deformierbar oder nicht, bestimmen für die einzelnen kavernikolen Arten den für sie bewohnbaren Anteil am Porenvolumen des Bodens.
8. Der Bodenlebewelt als Lebensgemeinschaft verdanken wir die Mobilisierung der durch sie abbaubaren organischen Substanz sowie die gleichmäßige Verteilung und die innige Vermischung der schwer zersetzbaren Rückstände mit den Mineralbestandteilen des Bodens. Dieser Vorgang wird von der Praxis mit dem treffenden Ausdruck Vererdung bezeichnet.
9. Der Abbau der organischen Substanz kann unter den im Boden vorherrschenden und rasch wechselnden äußern Lebensbedingungen nur von einer Lebensgemeinschaft durchgeführt werden, deren einzelne Glieder bezüglich Nahrung, Lebensweise, Größe und Widerstandsfähigkeit weitgehende Differenzierungen aufweisen.
10. Zur Erhaltung des biologischen Gleichgewichtes, durch welches die Kontinuität sowohl des Bestandes wie der Arbeit der Bodenlebewelt sichergestellt wird, ist es notwendig, daß sich das Edaphon nicht nur aus Saprophyten zusammensetzt, sondern auch aus Organismen besteht, die sich herbivor, karnivor und parasitisch ernähren.
11. Die erodierende Wirkung des Wassers hat in den Mineralböden die Tendenz, die Hohlräume mit Sedimenten auszufüllen. Dieser Vorgang wird durch die Bodenlebewelt weitgehend kompensiert. Die Krümel

werden durch Pilzfäden, durch Schleimstoffe von Bakterien, Würmern und Larven verfestigt. Zudem werden durch die grabende und minierende Tätigkeit der endogäen Organismen fortwährend neue Hohlräume geschaffen. Das Edaphon erzeugt fortwährend neue Hohlräume und schützt die alten durch Verbauung. Es ermöglicht dadurch nicht nur die eigene Versorgung mit Wasser und Sauerstoff, sondern ist in dieser Beziehung auch von maßgebender Bedeutung für die Wurzeltätigkeit der höheren Pflanzen.

Résumé

Ces considérations sur *la vie dans le sol* peuvent être récapitulées de la manière suivante :

1° Le sol contient une flore et une faune internes abondantes, composées de nombreuses espèces de micro-organismes, et assure leur existence.

2° Les géophages et les êtres qui creusent et fouissent disposent, pour vivre, de toute la terre végétale habitable. Le reste de la faune-flore interne n'occupe, par contre, que les espaces lacunaires.

3° Bien que les micro-organismes du sol soient extrêmement nombreux, leur poids à l'état vif ne représente que rarement plus de 1 % de celui de la terre humide, même dans les terres les plus densément habitées.

4° Dans les sols lourds, la part des interstices étroits, où l'eau se meut selon les lois de la capillarité, est fort élevée, si bien que les lacunes (cavités) nécessaires à l'existence des grandes espèces cavernicoles sont relativement rares.

5° Les densités d'occupation et d'habitation diminuent rapidement à mesure que la surface du sol s'éloigne.

6° Le rapport du volume des organismes vivants à celui de l'espace habité (la densité d'habitation) est plus élevé dans les interstices capillaires que dans les grosses cavités. L'occupation (rapport du nombre des micro-organismes au volume de leur demeure) y est aussi plus complète.

7° Pour les espèces cavernicoles, la forme corporelle et la complexion déterminent — quelles que soient les possibilités de déformation — la part habituelle du volume lacunaire du sol.

8° Les êtres animés qui habitent le sol et y vivent en communauté mobilisent les matières organiques qu'ils sont capables de décomposer, répartissent également les résidus difficilement décomposables et les mélangent intimement avec la matière minérale. C'est ce que, dans la pratique, on désigne, en allemand, par l'excellent terme de « Vererdung » (réduction en terre).

9° La décomposition des matières organiques ne peut être réalisée, dans les conditions de vie qui prévalent dans le sol et y varient rapidement, que par une communauté composée d'éléments très divers quant à leur nourriture, leur mode d'existence, leur grandeur et leur capacité de résistance à différents phénomènes.

10° Pour maintenir un bon équilibre biologique, pour garantir la continuité des effectifs et de l'action de la faune-flore du sol, il faut que l'« édaphon » ne comprenne pas que des saprophytes, mais qu'il compte aussi des organismes herbivores, carnivores et parasitaires.

11° L'eau, dans son action érosive, a tendance à remplir les lacunes des sols minéraux, par sédimentation. Ce phénomène est compensé dans une très large mesure par l'activité des êtres animés du sol. La structure grumeleuse des terres est consolidée par les hyphes des champignons, par la substance muqueuse que fournissent les bactéries, par le sillonnement des vers et des larves. En plus, les vers, coléoptères, larves, chenilles, taupes-grillons, fourmis brunes et fouisseurs créent, en creu sant et forant, sans cesse de nouvelles cavités. L'« édaphon » (flore et faune du sol) fouit et consolide les anciennes lacunes, en les étayant. Ce faisant, il ne garantit pas seulement son propre approvisionnement en eau et en oxygène, mais il joue encore, à cet égard, un rôle très important pour l'activité future des racines des espèces végétales supérieures. (Tr. *E. Bx.)*

Literatur

1. *Diem, K.:* Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen. (Diss. Zürich, 1903, 187 S.)
2. *Donat, J.:* Ein Verfahren zur Kennzeichnung des Bodengefüges. (Die Ernährung der Pflanze, Jahrg. 1937, Heft 23, S. 357—360.)
3. *Düggeli, M.:* Bodenbakteriologische Studien. (Landw. Jahrbuch der Schweiz, 1, 1924.)
4. *Ehrenberg, G. Chr.:* Mikrogeologie. Das erden- und felsenschaffende Wirken des unsichtbaren, kleinen, selbständigen Lebens auf der Erde. (Leipzig, 1854, Atlas v. 41 Taf. mit 4000 Fig.)
5. *Francé, R. H.:* Das Edaphon. (2. Auflage, Stuttgart, 1921, 99 S.)
6. *Franz, H.:* Untersuchungen über die Bodenbiologie alpiner Grünland- und Ackerböden. (Forschungsdienst 11, 1941, S. 355—368.)
7. *Frenzel, F.:* Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. (Jena, 1936, 130 S., 8 Abb.)
8. *Heinis, F.:* Beitrag zur Mikrobiocoenose der Sphagnumpolster auf Cod del Fuorn im Nationalpark. (Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des schweizerischen Nationalparkes, Bd. 1 [Neue Folge], Sauerländer & Co., Aarau, 1945.)
9. *Pozdena, L.:* Über Methoden der physikalischen Bodenuntersuchung. (Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 24/69, 1941, S. 151.)
10. *Russel, E. J.:* Boden und Pflanze. (Dresden und Leipzig, Verlag Theodor Steinkopf, 1936, S. 285.)
11. *Sekera, F.:* Die Strukturanalyse des Bodens. (Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 6, 1938, S. 259.)
12. *Stöckli, A.:* Bodenbiologische Studien. (Schweiz. landw. Monatshefte, 1943, Heft 5.)

13. *Stöckli, A.:* Das Leben im Ackerboden. (Schweiz. landw. Monatshefte, 1940, Heft 6.)

14. *Trägardh, J.*, och *Forsslund, K. H.:* Untersuchungen über die Auslesemethoden beim Studium der Bodenfauna. (Meddelanden fran Statens Skogs-Försöksanstalt, Häfte 27, 1932—34, S. 21.)

15. *Ulrich, A. Th.:* Die Makrofauna der Waldstreu. (Inaugural-Dissertation an der Forstlichen Hochschule Ham.-Münden, M. und H. Schaper, Hannover, 1933.)

16. *Wiesmann, R.:* Die Gefahren beim Anbau auf frischem Wiesenumbruch. (Forschungsergebnisse aus dem Gebiete des Gartenbaues, Heft 1, 1941.)

Die Selbstkostenrechnung in der Forstwirtschaft

von *H. Tromp,* lic. oec., Kant. Forstadjunkt, St. Gallen

I. Einleitung

Die Kalkulation oder Selbstkostenrechnung ist *Stückrechnung;* es sollen die durch die Erstellung einer Leistungseinheit (Ster, m^3) verursachten Kosten errechnet werden. Als Nachkalkulation dient sie der Leistungs- und Preiskontrolle, als Vorkalkulation soll sie die Unterlagen für die Preisfestsetzung und Preispolitik geben. *Die Selbstkosten bestimmen in der Regel den Angebotspreis der forstlichen Produkte.* Damit ist ein Faktor, der den Marktpreis beeinflußt, festgestellt. Daneben sind allerdings noch andere Faktoren preisbestimmend — es sind speziell die subjektiven Wertschätzungen, die hinter der Nachfrage stehen, zu nennen —, so daß der Marktpreis das Ergebnis eines Kompromisses zweier zum Ausgleich gebrachter Bewertungen von Käufer und Verkäufer darstellt.

Man kann sich fragen, ob in der Forstwirtschaft überhaupt eine Kalkulation nötig ist. Es ist bekannt, daß das *Angebot des öffentlichen Waldbesitzers eher stetig ist.* Die öffentlichen Waldungen mit Wirtschaftsplan nutzen in der Regel prinzipiell ihren Hiebsatz unabhängig vom Marktpreis der angebotenen Produkte. Einerseits verbietet das Nachhaltigkeitsprinzip, bei hohen Preisen vermehrt zu schlagen, da sonst die Schutzfunktion des Waldes in Frage gestellt wird. Anderseits kann der öffentliche Waldbesitzer in den seltensten Fällen bei niedrigen Marktpreisen, die u. U. nicht einmal seine variablen Kosten decken, auf die Nutzung verzichten. Trotzdem sich der Waldbetrieb wie selten ein Betrieb zur Lagerhaltung eignet — das Holz ist Produktionsmittel und Produkt zugleich — bildet er doch oft für den Waldbesitzer die einzige oder hauptsächlichste Einnahmequelle, auf die er nicht verzichten kann.

Das heißt nun nicht, daß das Angebot des öffentlichen Waldbesitzers von Jahr zu Jahr absolut gleich ist. Der festgesetzte Hiebsatz ist für eine gewisse Periode bindend, muß aber nicht unbedingt jedes Jahr eingehalten werden. In bescheidenem Rahmen kann durch vermehrten