



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

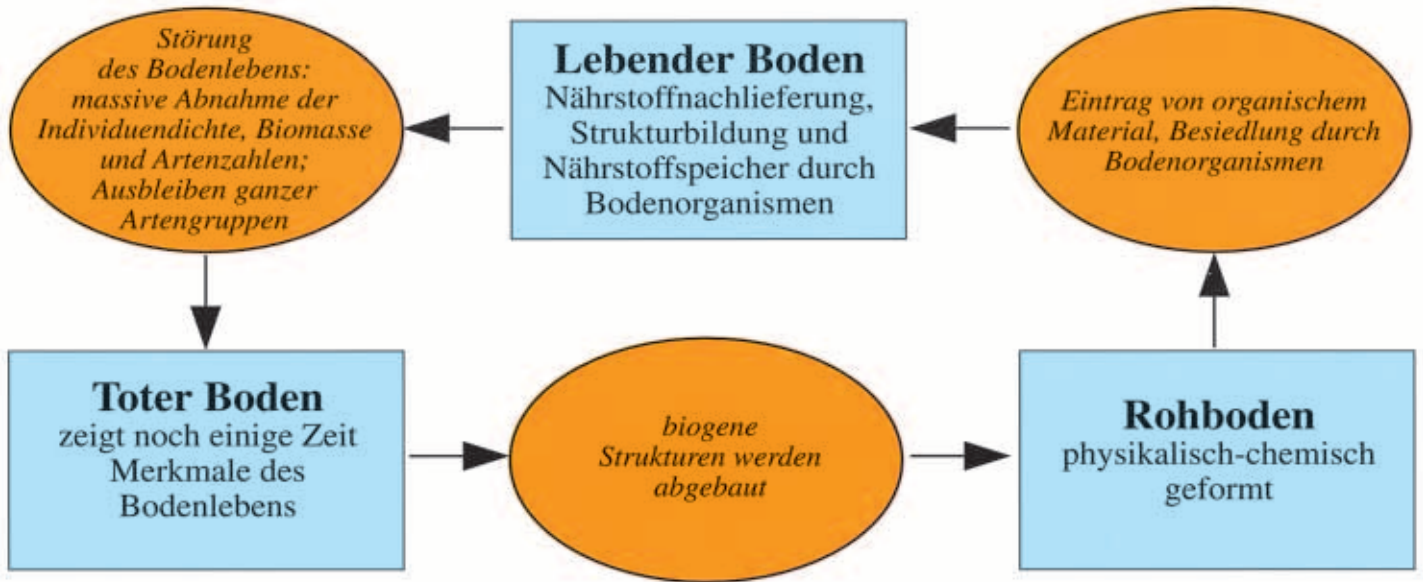
## Bodenfruchtbarkeit erhalten

### Das Bodenleben schonen



*Regenwürmer sind die bekanntesten Bodentiere. Wegen ihrer hohen Leistung für den Stoffumsatz und die Strukturverbesserung nehmen sie eine Schlüsselstellung unter den Bodenorganismen ein.*

Der Boden ist Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen. Hier leben Bakterien, Pilze, Algen und Tiere. Diese bilden aus mineralischem Schutt fruchtbaren Boden, erneuern und erhalten ihn. Durch die Aktivität dieser Lebewesen entsteht die in der Landwirtschaft gewünschte nachhaltige natürliche Bodenfruchtbarkeit.



Durch den Eintrag von Pflanzenteilen und die Einwanderung von Bodenorganismen entsteht aus Rohboden fruchtbarer, lebender Boden. Die Bodenorganismen ernähren sich von Pflanzmaterial, bauen dieses zu Pflanzennährstoffen ab und legen beispielsweise im Humus Nährstoffspeicher an. Gleichzeitig bauen sie Bodenstruktur auf. Wird die Organismengemeinschaft gestört oder vernichtet, bleiben die von

den Lebewesen geschaffenen (biogenen) Strukturen und die Nachlieferung aus den Nährstoffspeichern zunächst erhalten (toter Boden). Nach einiger Zeit werden sie aber doch abgebaut. Was bleibt, ist der nur physikalisch-chemisch geformte Rohboden.

## Bodenorganismen sind die Grundlagen der Bodenbildung

Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung ist der mineralische Schutt, wie er bei uns beispielsweise während und nach den Eiszeiten beim Abschmelzen der Gletscher entstanden ist. Wasser und Wind haben ihn, nach Korngrößen geordnet, flächenhaft abgelagert und durch chemische Vorgänge wurden Kalk und Eisen teilweise herausgelöst und in die Tiefe verlagert.

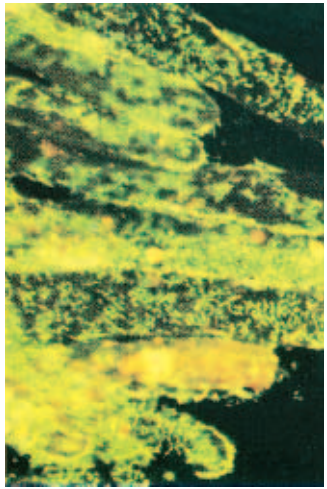
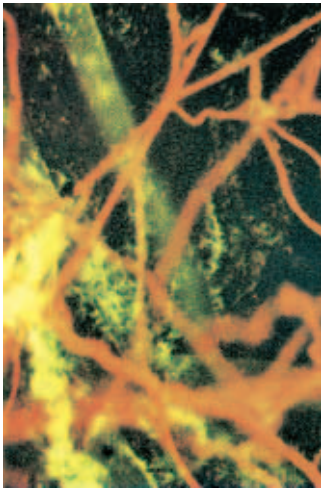
Dieser Rohboden ist für das Pflanzenwachstum denkbar ungeeignet und nur mit hohem technischem Aufwand für die Landwirtschaft geeignet. Biologisch gesehen ist es noch kein Boden. Erst durch den Eintrag von organischem Material und die Besiedlung durch Bodenorganismen entsteht aus dem Rohboden das, was wir heute unter Boden verstehen, fruchtbarer, lebender Boden.

In diesem werden durch Bodenorganismen Pflanzenreste über viele Zwischenstufen (Nahrungskette, Nahrungsnetz) verwertet und abgebaut oder als Reservestoffe (Humus) abgelagert. Die Entprodukte der Abbauserie stehen neuen Pflanzen als Nährstoffe wieder zur Verfügung.

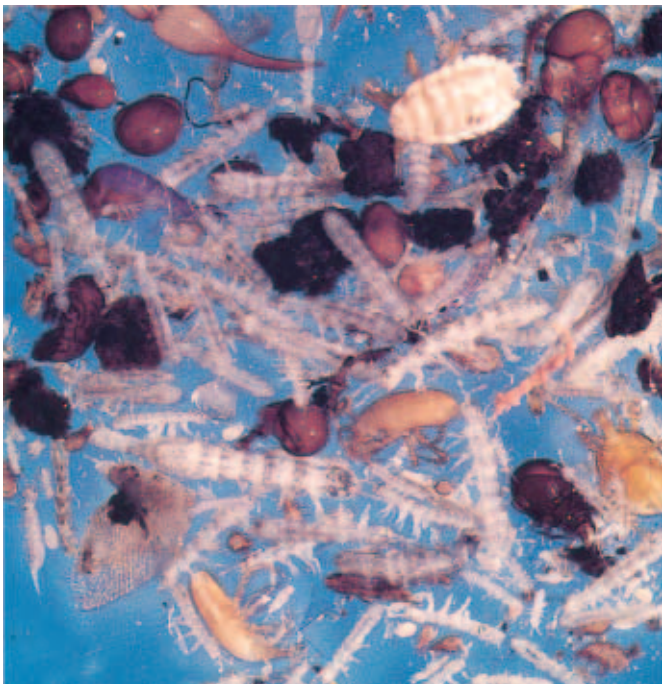
Durch ihre Lebensweise im Boden bilden Bodenorganismen gleichsam „nebenbei“ Bodenstrukturen wie Regenwurmröhren, Krümelgefüge, Losungsgefüge, stabilisierte Hohlräume durch elastische und poröse Verklebungen aus. Die Nachlieferung von Pflanzennährstoffen und die Bildung von Strukturen sind die wesentlichen Faktoren für die Entstehung und Erhaltung des Bodens und seiner natürlichen Fruchtbarkeit.

Dies geschieht in natürlichen Böden ausschließlich durch Bodenorganismen. Wird das natürliche Gleichgewicht zwischen den beteiligten Organismengruppen durch landwirtschaftliche Maßnahmen gestört und fallen als Folge einzelne Glieder der Biozönose ganz aus, dann verlaufen Nährstoffnachlieferung und Strukturbildung nur einseitig und unvollkommen oder unterbleiben. Der Boden stirbt. Eine gewisse Zeit bleiben in diesem toten Boden die Merkmale des Bodenlebens, wie Krümelstruktur, Regenwurmröhren oder Humusreserven erhalten. Im Laufe der Zeit verwittern sie aber oder werden abgebaut und zurück bleibt ein Substrat, das dem Rohboden oder sogar dem mineralischen Schutt ähnlich ist.

Auch hier können Pflanzen wachsen. Die fehlende Nährstoffnachlieferung und Strukturverbesserung muss aber durch den kostspieligen Einsatz von Maschinen und Agrochemikalien ersetzt oder ergänzt werden.

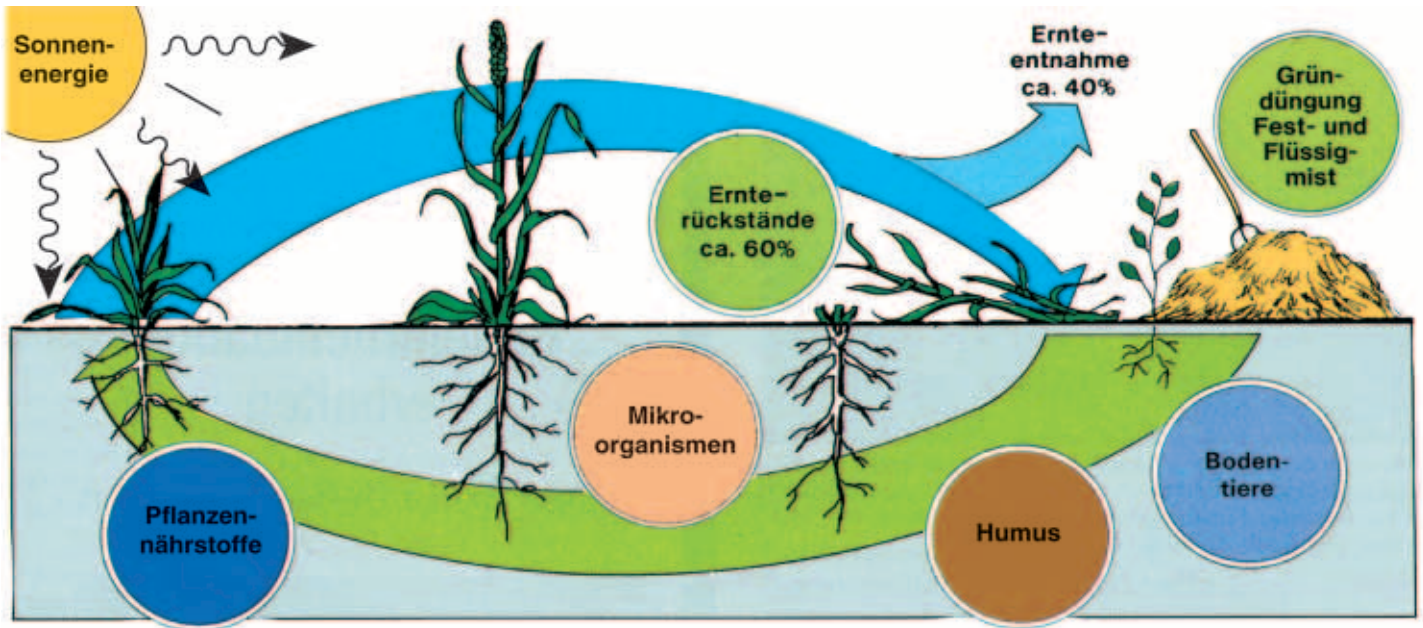


*Bild links: Pilzfäden zwischen Bodenkrümeln;  
Bild rechts: Bakterienbesatz auf Wurzelhaaren  
(Mikroskopaufnahmen; zur besseren Übersicht wurden die  
Organismen angefärbt)*



*Verlassene Regenwurmröhren und andere Bodenhöhlen  
sind Lebensräume für Springschwänze, Horn- und Raub-  
milben, die selbst nicht im Boden graben können.*





Ernterückstände, Gründüngung und organische Dünger sind Nahrung für Bodentiere und Mikroorganismen. Sie werden im „Nährstoffkreislauf“ zu Pflanzennährstoffen

## Bodenorganismen liefern im Nährstoffkreislauf Pflanzennährstoffe nach

Den Bodenorganismen kommt eine entscheidende Rolle im Nährstoffkreislauf zu. Der Abbau von abgestorbenen Pflanzen und deren Umbau zu Nährstoffen für neue Pflanzen geschieht weitgehend durch Bodentiere und Mikroorganismen im Boden. Bei diesem Vorgang wird energiereiche organische Substanz in energieärmere Bestandteile zerlegt.

Es ist ein komplizierter Prozess, an dem viele verschiedene Tier- und Mikroorganismengruppen beteiligt sind. Die Nahrung wird von einer Gruppe zur anderen weitergereicht. Derartige Abbauketten nennt man Nahrungsketten oder Nahrungsnetze.

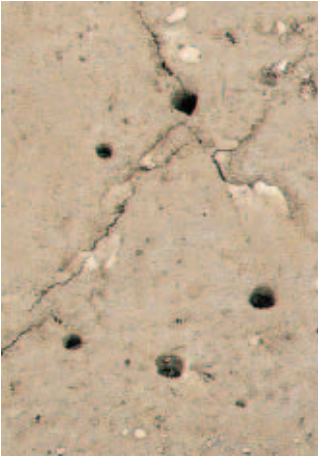
Auf Acker- und Wiesenflächen kann man sich dies vereinfacht folgendermaßen vorstellen: Pflanzenfresser unter den Bodentieren ernähren sich von den am Acker verbliebenen, teilweise schon verrotteten Ernteresten, den Resten aus dem Zwischenfruchtanbau und organischem Dünger. Die Pflanzenfresser werden von Räubern gefressen. Große Räuber fressen wiederum kleine. Spezielle Kot- und Aasfresser unter den Tieren und Mikroorganismen ernähren sich von anfallendem Kot und von Tierleichen.

abgebaut oder als Humus „zwischenlagert“, um später abgebaut zu werden. Neue Pflanzen nehmen die Nährstoffe auf und bauen mit Hilfe der Sonnenenergie neue organische Substanz auf.

Pflanzen- und Tierreste, die nicht sofort vollständig abgebaut werden können, werden im Boden gespeichert und später von Mikroorganismen zersetzt oder von Tieren gefressen. Die Mikroorganismen dienen wieder Tieren oder anderen Mikroorganismen als Nahrung. Die letzte Stufe der Nahrungskette stellen in der Regel Mikroorganismen dar, nach deren Absterben in den toten Zellen Nährstoffe frei werden, die wieder neuen Pflanzen zur Verfügung stehen.

Mit Hilfe der Sonnenenergie bauen Pflanzen über die Photosynthese wieder energiereiche organische Substanz auf, die wieder in den Nährstoffkreislauf eingebracht wird. Mit der Ernte wird nur ein Teil des Pflanzenmaterials, etwa 50%, entfernt. Der andere Anteil geht, ergänzt durch Pflanzenmaterial aus dem Zwischenfruchtanbau und organischem Dünger, in den Nährstoffkreislauf.

Da die Verwertung im tierischen Nahrungsnetz und die Umsetzungen durch Mikroorganismen bei höheren Temperaturen schneller verlaufen als bei niedrigen, erfolgt die Freigabe von Pflanzennährstoffen bevorzugt dann, wenn die Pflanzen auch wachsen und sie verwerten können. In unserem Klima dauert der Abbauprozess mehrere Jahre. Zwei Drittel des organischen Materials liegt in Form unterschiedlicher Abbaustadien im Boden vor. Nur etwa ein Drittel stellen die jeweils wachsenden Pflanzen dar.



*Links: Regenwurmröhren nach Abtrag der Krume auf einer Fläche mit Minimalbodenbearbeitung; rechts: verlassene Regenwurmröhre, die von anderen, nicht grabenden Tieren besiedelt ist. Gut zu erkennen sind die Kotpartikel am Röhreninnenmantel und die Wurzeln, die von außen in die Röhre wachsen.*

## **Bodenorganismen bauen Bodenstruktur auf**

Mit der Nahrung nehmen, wie alle Lebewesen, auch Bodenorganismen Energie für die Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktionen auf. Durch ihre *Lebensäußerungen*, die weitgehend im Boden *vor sich gehen*, bauen sie dort wichtige Strukturen auf.

Regenwürmer bilden die auffälligsten Strukturen im Boden. Sie sind, einige Insekten und Insektenlarven *ausgenommen*, die einzigen wirbellosen Tiere, die wirklich im Boden graben können. Deswegen werden hier die „Strukturbildungen“ durch Regenwürmer schwerpunktmäßig dargestellt.

In gut belebten Böden kann man bis zu 450 Regenwurmröhren pro Quadratmeter, teilweise noch von Würmern „bewohnt“, teilweise verlassen, auszählen. Diese Röhren gehen bis in etwa einen Meter in die Tiefe und reichen so weit in den Unterboden. Sie sind die auffälligsten durch Tiere geschaffenen Strukturen im Boden. Diese Röhren können bei Regengüssen große Mengen an Oberflächenwasser aufnehmen und helfen so, Erosionen zu vermeiden. Durch Regenwurmröhren wird der Boden aber auch belüftet. Sie sind zudem vorzügliche Räume für Pflanzenwurzeln und Lebensräume für andere Organismen, die selbst nicht graben können.



*Der Regenwurmkot ist eines der beständigsten Strukturelemente, das Tiere schaffen können. Durch die innige Vermischung von halb und ganz verdauten Pflanzenresten, Mineralbodenpartikeln und Schleim entstehen krümelige, stabile Gebilde mit leicht pflanzenverfügbaren Nährstoffen.*

Regenwürmer ziehen auf der Bodenoberfläche abgelagertes totes Pflanzenmaterial als Nahrung in ihre Röhren. Bei guter Besatzdichte (120 Tiere/m<sup>2</sup>) und entsprechender Witterung konnten Regenwürmer in einem Versuch im Winterhalbjahr 6000 kg Stroh pro Hektar von der Bodenoberfläche „abräumen“ und in ihre Röhren ziehen. In dieser Zeitspanne gaben sie flächendeckend eine Kotschicht von 0,5–1,5 cm Mächtigkeit auf der Bodenoberfläche ab.

Die meisten Bodentiere können nicht selbst im Boden graben. Sie besiedeln verlassene Regenwurmröhren oder Hohlräume, die bei der Bodenbearbeitung entstanden sind. Dort ernähren sie sich von eingebrachten Pflanzen- und Tierresten, Kot, Algen, Pilzfäden und Bakterien. Sie kleiden ihre Wohnhöhlen mit einer krümeligen und porösen Schicht aus Kot und Mineralbodenpartikeln aus, stabilisieren die Hohlräume und schaffen so über Jahre hin stabile „Sekundärstrukturen“. Zu diesen Tiergruppen gehören beispielsweise die Springschwänze und die Hornmilben. Ihre Besiedelungsdichte ist mit ca. 26 000 bzw. 18 000 Tieren pro Quadratmeter sehr hoch. Die von ihnen geschaffenen Strukturen nehmen im Boden großen Raum ein.

Auch Mikroorganismen tragen, wenn auch weniger gut sichtbar, in sehr hohem Maße zur Verbesserung der Bodenstruktur bei. Pilzfäden „umspinnen“ lockere Bodenpartikel und fassen sie zu Krümeln zusammen, Bakterien-schleime verkleistern die Mineralbestandteile des Bodens und schaffen so stabile Strukturen.

## Praktische Hinweise

### **Das Bodenleben ist für landwirtschaftliche Flächen wichtig. Nach Möglichkeit sollte man:**

#### **1. Dem Boden organisches Material zuführen**

Erntereste, Gründüngung, Stallmist und Gülle sind Nahrung für Bodenlebewesen. Ein hohes Nahrungsangebot ist Grundlage für hohe Individuendichte und Biomasse und damit auch für hohe Nährstoffnachlieferungen und eine nachhaltige Verbesserung der Bodenstruktur. Auch eine ausgeglichene Mineraldüngung wirkt positiv, da durch diese das Pflanzenwachstum angeregt wird und so auch mehr Erntereste als Nahrung für Bodenorganismen zur Verfügung stehen.

#### **2. Organisches Material möglichst nahe der Bodenoberfläche ablagern**

Organisches Material sollte möglichst nahe der Bodenoberfläche abgelegt werden, sodass es an der Luft verrotten kann. Dort wird es auch von Bodenorganismen aufgenommen. Pflanzenmaterial, das bei unsachgemäßem Pflügen in den Boden vergraben wird, kann dort nicht verrotten und wird von Bodentieren gemieden. Bei Sauerstoffmangel entstehen Methan, Schwefelwasserstoff und Ammoniak, Gifte für die meisten Bodenorganismen.

#### **3. Vielfältige Fruchtfolgen wählen**

Je abwechslungsreicher die Fruchtfolgen sind, umso vielfältiger sind auch die Erntereste und damit auch die Bodenorganismengruppen, die sich von diesen ernähren können. Hohe Vielfalt unter den Bodenorganismen bringt wieder den Abbau unterschiedlichster organischer Materialien und erhöht damit die Sicherheit der Nährstoffrückgewinnung.

#### **4. Zurückhaltung üben bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln**

Pflanzenschutzmittel, speziell Insektizide und Fungizide – und indirekt durch Nahrungsentzug für Bodenorganismen auch Herbizide – können das Bodenleben stören und damit den Ablauf des Nährstoffkreislaufs beeinträchtigen und die Bildung natürlicher Bodenstrukturen beeinflussen. Um die Schädigungen der Bodenlebewesen möglichst gering zu halten, sollte der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sorgfältig abgewogen und jedenfalls minimiert werden.



*Lederlaufkäfer. Laufkäfer sind nachtaktiv und ernähren sich als Räuber von Schnecken, Würmern und Insekten.*

## **5. Extensiv bewirtschaftete Flächen sowie Brach- und Ausgleichsflächen anlegen**

Viele Bodentiere leben als Kulturfolger vorzugsweise auf landwirtschaftlichen Flächen. Für ihr Überleben sind extensiv bewirtschaftete Flächen notwendig. Von dort aus können sie auch andere Flächen wieder besiedeln. Auch Brachflächen mit längerer Bodenruhe sind für das „Wohlergehen“ von Bodentieren von großer Bedeutung. Einige Gruppen benötigen darüber hinaus auch unbewirtschaftete Flächen wie Feldhecken, Feldgehölze, Raine und Böschungen als Rückzugs- und Überwinterungsplatz.

## **6. Das Zusammenwirken der einzelnen Maßnahmen beachten**

Bei häufigen Anwendungen ungünstiger Maßnahmen können sich ihre negativen Auswirkungen auf die Bodenfauna multiplizieren oder sogar potenzieren. Das Gleiche gilt für positive Maßnahmen. Die positive Wirkung auf die Individuendichte, Biomasse und Artendichte von Bodentieren auf Flächen mit einem hohen Eintrag von organischem Material, das an der Bodenoberfläche abgelagert wird, mit extensiver Bodenbearbeitung, mit organischer Düngung, weiten Fruchtfolgen und mit ausschließlich ackerbaulich-mechanischen Pflanzenschutzmaßnahmen ist weit höher als aus der Summe der Wirkung der einzelnen Faktoren zu erklären wäre.



## Zahlen zum Bodenleben

### Individuenzahl und Biomasse der Lebewesen auf einem Quadratmeter Wiesenboden bis in 80 cm Tiefe

#### Organismen mit bloßem Auge nicht sichtbar:

| Systematische Gruppe | Individuen/m <sup>2</sup> | g Biomasse/m <sup>2</sup> |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Bakterien            | 10 000 000 000 000        | 160                       |
| Pilze                | 12 000 000 000            | 380                       |
| Algen                | 1 000 000 000             | 90                        |
| Einzellige Tiere     | 1 600 000 000             | 115                       |
| Fadenwürmer          | 1 800 000                 | 4                         |

#### Organismen mit bloßem Auge sichtbar:

| Systematische Gruppe | Individuen/m <sup>2</sup> | g Biomasse/m <sup>2</sup> |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Springschwänze       | 26 000                    | 11                        |
| Milben               | 18 000                    | 10                        |
| Kl. Borstenwürmer    | 10 000                    | 2                         |
| Käfer und Larven     | 800                       | 8                         |
| Tausendfüßler        | 550                       | 20                        |
| Ameisen              | 320                       | 2                         |
| Asseln               | 300                       | 4                         |
| Fliegenlarven        | 240                       | 26                        |
| Spinnen              | 230                       | 2                         |
| Regenwürmer          | 130                       | 145                       |
| Schnecken            | 50                        | 25                        |

Zahlen aus Literaturangaben und Untersuchungen an der Landesanstalt

Die Lebewesen in einem Quadratmeter eines durchschnittlichen Wiesenbodens bis in ca. 80 cm Tiefe wiegen ca. 1 kg. Das entspricht rund 10 000 kg = 20 Großvieheinheiten pro Hektar.

**20 Großvieheinheiten  
pro Hektar  
arbeiten im Boden**

## Entstehung des Bodens

Boden entsteht durch den Eintrag von Pflanzenresten und das Einwandern von Bodenorganismen in mineralische Ablagerungen (Rohböden). Diese Vorgänge fanden bei uns flächendeckend nach den Eiszeiten statt. Die meisten unserer Böden sind in dieser Zeit entstanden. Die Bodenbildung ist ein sehr langsamer Vorgang. In 1000 Jahren werden etwa 10 Zentimeter Boden gebildet.

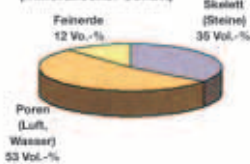
Auch heute noch kann man auf Schotterflächen an Flüssen und im Gebirge die Mechanismen von Bodenbildungen beobachten.

Für die Bodenbildung ist lediglich ein Volumenanteil von 6% organischem Material (Pflanzenreste, Bodenorganismen) notwendig. Dieser geringe Anteil bewirkt, dass aus mineralischem Schutt Boden wird. Der Vorgang ist durchaus mit der Wirkung geringer Mengen von Sauerteig im Brot zu vergleichen.

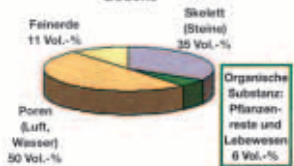
Wie gewaltig andererseits aber, absolut betrachtet, die Masse der Organismen im Boden ist, zeigt die nebenstehende Tabelle. Das Gewicht der Bodenorganismen auf einem Hektar Wiese (etwa so groß wie ein Fußballplatz) ist so hoch wie das von 20 Kühen.

### Sechs Volumen-Prozent organische Substanz bewirken, dass Boden entsteht und erhalten bleibt

Zusammensetzung des "Rohbodens" (mineralischer Schutt)



Zusammensetzung des lebenden Bodens



*Vergleich der Stoffzusammensetzung mineralischer Ablagerungen (Rohboden) und des belebten fruchtbaren Bodens (nach [www.basolland.ch](http://www.basolland.ch)). Nur ein Volumenanteil von 6% an organischem Material genügt, um aus mineralischen Ablagerungen lebenden Boden zu bilden.*

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising, Internet: <http://www.LfL.bayern.de>  
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising, eMail: [IAB@LfL.bayern.de](mailto:IAB@LfL.bayern.de)  
Tel.: 08161/71-3640

Text und Grafik: Dr. Johannes Bauchhenß (LfL), Fotos: Bauchhenß (6)  
Trolldenier (1), LfL (1); 4. Auflage März 2004

Weitere Auskünfte erteilen die [Für Landwirtschaft und Forsten \(ALF\)](#)

Technische Bearbeitung: dlz agrarmagazin