

Der Waldboden: Welt zu unseren Füßen

1. Wie der Boden entsteht

Die Böden in Mitteleuropa sind nach geologischen Maßstäben noch jung. Das zentrale Ereignis für die Bodenentstehung in unserem Raum war die Eiszeit. Sie führte auf riesigen Flächen zu tiefgreifenden Veränderungen. Alte Böden wurden von den von Norden und Süden her vordringenden Eismassen weggehobelt und zusammen mit unverwitterten Gesteinsbrocken als Moränen wieder abgelagert. Der ganze Alpenraum und sein Vorland sind dadurch ebenso geprägt worden, wie das norddeutsche Tiefland. Die dazwischen liegenden Gebiete blieben zwar eisfrei, jedoch konnte dort nur spärliche Tundravegetation dem rauen Klima trotzen, die den „Urböden“ wenig Schutz gegen Niederschläge, Eisbildungen und Temperaturextreme bot. In gewaltigen Erosions- und Fließvorgängen wurde daher auch hier der aus alter Verwitterung stammende Boden abtransportiert oder umgelagert.

Auf großen Flächen wehten Sand- und Staubstürme die feineren Bodenteile empor und trugen sie über weite Strecken davon. Dort, wo dieses Feinmaterial zur Ablagerung kam, findet man heute die fruchtbaren Lössböden.

Die Verwitterung ist ein intensiver und tiefgreifender Prozess. Durch die Sprengkraft gefrierenden Wassers wird zunächst das Ausgangsgestein gelockert und zerkleinert. Es entstehen Spalten und Risse, in die Luft und Wasser mit darin gelösten Säuren tiefer eindringen und dadurch das Substrat chemisch verändern. Die meisten Substrate verlehmen in diesem Stadium der Entwicklung dadurch, dass sich Tonminerale bilden. Diese umhüllen und verkitten die kleinen Quarzkörner. Eisenverbindungen geben dem ganzen Boden die typisch gelb-braune Farbe des Lehms. Natürlich werden Art und Qualität der so entstehenden Böden ganz erheblich vom Ausgangsgestein geprägt.

Ziehen sich die Gletscher zurück, wie hier der Morteratschgletscher in der Schweiz, dann stellt sich im Laufe der Zeit erstes Pflanzenleben auf den freigelegten Rohböden ein.



Foto: M. Mäisch

Kaum hat sich auf den Rohböden Vegetation eingefunden, so nimmt diese selbst formenden Einfluss auf seine weitere Entwicklung. Algen und Flechten stellen sich auf jungen Böden ein, die durch ihre Wirkungen das Wachstum von schützendem Bodenbewuchs (z.B. polsterbildende Moose) vorbereiten.

Wo die Wuchsbedingungen besser sind (z.B. auf Moränen), siedeln sich Pionier-

gehölze wie Birke, Weide und Aspe an. Große und kleine Baumwurzeln dringen in den Boden ein und lockern ihn mechanisch auf. Nicht nur mechanische, auch chemische Einwirkungen gehen vom Wald auf die Bodenbildung aus; sie äußern sich vor allem in der Bildung von Humusstoffen (siehe: S. 11).

2. Bodenbildung, eine unendliche Geschichte

Ein erneuter Prozess der Bodenbildung setzte in Mitteleuropa nach der letzten Eiszeit ein. Seitdem sind unsere Böden einem ständigen Wandel unterworfen. Eine Vielzahl von Faktoren steuert den Prozess der Bodenbildung. In Abhängigkeit von Ausgangsgestein, Klima, der jeweiligen Lebensgemeinschaft, vom Relief und der menschlichen Tätigkeit haben sich im Laufe der Zeit unterschiedliche Bodentypen gebildet.

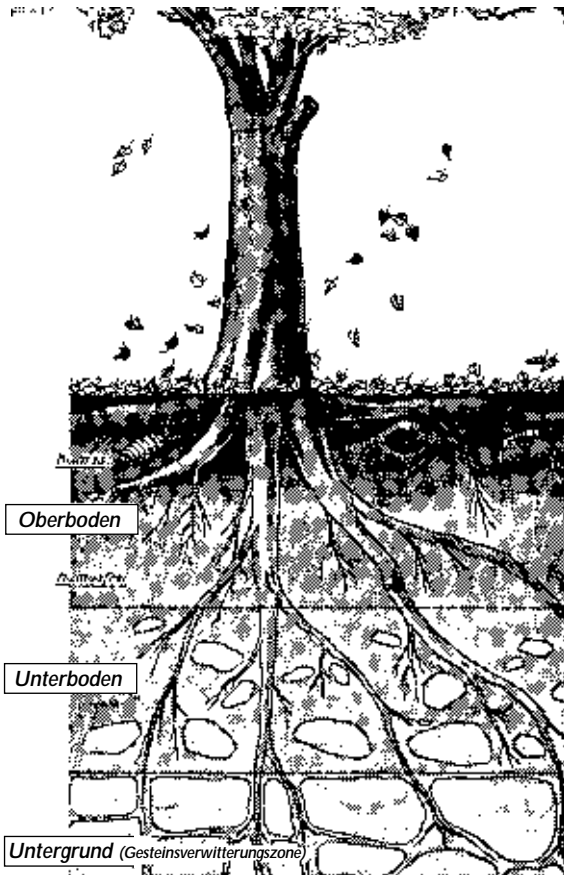


Foto: H. Seuffert



Foto: R. Maßner

Zu den ersten Heimkehrern, die nach der letzten Eiszeit auf den unwirtlichen Steppenböden wieder Fuß fassen konnten, zählten Birken und Kiefern. Diese Baumarten spielen auch heute noch als sog. Pioniergehölze oder Erstbesiedler (z.B. von Sturmkahlflächen) eine wichtige Rolle.



In der Regel besteht ein Bodenprofil aus dem Oberboden, dem Unterboden und dem Ausgangsgestein der Bodenbildung, dem Untergrund

Bodenhorizonte), die mehr oder weniger deutlich voneinander getrennt sind. Jeder Bodentyp besitzt eine charakteristische Abfolge von Bodenhorizonten, die durch bodenbildende Prozesse entstanden sind. In Deutschland sind Braunerden, Parabraunerden und Podsole die flächenmäßig vorherrschenden Bodentypen.

Auf Kalkgesteinen kommen flachgründige **Rendzina-Böden** vor. Der Name stammt aus dem polnischen und bedeutet „Krätzer“, da in landwirtschaftlich genutzten Gebieten der Pflug des Bauern oft am hoch anstehenden Gesteinsuntergrund kratzt.

Ein dunkler, karbonatreicher, humoser mit Exkrementen kleiner Bodentiere angereicherter

Ihre Mächtigkeit variiert von wenigen Zentimetern (z.B. flachgründige Böden über Kalkgestein, sog. Rendzinen bis hin zu mehreren Metern (z.B. tiefgründiger Podsol, siehe Seite 9). Das Bodenprofil, das durch Grabungen zum Vorschein kommt, besteht gewöhnlich aus drei Haupthorizonten: Dem Oberboden, dem Unterboden und dem von der Verwitterung nicht oder nur wenig beeinflussten Untergrund. Betrachten wir ein Bodenprofil genauer, dann erkennen wir übereinanderliegende, meist verschiedenfarbige Lagen (sog.

Horizont ist typisch für eine Rendzina. Überganglos schließt sich darunter das Kalkgestein an. Wenn genügend Niederschlag fällt und die Baumwurzeln tief genug in Gesteinsspalten vordringen können, wachsen auf diesen Böden arten- und edellaubholzreiche Buchenwaldgesellschaften. Alle Rendzina-Böden sind sehr empfindlich gegen die Beseitigung der Waldbestockung. Ist die Bodenoberfläche nicht mehr durch ein Kronendach vor Erwärmung und Austrocknung geschützt, dann wird der Humus rasch abgebaut; die unbelebte



Krume wird von den nächsten Starkregenfällen abgeschwemmt und die Entwicklung zurück zum Rohboden setzt ein.

Die **Braunerde** (Abb. rechts) ist ein häufiger Boden in unseren Wäldern. Der obersten Bodenschicht ist immer Humus beigemischt, sie ist daher dunkel gefärbt. Die Farbe der sich anschließenden verlehnten Boden-

schicht ist stark vom Ausgangsgestein bestimmt. Sie kann gelbbraun, rötlich oder auch dunkelbraun sein. Seine charakteristische Braunfärbung erhält der Unterboden dadurch, dass das bei der Verwitterung freigesetzte Eisen der Mineralien mit Sauerstoff zu Eisenoxid reagiert. Braunerden entstehen u.a. auf Silikatgesteinen und kommen in nährstoffreichen, aber auch in





armen und sauren Versionen vor. Alle unsere Baumarten gedeihen auf den Braunerden.

Podsole sind nährstoffarme, sehr saure Böden, die besonders unter feuchtkühlen Klimabedingungen anzutreffen sind, wie sie z.B. in Nordwestdeutschland vorkommen. Durch die verringerte Tätigkeit der Bodenorganismen lagert sich unzersetzte Streu oft zu dicken Rohhumuspolstern an.

Der Boden darunter ist durch eingewaschene Humusbestandteile dunkel gefärbt. Es folgt ein Band gebleichten, ausgewaschenen Bodens, dem blanke Quarzkörnchen seine helle, oftmals aschenfarbige Farbe geben.

Der Name Podsol kommt aus dem Russischen und bedeutet „Aschenboden“. Die dort durch die Wirkung organischer Säuren ausgelaugten Humusstoffe und Eisenverbindungen reichern sich darunter wieder als dunkles und dann ockerfarbenes Band an. Im Extremfall kann diese Anreicherungsschicht als „Ortstein“ hart und für Baumwurzeln undurchdringlich sein. Verstärkt wird der Podsolierungsprozess durch die Nutzung der Waldstreu und durch Waldweide; aber auch der Anbau von Fichtenmonokulturen und Kahlhiebe können eine solche Bodenverarmung fördern.

Unter Humus versteht man die in oder auf einem Boden vorhandene abgestorbene oder sich umsetzende organische Substanz (z.B. Blätter, Nadeln, Zweige, Kräuter, Wurzeln, abgestorbene Bodenlebewesen).

Der Humus: Warum er so wichtig ist

Waldböden setzen sich zusammen aus dem Mineralboden und dem Humus. Alle tote organische Substanz wird von den Bodenorganismen zunächst zerkleinert und im Stoffwechsel chemisch umgewandelt. Die widerstandsfähigeren Komponenten der toten Bestandsmasse, wie beispielsweise das Lignin, werden dabei zur Gerüstsubstanzen der Humusstoffe. Deren dunkle Färbung gibt dem oberen Bereich des Waldbodens sein charakteristisches Aussehen.

Die Humusstoffe sind für den Charakter eines Bodens von großer Bedeutung. Sie

können sowohl Feuchtigkeit, als auch Nährstoffe gut binden und für das Pflanzenwachstum zur Verfügung halten. Verbinden sie sich noch mit den Tonmineralen des Bodens, so entsteht der optimale Waldboden. In den Mineralboden hinein werden die Humusstoffe entweder durch das Regenwasser transportiert oder sie werden von Bodenorganismen dorthin gebracht; vor allem die Regenwürmer spielen bei der Durchmischung des Bodens eine große Rolle.

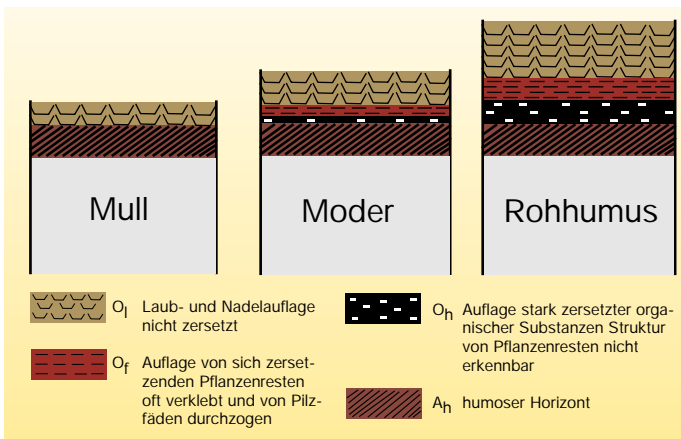
In unseren Wäldern kommen verschiedene Humusformen vor. Von der Art der Streu, der Zersetzungsaktivität der Bodenlebewesen, dem Bodensubstrat, aber auch von der menschlichen Einflussnahme hängt es ab, wie der Humuskörper aufgebaut ist.

Besonders günstige Lebensbedingungen finden die Bodenlebewesen im **Mull**. Er besteht nur aus der frisch gefallenen Streu, die innerhalb weniger Wochen bis Monate zersetzt wird. Beim Vermoderungshorizont (F-Lage) ist die mikrobielle Zersetzung schon etwas gehemmt, so dass sich eine geringmächtige Streuschicht ausbildet;

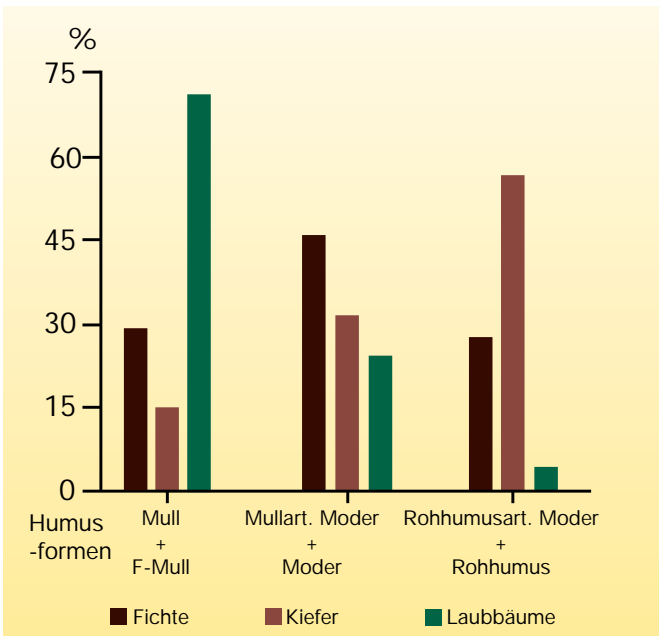
diese ist an zerkleinerten, meist von Pilzfäden durchzogenen Pflanzenresten zu erkennen.

Die ungünstigste Humusform stellt der **Rohhumus** dar. Streuzersetzung und Recycling der Nährstoffe sind hier gehemmt und es entstehen dicke Humusdecken, an denen alle drei Humuslagen (O_l-, O_f- und O_h-Lage) beteiligt sind. Es bilden sich starke organische Säuren, die zur Auswaschung von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten führen. Auf diese Weise entsteht z. B. beim Podsol der charakteristische, durch die Verlagerung von Eisenoxiden häufig aschgraue, Bleichhorizont. Kennzeichnend für den Rohhumus ist auch ein typischer Modergeruch.

Der **Moder** nimmt im Hinblick auf seine Eigenschaften eine Übergangstellung zwischen Mull und Rohhumus ein. Die Auflagen sind weniger mächtig, die Basen- und Nährstoffarmut ist weniger extrem als beim Rohhumus. Insbesondere unter Bäumen mit schwer zersetzlicher Streu (Kiefer, Lärche, Fichte) oder auf nährstoffarmen Böden kann sich Moder entwickeln.



Die wichtigsten Humusformen unserer Waldböden sind Mull, Moder und Rohhumus



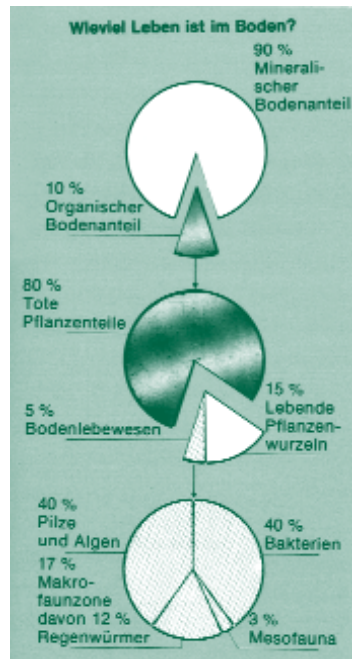
Unter Laubbäumen mit ihrer leicht zersetzlichen Streu ist die Humusqualität am besten. Die langsam zersetzbare, saure Nadelstreu von Fichte und Kiefer fördert dagegen – vor allem auf sauren Ausgangsgesteinen – die Bildung von Moder und Rohhumus.

3. Der Waldboden lebt!

Wieviel Leben ist im Boden?

Gehen wir durch den Wald, so beachten wir ihn normalerweise kaum – den Boden zu unseren Füßen. Trocknet man eine Probe aus dem Waldboden, entfällt bis zu einem Zehntel des Trockengewichts auf die organische Substanz, der Rest ist mineralisch. Den größten Anteil an der organischen Substanz machen abgestorbene und zersetzte Teile von Pflanzen, Tieren, Pilzen und Bakterien aus.

Nur etwa 1–5% des Trockengewichts aus allen organischen Bestandteilen sind Bodenlebewesen. Es wäre jedoch falsch daraus zu schließen, dass das Bodenleben unbedeutend sei. Das Gegenteil ist vielmehr der Fall: Waldböden geben nicht nur den Wurzeln Halt und stellen den Pflanzen Nährstoffe und Wasser zu Verfügung,



Asseln, Regenwürmern und Käfern wird die Streu weiter zerlegt, bis schließlich auch kleinere Milben und Springschwänze die bis auf die Blattadern völlig zersetzten und mit krümeligem Kot übersäten Gewebeteile nutzen. Die Aktivität der zusammen mit den Bodentieren vorkommenden Mikroorganismen wird beeinflusst von Temperatur, Feuchtigkeit und Nahrungsangebot. Ausscheidungen der Pflanzenwurzeln, aber auch die „Beweidung“ durch Bodentiere bewirken, dass die Tätigkeit der Mikroben (Bakterien und Pilze) zeitweise besonders angeregt wird. Räuberische Bodentiere wie z.B. verschiedene Raubmilbenarten oder der Mooskorpion wiederum sorgen dafür, dass keine der Tierarten, die von Streu, Pilzen oder Bakterien leben, sich massenhaft vermehrt; sie verhindern damit, dass der Streuabbau durch „Überweidung“ gebremst wird.

Foto: W. Jürgens, Staatliches Museum für Naturkunde, Götting



Mit ihren kräftigen Mundwerkzeugen zerkleinern diese zu den Krebstieren zählenden Bodenlebewesen abgestorbene Pflanzenteile; sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Zersetzung der Streu. Auch zur Humusbildung tragen die Asseln bei, da ihre Kotbälle Folgezersetzern wiederum als Nahrung dienen.

den Bodenlebewesen abgestorbene Pflanzenteile; sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Zersetzung der Streu. Auch zur Humusbildung tragen die Asseln bei, da ihre Kotbälle Folgezersetzern wiederum als Nahrung dienen.

Da ist der Regen-Wurm drin!

Regenwürmer gehören zu den Schwerstarbeitern im Boden. Bis zu 400 m Länge kann das Netz an Wurmröhren in einem Kubikmeter gesundem Bodens erreichen. Die von den Regenwürmern gegrabenen Gänge und Hohlräume belüften den Boden und sorgen dafür, dass überschüssiges Regenwasser rasch in tiefere Bodenschichten abfließen kann; den Pflanzenwurzeln erleichtern die fertigen Bahnen das Eindringen in tiefere Bodenschichten. Die mit Losung und Schleim austapezierten Innenwände der Wurm-Röhren sind so stabil, dass sie oft jahrelang bestehen bleiben.

Der Naturforscher Charles Darwin erkannte bereits in der Mitte des letzten Jahrhunderts die große Bedeutung der Regenwürmer. Er berechnete, dass Regenwürmer pro Jahr 0,25 bis 0,5 mm Erdmaterial auf der Bodenoberfläche ablagern. In 100 Jahren ergäbe sich theoretisch ein bis zu 5 cm dickes Bodenprofil.

Der beim Graben anfallende „Aushub“ wird von den Regenwürmern gefressen. Kräftige Bewegungen des Darmes führen

Foto: H.-J. Schulz, Staatliches Museum für Naturkunde, Götting



Etwa 200 Arten von Springschwänzen kommen in den Wäldern

Mitteleuropas vor. Im Wald tragen vor allem solche Arten wesentlich zur Humusbildung bei, die sich von Laub- und Nadelstreu ernähren.

Foto: A. Christian, Staatliches Museum für Naturkunde, Götting



Nur etwa 1 mm groß ist diese Milbe. Raubmilben vertilgen täglich 2 bis 5 Beutetiere ihrer eigenen Körpergröße. Diese und andere Räuber

spielen eine wichtige Rolle bei der Regulation der Tierwelt des Bodens.



Mehr als 250.000 Regenwürmer können in einem Hektar Laubwaldboden vorkommen.

dann zur Durchmischung der aufgenommenen mineralischen und pflanzlichen Bestandteile. Die im Wurm Kot enthaltenen Ton-Humus-Komplexe sind eine wichtige Grundlage für die Fruchtbarkeit des Bodens. Diese lockeren, feinkrümeligen Strukturen bewirken eine gute Durchlüftung des Bodens und eine gute Versorgung mit Wasser und Nährstoffen. Untersuchungen haben gezeigt, dass in Regenwurmhäufchen im Mittel 1,4mal soviel Stickstoff, 2mal soviel Kalium und 6mal mehr Phosphor enthalten ist als im umliegenden Oberboden. Vor allem auf der Bodenoberfläche – in lockeren Waldböden auch in unterirdischen Hohlräumen – wird viel Regenwurmkot produziert, dessen Nährstoffe direkt von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können. Nimmt der pH-Wert des Bodens z.B. durch den Eintrag von Luftschadstoffen ab (siehe S. 22), können

wichtige Bodenlebewesen nicht mehr an der Zersetzung der Streu teilhaben. Unter sauren Umweltbedingungen fühlen sich auch die meisten Regenwürmer nicht mehr wohl und verringern ihre bodenverbessernde Wühlarbeit.

Böden sind die Haut unserer Erde. Sie entstehen im Laufe langer Zeiträume aus verwittertem Gestein und organischem Material, den Überresten von Pflanzen, Tieren und Mikroben. Unter dem Einfluss von Klima und Wasser, Pflanzendecke und Bodenorganismen verändern sie immer wieder ihre Zusammensetzung und Struktur. Böden zählen zu den am dichtesten besiedelten Lebensräumen: Hunderte verschiedener Arten von Tieren, Pilzen und Mikroorganismen bevölkern eine Handvoll Erde.