



Wald. Deine Natur.

**Die Waldböden** | Vielfältig und multifunktional

# Waldböden

Der Waldboden stellt die Grundlage für das Leben im Wald dar. Er ist mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzt, versorgt die Pflanzen mit Nährstoffen, verankert die Wurzeln und erfüllt wichtige Schutzfunktionen. Waldböden sind sehr komplex und störungsempfindlich. Ihre Entstehung hat Jahrtausende benötigt, vergleichsweise schnell können sie irreversibel zerstört werden. Die forstliche Nutzung hat dafür gesorgt, dass sich unter dem Wald eine einzigartige Vielfalt an Bodenformen erhalten hat.

## Entstehung und Aufbau

Böden entstehen durch den Abbau von Gestein. Wichtige Faktoren für diese Verwitterung sind Temperatur, Wind und Wasser. Die Geschwindigkeit der Bodenbildung hängt vom Klima und dem Ausgangsgestein ab. Im Durchschnitt dauert die Bildung von einem Zentimeter Boden etwa 500 Jahre.

Die Verwitterung führt zur Bildung von unterschiedlich zusammengesetzten Mineralbodenhorizonten, die parallel zur Erdoberfläche verlaufen. Der Waldboden gliedert sich in eine organische Auflage und unterschiedlich viele Mineralbodenhorizonte. Die organische Auflage besteht aus abgestorbenen aber noch weitgehend unzersetzten Pflanzenbestandteilen (Blätter, Nadeln, Zweige etc.) und bereits stärker zersetztem organischen Feinmaterial. Aufgrund der hohen Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität ist die Auflage von zentraler Bedeutung für die Baumernährung. Es lassen sich unterschiedliche Qualitäten von Humusaufgaben unterscheiden. Diese sind abhängig von Klima und Witterung sowie der Zersetzbarkeit des pflanzlichen Ausgangsmaterials. Laubstreu ist beispielsweise deutlich leichter zersetzbar als Nadelstreu, und Erlen- und Eschenblätter werden schneller mineralisiert als Eichen- oder Buchenblätter. Bei den Mineralbodenhorizonten können in der Regel drei Haupttypen unterschieden werden:

- **A-Horizont:** Oberboden mit höherem Anteil an organischer Substanz
- **B-Horizont:** Durch Verwitterung und Verlehmung (Verbraunung) geprägt
- **C-Horizont:** Noch nicht oder nur unwesentlich verwitterertes Ausgangsgestein

## Wasserfilter und -speicher

In Deutschland gelangen jährlich durchschnittlich 670 Millimeter (das entspricht 670 Litern pro Quadratmeter) Niederschlag auf die Erdoberfläche. Etwa 70 Prozent dieser Menge gehen über Verdunstungsprozesse an die Atmosphäre zurück. Darin sind die

Verdunstung durch die Fotosynthese, die Verdunstung des im Kronenbereich gespeicherten Wassers und die Verdunstung des Bodens enthalten. Der restliche Anteil des Niederschlages bildet neues Grundwasser. Zahlreiche Hohlräume, die aufgrund von Wurzeln und Bodenlebewesen entstehen, saugen das Wasser schwammähnlich auf und geben es nur langsam an das Grundwasser ab. Dadurch werden schädliche Stoffe, wie zum Beispiel Schwermetalle oder Schwefel, aus dem Wasser herausgefiltert. 40 Prozent der Fläche aller Wasserschutzgebiete liegen im Wald. Der Wald ist damit unser größter Süßwasserspeicher.

Die zahlreichen Hohlräume im Waldboden sorgen für eine hohe Wasserspeicherkapazität. Die humusreichen oberen zehn Zentimeter des Bodens können in kurzer Zeit bis zu 50 Liter Niederschlagswasser aufnehmen und speichern. Damit ist der Wald in der Lage, Niederschlagsspitzen abzuschwächen und einen wichtigen Beitrag zum Hochwasserschutz zu leisten.

## Nährstofflieferant und Kohlenstoffspeicher

Die Bodenfruchtbarkeit hängt von biologischen (Organismen), chemischen (Nährstoffvorräte) und physikalischen (Wasser und Luft) Faktoren ab. Die abgestorbenen Pflanzenteile der organischen Auflage werden von verschiedenen Organismen des Waldbodens zerkleinert und zersetzt, wie zum Beispiel von Regenwürmern. Die dadurch frei gewordenen Nährstoffe gelangen mit dem Sickerwasser in die Tiefe. In Hanglage werden sie durch seitlich ziehendes Bodenwasser auch in horizontaler Richtung verteilt.

Über das Wasser werden alle Nährelemente wie Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel und Phosphor von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und innerhalb der Pflanze verteilt. Über die abgestorbe-

nen Pflanzenteile gelangen die Nährelemente dann wieder in den Kreislauf.

Die abgestorbenen Pflanzenteile bringen neben Nährstoffen auch Kohlenstoff in den Kreislauf zurück. Bei der Zersetzung der Pflanzenreste gelangt ein Teil des Kohlenstoffs als Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) in die Luft, der andere Teil wird im Humus gespeichert. Aktuell sind etwa 2.599 Millionen Tonnen Kohlenstoff in deutschen Wäldern gespeichert, wovon sich 1.369 Millionen Tonnen allein in den Waldböden befinden. Etwa 65 Prozent davon liegen dabei allein in den oberen 30 Zentimetern des Mineralbodens fest! Zurzeit nimmt dieser Speicher sogar jedes Jahr zu, denn Waldböden binden pro Jahr 8,4 Millionen Tonnen  $\text{CO}_2$  aus der Erdatmosphäre.

Der Eintrag von zusätzlichen Nährstoffen, zum Beispiel Stickstoffeinträge aus Dünger von an angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen, bringt das Nährstoffgefüge im Boden aus dem Gleichgewicht. Stickstoff ist zwar ein lebensnotwendiger Baustein aller Lebewesen, in zu hoher Konzentration wird er jedoch als Nitrat in das Grund- und Trinkwasser eingetragen. Das Nitrat führt zu einer schnelleren Versauerung der Böden und zu einer Belastung unseres Trinkwassers.

Hohe Einträge von Nähr- und Schadstoffen aus der Atmosphäre bewirken, dass die Ionen der Nährelemente Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium (Basenkationen) durch Aluminium-, Eisen- und Manganionen (Säurekationen) ersetzt werden. Bei diesem Prozess spricht man von der Bodenversauerung. In der Folge sinkt der pH-Wert ab und verändert damit das Milieu für Wurzeln und Lebewesen. Da der Oberboden stärker versauert ist als der Unterboden, müssen die noch kurzen Wurzeln junger Bäume erst eine Säurebarriere überwinden, bevor sie den basenreicheren Unterboden erschließen. Für sie ist die Versauerung daher besonders problematisch.

## Wichtiger Lebensraum

Eine Hand voll Waldboden beherbergt mehr Lebewesen als es Menschen auf der Erde gibt. Dazu zählen Tiere, Pilze, Bakterien und Algen.

### Beeindruckend

In 0,3 Kubikmetern (1x1 m breit/lang, 30 cm tief) Waldboden befinden sich:

- 2,5 Billionen Mikroorganismen: Bakterien, Pilze, Algen
- 1 Million Fadenwürmer
- 100.000 Milben
- 50.000 Springschwänze
- 25.000 Rädertiere
- 10.000 Borstenwürmer
- 100 Käferlarven
- 100 Zweiflüglerlarven
- 80 Regenwürmer
- 50 Schnecken
- 50 Spinnen
- 50 Asseln

Unter den Tieren gibt es sowohl größere, mit dem bloßen Auge erkennbare Exemplare, wie zum Beispiel Regenwürmer, Spinnen und Gliederfüßler, als auch winzige Einzeller und Milben, die nur unter einem Vergrößerungsglas sichtbar werden. Zusammen zerkleinern sie die abgestorbenen Pflanzenteile der organischen Auflage und durchwühlen den Boden. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag für den Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt des Bodens.

Die Pilze haben ebenfalls eine große Bedeutung für die Zersetzung organischen Pflanzenmaterials. Viele von ihnen haben sich darauf spezialisiert Lignin (Bestandteil verholzter Pflanzen), Cellulose (Bestandteil aller Pflanzen) und Keratin (zum Beispiel in Flügeldecken von Käfern) aufzuspalten und zu verwerten. Darüber hinaus gehen etliche Pilzarten eine Symbiose mit den Waldbäumen ein. Diese Zusammenarbeit, von der beide Seiten profitieren, nennt man Mykorrhiza. Der Pilz umhüllt dabei die Feinwurzeln des Baumes mit einem Fadengeflecht (Mycel), welches in den Boden hinausstrahlt. Durch die so vergrößerte Wurzeloberfläche gelangt der Baum einfacher an Wasser und Nährstoffe. Im Gegenzug erhält der Pilz Kohlenhydrate, die der Baum durch Photosynthese erzeugt. Ungefähr ein Drittel unserer heimischen Großpilze sind Mykor-

rhiza-Pilze. Die meisten von ihnen sind an eine bestimmte Baumart gebunden, sodass man auch viele unserer Speisepilze, wie beispielsweise Pfifferlinge, Steinpilze und Trüffel, nur dort findet. In Deutschland sind die Wurzeln der Waldbäume durchweg mit Mykorrhiza-Pilzen besetzt.

### Wood Wide Web

Verbinden sich mehrere Pilzhypen spricht man in der Populärliteratur vom „Wood Wide Web“. Abgeleitet vom Internet, in dem Informationen in kürzester Zeit über große Entfernungen verschickt werden, geht man davon aus, dass die Bäume dieses Netz zur Versorgung ihrer Nachkommen, zum Austausch von Nährstoffen und zur Warnung vor Schädlingen nutzen. Neueste Erkenntnisse der Wissenschaft zeigen allerdings, dass es für diese Annahmen keine belastbaren Beweise gibt.

## Gefährdung

In Deutschland gehen täglich circa 55 Hektar Boden durch Bebauung und Verkehrsflächen verloren. Neben dem Verlust der Fläche für den Anbau von Nutzpflanzen oder Wald stört die Versiegelung den Wasserkreislauf. Das Niederschlagswasser fließt auf den versiegelten Flächen in die Kanalisation ab und verringert damit die Grundwasserspende. Neben der Versiegelung kann Boden auch durch Wind oder Wasser natürlich abgetragen und verlagert werden. Erhöht sich die Bodenerosion über das natürliche Maß hinaus, beeinträchtigt sie die vielfältigen Bodenfunktionen.

Auf das chemische Bodengefüge wirkt der Mensch ebenfalls ein. Die neuzeitlichen Luftverschmutzungen der Industrie (vor allem durch Schwefeldioxid) senkten den pH-Wert und führten zu unausgewogenen Nährstoffverhältnissen. Die Luftreinhaltemaßnahmen seit den 1970er-Jahren führten zu einer leichten Verbesserung der Luftqualität (vor allem die Reduzierung von Schwefel) und damit zu einer geringeren Belastung der Böden. Aktuelle Probleme liegen insbesondere in dem erhöhten Stickstoffeintrag durch Landwirtschaft, Verkehr, Industrie und Haushalte.

Die veränderten chemischen Bodenverhältnisse ziehen immer diverse Konsequenzen

nach sich: In sauren Böden ist die Aktivität der Bodenorganismen in der Regel geringer, Mykorrhiza-Pilze reagieren auf erhöhte Stickstoffeinträge mit einem Rückgang der Pilzfäden, eine schlechte Nährstoffverfügbarkeit reduziert die Vitalität der Bäume.

## Bodenschutz

Der Waldboden wird kaum durch aktive Bearbeitung und Ausbringung von Fremdstoffen beeinflusst. Auf einigen Standorten kann es dennoch notwendig sein, Substanzen zur Bodenverbesserung auszubringen. Dazu gehören die Bodenschutzkalkung und die Ausbringung von Asche.

Die Ausbringung von Kalken und Pflanzenaschen muss sorgsam geschehen und erfordert im Vorfeld eine umfassende Analyse des Zustandes der Bodenvegetation, der Humusaufgabe, des chemischen Bodenzustandes wie auch des Ausgangssubstrates der Bodenbildung. Zwingend zu beachten sind außerdem Schutzgebiete oder die natürlicherweise sauren oder mageren Standorte. Hier können Maßnahmen zur Bodenverbesserung die natürlich vorkommenden, seltenen Pflanzengesellschaften oder bedrohte Tierarten beeinträchtigen.

## Zeigerpflanzen

Jede Pflanze hat bestimmte Ansprüche an ihren Standort, z. B. an Faktoren wie Licht, Wasser, Nährstoffe und Wärme. In der Regel weisen diese Standortansprüche eine relativ hohe Spanne auf. An welchen Orten die Pflanze letztendlich wächst, hängt dann vom Konkurrenzkampf ab, den die Pflanzen untereinander ausüben. Bei sogenannten Zeiger- bzw. Indikatorpflanzen handelt es sich um Pflanzen, die nur eine geringe Toleranz gegenüber dem Standort vorweisen. Durch sie lassen sich daher grobe Rückschlüsse auf die Nährstoff- und/oder Wasserverfügbarkeit des Bodens ziehen. Einige Pflanzen zeigen außerdem komplexe Vorgänge an, beispielsweise die Verschlechterung diverser Standortfaktoren (Verhagerung).

In Deutschland kommen Pflanzen mit großen, saftig wirkenden Blättern in der Regel auf nährstoffreichen und gut wasserversorgten Standorten vor. Kleine, dünnere Blätter zeigen hingegen eher trockenere, nährstoffärmere Standorte an.



### Nährstoffreiche Böden:

Brennnessel



Foto: G. Hanßen; Pixelio

Vogelmiere



Foto: R. Eckstein; Pixelio

### Nährstoffarme Böden:

Sauerklee



Foto: R. Sturm; Pixelio

Heidelbeere



Foto: K. Strebj; Pixelio

### Trockene Böden:

Färberkamille



Foto: M. Großmann; Pixelio

Heidekraut



Foto: Pixabay

### Nasse Böden:

Waldschachtelhalm



Foto: Pixabay

Torfmoos



Foto: ile; Pixelio

## Impressum:

### Herausgeberin:

Schutzgemeinschaft Deutscher Wald  
Bundesverband e. V. (SDW)  
Dechenstraße 8 · 53115 Bonn  
Tel. 0228 945983-0  
info@sdw.de · www.sdw.de

### Spendenkonto:

Sparkasse KölnBonn  
IBAN: DE89 3705 0198 0031 0199 95  
BIC: COLSDE33

### Text:

SDW-Bundesverband

### Titelfoto:

Pixabay

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

