



Umweltmedium Boden

„Sauberen Boden“ kennen wir nicht, wir sehen ihn eher als Dreck, den wir von Händen oder Schuhen abwischen. Dies unterscheidet ihn auch von den anderen Umweltmedien, denn „reines Quellwasser“ und „frische Luft“ sind Inbegriffe einer gesunden Umwelt. Den Boden nehmen wir dagegen nur als Fläche wahr, auf der wir stehen. Uns entgeht, welche Vielfalt uns zu Füßen liegt und wir haben die Ehrfurcht verloren, mit der frühere Generationen an „Mutter Erde“ dachten.

Auch wenn wir den Boden kaum noch im Blick haben, beeinflussen wir ihn doch auf vielfältige Weise, am deutlichsten sichtbar durch Überbauung, unauffälliger durch Schadstoffbelastung oder Erosion. Die meisten menschengemachten Bodenverschlechterungen sind – wenn überhaupt – nur in geologischen Zeiträumen rückgängig zu machen.

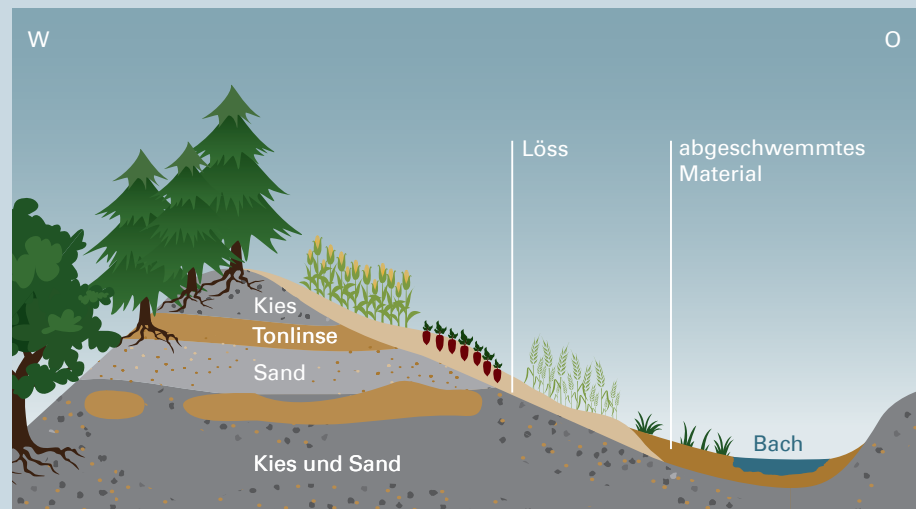
Der Boden ist unsere Lebensgrundlage. Er braucht unseren Schutz, denn er ist durch viele schleichende und oft unsichtbare Gefahren bedroht. Gehen wir also behutsam vor!

VIELFALT, DIE UNS ZU FÜSSEN LIEGT

Die Böden in einer Landschaft bilden ein **vielfältiges Mosaik**. Es entsteht aus den verschiedenen Ausgangsgesteinen im Zusammenspiel mit Klima, Wasser, Erosion und Ablagerungen. Prägenden Einfluss hat auch die landwirtschaftliche Nutzung. All diese Faktoren wirken in einer Landschaft oft sehr unterschiedlich. So entsteht ein Bodenmosaik, das zwar fast nur bei Grabungen sichtbar wird, dann jedoch umso faszinierender ist.

Abb. 1:
Typische Bodenlandschaft mit
flachen Äckern und steilen Wäldern
im Tertiärhügelland.

Beispiel Tertiärhügelland



Zwischen Isar und Inn kann man das Bodenmosaik gut studieren: Ausgangsmaterial sind tertiäre Schotter mit Tonlinsen. Im Windschatten der Kuppen findet man Löss, der nach der letzten Eiszeit angeweht wurde. Diese fruchtbaren Bereiche wurden schon früh in Kultur genommen und stark verändert. Zum Beispiel ist heute deutlich zu sehen, dass im Lauf der Zeit viel Bodenmaterial von den steileren Hängen talwärts abgeschwemmt wurde: Die ackerbaulich genutzten Hänge sind viel flacher als die bewaldeten Hänge. Zudem sind die Böden am Hangfuß tiefergründiger und nährstoffreicher als am Oberhang, Böden im Talgrund sind häufig vom Grundwasser beeinflusst.



Weitere Informationen:

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

↓ Bodentypen – Bodenreise
durch Bayern

Das Mosaik der Böden ist unersetzlich, denn es bildet die **Grundlage für vielfältige Lebensräume**. So wechselt die Zusammensetzung der Wiesenpflanzen oft sehr kleinräumig, entsprechend den feinen Unterschieden im Nährstoffgehalt und in der Feuchtigkeit des Bodens. Auch regionale Unterschiede sind deutlich sichtbar: Auf den mageren Sanden im Nürnberger Raum wachsen lichte Kiefernwälder, während auf fruchtbareren Böden stärker wachsende Baumarten wie Eiche und Buche gedeihen.

Auch für den Menschen sind Böden die **Lebensgrundlage**: Sie liefern Nahrungsmittel und nachwachsende Rohstoffe. Außerdem sind sie Standorte für Häuser, Straßen und Industrieanlagen sowie Lagerstätten von Rohstoffen. Böden haben also auch eine wichtige **Nutzungsfunktion**.

Darüber hinaus sind Böden in ihrer Vielfalt ein **reiches Archiv**, weil man aus ihren Eigenschaften sehr viel lernen kann: Zum Beispiel kommt die rostrote Farbe mancher Böden von einem speziellen Eisenoxid, dem Hämatit. Es wird nur unter warmen, mäßig feuchten Klimabedingungen gebildet, wie sie heute in den Subtropen und Tropen vorherrschen können. Dagegen sind Böden, die im humiden Klima entstehen, eher braun gefärbt.

Sogar die historische Nutzung lässt sich an Böden ablesen: Zum Beispiel werden Äcker regelmäßig gepflügt, gedüngt und gekalkt. Im Lauf der Zeit entsteht dann ein etwa 30 Zentimeter mächtiger Oberboden, der gut durchlüftet ist. Ackerboden enthält daher meist weniger organische Substanz und ist nährstoffreicher und weniger sauer als Waldböden.

Insbesondere an **archäologischen Fundstätten** geben Veränderungen des Bodens wertvolle Informationen über die Bauweise der Gebäude oder über die Form der Bodenbewirtschaftung. Manchmal hat oberhalb der Fundlagen eine neue Bodenbildung eingesetzt, die die Datierung ermöglicht. Außerdem zeigen unveränderte Böden in der nahen Umgebung, wo bevorzugt Siedlungen angelegt wurden und wie die damaligen Lebensumstände waren.

Nicht zuletzt haben Böden unschätzbare Funktionen im Naturhaushalt, denn sie sind das Bindeglied zwischen Atmosphäre, Grundwasser und Gestein. Zu ihren Leistungen zählen zum Beispiel:

- **Stoffspeicherung:** Humus, also organische Substanz, enthält viel Kohlenstoff. Wer humusschonend wirtschaftet, schützt daher auch das Klima.
- **Stoffumbau:** Laub und Erntereste werden durch Bodenorganismen zersetzt. Dabei werden Nährstoffe freigesetzt. So können auch organische Schadstoffe im Laufe der Zeit mikrobiell abgebaut werden.
- **Wasserrückhalt:** Der Boden speichert Regenwasser. Das mindert Hochwasserspitzen.
- **Filter und Puffer:** Der Boden filtert Sickerwasser und puffert Stoffeinträge.

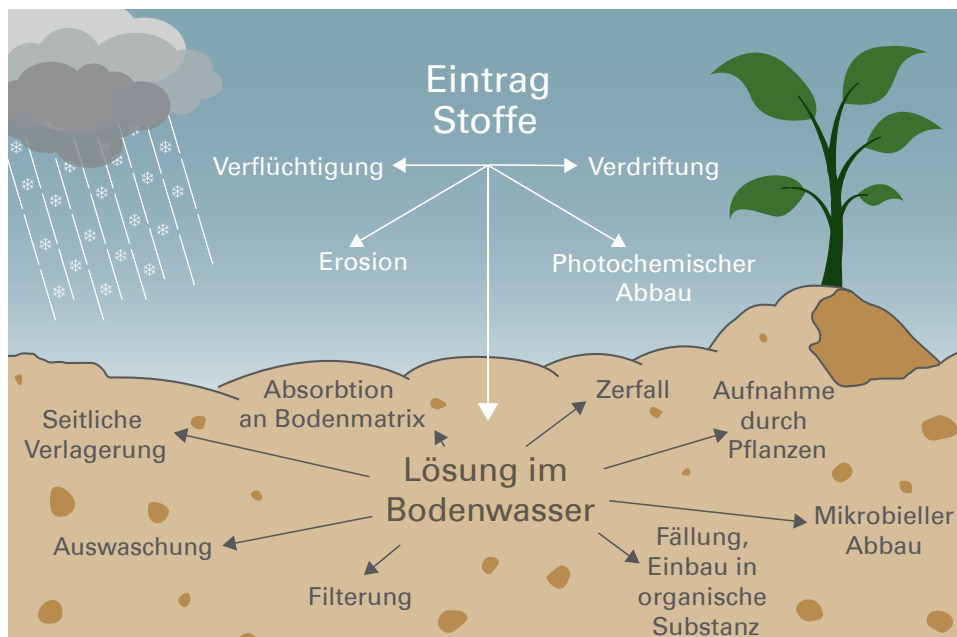
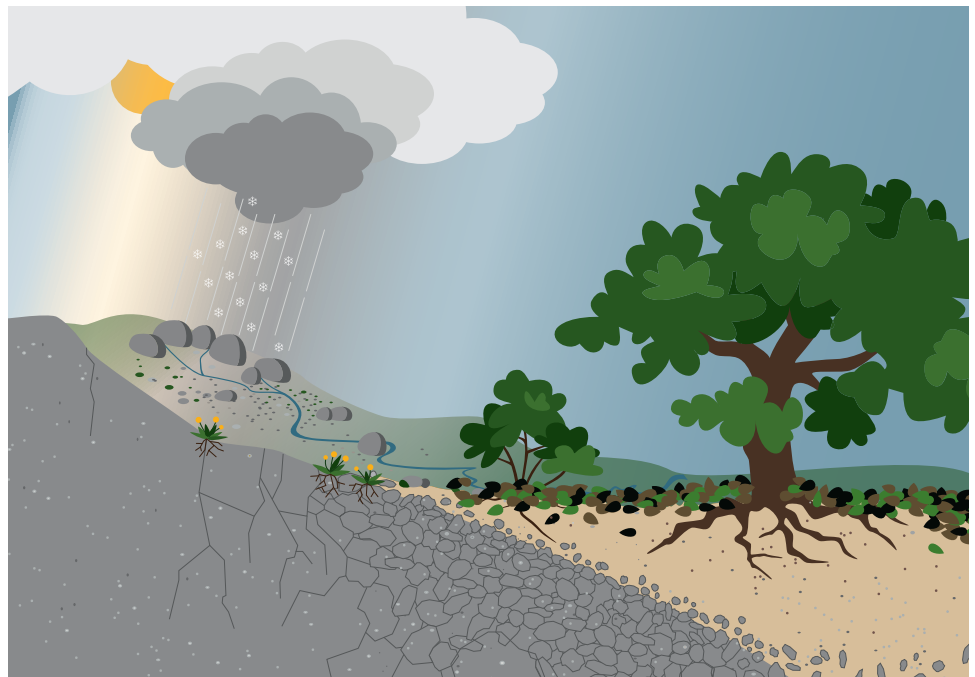


Abb. 2:
Böden sind das Bindeglied zwischen Atmosphäre, Grundwasser, Gestein und Lebenswelt. Sie bieten Lebensraum und ermöglichen komplexe Stoffumwandlungen. Böden haben daher ganz zentrale Funktionen im Naturhaushalt.

VIELFALT BRAUCHT ZEIT: PROZESSE DER BODENENTWICKLUNG

Böden entwickeln sich nur langsam: Zuerst entstehen im Ausgangsgestein kleine Risse und Klüfte, vor allem durch Temperaturwechsel. Regenwasser dringt ein, gefriert und sprengt das Gestein. Wind, Regen und fließendes Wasser wirken ebenfalls mechanisch, Wasser wäscht zudem Mineralstoffe aus dem Gestein. Schrittweise siedeln sich Moose und Flechten an, höhere Pflanzen kommen dazu, sobald der Boden tiefgründiger ist. Ihre Wurzeln lösen Nährstoffe aus dem Gestein und lockern Ritzen und Spalten weiter. Aus der Pflanzenstreu entsteht nach und nach der Humus der obersten Bodenschicht.

Abb. 3:
Boden ist das mit Leben erfüllte Verwitterungsprodukt der Erdkruste – also nur die oberste schmale Schicht.



Auch die weitere Bodenentwicklung geht sehr langsam vor sich: Im Durchschnitt dauert es etwa 10.000 bis 15.000 Jahre, bis ein Meter Boden entsteht. Allmählich bilden sich Schichten (Horizonte), die sich in ihrer Farbe und ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften deutlich voneinander unterscheiden. Wichtige Prozesse der Bodenentwicklung sind zum Beispiel:

- **Verwitterung und allmähliche Versauerung:** Bei der Verwitterung werden basische Ionen freigesetzt, also zum Beispiel Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium. Sie versickern nach und nach, so dass der Boden allmählich im oberen Bereich versauert.
- **Verbraunung und Verlehmung:** In entkalkten Böden verwittern auch eisenhaltige Minerale. Dadurch bilden sich in unserem Klima kräftig braune Eisenoxide (Verbraunung) und neue Tonminerale (Verlehmung). Die Verbraunung ist bei uns häufig der dominante Bodenprozess. Böden, in denen die Verbraunung besonders prägend war, nennt man Braunerden.
- **Tonverlagerung:** In schwach sauren Böden (unterhalb von pH 7) kann Ton verlagert werden. Der Fachbegriff dafür ist Lessivierung. Der Ton flokkt im weniger sauren Unterboden wieder aus oder wird ausgefiltert. Dann findet man eine hellere, tonärmere Schicht im Oberboden über einer dunkleren, tonreicheren im Unterboden. Dieser Prozess ist typisch für Parabraunerden.
- **Auswaschung:** Bei sehr starker Versauerung und regenreichem Klima werden Eisen, Mangan, Aluminium und Huminstoffe ausgewaschen. Dadurch entsteht ein aschgrauer Horizont im Oberboden. Die ausgewaschenen Stoffe reichern sich in Unterbodenschichten an, die dann rostbraun oder schwarz gefärbt sind. Dies ist zum Beispiel in Podsolen deutlich zu sehen.
- **Wasserüberschuss:** Bei Sauerstoffmangel werden im Boden Eisenoxide reduziert, was man an leicht bläulicher oder gräulicher Färbung erkennt (sogenannte hydromorphe Merkmale). Ist Grundwasser die Ursache, bezeichnet man den Boden als Gley. Ein Boden, der durch Stauwasser beeinflusst ist, heißt Pseudogley.

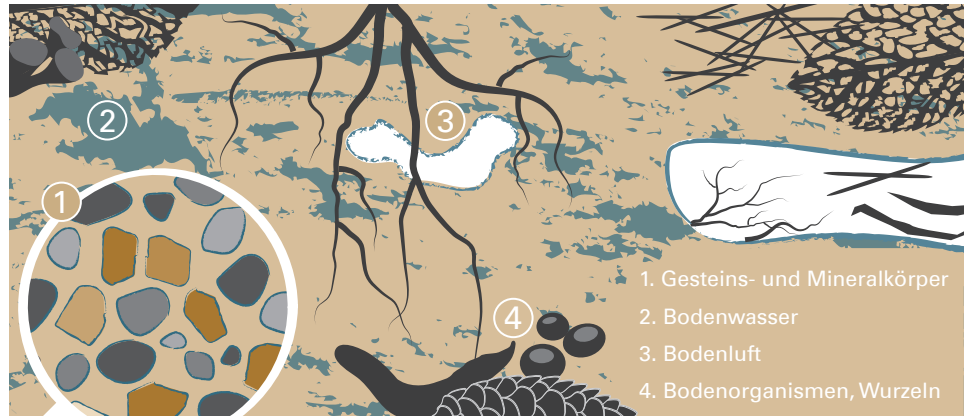
Abb. 4:
Verborgene Farbwelt der Böden:
Braunerde, Parabraunerde, Podsol und
Pseudogley (v.l.n.r.). Die Farben zeigen
deutlich die verschiedenen Horizonte.



VIelfÄLTIGE BODENBESTANDTEILE UND IHRE EIGENSCHAFTEN

„Reinen“ Boden gibt es nicht, denn Boden ist immer ein Gemisch: Man findet mineralische Partikel, Pflanzenreste, Kot von Bodenlebewesen, Bodenwasser und sogar Luft. Je nach Mischungsverhältnis kann ein Boden völlig verschiedene Eigenschaften haben. Um die Vielfalt der Böden zu verstehen, muss man daher ihre Bestandteile genau kennen.

Abb. 5:
Boden ist vielfältig – auch bei genauerem Hinsehen: In wenigen Kubikzentimetern findet man feste Partikel, flüssiges Bodenwasser mit gelösten Nährstoffen und Luft. Und der Boden ist belebt: Auch Wurzeln, Haarwurzeln, Pilzhyphen, Bodentiere und Mikroorganismen sind wichtige Bestandteile eines Bodens.



Wichtige Bodenbestandteile sind vor allem:

Minerale, Tonminerale und Oxide

Minerale wie Silikat, Quarz oder Calciumcarbonat sind die Grundbausteine von Gesteinen. Bei der Verwitterung zerfallen sie. Dann werden neue Minerale gebildet: die Tonminerale und Oxide. Die Art dieser sekundären Minerale, also ihre chemisch-physikalische Beschaffenheit, ist maßgeblich für viele Bodeneigenschaften, zum Beispiel für den Gehalt an Nährstoffen und Kalk, die spezifische Oberfläche und die Pufferkapazität eines Bodens.

Sand, Schluff und Ton

Die Bodenminerale sind verschieden groß: Anhand der **Korngrößen** unterscheidet man zwischen Sand, Schluff und Ton. Man findet sie in sehr unterschiedlichen Anteilen, Lehm zum Beispiel enthält in etwa gleich viel Sand, Schluff und Ton. Die Korngrößenverteilung, also der Anteil der verschiedenen Korngrößen, hat wiederum großen Einfluss auf das **Porenvolumen** und damit auf **Wasserhaushalt** und **Durchlüftung** des Bodens. Auch der Nährstoffhaushalt und die Pufferkapazität werden davon stark beeinflusst:

- **Sandige Böden** haben viele grobe Poren, die das Sickerwasser rasch ableiten. Der Boden trocknet also rasch aus, ist gut durchlüftet und erwärmt sich schnell. Sandige Böden sind meist nährstoffarm und eher sauer. Sie sind daher häufig bewaldet und nicht landwirtschaftlich genutzt. Auch Heidepflanzen sind gut an diese Verhältnisse angepasst.
- **Lehmige Böden** haben einen günstigen Wasser- und Stoffhaushalt. Ein Beispiel sind Lössböden, die nährstoffreich und fruchtbar sind.
- **Tonige Böden** haben zwar ein großes Porenvolumen, das aber vor allem aus Feinporen besteht. Diese binden das Bodenwasser sehr fest, so dass Pflanzen es nicht leicht aufnehmen können. In den engen Poren versickert Wasser außerdem nur langsam, so dass bei Regen schnell Staunässe entsteht. Tonige Böden sind also oft schlecht durchlüftet. Überdies werden sie bei Trockenheit sehr hart und rissig. Das Zeitfenster zwischen diesen beiden Extremen ist meist eng. Da man sie also nur in einem sehr kurzen Zeitraum bearbeiten kann, nennt man sie auch „Minutenböden“.

Bodenwasser

Mit dem Bodenwasser werden gelöste **Nährstoffe** transportiert: hin zur Pflanzenwurzel, mit dem Sickerwasser ins Grundwasser oder hangabwärts in andere Ökosysteme. Die meisten Nährstoffe lagern sich rasch an die Bodenmatrix an, zum Beispiel Ammonium-Stickstoff, Kalium und Phosphat. Sie werden daher nur mit dem Bodenmaterial verlagert, also zum Beispiel bei Erosion. Dagegen ist Nitrat-Stickstoff nur im Bodenwasser zu finden, so dass er sehr leicht ins Grundwasser sickern kann.

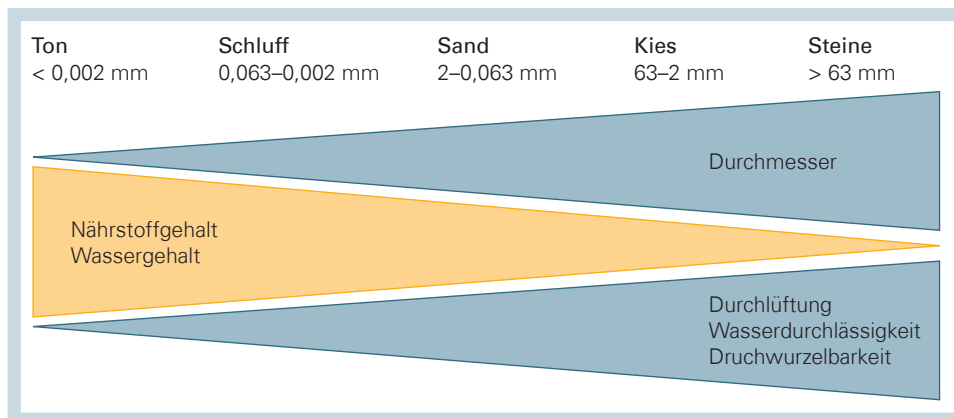


Abb. 6: Die Fruchtbarkeit eines Bodens hängt davon ab, wie viel Nährstoffe und Wasser er enthält und wie gut er durchwurzelt werden kann. All diese Eigenschaften werden von der Korngröße bestimmt, einem der wesentlichsten Parameter der Bodenkunde.

Bodenlebewesen

In einer Handvoll Ackerboden gibt es weit mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. Bakterien, Pilze, Würmer und andere Organismen leben vor allem in der durchwurzelt Zone, das heißt in den obersten 20 bis 30 Zentimetern. Sie bauen Streu und Wurzelreste der Pflanzen ab und mischen Humus in den Mineralboden ein. Mit dieser sogenannten Bioturbation tragen sie wesentlich zum Stoffabbau und zur Bodenfruchtbarkeit bei.

In fruchtbaren Böden findet man besonders viele Regenwürmer, die also ein guter Indikator für die Bodenfruchtbarkeit sind. Mit ihren Gängen durchlüften sie den Boden. Außerdem tragen sie zu einem stabilen Krümelgefüge bei: In leichten Böden wird dadurch die Wasserspeicherfähigkeit erhöht, in schweren Böden dagegen die Durchlüftung. In einem Hektar gut durchlüfteten, humosen Bodens bringen allein die Regenwürmer so viel Gewicht auf die Waage wie eine Kuh, also etwa 650 Kilogramm.

Humus

Humus entsteht durch den Abbau von Pflanzenstreu. Gut abbaubare, nährstoffreiche Streu liefern zum Beispiel stickstoffreiche Gräser, Kräuter und Laubbäume. Dagegen ist die Streu von Nadelbäumen schlecht abbaubar, weil sie mehr Kohlenstoff und weniger Nährstoffe enthält. In Nadelwäldern findet man daher oft viel unzersetzte Streu auf dem Boden.

Die sogenannte organische Substanz wird von den Bodenlebewesen rasch abgebaut, wenn ausreichend Sauerstoff vorhanden ist. Zum Beispiel sind Moorböden nach der Entwässerung sehr gut durchlüftet. Dann wird der Humus abgebaut, so dass das Klimagas Kohlendioxid entweicht. Auch nach einem Grünlandumbruch kommt es zu dieser sogenannten Humuszehrung.

Endprodukt des Abbaus sind die Huminstoffe. Sie verkleben die Bodenpartikel miteinander, so dass ein stabiles Krümelgefüge entsteht. Auch Nährstoffe, organische Schadstoffe und Schwermetalle können an die Huminstoffe gebunden werden. Dann können sie kaum von Pflanzen aufgenommen, und nur schwer aus dem Boden ausgewaschen werden.

BODENBELASTUNG DURCH NÄHR- UND SCHADSTOFFE

In Böden sammeln sich viele Stoffe an: Pflanzen liefern Streu, Überschwemmungen lagern Schlamm ab, Tiere sterben und hinterlassen Knochen. Auch der Mensch bringt Stoffe in den Boden ein, zum einen absichtlich als Düngung und Kalkung, zum anderen ungewollt als Schadstoff mit Abfällen oder Abgasen.

Ein bekanntes Beispiel mit großer Umweltrelevanz ist der **Stickstoff**. Er wird als Dünger verwendet, teilweise in sehr großen Mengen. Zusätzlich gelangt er als **Stickstoffoxid**, **Ammoniak** und **Ammonium** über die Luft in die Böden – in nicht gedüngten, empfindlichen Ökosystemen ist dies sogar der wichtigste Belastungspfad.

Im Boden wird Stickstoff als **Nitrat** kaum gebunden und kann leicht ins Grundwasser versickern. Diese Gefahr besteht vor allem in trockenen Gegenden und auf leichten Sandböden. Zudem kann Nitrat bei unbewachsenen Böden nicht von Pflanzen aufgenommen werden. Wird also zum Beispiel Gülle vor der Saat oder nach der Ernte ausgebracht, ist die Grundwasserbelastung oft besonders hoch.



Weitere Informationen:

UmweltWissen

↓ Ammoniak und Ammonium

↓ Luftschadstoffe – Wirkung in Ökosystemen

Tab. 1: Stoffeinträge in den Boden

Stoffe	Erläuterung
Düngemittel Stickstoff Phosphat	<p>Nährstoffmangel begrenzte lange Zeit die Ernte. Durch die Erfindung des Haber-Bosch-Verfahrens nahm die Düngung mit Stickstoff stark zu.</p> <p>Phosphat ist ein Hauptnährstoff für das Pflanzenwachstum. Es bindet stark an das Bodenmaterial und kann mit diesem abgeschwemmt werden. In Gewässern ist wenig Phosphat vorhanden, so dass ein zusätzlicher Eintrag zu einem starken Algenwachstum führt. In der Folge kann es zu Sauerstoffmangel kommen, bis hin zum „Umkippen“ des Gewässers.</p>
Persistente Schadstoffe Organische Verbindungen Schwermetalle	<p>Persistente Verbindungen sind in der Umwelt nicht oder schwer abbaubar. Sie können daher in der Nahrungskette angereichert werden, zum Beispiel wenn Dioxine von Rindern mit dem Grünfütter aufgenommen werden und das Fleisch vom Menschen verzehrt wird. Persistente Verbindungen sind mittlerweile weltweit und sogar in Reinluftgebieten nachweisbar. Wichtige Beispiele sind die chlorierten Pflanzenschutzmittel Aldrin, Chlordan, DDT, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Hexachlorbenzol, Mirex, Toxaphen und Insektizide wie Lindan und Endosulfan.</p> <p>Persistente Verbindungen können als Rückstände ehemaliger Industriestandorte im Boden vorhanden sein. Sie gelangen jedoch auch als Luftschadstoffe oder durch Überschwemmungen, mit belastetem Bodenmaterial oder mit Klärschlamm in den Boden. In alten Hausgärten ist auch die Asche aus dem häuslichen Kaminofen ein wichtiger Eintragungspfad.</p>
Versauernde Substanzen Stickstoffoxide Schwefeldioxid	<p>Stickstoff- und Schwefel-Verbindungen gelangen über die Luft in die Ökosysteme. Dadurch versauert der Boden allmählich, was die Pflanzen direkt schädigt und langfristig den Nährstoffhaushalt im Boden verändert. Außerdem werden Schwermetalle und toxische Substanzen mobilisiert und versickern ins Grundwasser.</p> <p>Darüber hinaus wirken diese Substanzen als Nährstoffe. Zum Beispiel musste Raps lange nicht mit Schwefel gedüngt werden. Durch die Rauchgasentschwefelung sank der Schwefeleintrag so stark, dass Raps heute zum Teil Mangelsymptome zeigt. Auch Stickstoffoxide wirken auf ungedüngten Standorten als Dünger. Dies fördert raschwüchsige Arten, so dass Arten magerer Standorte verdrängt werden, insbesondere viele Arten der Roten Liste.</p>

Die Wirkung von Stoffeinträgen bleibt oft lange unerkannt: Durch die sogenannte **Pufferung** bleibt die Konzentration der eingetragenen Stoffe im Bodenwasser oft lange konstant, so dass sie erst mit großer Zeitverzögerung ins Grundwasser oder in angrenzende Ökosysteme gelangen. Dabei laufen jedoch weitgehend unbemerkt chemische Reaktionen ab, die nur zum Teil rückgängig zu machen sind. Wenn die Veränderungen also bereits manifest geworden sind, sind sie meist nur noch in geologischen Zeiträumen umkehrbar – wenn überhaupt.

Die **Pufferkapazität** der Böden ist sehr verschieden, je nach Bodenart, Art der Tonminerale, Säuregrad (pH-Wert) und dem Humusgehalt. Es gibt mehrere Puffersysteme, wie beispielsweise:

- **Unspezifische Adsorption:** Kationen wie Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium sind positiv geladen. Sie lagern sich leicht an negativ geladene Oberflächen an, zum Beispiel an die Bodenmatrix oder die organische Substanz. Im Bodenwasser sind sie dann nicht mehr nachweisbar. Diese unspezifische Adsorption findet man vor allem in Böden mit großen Oberflächen, also bei hohem Tongehalt und in humosen Böden. Sie ist leicht reversibel.
- **Spezifische Bindung:** Kalium und Ammonium passen genau in spezielle Bindungsplätze einiger Tonminerale. Sie werden dort zwischen den Schichten fest gebunden und erst freigesetzt, wenn die Konzentration im Bodenwasser stark absinkt, wenn also keine unspezifisch gebundenen Nährstoffe mehr vorhanden sind.
- **Chemische Reaktionen bei der Versauerung:** Säuren geben Protonen ab, die die Kationen in den Tonmineralen verdrängen. Die Protonen werden gebunden und sind dann im Bodenwasser nicht mehr nachweisbar. Trotz des Säureeintrags bleibt der pH-Wert des Bodenwassers also konstant. Erst wenn die sogenannte Basensättigung fällt, wenn also keine Kationen mehr in den Tonmineralen gebunden sind, sinkt auch der pH-Wert. Wenn er sehr weit abfällt, laufen weitere Pufferreaktionen ab: In sehr saurem Milieu werden Tonminerale und Eisenoxide zerstört, wobei auch toxische Metalle freigesetzt werden. Diese Reaktionen sind nicht reversibel.
- **Einbau in die organische Substanz:** Viele Schadstoffe können in die Huminstoffe eingebaut werden und sind dann nicht mehr nachweisbar. Allerdings ist nicht bekannt, ob die eingebauten Schadstoffe beim Abbau der organischen Substanz zu unproblematischen Substanzen umgebaut (Metaboliten) oder ob sie unverändert wieder freigesetzt werden. Ebenso können Nährstoffe und Schwermetalle gebunden und wieder abgegeben werden.

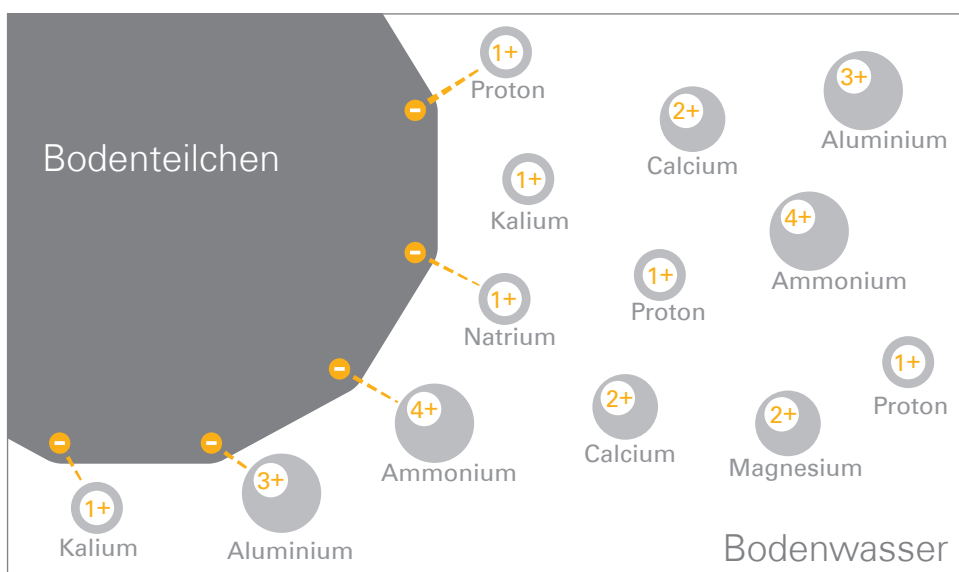
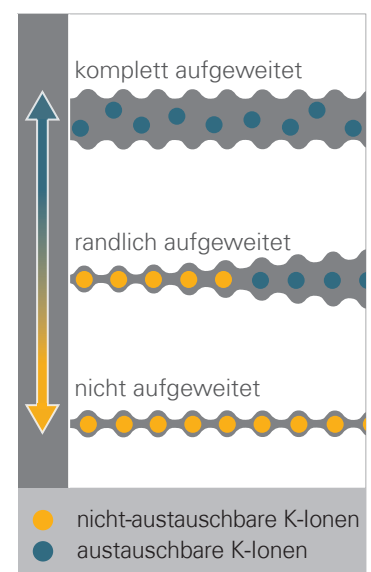


Abb. 7 (links):
Unspezifische Bindung von Kationen an der Oberfläche von Tonmineralen. Diese Bindung ist leicht reversibel.

Abb. 8 (rechts):
Spezifische Bindung von Kalium und Ammonium im Inneren spezieller Tonminerale. Von dort werden sie erst freigesetzt, wenn keine unspezifisch gebundenen Kationen mehr vorhanden sind.



BODENBELASTUNGEN DURCH ÜBERBAUUNG UND VERSIEGELUNG

Immer mehr Böden werden überbaut oder durch Asphalt versiegelt. Sie verlieren dadurch den Großteil ihrer Funktionen, da sie vom Wasser- und Stoffkreislauf abgetrennt werden. Dadurch verändert sich zum Beispiel auch der Landschaftswasserhaushalt:

- **Versickerung:** Regenwasser kann auf versiegelten Flächen nicht mehr versickern. Dadurch wird die Grundwasserneubildung geringer und mehr Wasser fließt oberflächlich ab.
- **Oberflächenabfluss:** Statt zu versickern, gelangt das Wasser in die Kanalisation und wird von dort in den Vorfluter geleitet. Sind im Einzugsgebiet eines Flusses also große Flächen versiegelt, sind häufigere und stärkere Hochwasser zu befürchten. Dagegen kann natürlicher Boden, insbesondere unter Wald, erhebliche Wassermengen zurückhalten.
- **Verdunstung:** Die Verdunstung ist eine meist unbemerkte, aber dennoch maßgebliche Größe im Landschaftswasserhaushalt. Das Wasser verdunstet aus dem Boden und aus Pflanzen. Bei versiegeltem Boden verdunstet nur noch sehr wenig Wasser zum Beispiel aus Pfützen. Dadurch bildet sich weniger Grundwasser. Auch die kühlende Wirkung auf das Kleinklima verringert sich.

Zudem werden Böden im Zuge von Baumaßnahmen oft großflächig verändert: Dabei werden künstliche Böden angelegt, zum Beispiel auf Dämmen entlang von Autobahntrassen, aber auch Gartenböden in Neubausiedlungen. Diese Böden bestehen meist aus humosem Oberboden, dem sogenannten „Mutterboden“, über natürlichen Schichten oder auch über Bauschutt. Daraus entwickeln sich zum Teil ganz andere Böden als aus dem ursprünglichen Material.

Die Folgen einer Bebauung sind kaum rückgängig zu machen, da sich Böden nur sehr langfristig entwickeln. So kann man alte Römerstraßen noch heute auf Luftbildern erkennen.



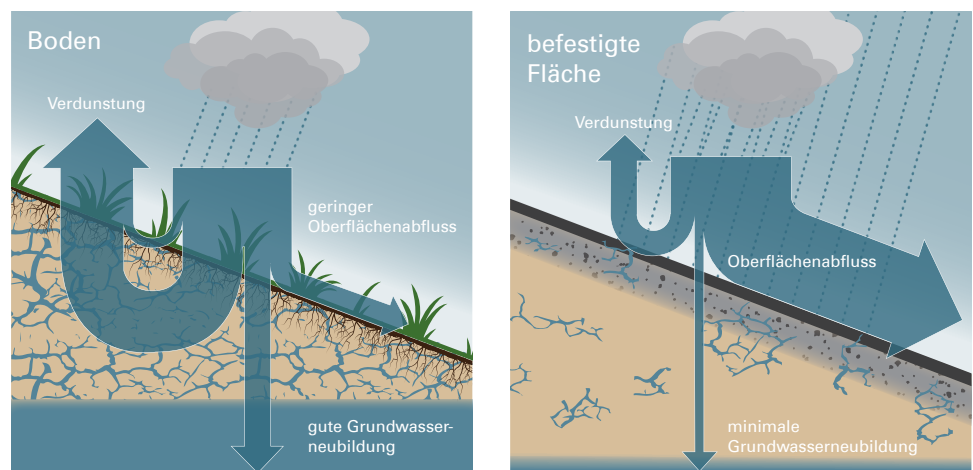
Weitere Informationen:

UmweltWissen

↓ Flächensparen – rundum gut!

↓ Naturnaher Umgang mit Regenwasser

Abb. 9:
Unversiegelte Böden halten das Regenwasser zurück, weil genügend Wasser ins Grundwasser versickert und die Pflanzen mehr verdunsten (links). Nach einer Versiegelung fließt mehr Wasser oberflächlich ab. Sind großräumig sehr viele Flächen versiegelt, sind häufiger und stärkere Hochwasser zu befürchten.



BODENVERÄNDERUNGEN DURCH LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG

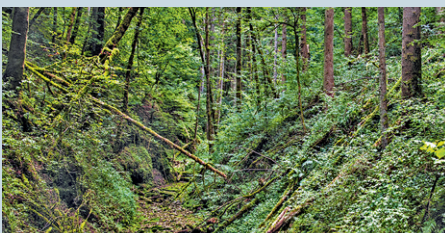
Die **landwirtschaftliche Nutzung** verändert das Bodenmosaik sehr stark: Magere Standorte werden gedüngt und ihre Krume vertieft, um den Ertrag zu steigern. Felder werden vergrößert und Flächen arrondiert, um eine effizientere Bewirtschaftung zu ermöglichen. Sehr nasse Flächen werden entwässert (Meliorationen). So entstehen aus einer vielfältigen Bodenlandschaft allmählich Böden mit weitgehend ähnlichen Eigenschaften. In der Folge geht auch die Vielfalt der Lebensräume und Arten zurück.

Auch **Nutzungsänderungen** verändern den Boden, denn sie beeinflussen die langfristig eingespielte Humusbilanz. Das ist insbesondere bei humusreichen Böden der Fall: Die Bearbeitung belüftet den Boden sehr stark, so dass die organische Substanz abgebaut wird. Das hat weitreichende Wirkungen:

- **Grünlandumbruch:** Nach dem Umbruch wird Nitrat oft sehr stark und sehr schnell freigesetzt. Die Pflanzen können es nicht rasch genug aufnehmen, so dass es oft ins Grundwasser ausgewaschen wird. In Wasserschutzgebieten gibt es daher meist strenge Auflagen zum Grünlandumbruch.
- **Entwässerung von Niedermooren:** Neben der Auswaschung von Nährstoffen ins Grundwasser entweichen auch erhebliche Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid. Zudem gehen die ursprünglichen Böden unwiederbringlich verloren, weil die Veränderungen durch Wiedervernässung zwar gestoppt, aber nicht mehr rückgängig gemacht werden können.

Die Erosion, also der Abtrag von Boden durch Wind oder Wasser, zählt weltweit zu den drängendsten Problemen. Auch in Deutschland werden pro Hektar etwa zehn Tonnen im Jahr abgetragen, während nur zwei Tonnen neu gebildet werden. Die zehn Tonnen entsprechen einem Abtrag von nur etwa einem Millimeter Boden pro Hektar. Dieser schleichende Prozess ist also nicht sichtbar und Gegenmaßnahmen werden nicht konsequent genug umgesetzt. Zu den erosionsmindernden Maßnahmen zählen zum Beispiel die Umwandlung von Ackerflächen auf steilen Hängen in Grünland, die Verkürzung der Hanglänge durch Raine oder Grasstreifen, der Anbau von Zwischenfrüchten, Mulchsaat von Mais und eine nicht zu feine Saatbettbearbeitung.

Beispiel Erosion im Hochmittelalter



Ab etwa 1.000 nach Christus wuchs die Bevölkerung sehr rasch und der Bedarf an Nahrungsmitteln stieg. Daher rodeten man große Flächen und bewirtschaftete sogar sehr ungünstige und erosionsanfällige Standorte wie steile Hanglagen. Als Mitte des 14. Jahrhunderts die „Kleine Eiszeit“ einsetzte, gab es vermehrt extreme Starkregen. Der Boden an Kuppen und Oberhängen wurde abgetragen und häufte sich in Senken zum Teil mehrere Meter hoch an. So ging viel fruchtbares Ackerland verloren und es gab immer häufiger Missernten und Hungersnöte. Seuchen und der Dreißigjährige Krieg verminderten die Bevölkerungszahl weiter. Heute sind viele Flächen wieder bewaldet, die damals aufgegeben wurden.

Abb. 10:
Erosionsrinnen im Wald, in denen kein Bach fließt, weisen oft auf frühere Bewirtschaftung hin.

Bodenverdichtungen verändern das Porensystem des Bodens und damit auch den Gas- und Wasserhaushalt: Staunässe und Sauerstoffmangel sind die Folge, Abbauprozesse werden gehemmt. Unter diesen Bedingungen kann weniger Wasser gespeichert werden. Außerdem bilden sich mehr Treibhausgase, unter anderem Lachgas und Methan.

Bodenverdichtungen entstehen, wenn der Boden mit schweren Maschinen befahren wird, insbesondere bei nassem Boden. Die Verdichtungen reichen umso tiefer, je schwerer die Maschinen sind. Bodenschonend sind daher Terra-Reifen oder Doppelreifen, die den Druck besser verteilen. Vor allem die Wahl des optimalen Bearbeitungszeitpunktes kann Bodenverdichtungen vermindern.

RECHTLICHE REGELUNGEN

Der Boden wurde erst 1998 als drittes Umweltmedium neben Wasser und Luft ausdrücklich durch ein eigenes Gesetz geschützt. Ziel des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) ist es, die vielfältigen Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Daraus wird zum einen die Pflicht zur Vorsorge gegen das Entstehen von schädlichen Bodenveränderungen, zum anderen die Pflicht zur Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten abgeleitet. Zudem werden Grundsätze für die gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung genannt.

Bayern hat für das Bodenschutz- und Altlastenrecht neben einem Bayerischen Bodenschutzgesetz auch eine Verwaltungsvorschrift und Vollzugshinweise erarbeitet. In der Verwaltung ist der Bodenschutz als Querschnittsthema auf mehrere Ressorts aufgeteilt:

- Umweltverwaltung: stofflicher Bodenschutz, zum Beispiel Hintergrundwerte, Richtwerte.
- Land- und Forstwirtschaftsverwaltung: nicht stofflicher Bodenschutz, zum Beispiel Erosion, Bodenverdichtung, Erarbeitung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Nutzung.

Außerdem kommt der räumlichen Planung eine entscheidende Rolle beim vorsorgenden Bodenschutz zu, da in ihr verbindliche Aussagen zur Bodennutzung gemacht werden.

WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Beim Bodenschutz sind noch zahlreiche Fragen offen, wie beispielsweise:

- Bodenbewertung des Standortpotenzials für Bodenorganismen,
- Bodenbewertung des Filter- und Puffervermögens von organischen Schadstoffen,
- Ermittlung der potenziellen und der tatsächlichen Erosion,
- Ermittlung von unterbodenverdichtungsgefährdeten Standorten,
- Sammlung von Daten zu luftgetragenen Immissionen und deren Einfluss auf den Boden,
- Sickerwasserprognose im Wirkungspfad Boden – Grundwasser,
- Bestimmung und Aktualisierung von Werten zur Beurteilung von Schadstoffen im Boden (Wirkungspfad Boden – Mensch, Boden – Pflanze, Boden – Bodenorganismen),
- Fortschreibung der Hintergrundwerte,
- Abbauverhalten und Wirkung von Tierarzneimitteln, Antibiotika, Reinigungs- und Desinfektionsmitteln in Böden,
- Vorkommen und Verhalten von BSE/TSE-Prionen in Böden,
- Effekte transgener Pflanzen auf die Bodenbiologie,
- Mikroplastik in Böden.

FAZIT UND AUSBLICK

Böden bilden die dünne Haut der Erde, die sich im Laufe von Jahrtausenden entwickelt hat. Sie sind komplex, vielfältig und unersetzlich für Mensch und Natur. Belastungen sind oft nicht einmal dann deutlich sichtbar, wenn sie gravierend sind, und werden häufig nicht ernst genug genommen. Böden wurden daher erst spät als wichtige Lebensgrundlage wahrgenommen und gesetzlich geschützt.

Auch heute noch ist den meisten Menschen nicht bewusst, wie kostbar, verletzlich und schön die Böden sind. Sie kommen im modernen Leben ja auch allenfalls als Garten- oder Pflanzerde, als gepflasterter Gehweg oder als asphaltierte Straße vor.

Zahlreiche Aktionen wollen daher mehr Bodenbewusstsein schaffen und für den Bodenschutz werben. Denn wir müssen äußerst behutsam vorgehen: Böden sind nicht erneuerbar – und sie haben ein sehr, sehr langes Gedächtnis.



Weitere Informationen:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

↓ **Bodenstationen, Boden- und GeoLehrpfade in Bayern und in Hof**

Bundesverband Boden

↓ **Bodenwelten**

Umweltbundesamt

↓ **Boden Reiseführer**

LITERATUR UND LINKS

AMELUNG W. UND ANDERE (2018):

Scheffer/Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde. Verlag Springer Spektrum. 750 S.

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2019*):

↓ Bodenfruchtbarkeit, Bodenbearbeitung, Bodenschutz

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2019*):

↓ Boden – der Grund auf dem wir leben

↓ Geotope und Geotopschutz

↓ UmweltAtlas Bayern, Modul Boden

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ:

↓ (2006) Bodenschutzprogramm Bayern 2006. PDF, 44 S.

↓ (2006*) Lernort Boden. Sachinformationen, Schüleraktivitäten, Karten

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2019*):

↓ Bodenschutz und Altlasten in Bayern

BUNDESKABINETT (2017):

↓ Vierter Bodenschutzbericht der Bundesregierung. PDF, 84 S.

BUNDESVERBAND BODEN E.V. (2000):

Böden und Schadstoffe – Bedeutung von Bodeneigenschaften bei stofflichen Belastungen. Erich Schmidt Verlag, Berlin

EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (2002):

↓ Auf dem Boden der Tatsachen: Bodendegradation und nachhaltige Entwicklung in Europa. PDF, 32 S.

EUROPEAN LAND AND SOIL ALLIANCE (2019*):

↓ Bodenbündnis europäischer Städte, Kreise und Gemeinden

HEINRICH BÖLL STIFTUNG (2019*):

↓ Bodenatlas

STOFFDATENBANK FÜR BODENSCHUTZ-/UMWELTRELEVANTE STOFFE (2019*):

↓ STARS

UMWELTBUNDESAMT (2019*):

↓ Boden/Landwirtschaft

WELP G., BRÜMMER G. (1999):

Bodennutzung und Bodenerosion seit dem Mittelalter am Beispiel von Landschaften des Bonner Raumes. Vortrag anlässlich der 51. Hochschultagung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn am 23. Februar 1999

WESTERMANN (1999):

Abflussverhalten. In: Praxis Geographie 6, S.11, Westermann Schulbuchverlag

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BODENSCHUTZ (2002):

Ohne Boden – bodenlos. Eine Denkschrift zum Boden-Bewusstsein. Berlin

WICHMANN H.E., SCHLIPKÖTER H.-W., FÜLGRAFF G. (1996):

Boden, Grundwasser. In: Handbuch der Umweltmedizin, 9. Erg. Lfg. 9/96: XI – 1.2

* Zitate von Online-Angeboten vom 24.07.2019

MEHR UMWELTWISSEN

↓ UmweltWissen im Internet

↓ Ammoniak und Ammonium

↓ Flächensparen – rundum gut

↓ Luftschadstoffe – Wirkungen auf Ökosysteme

↓ Umweltmedium Luft

↓ Wegweiser für mehr Umweltschutz im Alltag

Hinweis zur gedruckten Version: Diese Publikation finden Sie auch als PDF im Internet. Dort sind die mit dem Downloadpfeil gekennzeichneten Literaturstellen verlinkt. Sie können also von dort aus auf sie zugreifen oder die jeweiligen Stichworte in eine Suchmaschine eingeben.

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Text:

Referat 12, Dr. Katharina Stroh,
Referat 107, Dr. Raimund Prinz

Bildnachweis:

Titelbild: LfU;
Abb. 1 bis 9: LfU;
Abb. 10: © Friedberg – stock.adobe.com
© Monika – stock.adobe.com

Stand:

Neufassung: 2005
Überarbeitung: 2013, Juli 2019

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung, auch von Teilen, wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie, wenn möglich, mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiederaberechte unterstützt. Die Publikation wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.