

Böden

Bota Jardin Botanique
Bota de l'Université de Fribourg
Botanischer Garten
der Universität Freiburg



UNI
FR
■

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

Inhalt

5	Vorwort
7–17	<i>Teil 1: Allgemeines</i>
7	Was ist Boden? Bodenbildung
8	Horizonte
10	Bodenbestandteile
12	Bodeneigenschaften
14	Bodenfunktionen
16	Beziehung zwischen Boden und Vegetation
18–33	<i>Teil 2: Bodentypen</i>
20	Moorboden
22	Hydromorpher Boden
24	Rohmineralboden
26	Kalkbraunerde
28	Saure Braunerde
30	Podsol
32	Anthropogener Boden
34	Impressum

**Botanischer Garten
der Universität Freiburg**
Chemin du Musée 10
CH-1700 Freiburg
+ 41 26 300 88 86
jardin-botanique@unifr.ch
www.unifr.ch/jardin-botanique/de

Vorwort

Die vorliegende Publikation entstand auf der Grundlage der Arbeiten dreier Studierenden des Bauingenieurwesens der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR), die sich 2018 im Rahmen ihres Bachelorstudiums mit dem Thema befasst hatten. Ihre Arbeit wurde 2021 von Fachleuten der HTA-FR weitergeführt, um in Zusammenarbeit mit dem Botanischen Garten der Universität Freiburg diese Broschüre zu realisieren.

Boden ist die Grundlage allen pflanzlichen Lebens. Der Botanische Garten der Universität Freiburg will für diese Thematik ein Ort der Veranschaulichung und Vermittlung sein. Zusätzlich zu den natürlich vorhandenen Bodentypen wurden weitere künstlich nachgebildet, um darauf die jeweils typischen Pflanzen wachsen zu lassen. Die Broschüre soll den Besucherinnen und Besuchern einen ersten Einblick in die faszinierende Welt der Böden eröffnen.

Teil 1: Allgemeines

Was ist Boden?

Aus wissenschaftlicher Sicht ist der Boden «die äusserste Schicht der Erdkruste, die durch Lebewesen geprägt wird. Im Boden findet ein reger Austausch von Stoffen und Energie zwischen Luft, Wasser und Gestein statt» (Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, 2014, Auszug).

Aus rechtlicher Sicht ist der Boden «die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können» (Bundesgesetz über den Umweltschutz, Art. 7, Abs. 4bis).

Bodenbildung

Böden bilden sich ausgehend von mineralischem Material (Gestein oder Sedimente), das unter dem Einfluss von Wind und Regen sowie durch den Wechsel von Frost und Tauwetter in immer kleinere Bestandteile zerfällt.

Nach und nach können Pflanzen und Mikroorganismen das verwitternde Gestein besiedeln und das Bodenleben wird immer vielfältiger. Das dabei anfallende tote organische Material wird durch Bodenlebewesen wie Springschwänze (kleine Gliederfüsser), Asseln, Regenwürmer, Pilze und Bakterien zersetzt. Als Ergebnis dieser feinen Zersetzung entsteht eine organische Substanz bzw. Humus, der für die Fruchtbarkeit des Bodens zentral ist.

Die Bodenlebewesen, insbesondere die Regenwürmer, durchmischen anschliessend die organische Substanz mit mineralischen Bestandteilen und so entsteht nach und nach eine humusreiche, dunkel gefärbte oberste Bodenschicht. In den tieferen Bodenschichten, die zum Teil von Wurzeln und Mikroorganismen besiedelt sind, setzt sich die Verwitterung des Gesteins fort. In diesen Schichten ist nur wenig oder gar keine organische Substanz vorhanden. Der Anteil an mineralischem Material ist hingegen hoch.

- Schätzungen zufolge dauert es zwischen 100 und 1000 Jahre, bis eine ein Zentimeter dicke Bodenschicht entstanden ist. Nach menschlichen Zeitmassstäben ist Boden somit eine nicht erneuerbare Ressource. Die Entstehung der meisten Böden in der Schweiz begann nach der letzten Eiszeit vor etwa 10 000 Jahren.

Horizonte

Im Laufe der Bodenentwicklung entstehen nach und nach unterschiedliche Bodenschichten. Diese sogenannten Horizonte lassen sich häufig anhand ihrer Farbe, Körnung und Zusammensetzung von bloßem Auge unterscheiden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Horizonte nach ihrer Lage im Bodenprofil (von oben nach unten) aufgelistet und beschrieben.

O-Horizont (organisch):

Dieser Horizont besteht aus mehr oder weniger stark zersetztem organischem Material, insbesondere aus Laub-, Nadel- und Rindenstreu, durch deren Umwandlung Humus entsteht.

A-Horizont (organo-mineralisch):

Im A-Horizont (auch Oberboden genannt) wird das zersetzte organische Material durch die Frass- und Wühltätigkeit der Bodentiere mit mineralischen Bestandteilen durchmischt. Die Humusmoleküle binden sich – z. B. mithilfe von Kalzium oder Eisen – an Tonminerale. Diese «Ton-Humus-Komplexe» bilden die Grundlage für die Bodenfruchtbarkeit.

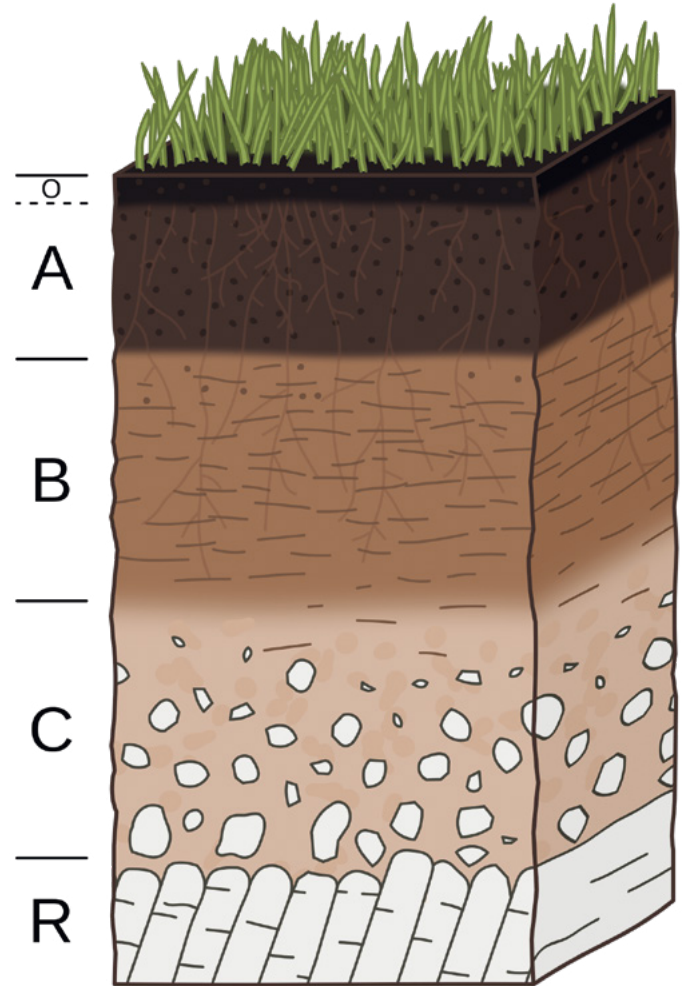
B-Horizont (mineralisch):

Hier findet der Grossteil der Mineralverwitterung statt. Der B-Horizont (auch Unterboden genannt) dient ausserdem als wichtiger Feuchtigkeitsspeicher für die Pflanzen und leitet das Wasser zum Grundwasser.

C-Horizont (Ausgangs-/Muttergestein):

Der C-Horizont besteht aus mehr oder weniger stark fragmentiertem Gestein oder aus wenig verwitterten Sedimenten.

Mineralische und organische Bestandteile werden durch die Einwirkung von Wasser und die Tätigkeit von Bodentieren innerhalb und zwischen den Bodenhorizonten transportiert.



1 Typisches Bodenprofil mit den verschiedenen Bodenhorizonten. Gewisse Bodentypen weisen weniger oder andere Horizonte auf als in der Abbildung gezeigt.

Bodenbestandteile

Die mineralische Substanz besteht aus fragmentiertem oder verwittertem Gestein sowie aus Mineralien, die im Boden aus einfachen Elementen neu gebildet werden. Die mineralischen Bestandteile der Schweizer Böden stammen hauptsächlich aus der Verwitterung von hartem Kalkgestein, harten kristallinen Gesteinen wie Granit und Gneis, Weichgesteinen wie Schiefer und Mergel oder von Material, das durch Gletscher (Moränen), Wind (Löss) oder Wasser (alluviale Sedimente) transportiert wurde.

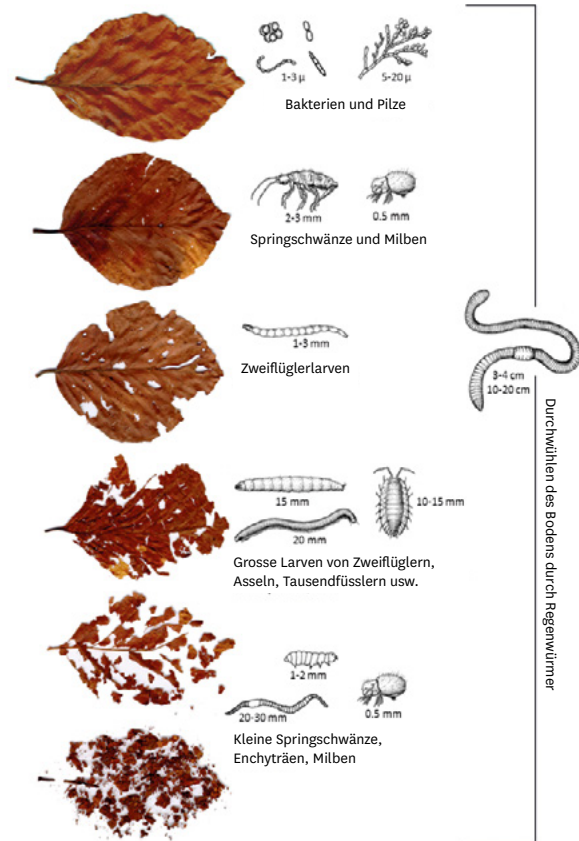
Die organische Substanz des Bodens besteht aus Pflanzenwurzeln, Bodenlebewesen und Mikroorganismen sowie aus deren abgestorbenen Resten in verschiedenen Stadien der Zersetzung (Streu und Humus). Bei der Zersetzung der organischen Substanz werden Nährstoffe freigesetzt, die von Pflanzen und Bodenorganismen schnell wieder aufgenommen werden, wodurch der Kreislauf geschlossen wird.

An der vollständigen Zersetzung von Pflanzenresten sind verschiedene **Bodenorganismen** beteiligt. So wird zum Beispiel ein heruntergefallenes Buchenblatt zuerst von Mikroorganismen wie Bakterien und Pilzen besiedelt. Anschliessend wird die Blattoberfläche von Springschwänzen und Milben perforiert. Die entstandenen Löcher werden von Larven von Zweiflüglern (Fliegen, Schwebfliegen usw.) vergrössert, bevor das Buchenblatt von Asseln, Tausendfüsslern und Nematoden bis auf das Blattskelett angefressen wird. Was übrig bleibt, wird schliesslich durch Bakterien und Pilze zu einfachen Molekülen abgebaut. Während des gesamten Prozesses sorgen Regenwürmer, Ameisen, Käfer und auch Maulwürfe und Wühlmäuse dafür, dass organisches Material vergraben und mineralische Bestandteile nach oben transportiert werden, wodurch die Bildung von Ton-Humus-Komplexen gefördert wird.

Ein Bodenvolumen besteht in der Regel zur Hälfte aus festen Stoffen (organische und mineralische Substanz) und zur anderen Hälfte aus Hohlräumen, den sogenannten Poren. Diese Poren enthalten Wasser und Luft, die für das Boden- und Pflanzenleben unerlässlich sind.

► In Zahlen:

In einer Hand voll Boden gibt es mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde! Eine unbehandelte Dauerwiese beherbergt 150 bis 300 Regenwürmer pro Quadratmeter (1 bis 2,5 Tonnen pro Hektar). Ein intensiv bewirtschafteter Boden beherbergt 1 bis 3 Individuen pro Quadratmeter (50 kg pro Hektar).



2 Zersetzungsphasen eines Buchenblattes

Bodeneigenschaften

Das Gefüge des Bodens wird durch die Zusammensetzung der mineralischen Bodenfraktion bestimmt. Die mineralischen Bestandteile werden nach zunehmender Korngrösse in Ton, Schluff und Sand eingeteilt. Auch wenn ein Boden theoretisch zu hundert Prozent aus Ton, Schluff oder Sand bestehen kann, weisen die meisten Böden eine Mischung aus diesen drei Bestandteilen in unterschiedlichen Verhältnissen auf.

Die Bodenstruktur wird durch die Anteile der mineralischen und organischen Bodenbestandteile und deren räumliche Anordnung bestimmt und kann je nach Jahreszeit und Bodennutzung variieren. So wird die Bodenstruktur etwa durch Pflügen oder Trittschäden verändert (Verdichtung). Das Gefüge und die Struktur eines Bodens geben Auskunft über dessen Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und versickern zu lassen, Pflanzennährstoffe zu binden und einen geeigneten Lebensraum für das Bodenleben zu bieten.

Die Farbe kann uns Aufschluss über die Zusammensetzung des Bodens und die darin ablaufenden Prozesse geben: Eisenreiche Böden sind oft rötlich-braun oder gelblich, Böden mit einem hohen Gehalt an organischer Substanz sind schwarz, während Böden, die häufig mit Wasser vollgesogen sind, ein Mosaik aus grauen, roten und gelben Flecken aufweisen.

Die Bodentiefe kann von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern reichen, je nach Zufuhr oder Verlust von organischer und mineralischer Substanz.



3 Die verschiedenen Farben eines Bodens. Die unterste graue Schicht weist auf eine Vernässung hin.

Bodenfunktionen

Je nach Zusammensetzung, Lage, Struktur, Geschichte und standort-typischen Bedingungen erfüllt der Boden unterschiedliche Funktionen für Umwelt und Gesellschaft.

1. Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von Holz
2. Speicherung von Wasser, Nährstoffen und Kohlenstoff, Verminderung des Hochwasserrisikos und Filterung von Schadstoffen
3. Lebensraum für pflanzliche und tierische Biodiversität
4. Rohstoffquelle (Sand, Kies)
5. Träger von Bauwerken und Infrastrukturen
6. Archiv der Kulturgeschichte (Konservierung menschlicher Artefakte)

Bedrohungen

In der Schweiz wurden zwischen 1985 und 2009 pro Sekunde 0,77 Quadratmeter Kulturland verbaut (Quelle: Bundesamt für Statistik). Ausser der Funktion als Baugrund haben die betroffenen Flächen ihre Bodenfunktionen ganz oder teilweise verloren.

Nebst dem Verlust von Bodenflächen kommt es durch chemische Belastungen (Luftschadstoffe, Pflanzenschutzmittel, Überdüngung), Erosion und anhaltende Bodenverdichtung zu einer Verschlechterung der Bodenqualität. Diese Bodenbedrohungen, die hauptsächlich auf ungeeignete landwirtschaftliche Praktiken und den unsachgemässen Umgang mit Böden auf Baustellen zurückzuführen sind, führen zu verminderter Fruchtbarkeit, zur Verschmutzung von Wasserläufen, zu einem erhöhten Hochwasserrisiko und zum Verlust der Artenvielfalt.

Bodenschutz

In der Schweiz ist der Bodenschutz gesetzlich verankert. Das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG, 1979) und der Sachplan Fruchtfolgeflächen (SP FFF, 2020) schützen den Boden in quantitativer Hinsicht. Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG, 1983) und die dazugehörige Verordnung (VBBo, 1998) zielen darauf ab, eine Verschlechterung der Bodenqualität zu verhindern und die Bodenfruchtbarkeit zu bewahren.



4 Boden als Grundlage der Nahrungsmittelproduktion



5 Erosion eines landwirtschaftlich genutzten Bodens



6/7 Diese zwei im selben Massstab gehaltenen Karten veranschaulichen die starke Expansion der Stadt Bulle zwischen 1900 (oben) und heute (unten).

Beziehung zwischen Boden und Vegetation

Während der Boden unseren Augen meist verborgen bleibt, ist die Vegetation der sichtbarste Teil einer Landschaft. Dank ihr können wir uns vorstellen, was sich darunter befindet.

Die Vegetation ist sowohl Akteurin als auch Nutzniesserin des Ökosystems Boden. Die Pflanzen sind die wichtigste Streuquelle für den Boden und ihre Wurzeln sind der Lebensraum einer Vielzahl von Organismen. Umgekehrt bietet der Boden den Pflanzen Halt für ihre Wurzeln, die nötigen Nährstoffe, Wasser sowie einen Ort des Austauschs mit den anderen Pflanzen und den im Boden vorhandenen Organismen (Symbiosen mit Pilzen und Bakterien).

- Die sehr enge Beziehung zwischen bestimmten Pflanzenarten und dem Boden, in dem sie gedeihen, macht die Vegetation zu einem hervorragenden Indikator für den Bodentyp. So kann man anhand sogenannter Zeigerpflanzen beispielsweise erkennen, ob der Boden unter unseren Füßen eher sauer oder neutral, feucht oder trocken, tief- oder flachgründig ist.



8 Der Westliche Alpenmohn (*Papaver occidentale*) ist eine Zeigerpflanze für Kalkschutthalden in hohen Lagen.

Teil 2: Bodentypen

Auf den folgenden Seiten werden sechs in unseren Regionen vorkommende Bodentypen präsentiert, die im Botanischen Garten entweder natürlich vorhanden sind oder z. T. leicht variiert künstlich nachgebildet wurden, um darauf Pflanzen wachsen zu lassen, die an die jeweiligen Bedingungen angepasst sind. Auf der Karte auf der Rückseite der Broschüre sehen Sie, wo die verschiedenen Böden im Botanischen Garten zu finden sind. Und vielleicht finden Sie auch die eine oder andere Pflanze, die in der Broschüre erwähnt wird?



Moorboden

Merkmale

Dunkelbrauner bis schwarzer Boden mit einem sehr hohen Anteil an wenig zersetztem organischem Material. In seinem natürlichen Zustand ist der Moorboden ständig mit Wasser vollgesogen, das bis zu 97 Prozent seines Volumens ausmachen kann.

Vorkommen

Moorböden sind charakteristisch für Sumpfbereiche und Torfmoore. Aufgrund der umfangreichen Entwässerungen und des Torfabbaus im 19. und 20. Jahrhundert sind natürliche Moorböden in der Schweiz selten geworden.

- Beispiele im Kanton Freiburg: Torfmoor von Le Crêt, Moos vom Gros Mont, Düdinger Moos

Entstehung

Da der Moorboden ständig wassergesättigt ist, wird er wenig durchlüftet, wodurch der Abbau von Pflanzenmaterial stark verlangsamt wird. Die nicht oder kaum zersetzten Pflanzenfasern sammeln sich an der Bodenoberfläche in Form von Torf an. Man unterscheidet zwischen Flachmooren, die hauptsächlich mit nährstoffreichem Grundwasser versorgt werden, und Hochmooren, die nur durch die sauren und nährstoffarmen atmosphärischen Niederschläge gespiesen werden.

Vegetation

Für viele Pflanzen sind die wassergesättigten, sauren und nährstoffarmen Bedingungen des Hochmoorbodens zu extrem. Überlebenskünstler, die in diesem Milieu gedeihen, sind die Torfmoose, kleine fleischfressende Pflanzen, zahlreiche Seggenarten (*Carex* spp.) und mehrere Arten aus der Familie der Ericaceae (Heidelbeeren, Rauschbeeren, Moosbeeren).

Funktionen

Moorböden saugen das Wasser wie Schwämme auf und tragen so dazu bei, Hochwasserrisiken zu vermindern. Sie absorbieren auch Schwermetalle und sind Hotspots der Biodiversität. Doch das grösste Interesse gilt heutzutage ihrer enormen Kapazität, organischen Kohlenstoff zu speichern. Die in den vergangenen Jahrtausenden angelegten Kohlenstoffreserven machen etwa drei Viertel des atmosphärischen CO₂ aus.

Gefährdung

Im Laufe des letzten Jahrhunderts wurden Moore im Flachland grossflächig entwässert, um Platz für die Landwirtschaft zu schaffen. Diese ursprünglich sehr fruchtbaren Böden leiden heute unter dem Humusschwund sowie unter Erosion und Verdichtung. Das Verschwinden

der Moore kann durch die Wiederbewässerung und im Falle von bewirtschafteten Flächen durch eine nachhaltige Landwirtschaft gebremst werden. Pflanzenarten, die nur auf diesem Boden gedeihen, werden aufgrund der Zerstörung ihres Lebensraums seltener (z. B. Schlammsegge – *Carex limosa*). Bei der «schwarzen Erde» der Plaine de l'Orbe oder des Seelands handelt es sich um ehemalige Moore.

► Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen:

Braune Segge (*Carex nigra*)

Scheiden-Wollgras (*Eriophorum vaginatum*)

Sumpf-Blutauge (*Potentilla palustris*)



9 Düdinger Møser, FR



10 Profil eines Histosols/ Moorbodens



11 Bewirtschaftung ehemaliger, trockengelegter Flachmoore

Hydromorpher Boden

Merkmale

Hydromorpher Boden ist in der Tiefe grünlich-grau, an der Oberfläche gelblich-ocker oder rostfarben gefleckt und ist manchmal klebrig.

Vorkommen

Dieser Boden tritt im Einflussbereich von ständigem oder schwankendem sauerstoffarmem Grundwasser in der Nähe von Flüssen, Seen oder auf undurchlässigem Substrat auf.

- Beispiele im Kanton Freiburg, in der Nähe von Wasserläufen oder natürlichen Seen: Neirigue, Neuenburgersee usw.

Entstehung

Hydromorphe Böden entwickeln sich in Gebieten mit einem ständigen oder schwankenden Grundwasserspiegel. Die tieferen Bodenschichten sind ständig wassergesättigt, wodurch kein Sauerstoff eindringen kann. Näher an der Oberfläche, im Bereich des schwankenden Grundwasserstandes, wird der Boden jährlich während mehrerer Monate belüftet. Das in diesem Bodentyp reichlich vorhandene Eisen reagiert auf dieses Phänomen mit zwei unterschiedlichen Färbungen: grau-grünlich bei Abwesenheit von Sauerstoff und gelblich-ockerfarben bei Vorhandensein von Sauerstoff. An der Oberfläche kann sich Torf ansammeln, jedoch nicht so viel wie bei Moorböden, die eine Torfschicht von über 50 cm aufweisen.

Vegetation

Pflanzenarten, die auf diesem Boden gut gedeihen, sind Flachmoorpflanzen wie die Steife Segge, die Wasserminze oder das Gemeine Schilf sowie Feuchtwiesenarten. Auch Auenwälder (Weiden-, Erlen- und vor allem Eschenwälder) können diesen Bodentyp besiedeln.

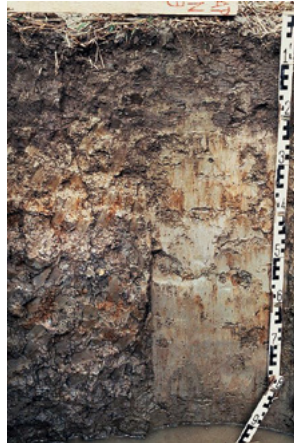
Funktionen

Hydromorpher Boden teilt viele Funktionen mit dem Moorboden: Wasserspeicherung, Wasserreinigung, Erhalt der Artenvielfalt.

Gefährdung

Jede Massnahme zur Absenkung des Grundwasserspiegels stellt eine Bedrohung für hydromorphe Böden dar. Für ihren Erhalt braucht es den Schutz, die Wiederherstellung oder sogar die Schaffung von Feuchtgebieten. Wo diese verdichtungsanfälligen Böden bewirtschaftet werden, wird die Nutzung von leichten landwirtschaftlichen Maschinen empfohlen, um den Bodendruck zu reduzieren.

- **Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen**
Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*)
Europäische Trollblume (*Trollius europaeus*)
Gewöhnlicher Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*)



12 Profil eines hydromorphen Bodens



13 Feuchtwiese in Portalban, FR



14 Die Sumpf-dotterblume (*Caltha palustris*) ist eine typische Pflanze der Niedermoore.

Rohmineralboden

Merkmale

Rohmineralboden ist ein flachgründiger, weniger als 10 cm mächtiger brauner Boden über einer festen oder fragmentierten Felsplatte aus Kalkstein oder Kreide. Aufgrund des hohen Sandgehalts und dem Vorhandensein von Gesteinselementen ist dieser Boden sehr porös.

Vorkommen

Man findet diesen Bodentyp vor allem in höheren Lagen im Alpenraum, auf frisch blossgelegten Gletschermoränen, auf Felsen, auf Bergrücken des Jura und der Voralpen und auf Schotter und Geröll.

Entstehung

Rohmineralboden entspricht in der Regel dem ersten Stadium der Bodenbildung, kann aber auch durch Erosion weiter entwickelter Böden entstehen, z. B. nach umfangreichen Rodungen oder intensiver Beweidung.

Vegetation

Da dieser Boden sehr flachgründig und porös ist, steht den Pflanzen nur ein sehr kleiner Wasservorrat zur Verfügung. In alpinen Regionen herrschen zudem schwierige klimatische Bedingungen wie niedrige Temperaturen und eine hohe Strahlung. Das führt zu einer Selektion der Pflanzenarten, die in der Lage sind, den Wasserverlust gering zu halten und der Kälte dank zahlreicher Anpassungen zu widerstehen (z. B. Polsterform, schmale und behaarte Blätter).

Funktionen

Rohmineralboden ist weder für die Landwirtschaft noch für die Forstwirtschaft geeignet. Die wichtigste Ökosystemfunktion dieses Bodentyps ist sein Beitrag zum Erhalt der Biodiversität, denn er ist ein Refugium für auf regionaler Ebene seltene Pflanzenarten, die auf diese Lebensräume spezialisiert sind.

Gefährdung

Dieser Bodentyp ist im Allgemeinen kaum Bedrohungen ausgesetzt, kann jedoch punktuell durch menschliche Einflüsse geschädigt werden, z. B. durch die Planierung von Skipisten, die Bebauung von felsigem Terrain oder das Zertrümmern von steinigem Grund zur Gewinnung von Weideflächen. Der Rückzug der Gletscher dürfte zu einer Ausbreitung dieses Bodentyps führen.

► Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen:

Berg-Hauswurz (*Sempervivum montanum*)

Frühblühender Thymian (*Thymus praecox*)

Alpenbalsam (*Erinus alpinus*)



15 Profil eines sehr flachgründigen Rohmineralbodens (2 cm)



16 Kalkfels in Höhenlage, auf dem wenig oder kein Boden aufliegt



17 Alpen-Leinkraut (*Linaria alpina*) ist eine typische Pflanze der Kalkschutthalden in Höhenlage.

Kalkbraunerde

Merkmale

Die tieferen ton- und eisenreichen Bodenschichten sind ockerbraun, während die Schichten an der Oberfläche aufgrund des hohen Gehalts an organischem Material eher schwarz gefärbt sind. Kalkbraunerde ist ein steinreicher Bodentyp.

Vorkommen

Kalkbraunerde ist in der Westschweiz und insbesondere im Jura und in den Voralpen sehr verbreitet. Dieser Bodentyp kommt in allen Höhenlagen vor und befindet sich oft auf Kuppen oder an Hängen, wo das Karbonatgestein nahe an der Oberfläche liegt.

- Beispiele im Kanton Freiburg: Voralpenweiden (z. B. Vallon des Morteys)

Entstehung

Kalkbraunerde entsteht aus Gestein, das reich an Kalziumkarbonat ist. Bei der Verwitterung des Kalkgesteins werden Eisen und Ton freigesetzt. Diese beiden Komponenten verbinden sich im B-Horizont miteinander. An der Oberfläche weist dieser Boden eine krümelige Struktur auf, die von einem guten Streuabbau zeugt.

Vegetation

Die Vegetation ist sehr vielfältig. Das gemeinsame Merkmal der auf diesem Bodentyp wachsenden Pflanzenarten ist die Toleranz gegenüber hohen Kalziumkonzentrationen (kalkliebende Arten). Im Flachland findet man auf Kalkbraunerde häufig trockene Orchideenwiesen. Auch die meisten Laubwälder können darauf gedeihen. In den Bergen ist er typisch für Trockenrasen (z. B. mit viel Kalk-Blaugras, einem kleinen Gras).

Funktionen

Die aufgrund der hohen Steindichte für die Landwirtschaft wenig attraktive Kalkbraunerde wird häufig für den Anbau von Weinreben genutzt. Ausserdem beherbergt dieser Bodentyp eine artenreiche Vegetation, unter anderem verschiedene Orchideenarten, und ist somit wichtig für den Erhalt der Biodiversität.

Gefährdung

Wird dieser Bodentyp für den Weinanbau oder landwirtschaftlich genutzt, kann er – insbesondere in Hanglagen – anfällig für Erosion sein, da konventionelle Anbaumethoden zu einem Verlust an organischer Substanz führen. Die Begrünung der Weinberge sorgt für einen guten Schutz des Bodens.

- **Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen:**
Frauschuh (*Cypripedium calceolus*)
Vielblütiges Salomonssiegel (*Polygonatum multiflorum*)
Hainlattich (*Aposeris foetida*)



18 Profil einer Kalkbraunerde in Höhenlage



19 Rebberge des Lavaux im Kanton Waadt



20 Vallon des Morteys ist ein typisches Beispiel für Kalkbraunerde in Höhenlage.

Saure Braunerde

Merkmale

Saure Braunerde entsteht aus stark eisen- und tonhaltigen Gesteinen. Sein Verwitterungshorizont (B-Horizont) weist eine typische Braunfärbung und ein polyedrisches Gefüge auf. Die Übergänge zwischen den Horizonten sind meist sehr unscharf; im Laufe der Entwicklung zeichnet sich jedoch eine immer deutlichere Horizontierung ab.

Vorkommen

Saure Braunerde über Moräne ist der typische Boden in niedrigen bis mittleren Höhenlagen des Schweizer Mittellandes. Sie ist in landwirtschaftlich genutzten Gebieten sehr verbreitet. Auch im Jura, wo das Kalkgestein von grossen Lössablagerungen (staubfeines Sediment, das während der letzten Eiszeit vom Wind transportiert und abgelagert wurde) überdeckt ist, hat sich dieser Bodentyp entwickelt. In der Westschweiz ist saure Braunerde auf leicht geneigtem Gelände der «Durchschnittsboden».

Entstehung

Bei der Verwitterung des Muttergesteins werden Eisenoxide und Ton freigesetzt, die sich untereinander sowie mit der organischen Substanz verbinden. Die Eisenoxide im Ton-Humus-Komplex verleihen dem Boden die typische braune Farbe. Durch die Infiltration von Wasser werden die an das Eisen gebundenen Tone langsam aus dem Boden nach unten transportiert (Auswaschung).

Vegetation

Die natürliche Vegetation besteht aus Laubwäldern, insbesondere aus Waldmeister- oder Hainsimsen-Buchenwäldern. Aufgrund der hohen Fruchtbarkeit dieses Bodentyps wurden die Wälder oft für die Landwirtschaft gerodet.

Funktionen

Aufgrund der grossen Mengen an Pflanzennährstoffen, der hohen biologischen Aktivität und des gleichmässigen Gefüges werden saure Braunerdeböden häufig für die land- oder forstwirtschaftliche Produktion genutzt.

Gefährdung

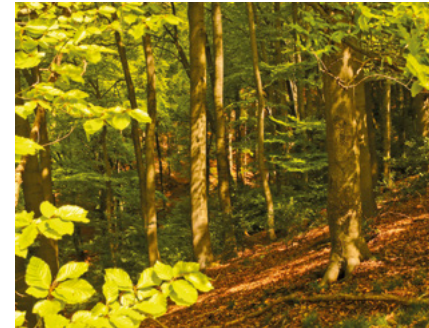
Saure Braunerdeböden sind denselben Belastungen ausgesetzt wie alle landwirtschaftlich genutzten Böden, nämlich Verdichtung, Erosion und Verstädterung.

► Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen:

- Rotbuche (*Fagus sylvatica*)
- Traubeneiche (*Quercus petraea*)
- Edelkastanie (*Castanea sativa*)



21 Profil einer sauren Braunerde



22 Waldmeister-Buchenwald in niedriger Höhenlage



23 Landwirtschaftliche Nutzung im Flachland

Podsol

Merkmale

Podsol besteht in der Regel aus mehreren Horizonten aus kontrastreichen Farben: unter einem ersten schwarzen Horizont mit hoher Humuskonzentration folgen ein hellgrauer, quarzreicher und wurzelloser Horizont, ein rötlich-dunkelbrauner Horizont und schliesslich ein saures Substrat mit Filterwirkung. Der gesamte Boden ist sehr porös und sauer.

Vorkommen

Es gibt drei Voraussetzungen für die Bildung eines Podsoles: saures Gestein, das viel Eisen und Aluminium enthält (z. B. Gneis, Granit, Quarzit), eine Vegetation mit säurebildender Streu (z. B. Nadelwald) und hohe Niederschläge (z. B. alpines Klima). Podsole kommen häufig auf kristallinem Gestein in der subalpinen Stufe der Alpen zwischen etwa 1900 und 2300 Metern vor, seltener auch im Jura und in den Voralpen.

Entstehung

Das organische Material an der Oberfläche verbindet sich mit Eisen und Aluminium und wird durch Versickerung in tiefere Bodenschichten verlagert. So entsteht eine obere aschgraue Schicht, die nur noch wenig organisches Material und Eisen enthält, und darunter eine rötliche Schicht, die im Gegenteil mit diesen zwei Bestandteilen angereichert ist.

Vegetation

Auf Podsol wachsende Pflanzen sind an einen hohen Säuregehalt angepasst und tolerieren hohe Aluminiumkonzentrationen, die für die meisten Pflanzen giftig sind. Häufig findet man auf Podsolen Arven- und Lärchenwälder oder Heiden mit Ericaceae (kleinblättrige Rauschbeere, Alpenazalee, Besenheide, Heidelbeere und Alpenrose). Durch den langsamen Streuabbau entstehen Säuren, wodurch der saure Charakter des Bodens verstärkt wird.

Funktionen

Ausser für die Beweidung sind Podsole für die Landwirtschaft unbrauchbar, da sie aufgrund des hohen Säuregehalts sehr unfruchtbar sind. Da die Konkurrenz auf diesen Böden gering ist, bieten sie ein Refugium für seltene, an die besonderen Bedingungen angepasste Pflanzen.

Gefährdung

Jede in alpinen Gebieten errichtete Infrastruktur – sei es für die touristische Nutzung oder für die Energieproduktion (z. B. Stauseen) – stellt eine Bedrohung für den Boden dar. Dies ist besonders problematisch für die Podsole im Jura und in den Voralpen, wo dieser Bodentyp sehr selten ist.

- **Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen:**
 Rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*)
 Schwarze Krähenbeere (*Empetrum nigrum*)
 Echte Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*)



24 Profil eines Podsoles



26 Die Besenheide (*Calluna vulgaris*) wächst nur auf saurem Boden.



25 Lärchen- und Arvenwald im Wallis

Anthropogener Boden

Merkmale

Anthropogener Boden ist ein vom Menschen hergestellter oder stark veränderter Boden. Er enthält oft Artefakte (z. B. Hausmüll, Schlamm, Schutt, Industrieabfälle) oder Aushubmaterial.

Vorkommen

Man findet diesen Bodentyp in einem Grossteil der städtischen Böden sowie in ehemaligen Mülldeponien, Industrie-Abfallhalden, Dachbegrünungen und archäologischen Stätten. Ein Teil der landwirtschaftlichen Böden, insbesondere intensiv genutzte Böden, die tief gepflügt und stark mit Düngemittel angereichert werden, gelten ebenfalls als anthropogene Böden.

Entstehung

Der Entstehungsprozess anthropogener Böden variiert je nach Herkunft des eingebrachten Materials (anthropogen oder natürlich), der Art und Weise, wie dieses entnommen wurde, und den Bedingungen der Materialeinbringung (z. B. Verdichtung). Auch wenn der Ursprung dieser Böden immer anthropogen ist, wird ihre Entwicklung von denselben Parametern wie die natürlichen Böden (z. B. Topographie, Exposition, Höhenlage und Bodennutzung) beeinflusst.

Vegetation

Die floristische Zusammensetzung anthropogener Böden wird hauptsächlich durch die Gestaltung der städtischen Grünflächen oder die verwendeten Anbautechniken und nur wenig durch die Art des anthropogenen Bodens beeinflusst. In städtischen Parks findet man häufig trittresistente Pflanzen mit flachen Wurzeln, die nährstoffreiche Böden bevorzugen (z. B. Löwenzahn, Weissklee, Gänseblümchen).

Funktionen

In städtischen Gebieten ist der anthropogene Boden für die Wasserspeicherung, die Verringerung des Oberflächenabflusses, die Filterung von verschmutztem Wasser und die Wärmeregulierung von entscheidender Bedeutung. Bei entsprechender Pflege kann er auch eine gewisse – sowohl ober- als auch unterirdische – Biodiversität beherbergen. Ein Beispiel hierfür sind die orchideenreichen Trockenrasen auf Autobahnböschungen.

Gefährdung

Da die Urbanisierung rasant voranschreitet, dürften anthropogene Böden nicht seltener werden. Die Bodenschutzbestimmungen setzen heute einen recht strengen Rahmen für die Bildung solcher Böden, auch bezüglich der Maximierung ihrer Funktionen.

- **Im Botanischen Garten vorhandene Zeigerpflanzen:**
 Mehrjähriges Gänseblümchen (*Bellis perennis*)
 Gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinale*)
 Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*)



27 Profil eines anthropogenen Bodens



29 Mit Gras bewachsener Boden in der Stadt Genf



28 Anthropogener Boden unter einer Teerschicht

Impressum

Bibliografie:

- Baize D., Girard M.C., Beaudou A. G., Poss R. (2008).
Référentiel pédologique. Versailles: Quae, 2009. (Savoir Faire).
- Favre Boivin, F. & Bullinger, G. (2020).
Kursmaterial: Introduction aux sols.
- Gobat, J.-M., Aragno, M., Matthey, W. (2010).
Le sol vivant. 3. Auflage. PPUR.
- Gobat, J.-M., Guénat, C. (2019). Sols et paysages. Types de sols,
fonctions et usages en Europe moyenne. 1. Auflage. EPFL Press.
- Laiho, R., Laime, J., Vasander, H. (1996).
Northern peatlands in global climatic change. Publ. Acad. Finland 1/96.
- Zanella, A. et al. (2001). Humus forestali.
Edizioni Centro di Ecologia Alpina

Internetquellen:

- <https://www.agrihebdo.ch/dossiers/favoriser-les-microorganismes>
- <https://agriculture-de-conservation.com/Les-vers-de-terre-veritables.html>
- <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung/bodennutzungswandel.html>
- <https://www.soils.org/about-soils/basics/>

Konzept:

Magali Matteodo (Mitarbeiterin, HTA-FR/HES-SO), Fabienne Favre Boivin (Professorin, HTA-FR/HES-SO); Yann Fragnière (Botanischer Garten der Universität Freiburg); Antoine Butty, Hugo Jeanneret und Arnaud Monnier (ehem. Studierende der HTA-FR/HES-SO)

Realisierung und Texte:

Magali Matteodo (HTA-FR/HES-SO); Antoine Butty, Hugo Jeanneret, Arnaud Monnier (ehem. Studierende der HTA-FR/HES-SO)

Übersetzung:

Christine Aebischer (HTA-FR/HES-SO)

Lektorat:

Wolfgang Sturny; Jean-Pierre Clément

Gestaltung und Layout:

wapico ag, Freiburg

Druck:

UniPrint, Freiburg

Fotos:

- 1 Tomáš Kebert & umimeto.org, Creative Commons
- 2 Zanella, A. et al. Humus forestali. Edizioni Centro di Ecologia Alpina. 2001 (bearbeitet).
- 3 Wikipedia, Solum, Creative Commons
- 4 Rauschenberger, Creative Commons
- 5 Volker Prasuhn, 2009, Kanton Bern. Wikipedia, Creative Commons
- 6 swisstopo
- 7 swisstopo
- 8 Gregor Kozłowski, Botanischer Garten der Universität Freiburg
- 9 HTA-FR, J. Studer
- 10 Laboratoire de pédologie EPFL. Entnommen aus: Gobat, J.-M. et Guénat, C. Sols et paysages. EPFL Press. 2019, S. 217
- 11 Admiral_Lebioda sur Pixabay
- 12 BAFU (Hrsg.) Bellini E. 2015: Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1508.
- 13 J.-M. Gobat. Entnommen aus: Gobat, J.-M. et Guénat, C. Sols et paysages. EPFL Press. 2019, S. 386
- 14 Botanischer Garten der Universität Freiburg
- 15 HTA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 16 HTA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 17 HTA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 18 HTA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 19 Patrick Denoréaz, 2007. Vignes du Lavaux. Wikipedia, Creative Commons
- 20 HTA-FR, M. Matteodo. Vallon des Morteys, FR
- 21 HTA-FR, G. Bullinger
- 22 Ökologix, 2013, Rotbuchenwald im Staatsforst Burgholz, Creative Commons
- 23 Grangeneuve, Staat Freiburg, 2018, www.fr.ch/de/grangeneuve/beratung-und-expertisen/versuchsresultate
- 24 HTA-FR, G. Bullinger. St.-Luc, VS, 2006
- 25 J.-M. Gobat. Entnommen aus: Gobat, J.-M. et Guénat, C. Sols et paysages. EPFL Press. 2019, S. 346
- 26 Botanischer Garten der Universität Freiburg
- 27 HTA-FR, G. Bullinger. Plainpalais, Genève
- 28 HTA-FR, H. Jeanneret. Le Locle
- 29 HTA-FR, G. Bullinger. Plainpalais, Genève



- Saure Braunerde
- Anthropogener Boden
- Rohmineralboden
- Podsol
- Kalkbraunerde
- Moorboden / Hydromorpher Boden