Bodenbildung

Bodenbildungsprozesse

Das nebenstehende Foto aus dem Raum St. Blasien zeigt uns anschaulich, wie ein *Rohboden* entsteht.

Wenn man hier bei der Info-Station “Bodenkunde” ein Loch in die Erde graben würde, sähe es ähnlich aus:

Auf dem felsigen *Gesteinsuntergrund* liegt eine dünne Schicht von *Pflanzenmaterial* (Blätter und Nadelstreu), welches langsam verrottet. Gleichzeitig verwittert und zerteilt sich das Gestein bis zu kleinen Körnern. So unscheinbar dieses Erdloch zunächst erscheint, so sind doch an ihm auf einen Blick die *beiden Ausgangsmaterialien des Bodenbildungsprozesses* anzuschauen:

Zum einen ist es die *Bodenauflage* aus verwelkten und abgestorbenen Pflanzen, die sich langsam *von oben nach unten* zersetzt und so *absteigend* zu Erde wird, und auf der anderen Seite der mineralische *Gesteinsuntergrund,* der verwittert und dessen kleine, zerfallene Gesteinsteile von *unten aufsteigen.* Die nebenstehende Tabelle zeigt diese beiden *gegenläufigen Bodenbildungsprozesse* und ihre *Verbindung* in der Mitte.

Vom ”guten” Boden

Ein *guter* (das heißt fruchtbarer) Boden entsteht jedoch erst dann, wenn beide Anteile des Bodenbildungsprozesse *miteinander verbunden* werden und aus zersetztem, absteigendem organischem Material und den mineralischen Verwitterungsprodukten *etwas Neues* und Drittes entsteht:

Beide Bodenschichten *vermischen* sich miteinander, sie werden durch die Tätigkeit der *Bodenlebewesen* ”ineinander” gearbeitet. Chemisch gesehen entstehen dabei aus den *Huminsäuren* des zersetzten organischen Materials und den *Tonmineralien* des verwitterten Gesteinsuntergrundes neue komplexe gelartige Verbindungen, in denen die vielen organischen und mineralischen Stoffpartikel zu einem ”*organo-mineralischen Komplex*” vernetzt werden. Der dabei entstehende ”*Mull-Humus*” besitzt außerordentlich große Fruchtbarkeit, er ist feucht und krümelig. Die meisten Stoffe befinden sich im Mull-Humus weder im flüssigen noch im festen (bzw. kristallinen) Zustand, sondern in einer *dazwischenliegenden ”gelartigen”* Form. In dieser ”Gel-Form” ist der Boden zum einen leicht und krümelig und damit gut bearbeitbar, zum anderen sind die Bodenteilchen ”miteinander verklebt” und hängen so fest zusammen, daß dieser Mull-Humus in sich stabil bleibt und sich anreichern kann.

Bei der *Mull-Humusbildung* ist der *biologische Aspekt der wichtigste:* Das *Ineinanderarbeiten* der beiden Ausgangsmaterialien geschieht durch die *Bodenlebewesen:* Pilze, Bakterien und die vielen Bodentiere. Es sind sowohl unsichtbare, sehr kleine, als auch gut erkennbare und bekannte Lebewesen, wie zum Beispiel der Regenwurm, welche mineralische Verwitterungspartikel und organische Auflage *chemisch aneinanderbinden* – zum großen Teil dadurch, daß sie *beide Bestandteile als Nahrung* aufnehmen und in dieser verbundenen Form wieder ausscheiden. Wir werden diese vielen ”Bodenarbeiter” noch auf der Tafel ”Der Boden lebt” näher kennenlernen.

Die Bodenfruchtbarkeit ist also abhängig von der humusbildenden Tätigkeit der Bodenlebewesen.

Bodenbildung als Tätigkeit der lebendigen Erde

Die *Bodenstofflichkeit* ist eine wichtige *Grundlage* für die Entfaltung des *Lebens* – aber der Aufbau der fruchtbaren *Bodenschichten* geschieht wiederum durch die *Tätigkeit von Lebewesen*.

Ähnlich ist es beim Klima: Temperatur und Wasserwirkung (v.a. Niederschläge) beeinflussen als bedeutende Faktoren die Bodenbildung – aber die ”stoffebewegende Tätigkeit” (Stoffwechsel) der Lebewesen bestimmt wiederum das Klima, wenn man z.B. an die Wasserverdunstung und Sauerstoffatmung des Pflanzenkleides der Erde denkt.

Die ”Erde auf der Erde”

Wir benutzen den gleichen Namen ”Erde” sowohl für die ganze Erdkugel, wie auch für den Boden als ihre oberste dünne Schicht, die der *Träger des Lebens auf der Erde* ist. Von ihr ernähren sich die Pflanzen und damit wiederum Tiere und Menschen. Denkt man sich ein Getreidefeld über einem Urgesteinsboden, so werden durch die Gesteinsverwitterung und die Bildung fruchtbaren Bodens tatsächlich ”Steine zu Brot” verwandelt.

Die besondere Bedeutung des Bodens für das Leben der Menschen drückt sich auch in den ähnlichen Worten *”Homo”* (lat.) bzw. ”Gomo (althochdeutsch) für ”Mensch” und *”Humus”* für ”Erdboden” aus – *alle drei Worte haben dieselbe indogermanische Sprachwurzel*. Auf hebräisch heißt ”Adam = Mensch” und ”Adamah = Ackerboden”.

Einen ”guten Grund zu haben” ist für uns die wichtigste logische Aussage und auch in der Praxis “stehen wir gerne auf *festem Grund und Boden*”.

In der Bibel werden wir darauf hingewiesen, daß wir, was unsere körperliche Existenz betrifft, letztlich aus Erde gemacht sind und wieder zur Erdenstofflichkeit zurückkehren.

Die lebenspendende Fruchtbarkeit der Böden war die Grundlage der alten Hochkulturen – so ist z.B. die Kulturblüte Ägyptens nicht ohne die landwirtschaftliche Basis des fruchtbaren Nilschlammes und der entsprechenden Bewässerungssysteme zu denken.

Niedergang und Verlust der Bodenfruchtbarkeit läßt Kulturen zerfallen (z.B. Rom) und führt zu Hungersnöten, Auswanderungen und Eroberungskriegen.

Bis in die Gegenwart hängen so die Entwicklungsmöglichkeiten des größten Teils der Menschheit unmittelbar von der Erhaltung guter, lebendiger Böden ab.

Der Boden im Profil und seine Horizonte

Einen seitlichen, d.h. vertikalen Anschnitt des Bodens (möglichst bis auf seinen Gesteinsuntergrund) nennt man ein **”Bodenprofil”.**

Die verschiedenfarbenen Schichten bzw. Zonen in diesem Profil werden als **”Horizonte”** bezeichnet.

Die Vielfalt der Böden begründet sich in ihren unterschiedlichen Horizonten und deren jeweiliger Ausbildung.

Die meisten Bodentypen lassen eine bestimmte *Folge von Horizonten* erkennen, welche eine allgemeine Einteilung ermöglicht (siehe nebenstehende Tabelle beim Braunerde-Profil).

Die wichtigsten Bodenhorizonte sind:	**Kleinbuchstaben charakterisieren die Horizonte zusätzlich:**
L = Unzersetzte Streu, Rohhumusauflage	**Ah = Humoser Oberboden**
A = Oberboden	**Ae = Auswaschungshorizont (e = eluvial)**
B = Mittlerer Bodenhorizont	**Al = An Ton verarmter Horizont (l = lessiviert)**
C = Mineralischer Gesteinsuntergrund.	**Bfe = Anreicherung Eisenhydroxide**
T = Torfschicht	**Bsh = Anreicherung Sesquioxide und Huminstoffe**
G = Grundwasserhorizont	
S = Staunässebeeinflußter Horizont	**Bt = Tonsubstanz**
Go = Oxydationshorizont im Grundwasser	**Cca = Calcium – Anreicherung**
Gr = Reduktionshorizont im Grundwasser	**Cv = Verwitterter Gesteinsgrund**

So wie auf dem Foto (R. Jahn) könnte es auch hier bei der Info-Station “Bodenkunde” aussehen, wenn man ein Loch graben würde: Auf dem verwitternden Fels liegt eine dünne Auflage von sich zersetzenden Pflanzenresten (Streu, Blätter), aus denen eine erste Humus-Schicht entsteht.

Ein solcher, im Entstehen begriffener Boden wird **”Ranker”** (österr. Rank = Berghang) genannt. Die dünne Auflage von Moder und Rohhumus ist bereits so fruchtbar, daß kräftige Bäume wachsen können.

Dieses Foto (R. Jahn) vom Steinbruch Glashofsäge (westl. St. Blasien) zeigt, wie massiv vielerorts der *Fels dicht unter dem Boden ansteht*. Das Gestein hat noch dichten Einfluß auf die Vegetationsdecke – so kann man westlich St. Blasien die Grenze zwischen dem Grantityp St. Blasien und dem ärmeren Bärhalde-Granit am Pflanzenwuchs des Waldbodens ablesen.

Das Foto zeigt eine zusätzliche Variante der Bodenbildung: die aufliegende *Erdschicht* stammt nicht aus dem vor Ort verwitterten bzw. zersetzten Material, sondern aus lehmigem Moränenschutt, den die Gletscher dorthin geschoben haben.

Prozesse

Zersetzung organischer Substanz. *Absteigend Humusbildung.*

Vermischung und *Verbindung* von Humus und Ton zu Komplexen

Tonbildung (Lehm) Aufsteigend. Verwitterung des Grundgesteins.

Braunerde-Boden unter einer Viehweide in 1200 m Höhe am Feldberg (Foto R. Jahn). Humose Oberbodenschicht (Horizont Ah) von 40 cm, darunter B-Horizont bis 80 cm Tiefe mit angereichertem *Lehm (Ton) aus Verwitterung*. Am Bildrand unten zersetzte Gesteinspartikel von Paragneis, dem felsigen Untergrund. Die *gefleckte Struktur in der Mitte* zeigt sehr schön wie Humus und Tonerde ineinander gearbeitet werden und so eine stabile Verbindung eingehen:

Die *großen Flecken* in der Mischungszone gehen auf Viehtritt (bei Nässe) zurück – kleinere Bodenlebewesen übernehmen dann die chemische Umsetzung und *Verbindung von Huminstoffen und sekundären Tonmineralien.*

Das Foto (R. Jahn) zeigt einen Bodentyp, wie er hier *unten an der Murg*, in den moorigen Feuchtwiesen oder auch in Quellmulden am Hang bei einem Anschnitt sichtbar würde: *Oben* liegt eine dunkle, fast *schwarze* Schicht aus *Niedermoor-Torf*. Als ”Torf” bezeichnet man organische Pflanzenreste, die sich in der Nässe schlecht zersetzen und z.T. konserviert erhalten bleiben.

Der *Unterboden* als helle, fast *weiße* Schicht zeigt ebenfalls Wasserwirkung:

Der dauernd hohe *Grundwasserspiegel* (oder auch Stauwasser aus Hang-Quellen) hat den *Boden ausgewaschen*, so daß nur der helle Gesteinsgrus übrig bleibt. Diese Farbverteilung *zeigt auch die Murg selbst* in ihrem Bachbett mit *dunklen torfigen Ufern* und dem *hellen ausgewaschenen* Bachboden.

Bodentypen

Wie beschrieben, sind die *Bodentypen* durch ihre *Horizonte* charakterisiert.
Gute Böden enthalten viel *Mull-Humus* - ein Zeichen dafür, daß die beiden genannten auf- und absteigenden Prozesse im *Gleichgewicht* stehen:
Von oben der Abbau organischer Stoffe und *von unten der Aufstieg* von Verwitterungsprodukten des mineralischen Untergrundes. Die Bodenlebewesen besorgen das *Ineinanderarbeiten* der beiden Prozesse zu *Humus-Tonmineral-Komplexen*.

Die Verschiedenartigkeit der Bodentypen als Folge einseitiger Prozesse:

Im Gegensatz zu einem solchen "mittleren", d.h. *im Gleichgewicht stehenden Boden*, ist bei den meisten anderen Bodentypen jeweils *einer der beiden Prozesse vereinseitigt* bzw. dominierend: Entweder sind es Böden, bei denen einseitig die *absteigende* Stoffverlagerung (Auswaschung von Humus, Ton, Eisen etc.) vorherrscht - oder es sind solche, bei denen der polare Prozeß von *Aufstieg* und Anreicherung von Mineralsalzen dominiert.

Diese *Vereinseitigungen* jeweils eines der beiden Prozesse sind Folgen der Einflüsse von *Wasser* und *Wärme:*

In *niederschlagsreichen* Gebieten werden die Oberböden *ausgewaschen* und so die Huminstoffe mit den Mineralien in tiefere Horizonte verlagert. In *wasserarmen* Gebieten (z.B. Wüsten) ist dagegen die einseitige Verdunstung so intensiv, daß mineralische Verwitterungsprodukte (Salze) bis in die oberen Bodenschichten gezogen werden und sich dort *anreichern.* Dies kann bis zur Salzkrustenbildung auf der Erdoberfläche führen.

Die kurze schematische Zusammenfassung gibt einen Überblick über diese Gliederung der Bodentypen:

Bleicherde-Böden

Auswaschung und Abstieg von Huminstoffen:

Dominanz von Auswaschungsprozessen.

Nordeuropa und niederschlagsreiche Gebirge, Nadelwald und Heiden.

Podsol-Bleicherde u. Para-Braunerde (= Lessivé)

pH = sauer

Mull-Humus-Böden

Bildung von stabilen Humushorizonten und Humusanreicherung durch:Verbindung von Huminstoffen, Verwitterungsmineralien und Tonerden.Gleichgewicht von Abbau und Anreicherung.

Schwarzerde-Böden Rußlands (Tschernosem) und der Prärien Nordamerikas. Braunerde-Böden Mitteleuropas.
pH = neutral

Mineralsalz-Anreicherungsböden

Bei überwiegender Verdunstung: Aufstieg von mineralischen Verwitterungsprodukten in die oberen Schichten.

Dominanz von Anreicherung, ggf. Versalzung und Verkrustung.

Wüsten ("aride Zone") Seroseme = Wüstenböden; Solontschak = Salzboden; Kalkkrustenboden.

pH = alkalisch

Bodenformen der Erde, von Nord nach Süd

In den **Polargebieten** existieren am Nordrand der Tundra noch *keine echten Böden.* Hier findet sich *Frostschutt* (durch Eiswirkung gesprengtes und zerkleinertes Material), ähnlich wie im Hochgebirge.

Die *Tundra* selbst besteht - rings um den Nordpol in den arktischen Gebieten von Skandinavien, Sibirien und Kanada - auf riesigen Flächen aus einem Gürtel von *Hochmooren.* Auf diesen Moorgürtel folgt die *Taiga* der Nadelwälder mit ihren armen *"Bleicherde-Böden"* (Podsol), bei denen die Wasserwirkung (Schnee, Regen) die oberste Bodenschicht auswäscht und ausbleicht.

In Mitteleuropa herrschen die verschiedenen Typen der *Braunerden* vor. An besonders nassen Standorten finden wir *Gley-* (Grundwasser-) und *Pseudogley-* (Stauwasser-)Böden. Über Kalkgestein entwickeln sich sogenannte *Rendzinaböden* (s. Farbtafel). Die Vegetation auf den Braunerdeböden bestand ursprünglich aus Laubwäldern.

Reste von fruchtbaren **Steppenböden** finden sich auch in Mitteleuropa, ihre Hauptverbreitung liegt aber vor allem in den riesigen *Steppengebieten Rußlands* und in den *Prärien* Nordamerikas. Bei diesen Böden finden wegen der geringeren Niederschläge (Steppenzone!) kaum Auswaschungsprozesse statt und auch keine nennenswerten Mineral- bzw. Salzanreicherungen. Vielmehr bilden sich aus den großen Mengen von Steppengräsern *hohe schwarze Humushorizonte* (daher der russische Name "Tschernosem" = Schwarzerde). Es ist der Reichtum an *Bodentieren,* welcher die Huminstoffe aus der Zersetzung der Steppengräser mit den Tonmineralien des Untergrundes zu den humusreichsten und fruchtbarsten Böden der Erde verbindet. (Siehe Info-Station Landwirtschaft: "Vom Ursprung der Bauerntums in der Steppe".)

Rußland spielt eine besondere Rolle: Hier ist sehr schön die *Zonierung* der Böden ausgebildet: von Tundra und Nadelwaldtaiga mit Moor und Podsol über Braunerden der Laubwälder und Schwarzerdesteppen bis hin zu Salzwüstenböden. Die Bodenforschung hat hier hervorragendes Anschauungsmaterial und so kommt es, daß viele Böden klangvolle russische Namen tragen.

Der typische Boden des **Mittelmeergebietes** ist die *Roterde ("Terra rossa")* aus verwittertem Kalkgestein, bei welchem durch Auflösung der Carbonate und Freiwerden der verschiedenen *Eisenoxide* eine an Rost erinnernde *Rotfärbung* eintritt.

In den **Passatbreiten** befindet sich rund um die Erde auf den meisten Kontinenten ein Wüstengürtel, bei dem *aufsteigende* Verdunstungsprozesse in den Böden so überwiegen, daß es schließlich zu *Salzanreicherungen* an der Oberfläche kommt. Mit dem russischen Namen "Solontschak" werden Salzböden bezeichnet, als "Solonez" Natriumböden.

In den **Tropen** finden wir Böden mit einem *sehr hohen Alter.* Sie haben keine eiszeitlichen Bedeckungen getragen, wie es bei unseren Böden der Fall ist. Die verschiedenen tropischen *Rot- und Gelberdeböden* ("Latosole") erhalten ihre charakteristische Farbe durch die Anreicherung der Verwitterungsprodukte Eisen- und Aluminiumoxide; diese bleiben übrig, wenn in den *Regenzeiten* die Silikate und Kationen ausgewaschen werden. In den *Trockenzeiten verhärten* dann die Eisen- und Aluminiumoxide zu festen Schichten. Dieser Verhärtungsprozeß wird *"Laterisierung"* genannt. Durch die hohen Niederschläge werden sowohl der Humus wie auch die löslichen mineralischen Bestandteile ausgewaschen, so daß die immensen und komplexen Lebensprozesse der Tropenwälder *kaum in Beziehung zum Boden* stattfinden, sondern in den Stockwerken der Urwaldvegetation *darüber!* Brennt man die Tropenwälder nieder, so ergeben sich im Boden kurzfristig zwar *Düngeeffekte durch die fruchtbare Asche, danach tritt jedoch sehr bald die irreversible* Laterisierung ein.

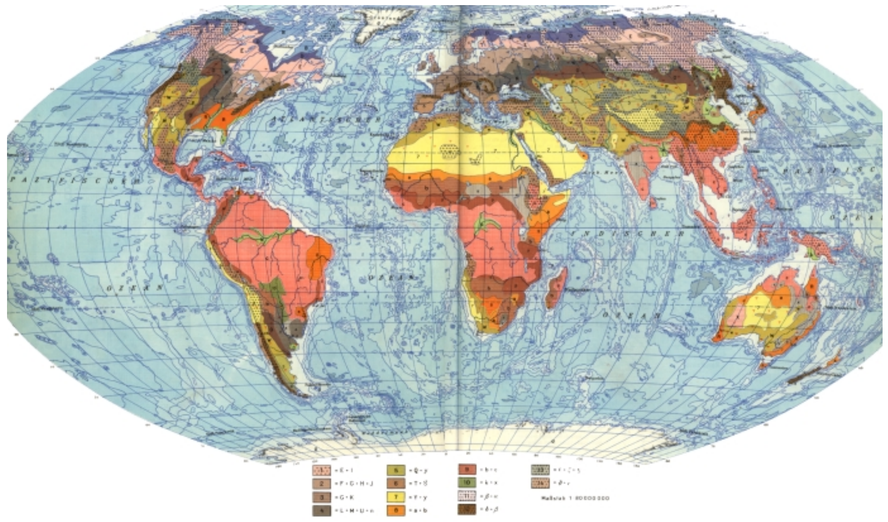
Zusammenfassung "Böden der Erde":

Zwischen den Rohböden, Mooren und Bleicherden der *polaren Breiten* (mit ihrer Dominanz von Auswaschungsprozessen) und den Salzwüsten und Lateritböden *der Tropen* (mit ihren Mineralanreicherungs- und Verhärtungshorizonten) finden sich in *unseren Breiten* Böden mit guter Tonbildung und intensiver Humusbildung als mittlerem Prozeß.

Die folgende Tabelle kombiniert die systematische Anordnung der Böden nach Zonen ("Nord – Süd") mit der Zusammenstellung nach den prägenden Prozessen der Bodenentstehung ("morphogenetische Klassifikation").

Lithomorphe Böden (Lithos = Gestein bestimmt Böden)			**Klimaphytomorphe Böden** (Klima und Vegetation gestalten Böden)			**Hydromorphe Böden** (Wasserwirkung gestaltet Böden)		
(A)-C-Böden (Rohböden)	A-C-Böden aus Silikatgestein	A-C-Böden aus Carbonatgestein	Gemäßigte Klimabereiche	Tropische und subtropische Klimabereiche		Stauwasser-böden	Grundwasser-böden	Moore
Syrosem russ. "Rote Erde". Festgestein -=Lithosol. Lockergestein - = Regosol.	Ranke. Pelosol. Vertisol = tonreich.	Rendzina. Pararendzina auf Mergel = tonreich	Podsol-Bleicherde. Parabraunerde = "Lessivé". Tschernosem -= Schwarzerde	Mittelmeer (Carbonatgestein) Tropen (Silikatgestein) Wüstenböden (Seroseme)	Terra rossa/Terra fusca (Kalk/Ton) Latosol/Plastosol.– Roterde/ –lehm. Solontschak = Salzboden.	Pseudogley	Gley Marsch Aue	Niedermoor. Hochmoor

Die Böden der Welt



Polarregion

Frostschutt (A)
Tundragleyböden (B)
Gley-Podsole (D)

Mittlere Breiten

Taiga- u. Podsolböden (E, 11)
Rasenpodsole u. Parabraunerden (2)
Parabraunerden u. Braunerden (3)
Graue Waldböden u. ausgelaugte Schwarzerden (4)
Schwarzerden d. Steppen (N)
Kastanienfarbene Böden der Trockensteppen (O)
Braune Halbwüstenböden (P)

Subtropen

Graubraune Wüstenböden u. Dünen (5)
Halbwüstenböden d. Trockensteppe (W)
Gebirgs-Steppenböden u. Graue Gebirgswaldböden (13)
Gebirgs-Trockenwald- u. Halbwüstenböden (14)
Wüstenböden u. Dünen (7)

Tropen

Braune u. Rotbraune Böden der Dornsavannen (a, 8)
Rotbraune und Rote Böden der Trockensavannen (b, 8)
Lateritische Böden (c)

Die Böden in Europa

In polaren und subpolaren Regionen bilden sich über gefrorenem Untergrund vor allem **Tundragleyböden** (B) sowie in der nördlichen Taiga Eurasiens **Moor-Podsolböden** (D) aus.

In der mittleren Taiga schließen sich **Podsolböden** (E) an, die in der südlichen Taiga in **Rasenpodsolböden** (F) übergehen.

In der Laub- und Mischwaldzone finden sich **Parabraunerden** (G) und **Braunerden** (K), in höheren Lagen **Braune Gebirgswaldböden** (δ).

Ausgelaugte Schwarzerden (M) bilden sich in den Waldsteppen Eurasiens aus, **Schwarzerden** (N) in den offenen Steppen.

Diese wandeln sich in den Trockensteppen zu **Kastanienfarbenen Böden** (O), **Braunen Halbwüstenböden** (P) und **Graubraunen Wüstenböden** (Q).

In Trockengebieten finden sich **Dünen und Flugsandfelde**r (y) sowie **Alkaliböden** (s) und **Salzböden** (t)

Die Böden im Südschwarzwald

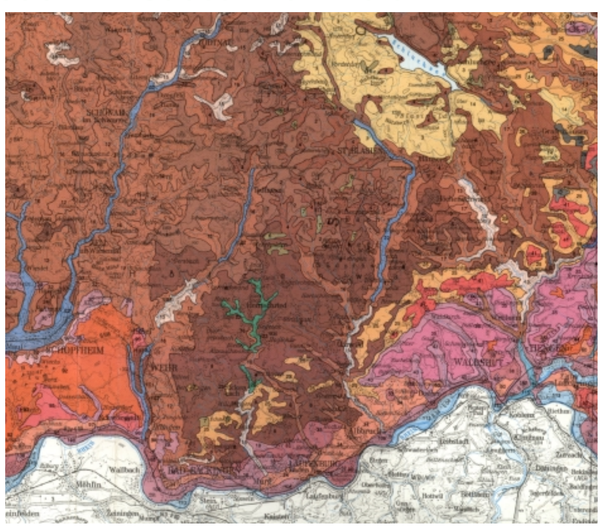
Die Karte zeigt einen Ausschnitt aus der "Bodenkarte Baden-Württemberg" des Geologischen Landesamtes.

Im hochmontanen, montanen und submontanen Bereich sind **humose Braunerden** (Nr. 1, 8) und **podsolige Braunerden** (Nr. 3, 17) die vorherrschenden Bodentypen. **Hochmoor- und Niedermoorböden** finden sich im Hochschwarzwald in Hohlformen des würmzeitlichen Vergletscherungsgebietes (Nr. 6,7).

Auffallend ist die Häufung von **Niedermoorböden in der Aue des oberen Murgtales** (Nr. 23); sonst herrschen Gleyböden in den Talauen vor (Nr. 22).

Auf der Südabdachung des Hotzenwaldes haben sich über lößbedecktem Untergrund oft **Parabraunerden** gebildet (Nr. 34).

Rendzinaböden finden sich über Kalkgestein vor allem im Wutachgebiet.



Tangelrendzina aus den Kalk-Alpen

Profilaufbau:

Ao	**0-23 cm Rohhumusauflage ("Tangel")**
Ah	**23-33 cm Humushorizont (humoser, toniger Lehm)**
Ca	**33-45 cm Kalkanreicherungshorizont (Verwitterung)**
C	**45-120 cm Dolomit (Grundgestein)**

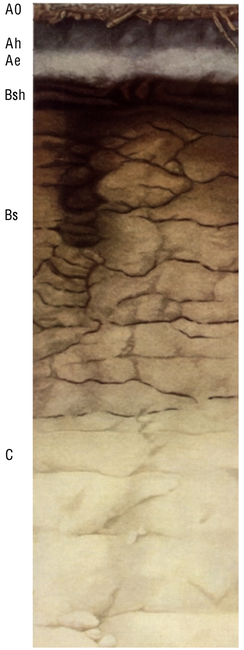
Der Name *"Tangel"* (österr.) bezeichnet die hohe *Rohhumusauflage* des nur langsam und schlecht verrottenden Pflanzenmaterials aus gerbstoff- und säurereichen Zwergsträuchern, Heiden und Nadelbäumen.

Die große *Niederschlagsmenge* und die niedrigen Temperaturen *hemmen* zusätzlich die Zersetzung.

Trotz hoher Niederschläge kommt es jedoch *nicht* zur Auswaschung von Humus und Mineralien, da der Regen die *Verwitterung des Ausgangsgesteins* Dolomit ($CaCO_3$ und $MgCO_3$) beschleunigt – der gelöste *basische Kalk* wird durch die Bodentiere nach oben transportiert, er *wirkt puffernd* und stabilisierend bis in den sauren Rohhumus hinein.
So kann sich unter der Rohhumusauflage ein guter *Mull-Humus*-Horizont bilden. Im *Kalkverwitterungshorizont* findet eine intensive Kalkanreicherung statt, welche die Humus- und Tonbildung darüber noch verbessert und stabilisiert.

Weiterentwicklung der *Tangelrendzina* zu *Rendzina* und evtl. *Braunerde* ist möglich.

Eisen-Humus-Podsol



Profilaufbau:

A0	**0-2 cm Faseriger Rohhumus**
Ah	**2-8 cm Humoser Sand**
Ae	**8-13 cm Bleichhorizont; hellgrauer, ausgewaschener Sand**
Bsh	**13-20 cm Eisenhumus-Ortstein; Anreicherung von Eisen, Oxiden, Mineralen u. Humus**
Bs	**20-70 cm Sand mit Orterde-Bändern; Anreicherung von Sesquioxiden**
C	**70-120 cm Sand**

Charakteristischer Boden unter Nadelwaldtaiga, Heiden und Beersträuchern – diese Vegetation ist gerbstoff- und säurereich und *schwer verrottbar.* Sie bildet die *Rohhumusauflage.*

Das kühle und niederschlagsreiche Klima hemmt zusätzlich die Verrottung und der *Regen wäscht* aggressive organische *Säuren aus* dem Rohhumus, welche wiederum im Oberboden Ton- und Mineralverbindungen zersetzen, insbesondere Eisen- und Aluminiumoxide und Phosphor mobilisieren und auswaschen. Die hellen, *aschefarbigen Bleichhorizonte* (Ae) geben dem Podsol den Namen – durch die *Auswaschungsprozesse* fehlen hier fast alle kittenden verbindenden Stoffe, so daß der Bleichhorizont Einzelkorngefüge (v.a. Sand) besitzt.

Da das *Ausgangsgestein* meist zusätzlich basenarm ist, kann es die Auswaschungs- und Säurewirkungen nicht kompensieren (so z.B. Granit, Gneis und Buntsandstein im Schwarzwald – oder in Skandinavien, Sand in Norddeutschland). *Es sind also die drei Faktoren Klima, Vegetation und Gestein,* welche i.d.R. *zusammen die "Podsolierung" bewirken.*

Die ausgewaschenen Minerale und Huminstoffe werden im *Anreicherungshorizont* (Bsh) wieder ausgefällt, sie akkumulieren dort und führen zu neuen Verbindungen. Die Konzentration von Eisen- und Aluminiumoxiden führt zu deren Krisallisation – sie verbacken miteinander zu "*Orterde-Bändern*" und z.T. zu "eisenhartem Ortstein", den die Pflanzenwurzeln nicht mehr durchwachsen können.

Parabraunerde auf eiszeitlichem Fluß-Geröll

Profilaufbau:

Ah	**0-3 cm Humushorizont**
Ah-Al	**3-10 cm Übergangshorizont**
Al	**10-35 cm Tonverlagerungs- (Ausschlämmungs-) Horizont**
Bt	**35-60 cm Tonanreicherungshorizont**
Bv	**60-70 cm Verwitterungshorizont**
Ca	**70-100 cm Kalkanreicherung**
C	**100-120 cm Ausgangsgestein**

Para-Braunerden entstanden in unseren Breiten meist unter *Laubwald* mit einem entsprechend guten Humushorizont (Ah).

Hohe Niederschläge und versauernde Vegetation (Nadelholz, Heide, Zwergsträucher) führen zur *Ausschlämmung der Tonminerale.* Diese Tonverlagerung führt zur Hellfärbung (Fahlwerden) des Al-Horizonts – daher trägt die Parabraunerde auch den französichen Namen "Lessivé" (= Fahlerde).

Im Unterschied zum Podsol werden die *Tonminerale* bei der Auswaschung *nicht* zerstört, sondern nur mit dem Sickerwasser *verlagert.* Im *Tonanreicherungshorizont* (Bt) fallen sie aus und kleben zu einer stabilen Tonschicht zusammen (ca. 20% mehr Tongehalt im Bt als im Al). Wie die Braunerde besitzt die Parabraunerde einen *Verwitterungshorizont* (Bv), in welchem das Ausgangsgestein (hier grober Flußschotter) nach und nach verwittert und sich sekundäre Tonminerale neu bilden.

Parabraunerden können bei zunehmender Versauerung und Auswaschung (z.B. durch Fichtenpflanzung oder Entwaldung bzw. Verheidung) in *Podsol* übergehen. Umgekehrt sind viele (v.a. mitteldeutsche) *Parabraunerden* aus Tschernosem-Schwarzerden entstanden, deren Humusschicht durch fehlerhafte Bodennutzung degeneriert wurde.

Braunerde

Profilaufbau

Ap	**0-22 cm Pflug-Kulturhorizont**
B	**22-70 cm Tonhorizont**
(B)Cv	**70-90 cm Verwitterungshorizont, Kalkanreicherung**
C	**90-120 cm Geschiebemergel als Ausgangsgestein**

Der vorherrschende Prozeß bei der *Braunerdebildung* ist die *Verwitterung* des Ausgangsgesteins und die *Bildung sekundärer Tonmineralien* im *Verwitterungshorizont* Bv. Die stabilen Tonminerale verändern ihre Ausgangslage nicht – im Unterschied zur Parabraunerde. Die namensgebende Braunfärbung rührt von dem fein verteilten Eisenoxidhydrat, das sich ebenfalls bei der Verwitterung bildet.

Das Eisenoxidhydrat verbindet sich mit den Tonmineralen – bei basischen Braunerden ist die Verbindung stabil, bei sauren Braunerden sind die Eisenverbindungen oft frei und neigen z.T. zur Anreicherung.

Braunerden sind in den mittleren Breiten unter *Laubwald* entstanden und tragen gute *Humusschichten,* in denen Humus- und Tonkomplexe *Verbindungen* eingehen, die sehr fruchtbar sind. Wenn Braunerden entwaldet werden und verheiden, oder als Ackerboden fehlerhaft genutzt werden, so daß die Humusschicht verarmt (fehlende Bodenbedeckung und Fruchtfolge), können sie durch zunehmende Auswaschung in *Parabraunerden* und schließlich in *Podsole* übergehen.

Tschernosem – Schwarzerde

Profilaufbau

Ap$_1$	**0-30 cm Pflug-Kulturhorizont**
Ap$_2$	**30-45 cm Pflug-Kulturhorizont**
Ah	**45-70 cm Humushorizont**
Aca	**70-95 cm Kalkanreicherungshorizont**
C	**95-120 cm Löß**

Schwarzerdeböden sind ursprünglich *Steppenböden.* Die dichte *Grasvegetation* ergibt eine intensive *Humusbildung.* Durch das kontinentale Klima (mit wenig Niederschlägen) wird die Humusschicht nicht ausgewaschen, sie *bleibt stabil und reichert sich an.* Auf natürlichen Steppenböden finden sich bis über 1 m hohe Humushorizonte.

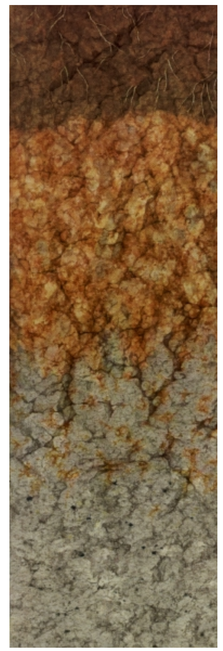
In ihnen entfaltet sich ein *reiches Bodenleben*: Vom Regenwurm über Maulwurf, Ziesel und Hamster bis zum Steppenmurmeltier sind zahlreiche Arten an der intensiven Durchmischung und Durchlüftung der Humushorizonte beteiligt. Steppen-Schwarzerden ergeben die *fruchtbarsten Ackerböden* – die ehemaligen Prärien Nordamerikas und die russischen Steppen sind heute Kornkammern.

Auch das Material des *Untergrundes* ist sehr fruchtbar. Der *Lößlehm* ist in dieser Form bereits verwittert, aus ihm bilden sich *sekundäre Tonminerale,* die sich mit dem Humus zu stabilen *Ton-Humus-Komplexen* verbinden. Im Aca-Horizont erfolgt Kalkanreicherung.

Die *mitteleuropäischen Schwarzerden* (Kölner Bucht, Börde, Pfalz) entstanden vor ca. 10 000 Jahren im damaligen *Steppenklima.*

Bei Degeneration bzw. Verbrauch der Humusschicht durch fehlerhaften Ackerbau verwandeln sich *Schwarzerden* in *Parabraunerden,* im Extremfall sogar schließlich zu *Podsolen.*

Gley - Grundwasserboden



Profilaufbau

Ah	**0-22 cm Humushorizont (Oberboden)**
Go	**22-60 cm Oxidationshorizont**
Gor	**60-80 cm Wechsel von Oxidation und Reduktion**
Gr	**80-120 cm Reduktionshorizont**

Der Name *"Gley"* bedeutet im russischen *"Sumpf". Gleyböden* bilden sich durch hohen *Grundwasserstand,* der zeitweise bis an den humosen Oberboden des Ah-Horizontes reicht. Unter *Wassereinfluß* entsteht *Sauerstoffmangel.* Eisen- und Mangan-Verbindungen werden reduziert: Gr = Grundwasser-*Reduktionshorizont.* Durch den *Verlust* an höherwertigen Oxiden ergibt sich die graue Farbe – reduziertes Eisen und Mangan geht wasserlösliche Verbindungen ein wie z.B. Carbonate, Sulfide und Phosphate, welche *graue und bläulich-grüne Farben* zeigen.

Der schwankende Grundwasserspiegel und aufsteigendes Kapillarwasser lassen *oberhalb* des Grundwasserspiegels unter *Sauerstoffzufuhr* die Eisenverbindungen wieder *oxidieren* und als charakteristische Rostflecken ausfällen – es bildet sich ein *Oxidationshorizont* Go.

Zwischen Oxidations- und Reduktionszone hat sich bei dem abgebildeten Boden ein Übergangshorizont gebildet (Gor), bei dem beide Prozesse im Wechsel ablaufen.

Bei zunehmend *höherem Grundwasserstand* gehen *Gleyböden* in *Anmoor,* schließlich in *Torfmoor* über. Zeitweilig überflutet sind *Auen- und Marschböden.*

Pseudo-Gley/Stagno-Gley - Stauwasserboden

Profilaufbau

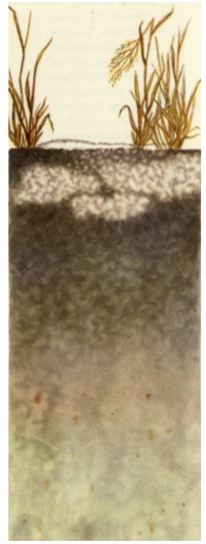
A00	**0-1 cm Unzersetzte Auflage von Fichtennadeln**
A01	**1-6 cm Rohhumus**
A02	**6-25 cm Torfiger Rohhumus**
Ahe-Sw	**25-35 cm Bleichhorizont humos**
Sew	**35-60 cm Bleichhorizont sandig-lehmig**
Sd	**60-90 cm Stauwasser-Sohle**
Sd-Cv	**80-120 cm Stauwasser/Verwitterung**

Als Pseudogleye werden *Stauwasserböden* bezeichnet – im Unterschied zum Gley sind sie nicht vom Grundwasserspiegel abhängig. Das Wasser kann auch von undurchlässigen Schichten am Hang, in Quellmulden oder auf Bergrücken gestaut sein. Der *Stauwasserspiegel schwankt* stärker als der des Grundwassers – Stauwasserböden fallen öfter wieder trocken.

Entsprechend erfolgt keine Schichtung von Oxidations- und Reduktionshorizont, die Prozesse laufen *nacheinander* ab (Wasserspiegelschwankung) und bilden *nebeneinander* Anreicherungs- und Verarmungszonen. *Oxidation* ("Rostfleckigkeit") findet insbesondere innerhalb kleiner Hohlräume statt (Sauerstoffzufuhr), während umgekehrt *Reduktionsvorgänge* (Ausbleichung) an den Außenzonen von Wurzelräumen vorherrscht – so entsteht die charakteristische Fleckigkeit der Stauwasserhorizonte.

Der abgebildete Stagnogley ist durch *langandauernde* Staunässeperioden charakterisiert, bei denen *Reduktionsvorgänge überwiegen* (Ausbleichung zum "Molkeboden"). Stagnogleye finden sich häufig als *"Missen"* auf den Bergrücken (Grinden) des Nordschwarzwalds. Der Staukörper ist verdichteter Tonhorizont aus verwittertem Buntsandstein. *Stagnogleye* tragen hohe, nasse torfähnliche Rohhumusauflagen und sind oft mit *Podsolen* vergesellschaftet.

Wüstenböden



Salzboden (Solontschak): Lokale Versalzung in Talmulden (Iran)

Wüstenböden (russ. = *Seroseme)* sind durch *Wassermangel* gekennzeichnet. Entsprechend findet kaum chemische Verwitterung, sondern vor allem physikalische statt: Durch Hitze, Trockenheit und Wind entstehen Schotter, Sande und Salzstäube. Da die Vegetation nur sehr spärlich ist, bildet sich nur sehr wenig Humus.

Durch die intensive *Hitze* findet eine *hohe Verdunstung* statt, dabei werden *Salze* im Wüstenboden *nach oben* transportiert. Sie verhärten in *Krusten* im Oberboden oder *blühen auf der Oberfläche in Kristallen* aus.

Der abgebildete *"Solontschak"* (russ. Salzboden) ist ursprünglich ein Gley – er hat noch einen hohen Grundwasserstand. Die Verdunstung des natriumhaltigen Wassers ist hoch und ergibt besonders intensive Ausbleichungen (s. Foto). Andere Mineralsalzböden sind durch *Kalkkrusten* oder *Gips-Bildungen* gekennzeichnet. Sie finden sich bereits im Mittelmeergebiet (Spanien).

Durch *Mineralsalzanreicherung* unter Hitze und Trockenheit stellen die südlichen *Wüstenböden* den *Gegenpol* dar zu den *Auswaschungsböden* (Podsol), die durch Nässe und Kühle bestimmt werden. Der *pH-Wert* der Salzwüstenböden ist entsprechend *stark alkalisch* (8-9). (Bild: Kubiena).

Der Boden lebt

1 Bakterien	0,0005 - 0,002 mm
2 Pilze	
3 Geißeltierchen	0,002 - 0,2 mm
4 Amöben	
5 Wimperntierchen	
6 Rädertierchen	0,2 - 2 mm
7 Fadenwürmer	
8 Bärtierchen	
9 Milben	
10 Springschwänze	
11 Fliegen- und Käferlarven	1 - 10 mm
12 Tausendfüßer	
13 Asseln	
14 Käfer	
15 Engerlinge	
16 Regenwürmer	

Mit Unterstützung der Stiftung Naturschutzfonds gefördert aus zweckgebundenen Erträgen der GlücksSpirale

Bodenleben in Zahlen

Die ”Erde” als Symbol der Materie, des Festen und Schweren fordert geradezu zum Messen, Zählen und Wiegen auf:
Die folgenden dürren Zahlen zeigen, welche “Massen” von Lebewesen im Boden tätig sind und wie intensiv ihre Beteiligung an den bodenbildenden Prozessen ist.
So finden wir in 1 m² Boden bis in 30 cm Tiefe:

Bakterien	60 000 000 000 000	Springschwänze	100 000	Asseln	50
Pilze	1 000 000 000	Weiße Ringwürmer	25 000	Tausendfüßler	150
Algen	1 000 000	Regenwürmer	200	Hundertfüßler	50
Fadenwürmer	500 000 000	Schnecken	50	Käfer	100
Milben	150 000	Spinnen	50	Fliegenlarven	200

Das Edaphon – der Boden als Lebensgemeinschaft

Mit Edaphon (von *edaphos,* griech. = *Erdboden)* bezeichnet man die Gesamtheit der Bodenlebewesen aus Fauna und Flora. Viele von ihnen sind für uns in zweifacher Weise *unsichtbar:* sie sind zum einen im Boden verborgen und zum anderen sind die meisten nur unter dem Mikroskop erkennbar. Um so größer jedoch ist ihre Bedeutung für die Entstehung, Stabilität und Fruchtbarkeit unserer Böden.

Die folgende Kurzbeschreibung beginnt mit den einfachsten Lebensformen im Boden und stellt folgend die jeweils höher entwickelten (und meistens größeren Arten) vor:

Die kleinsten Bodenlebewesen sind **Bakterien,** welche besonders die chemische Zersetzung der abgestorbenen Pflanzensubstanzen vorantreiben; so kann beispielsweise die Gruppe der Clostridien-Bakterien Lignin (Holz), Pektin und Eiweiß durch Enzyme zersetzen und dabei den freiwerdenden Stickstoff binden.
Pilze haben einen großen, aktiven Anteil an der Bodenflora:

Aus der Gruppe der einfachen Pilze sind die **Strahlenpilze** für den uns vertrauten Erdgeruch verantwortlich. Eine Besonderheit bilden Strahlenpilze, welche in der Symbiose mit Baumwurzeln (Erlen) freien Stickstoff binden können, der dadurch dem Bodenleben und den Pflanzen verfügbar gemacht werden kann.

Die **höheren Pilze** bilden ”Mycelfäden” (als wattige Strukturen in vermodernder Pflanzensubstanz häufig sichtbar). Diese Fäden gehen eine innige Verbindung mit den Spitzen der Pflanzenwurzeln ein – die sogenannte **”Mykorrhiza”.** Hierdurch wird die Kontaktfläche der Pflanzenwurzel bis um den Faktor 1 000 vergrößert (!) und so die Nährstoffaufnahme für die Pflanzen wesentlich verbessert. 90 % aller Pflanzen haben eine artspezifische Pilzflora als Mykorrhiza. Durch die gemeinsamen Stoffausscheidungen von Pilzen und Pflanzen trifft die wachsende Wurzel immer auf einen vorbereiteten ”eigenaktiv” aufgeschlossenen Boden.

Die verborgene **”Rhizosphäre”** (der Wurzelraum) würde sich uns als ein ineinander verwobenes Netz darstellen, in welchem die Pflanzen untereinander in innigster Verbindung stehen – der isolierte einzelne Baum an der Oberfläche ist also nur die halbe Wahrheit, wenn auch die zunächst für uns sichtbare.

Die Verbindung der Wurzeln von Bäumen und Kräutern mit Pilzfäden (Mykorrhiza) (und dadurch auch von Pflanzen untereinander) ist meistens eine **Symbiose** (gegenseitige Förderung). Es kommt aber auch zur Bildung von Hemmstoffen, die z.B. das Wachstum anderer Arten hemmen.

Die Gruppe der **Algen und Flechten** ist besonders dort aktiv, wo es darum geht, nackte Böden (Fels und Geröll) aufzuschließen, zu zerkleinern und diese Verwitterungsprodukte in die Bodenbildungsprozesse zu integrieren (Flechtenwachstum auf Steinen).

Wenn wir die **Bodenfauna** (Tierwelt) betrachten, finden wir auch hier wiederum mikroskopisch kleine **Einzeller** (Wimper- und Geißeltierchen), die gerne im Porenwasser der Böden leben.

Größer und sichtbar dagegen sind die verschiedenen Wurmgattungen. Die **Fadenwürmer** (Nematoden) tendieren gerne zum Parasitismus, während die **Borstenwürmer** mit den **Regenwürmern** wohl die wichtigste Gruppe bei der Humus-bildenden Bodentätigkeit darstellen.

Aus der Gruppe bodenlebender **Insekten** sind viele Arten so groß, daß sie uns gut bekannt sind. Wir finden **Asseln, Spinnen, Milben, Tausendfüßler,** grabende **Käfer** und **Springschwänze** sowie die Larven der vielen **Fliegen-** und **Mückenarten** im Boden. Zusammen mit den **Schnecken** haben diese ”größeren” Tiere vor allem die Aufgabe, abgestorbene Pflanzen- und Tierrreste mechanisch zu verkleinern, während die kleinen unsichtbaren Bodenarbeiter mehr in die chemischen Umsetzungsprozesse der Bodenbildung eingreifen.

Der Boden als Organismus

Die Erdsubstanz, insbesondere der Humus wird durch die Tätigkeit der Bodenlebewesen in Zusammenarbeit und Arbeitsteilung ”hergestellt” – sowohl die Zersetzung der Stoffe als auch neue Stoffverbindungen (Synthesen) sind das Ergebnis ihres Wirkens. **In einem lebendigen Humushorizont sind die Stoffe und vor allem die Stoffwandlungen immer an die Tätigkeit von Lebewesen gebunden.** Bodenlebewesen und Humus-Boden bilden zusammen ein *”Zwischenreich”* zwischen Leben und Mineralien, so daß durch das tote, absterbende Material ständig neues Leben entstehen kann.

Die bodenbildende Tätigkeit der Lebewesen wirkt aus zwei Richtungen zusammen: **Mikroben** sind durch die Ausscheidung von organischen Säuren besonders an der Verwitterung des unten liegenden Gesteinsbodens beteiligt. Aus dem Ausgangsgestein entstehen so neue Mineralienverbindungen (sogenannte ”sekundäre Tonmineralien”), welche meist im Wasser gelöst und dann nach oben verlagert werden.

Von oben her zersetzen die Bodenlebewesen die abgestorbenen Pflanzen- und Tierreste und bilden sie zu Huminstoffen um. Die wichtigste Tätigkeit des Bodenlebens ist jedoch die Verbindung von sekundären Tonmineralien und Huminstoffen zu ”Ton-Humus-Komplexen”, welche den ”Mull-Humus”, eine der fruchtbarsten lebendigen Bodenformen, aufbauen.

Bodenbildung aus dem Bauch des Regenwurms

Regenwürmer haben die Fähigkeit, die Huminstoffe und sekundären Tonmineralien miteinander zu verbinden, indem sie beide Stoffe aufnehmen und im Darm chemisch verbinden (synthetisieren). Die Ausscheidungsprodukte der Regenwürmer werden dadurch zu hochwertigsten Bodensubstanzen.