

## 4 Das Klassifikationssystem

### 4.1 Die vier hierarchischen Klassifikationsstufen

#### Stufe I = Klasse: Wasserhaushalt des Bodens

Massgebend ist der allgemeine Wasserhaushalt eines Bodens, der vor allem beeinflusst wird durch

- die Niederschlagssumme und -verteilung
- die potentielle Evapotranspiration
- die Wasserdurchlässigkeit des Bodens
- den Hangwasserzufluss
- den Grundwasserstand und den Kapillarwasseraufstieg im Boden.

Wichtig sind auch regelmässige Perioden mit starker Profilaustrocknung.

Folgende 8 Klassen werden unterschieden:

- 1 Perkolierte Böden** werden regelmässig senkrecht durchwaschen. Die Regenmenge ist wesentlich grösser als die Evapotranspiration. Deshalb bildet sich bei längeren Regenperioden Sickerwasser, das aus dem Boden in das darunter liegende Gestein oder ins Grundwasser eintritt. Im Boden entsteht kein Wasserstau. Daher sind diese Böden normal durchlüftet und oxidiert.
- 2 Selten perkolierte Böden.** Profilumfassende Austrocknung wechselt ab mit Durchfeuchtung und gelegentlicher Perkolation. Ausnahmsweise dringt Sickerwasser auch bis in den tieferen Untergrund vor. In der Schweiz kommen diese steppenartigen Böden nur in den inneralpinen Trockentälern vor.
- 3 Nie perkolierte, aride Böden.** Diese treten in der Schweiz nicht auf.
- 4 Stauwassergeprägte Böden.** Ein feinporiger, wenig durchlässiger Horizont verlangsamt oder verhindert die Wassersickerung in den Untergrund. Nach starken Regenfällen tritt Porensättigung während mehreren Tagen bis Wochen ein. Der Stauwasserhorizont befindet sich im Wurzelbereich des Bodenprofils.
- 5 Stauwassergeprägte, extrem austrocknende Böden.** Diese kommen in der Schweiz nicht vor.
- 6 Grund- oder hangwassergeprägte Böden** erhalten periodisch oder ununterbrochen Wasserzufluss. Am Hang fliesst Wasser seitlich, in Flussebenen dringt Grundwasser tensionsfrei von unten ins Profil ein, oder es steigt kapillar auf und bewirkt Porensättigung in entsprechender Bodentiefe. Bei extremer Undurchlässigkeit kann der Boden allein durch die Niederschläge dauernd vernässt sein, sofern diese die jährliche Evapotranspiration wesentlich übersteigen und kein anderer Abfluss möglich ist.

- 7 **Grund- oder hangnass, stark verdunstend** sind Salzböden, die in der Schweiz nur ganz vereinzelt vorkommen (z.B. in schwacher Ausprägung im Unterwallis).
- 8 **Periodisch überschwemmte Böden** liegen im Hochwasserbereich von Flüssen und Seen. In der Schweiz nur vereinzelt an Ufern zu finden.

## Stufe II = Ordnung: Hauptbestandteile des Bodengerüstes

Der materielle Gerüstaufbau im Boden ist für die Klassifikation massgebend, namentlich die Anteile an Gesteinsrelikten, an organischer Substanz und an Sekundärmineralen:

- Gesteinsrelikte sind physikalisch zerkleinerte oder unvollständig verwitterte Reste des Muttergesteins.
- Sekundärminerale sind rezente oder reliktsche Neubildungen der Verwitterung.
- Unter organischer Substanz werden alle Abbaustufen der toten Biomasse und die organischen Neubildungen verstanden.

Es werden folgende fünf Ordnungen unterschieden:

- 1 **Gesteinsrelikte dominieren** (Gesteinsböden, verbreitet im Hochgebirge). Die Tonfraktion ( $< 0,002 \text{ mm } \emptyset$ ) beträgt  $< 5 \text{ Gew.}\%$  der Feinerde, die organische Substanz fehlt (jedenfalls  $< 5 \text{ kg/m}^2$ ); ein durchgehender Humushorizont ist nicht vorhanden.
- 2 **Gesteinsrelikte und organische Substanz** (Humus-Gesteinsböden, verbreitet im Gebirge). Ein kontinuierlicher, humushaltiger Horizont ( $> 5 \text{ kg/m}^2$  organische Substanz) ist vorhanden, der auch stark entwickelt sein kann. Sekundärminerale fehlen fast ganz; die Tonfraktion beträgt jedenfalls weniger als  $5 \text{ Gew.}\%$ .
- 3 **Sekundärminerale, Gesteinsrelikte und organische Substanz** kennzeichnen den Boden (Humus-Gesteins-Sekundärmineralböden). Die Tonfraktion beträgt  $> 5 \text{ Gew.}\%$  der Feinerde. Auch Eisen-, Aluminium- und Manganoxide oder sekundäres Kalziumkarbonat können vorhanden sein.
- 4 **Sekundärminerale und organische Substanz** kennzeichnen Böden, in denen die Verwitterung der Primärminerale abgeschlossen ist (pelitische Böden). Vereinzelt ist noch primärer Quarz vorhanden. In der Schweiz sind diese Böden eher selten, in den Tropen jedoch verbreitet.
- 5 **Organische Substanz** baut fast ausschliesslich den Boden auf. Die Humusaufgabe, mit einem Gehalt von über  $30\%$  organischer Substanz, ist mehr als  $40 \text{ cm}$  mächtig. Meistens handelt es sich um Nassböden (Moore), jedoch sind auch aerobe organische Böden dieser Ordnungsstufe zuzuordnen.

## Stufe III = Verband: Kennzeichnende chemische und mineralogische Komponenten des Bodengerüstes

Klassiert werden die Geochemie des Muttergesteins sowie chemische oder mineralogische Neubildungen.

Die ersten drei Glieder des Verbandes umfassen wenig entwickelte, "junge" Böden; sie weisen keinen B-Horizont auf, jedoch kann ein AB- oder BC-Horizont auftreten. Sie werden nach der Art ihrer Gesteinsrelikte unterteilt. Die übrigen Verbandsglieder sind entwickelte Böden mit einem B- oder I-Horizont. Sie werden nach den für sie charakteristischen Neubildungen eingeteilt.

Folgende 10 Verbände werden unterschieden:

- 1 Silikatgestein** kennzeichnet den Boden. Die Bodenbildung hat zwar eingesetzt, ist jedoch in ihrer Wirkung noch ausgesprochen schwach (Silikatgesteinsböden).
- 2 Mischgestein** enthält Silikate und Karbonate (Konglomerate, Kalksandsteine, Kalkmergel, Moräne, Schotter, Löss, usw.). Die Lösungsverwitterung der Karbonate hat begonnen oder ist im Oberboden bereits fortgeschritten (Mischgesteinsböden).
- 3 Karbonatgestein** mit mehr als 75% Erdalkalikarbonat bildet das Muttergestein. Der Lösungsrückstand des Gesteins besteht aus Silikaten und Tonen, der Quarzgehalt ist gering. Im Bodenprofil sind meistens bis in den Oberboden Steine vorhanden (Karbonatgesteinsböden).
- 4 Tonmineral- und Huminstoffbildung:** Tonminerale und Huminstoffe gehen komplexe Bindungen ein, die charakteristisch sind für schwarze, neutrale Mullböden mit hoher  $\text{Ca}^{2+}$ -Sättigung in der Tauschkapazität. Aluminiumhumate nebst Ton-Humusverbindungen treten in sauren Mullböden auf, wie sie im Gebirge auf Gneis und Granit vorkommen können.
- 5 Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung:** Die Tonminerale sind mit Eisenoxiden verklebt oder komplex gebunden, was den Braunerden ihre typische Färbung verleiht. Das Eisenoxid kann sich anreichern und unter gewissen Bedingungen stark rotbraune Überzüge (Rubefizierung) bewirken.
- 6 Eisen- und Aluminiumhumate:** Eisen- und Aluminiumhumate entstehen in stark sauren Mineralböden mit Auflagehumus, aus welchem lösliche Huminstoffe (vorwiegend Fulvosäuren) ausgewaschen werden. Diese nehmen im Mineralerdehorizont Eisen und Aluminium auf und bilden organo-mineralische Komplexe, welche in hochdispersen Zustand übergehen können. Die Tonbildung wird durch die Al-Mobilität bei stark saurer Reaktion gehemmt.
- 7 Eisen und Mangan oxidiert/reduziert:** Eisen- und Manganoxide lösen sich und fallen wieder aus. Es entstehen Rostflecken, wie dies im Buntgley und im Pseudogley der Fall ist. Stark saure Reaktion bei niedrigem Redoxpotential schädigt die Tone; der betreffende Horizont wird sandig oder schluffig.
- 8 Reduzierte Eisenverbindungen:** Diese bleiben bei dauerndem Sauerstoff-

mangel im Boden erhalten; es sind Böden mit permanent sehr niedrigem Redoxpotential.

- 9 **Organische Substanz:** Organisches Material wird chemisch und biochemisch verändert. Aus Pflanzenrückständen entstehen Huminstoffe als Neubildungen nebst residualen Substanzen.
- 0 **Eisen- und Aluminiumoxid-Anreicherung:** Diese Oxide werden im Anschluss an die hydrolytische Verwitterung der Primärminerale residual angereichert (in der Schweiz nicht vorkommend).

## Stufe IV = Typ: Kennzeichnende Perkolate

Als Kriterium dient die ins Bodenwasser eintretende gelöste oder dispergierte Substanz. Es kann sich um Ionen oder um Kolloide handeln. Diese werden entweder durch das Perkolationswasser aus dem Profil oder von einem Horizont in den anderen ausgewaschen. In gewissen Böden werden sie im beweglichen Haftwasser nur über kurze Distanz verlagert. Durch die Kapillarwirkung und die Verdunstung können Substanzen gegen die Schwerkraft im Profil wandern.

Zehn typische kennzeichnende Perkolate dienen der Klassifikation:

- 1 **Aluminiumionen** treten in sauren bis stark sauren Böden ins Perkolationswasser ein und sickern durch das Profil (Saure Braunerde, Braunpodsol; russ.: zola = Asche).
- 2 **Kalziumionen** dominieren in der Tauschkapazität neutraler und schwach saurer Böden und treten ins Bodenwasser über (neutrale Braunerde).
- 3 **Kalziumbikarbonat** wird bei der Lösungsverwitterung von Kalk- und Mischgesteinen ausgewaschen oder in tieferen Horizonten als Sekundärkalk wieder ausgeschieden (Kalkbraunerde, Rendzina).
- 4 **Alkalisalze**, besonders Natriumsalze, reichern sich gelöst im Wasser der Salzböden an. Bei starker Verdunstung blühen Salze an der Oberfläche aus.
- 5 **Verlagerung von Tonen** nach Dispergierung bei schwach saurer Reaktion und geringer  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration ist typisch für Parabraunerden. In einem tiefer gelegenen Horizont werden die Tone als Aggregathüllen und Porenauskleidungen angereichert (Illuvialhorizont).
- 6 **Chemisch reduziertes Eisen und Mangan** wandern mit dem Bodenwasser lateral im Gleyboden oder vorwiegend vertikal im Pseudogley. Je nach Redoxverhalten des Bodenprofils werden sie wieder als Oxide ausgefällt (Buntgley) oder sie bleiben in Lösung (Fahlgley).
- 7 **Kieselsäure** wird während der Gesteinsverwitterung bei konstant feuchtheissem Klima relativ rasch ausgewaschen (Ferralsol: kommt in der Schweiz nicht vor).
- 8 **Eisen- und Aluminiumhumate** dispergieren bei stark saurer Reaktion und wandern mit dem Perkolationswasser. Sie lagern sich in einem Illuvialhorizont ab

(Podsol). Der oberste Teil dieses Horizontes ist oft huminstoffreicher und deshalb dunkler gefärbt als der untere Teil des Illuvialhorizonts. Letzterer erscheint allgemein stark rostbraun.

- 9 **Natrium-Tone und Natriumhumate** dispergieren und wandern in alkalischen Böden (Solonetz: kommt in der Schweiz nicht vor).
- 0 **Huminstoffe** sind im Bodenwasser mineralarmer, saurer organischer Auflagen gelöst. Dies ist vor allem ein kennzeichnendes Merkmal für den sauren Moorboden.

## 4.2. Die drei nicht-hierarchischen Klassifikationsstufen

### Stufe V = Untertyp

Jeder taxonomische Bodentyp wird nach den für ihn besonders charakteristischen Typmerkmalen mittels Untertypen weiter untergliedert. Bei jungen Böden ist beispielsweise die Profilschichtung, bei entwickelten Profilen der Ausprägungsgrad der Horizonte wichtig. Im Kap. 5.1 sind die nachfolgend codierten Begriffe ausführlicher definiert. Die Untertypen werden in der Reihenfolge ihrer pedogenetischen Bedeutung aufgeführt.

- P = Profilschichtung:** erodiert (PE), kolluvial (PK), anthropogen (PM), alluvial (PA), überschüttet (PU), auf Seekreide (PS), polygenetisch (PP), äolisch (PL), mit Torfzwischen-schichten (PT)
- V = Verwitterungsgrad:** lithosolisch (VL), Felskontakt im Profil (VF), kluftig (VU), karstig (VA), blockig (VB), psephitisch (VK), psammitisch (VS), pelitisch (VT)
- E = Säuregrad:** alkalisch (E0), neutral (E1), schwach sauer (E2), sauer (E3), stark sauer (E4), sehr stark sauer (E5)
- K = Karbonat- und Salzgehalt:** teilweise entkarbonatet (KE), karbonathaltig (KH), karbonatreich (KR), kalkflaumig (KF), kalktuffig (KT), alkalisalzhaltig (KA)
- F = Verteilung des Eisenoxids:** verbraunt (FB), podsolig (FP), eisenhüllig (FE), quarzkörnig (FQ), marmoriert (FM), konkretionär (FK), graufleckig (FG), rubefiziert (FR)
- Z = Bodengefüge, Struktur:** krümelig, bröcklig (stabil) (ZS), klumpig (ZK), tonhüllig (ZT), vertisolisch (ZV), labilaggregiert (ZL), pelosolisch (ZP)
- L = Lagerungsdichte:** sehr locker (L0), locker (L1), verdichtet (L2), kompakt (L3), verhärtet (L4)
- I = Staunässe:** schwach pseudogleyig (I1), pseudogleyig (I2), stark pseudogleyig (I3), sehr stark pseudogleyig (I4)

**G = Wechselnde Grund- oder Hangnässe:** grundfeucht (G1), schwach gleyig (G2), gleyig (G3), stark gleyig (G4), sehr stark gleyig (G5), extrem gleyig (G6)

**R = Dauernde Grund- oder Hangnässe:** schwach grundnass (R1), mässig grundnass (R2), stark grundnass (R3), sehr stark grundnass (R4), sumpfig (R5)

**D = Künstliche Drainage:** drainiert (DD)

**M = Aerobe organische Substanz:** rohhumos (ML), modrichumos (MF), humusarm (MA), mullhumos (MM), huminstoffreich (MH)

**O = Anaerobe bzw. anaerob entstandene organische Substanz:** anmoorig (OM), sapro-organisch (OS), antorfig (OA), flachtorfig (OF), tieftorfig (OT)

**T = Typenausprägung:** schwach ausgeprägt (T1), ausgeprägt (T2), degradiert (T3)

**H = Horizontierung:** diffus (HD), abrupt horizontiert (HA), unregelmässig horizontiert (HU), biologisch durchmischt (HB), mechanisch durchmischt, rigolt (HT)

## Stufe VI = Bodenform

Merkmale, die für den Pflanzenwuchs und die Bodennutzung besonders wichtig sind, beschreiben die Bodenform. (Die Begriffe werden in Kap. 5.2 näher definiert.)

**Körnung:** Skelett und Feinerdekörnung

**Physiologische Gründigkeit:** Mächtigkeit des durchwurzelbaren Bodens

**Wasserspeichungsvermögen:** Speicherbare Menge an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden

**Ionenspeicherung:** Nährstoffzustand, Adsorptionsvermögen

## Stufe VII = Lokalform

Hier sind folgende Standortmerkmale zu beurteilen (Definitionen der Begriffe im Kap. 5.3.):

**Geografisch-klimatische Bodenregion:** Höhenstufe, Vegetationsdauer, Bodenwärme, klimatische Wasserbilanz

**Geländeform:** Landschaftselement (Ebene, Plateau, Steilhang, Hangfuss, usw.)

**Hangneigung:** Neigungswinkel, Exposition, Welligkeit

**Vegetation:** Pflanzengesellschaft, landwirtschaftliche bzw. forstliche Nutzung

## 4.3 Das Klassifikationssystem im Überblick

### Hierarchischer Teil = Klassifikation bis zum Bodentyp: Stufen I bis IV

Glieder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Stufe I = Klasse: Wasserhaushalt des Bodens										
Stufe I Klasse	perkoliert	selten perkoliert	Nie perkoliert, arid	stauwasser-geprägt	stauwasser-geprägt, extrem austrocknend	grund-/hangwasser-geprägt	grund-/hangnass, stark verdunstend	Periodisch überschwemmt		
Stufe II = Ordnung: Hauptbestandteile des Bodengerüsts										
Stufe II Ordnung	Gesteinsrelikte	Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + organische Substanz	organische Substanz					
Stufe III = Verband: Kennzeichnende chemische und mineralogische Komponenten des Bodengerüsts										
Stufe III Verband	Silikatgestein	Mischgestein	Karbonatgestein	Tonmineralien + Huminstoffe	Tonmineralien + Eisenoxide	Eisen- + Aluminiumhumate	Eisen + Mangan oxidiert/reduziert	Eisen reduziert	organische Substanz	Eisen- + Aluminiumoxide
Stufe IV = Typ: Kennzeichnende Perkolate										
Stufe IV Typ	Aluminiumionen	Kalziumionen	Kalziumbikarbonat	Alkalisalze	Tonverlagerung	Eisen + Mangan reduziert	Kieselsäure	Eisen- + Aluminiumhumate	Na-Tone + -Humate	Huminstoffe

### Nicht-hierarchischer Teil = Klassifikation innerhalb eines Bodentyps: Stufen V bis VII - Untertyp, Bodenform, Lokalform

Stufe V Untertyp	Merkmale:	Ausprägung:
<i>Ausprägung der Profilmerkmale</i>	P: Profilschichtung V: Verwitterungsgrad E: Säuregrad K: Karbonat- und Salzgehalt der Feinerde F: Verteilung des Eisenoxids Z: Bodengefüge, Struktur L: Lagerungsdichte I: Staunässe G: Wechselnde Grund- oder Hangnässe R: Dauernde Grund- oder Hangnässe D: Künstliche Drainage M: Aerob entstandene organische Substanz O: Anaerobe bzw. anaerob entstandene organische Substanz T: Typenausprägung H: Horizontierung	PE, PK, PM, PA, PU, PS, PP, PL, PT VL, VF, VU, VA, VB, VK, VS, VT EO, E1, E2, E3, E4, E5 KE, KH, KR, KF, KT, KA FB, FP, FE, FQ, FM, FK, FG, FR ZS, ZK, ZT, ZV, ZL, ZP LO, LW, L2, L3, L4 I1, I2, I3, I4 G1, G2, G3, G4, G5, G6 R1, R2, R3, R4, R5 DD ML, MF, FA, MM, MH OM, OS, OA, OF, OT T1, T2, T3 HD, HA, HU, HB, HAT

Erläuterung der Abkürzungen siehe Kap. 5.1

Stufe VI Bodenform	Merkmale:				
<i>Für den Pflanzenwuchs und die Bodennutzung wichtig</i>	<table border="1"> <tr> <td>Skelett, Feinderdekörnung</td> <td>Physiologische Gründigkeit, Durchwurzelungstiefe</td> <td>Wasserspeicherung, pflanzenverfügbares Wasser</td> <td>Ionenspeicherung, Nährstoffzustand</td> </tr> </table>	Skelett, Feinderdekörnung	Physiologische Gründigkeit, Durchwurzelungstiefe	Wasserspeicherung, pflanzenverfügbares Wasser	Ionenspeicherung, Nährstoffzustand
Skelett, Feinderdekörnung	Physiologische Gründigkeit, Durchwurzelungstiefe	Wasserspeicherung, pflanzenverfügbares Wasser	Ionenspeicherung, Nährstoffzustand		

Stufe VII Lokalform	<i>Merkmale:</i>			
<i>Standortfaktoren</i>	Geografisch-klimatische Bodenregion	Geländeform, Relief	Hangneigung, Exposition	Vegetation, Nutzung