

Zuordnung und Darstellung der Bodenprofile der WSL-Bodendatenbank für die Nais-Standortseinheiten

Peter Lüscher, Monika Frehner, Gabriele Carraro, Urs Rutishauser

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU
Abteilung Wald



7 Hinweise zum Boden

- 7.1 Bodenhorizonte
- 7.2 Humusformen
- 7.3 Böden und Bodenentwicklung
- 7.4 Beurteilung der Bodeneigenschaften
- 7.5 Standortsblätter
- Literatur

Der Boden als Wurzelraum ist Bestandteil der Lebensgemeinschaft Wald und stellt eine wesentliche Grundlage für das Pflanzenwachstum dar. Die Beurteilung von Ober- und Unterboden liefert Erkenntnisse zum Verständnis des Standortes sowie wichtige Argumente und Entscheidungshilfen zum waldbaulichen Handeln.

Zur Charakterisierung von Bodenhorizonten, zur Ansprache von Humusformen und der Bodenentwicklung werden hier die wichtigsten Grundsätze und Richtlinien festgehalten. Sie beruhen weitgehend auf den in den Grundlagen des ersten Bandes «Waldböden der Schweiz» (Walther et al., 2004) umfassend beschriebenen Definitionen und Vorgehensweisen. Zudem ist auf den Seiten 653-691 im Anhang des ersten Bandes ein Glossar mit bodenkundlichen Begriffen enthalten.

7.1 Bodenhorizonte

Die Bodenhorizonte werden aufgrund von Bodenmerkmalen umschrieben. Generell wird zwischen organischen Auflagehorizonten und Mineralbodenhorizonten unterschieden (Abb. 5). Grundsätze für die Vergabe der Horizontesymbole sind im Kapitel 7.1.3 zusammengefasst.

7.1.1 Auflagehorizonte

Als Auflagehorizonte werden die dem Mineralboden aufliegenden, organischen Horizonte bezeichnet. Sie lassen sich aufgrund von Abbaugrad und Struktur der Vegetationsrückstände unterscheiden. Die Auflagehorizonte entstehen durch Zersetzungs- und Umwandlungsprozesse in unterschiedlichem Abbaumilieu. Entscheidend ist u.a. die Feuchtigkeit des Oberbodens.

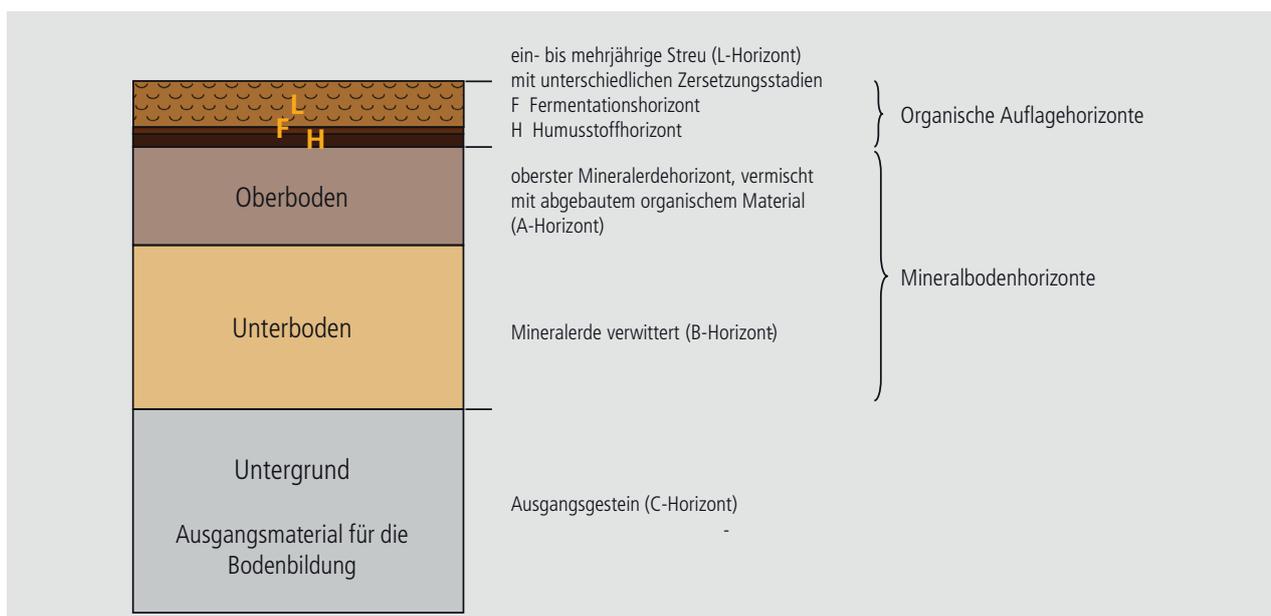


Abb. 5: Schematischer Bodenaufbau



Abb. 6: Bodenoberfläche mit Laubstreu



Abb. 7: Bodenoberfläche mit vorwiegend Nadelstreu

7.1.1.1 Auflagehorizonte in terrestrischen Oberböden (Abbau ohne Wassereinfluss)

L Streuhorizont

Der Streuhorizont L (litter) besteht aus oberirdischen, noch deutlich erkennbaren Pflanzenresten (Abb. 6 und 7). Sie können im trockenen Zustand locker oder im nassen Zustand verklebt, nach der Schneeschmelze sogar schichtig zusammengepresst gelagert sein. Es sind weitgehend unzeretzte Vegetationsrückstände mit weniger als 10 % organischer Feinsubstanz.

F Fermentationshorizont

Der Fermentations- oder Vermoderungshorizont F (Abb. 8) besteht aus oberirdischen Pflanzenresten mit sichtbaren Gewebestrukturen und organischer Feinsubstanz (10 - 70 %v [Volumenprozent]). Hinweise auf Zer-

setzungsvorgänge sind oft sichtbar, z.B. Pilzmyzel. Die Lagerung ist locker, verklebt oder auch schichtig. Eine Vernetzung und Verfilzung durch Pilzhyphen kann auftreten.

H Humusstoffhorizont

Der Humusstoffhorizont H besteht zur Hauptsache aus organischer Feinsubstanz (> 70 %v) und kaum erkennbaren Pflanzenresten (Abb. 9). Eine Struktur ist nicht erkennbar. Im feuchten Zustand fühlt sich das Material schmierig an. Die Farbe ist dunkel bis schwarz. Mineralerde fehlt gänzlich. Ein Zusammenhalt erfolgt oft über das Wurzelgeflecht von lebenden Pflanzen.

Der Streu-, der Fermentations- und der Humusstoffhorizont sind organischen Auflagehorizonte und werden zusammenfassend auch als organische Auflage bezeichnet.



Abb. 8: Fermentationshorizont



Abb. 9: Humusstoffhorizont



Abb. 10: Torfhorizont



Abb. 11: Ai-Mineralerdehorizont: beginnende (initiale) Humusbildung

7.1.1.2 Auflagehorizont in semiterrestrischen Böden und Mooren (Abbau unter Wassereinfluss)

T Torfhorizont

Der Torfhorizont ist faserig, teilweise zersetzt, aus Resten torfbildender Pflanzen entstanden (Abb. 10).

7.1.2 Mineralbodenhorizonte

Mineralbodenhorizonte bestehen hauptsächlich aus mineralischen Bestandteilen. Sie sind im Oberboden mit organischer Substanz (Humus) vermischt. Eine Unterteilung erfolgt über den Humusgehalt, das Gefüge, die Verbraunung, die Vernässung sowie die Verlagerung (Auswaschung). Differenzierende Merkmale von Unterböden sind Farbe, Verwitterungszustand, Vernässung, Auswaschung und Anreicherung.



Abb. 12: Ah-Horizont

7.1.2.1 Horizonte humushaltiger, terrestrischer Oberböden

A Humushaltiger Oberbodenhorizont

Oberster Mineralbodenhorizont, durch organisches Material dunkel gefärbte mineralische Feinerde.

Ai A-Horizont mit nur einer geringen Akkumulation organischer Substanz, bei initialer Bodenbildung und erst lückiger Entwicklung (Abb. 11).

Ah A-Horizont, stark humushaltig, ist durch das mit der Mineralerde vermischte organische Material deutlich dunkel gefärbt. Auftretende Krümelstruktur zeugt von tierischer Aktivität (Abb. 12).



Abb.13: Ahh-Horizont

Ahh Oberster Bereich eines Ah-Horizontes, mit deutlich gehemmter biologischer Bodenaktivität (Abb. 13). Er besteht überwiegend aus organischem, stark umgewandeltem (humifiziertem) Material und ist darum sehr dunkel bis schwarz gefärbt. Durch die fehlende Durchmischung sind lediglich

wenige mineralische Bestandteile beigefügt. Ahh-Horizonte geben auch Hinweise auf die vergangene Art der Bewirtschaftung bzw. Baumartenmischung oder werden durch die Entwicklungsstufe eines Bestandes beeinflusst (z.B. Stangenholz).



Abb. 14: Aa-Horizont

Aa A-Horizont vernässt, besteht aus einer dunkel gefärbten Mischung von Mineralerde und feinem organischen Material (anmoorig). Er entsteht unter Wassereinfluss, d.h. teilweise unter mangelhaften Durchlüftungsverhältnissen. Ein Gefüge ist kaum erkennbar, zum Teil erscheinen Vernässungsmerkmale (Abb. 14).

Beeinträchtigungen der Bodenoberfläche

erodiert: Durch verschiedene Formen der Erosion (Wind, Wasser) kann lockere Streu, aber auch mineralisches Feinmaterial oberflächlich transportiert werden. (Abb. 15)

verdichtet (oberflächennah): Durch Viehtritt, Holzerntemassnahmen. Verdichtungen im Bodenprofil können in unterschiedlicher Tiefe auch durch Bodenbildungsprozesse entstehen (vgl. Parabraunerde, Stauwasserböden). (Abb. 16)



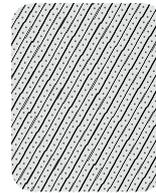
Abb. 15: erodiert



Abb. 16: verdichtet

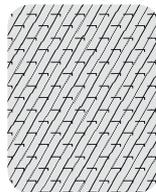
Übergangshorizonte

AE-Übergang



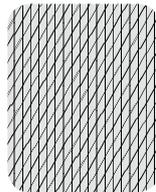
A-Horizont, gebleicht (durch Verlagerung von Eisen und organischer Substanz verarmt), Übergang zu einem E-Horizont

AEI-Übergang



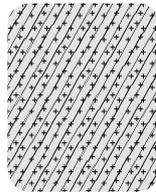
A-Horizont, lessiviert (durch Tonverarmung geprägt, über einem tonangereicherten Horizont (Bt) liegend, aufgehellt gegenüber dem Bt-Horizont)

AB-Übergang

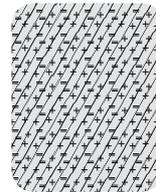


Übergang zu einem B-Horizont (humushaltig)

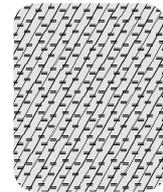
AC Übergang zu einem C-Horizont (humushaltig)



Silikat

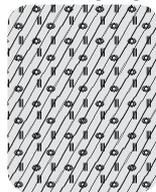


Mischgestein



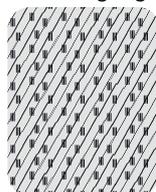
Kalk

AS-Übergang



A-Horizont, vernässt (marmoriert oder rostfleckig durch Stauwassereinfluss)

AG-Übergang



A-Horizont, vernässt (rostfleckig durch Grund- oder Hangwassereinfluss)

7.1.2.2 Horizonte terrestrischer Unterböden

E Auswaschungshorizont (Eluvialhorizont), durch Verlagerung von Eisen und organischer Substanz (Podsolierung) gebleicht, an Nährstoffen verarmt (Abb. 17)

EI Auswaschungshorizont (Lessivierung), durch Tonverlagerung entstanden, tonverarmt, über einem tonangereicherten Horizont (Bt) liegend, meist aufgehellt gegenüber dem Bt-Horizont (Abb. 18). Tongehaltsdifferenz zum Bt-Horizont spürbar (gleiches Ausgangsgestein vorausgesetzt)



Abb. 17: E-Auswaschungshorizont, gebleicht (hellere Farbe), an Eisen, organischer Substanz und Nährstoffen verarmt

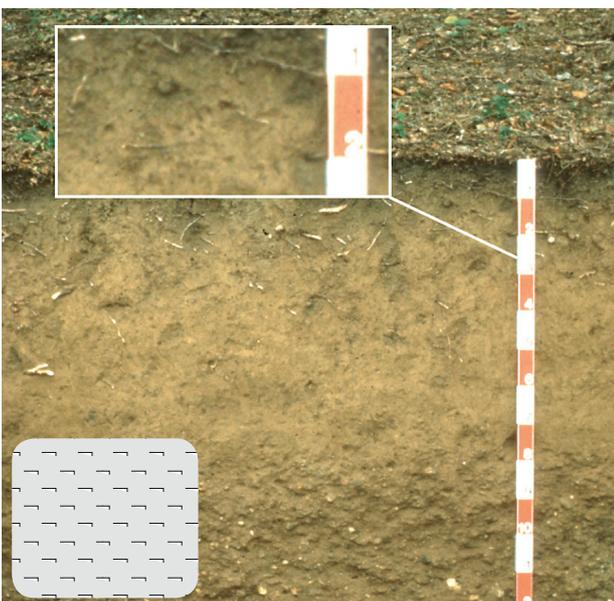


Abb. 18: EIB-Horizont, an Ton verarmt

Übergangshorizonte

ES Auswaschungshorizont (Nass-bleichung) durch Nass-Bleichung an Sequioxiden verarmt (Abb. 19)

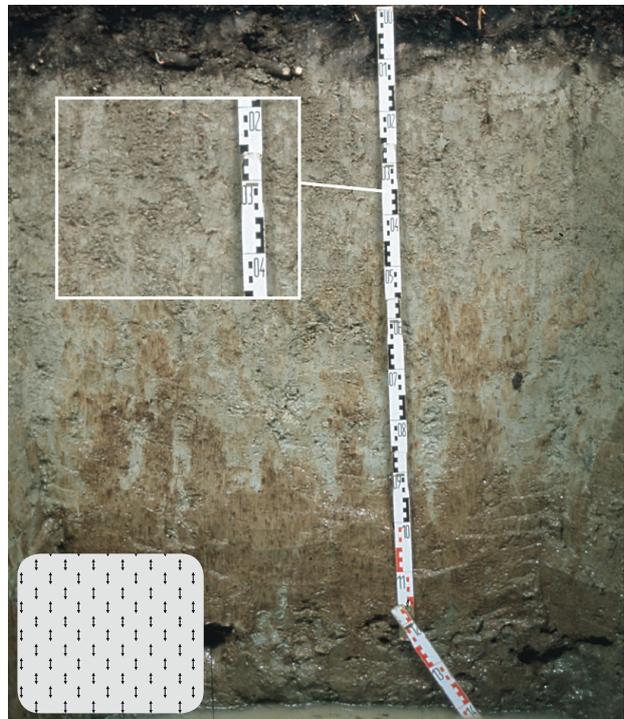


Abb. 19: ES-Horizont

EIB Übergangshorizont zu einem B-Horizont (tonverarmt) (Abb. 20)

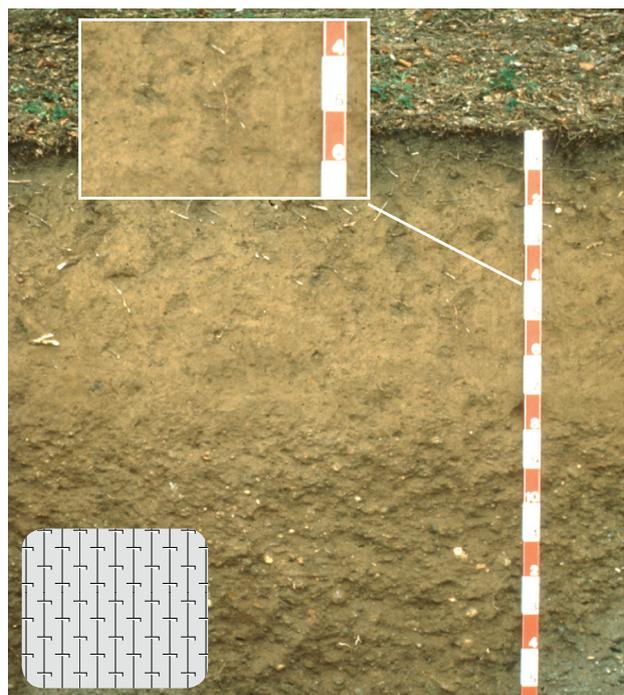


Abb. 20: EIB-Horizont

B Mineralerdeverwitterungshorizont, braun gefärbt. Veränderung der Farbe und des Stoffgehaltes im Vergleich zum Ausgangsgestein durch Verwitterung und /oder Tonneubildung

Bv B-Horizont mit deutlicher Braunfärbung (Abb. 21)

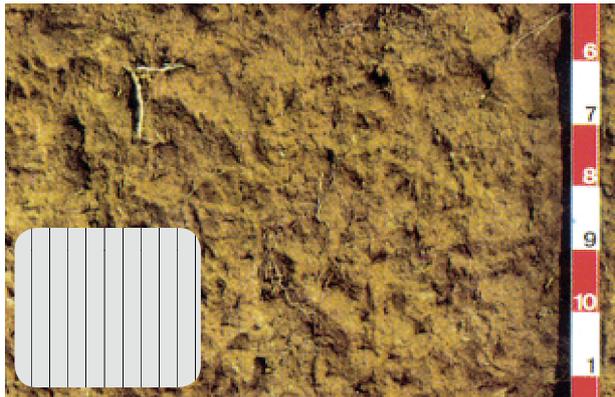


Abb. 21: Bv-Mineralerde horizont, braun gefärbt (Verwitterung, Anreicherung, Neubildung)

Bt Einwaschungshorizont (Anreicherungs- oder Illuvialhorizont) durch Lessivierung, deutliche Tonanreicherung nach Verlagerung (Tonhäute). Tongehaltsdifferenz gegenüber tonverarmtem Horizont spürbar (gleiches Ausgangsgestein vorausgesetzt) (Abb. 22)

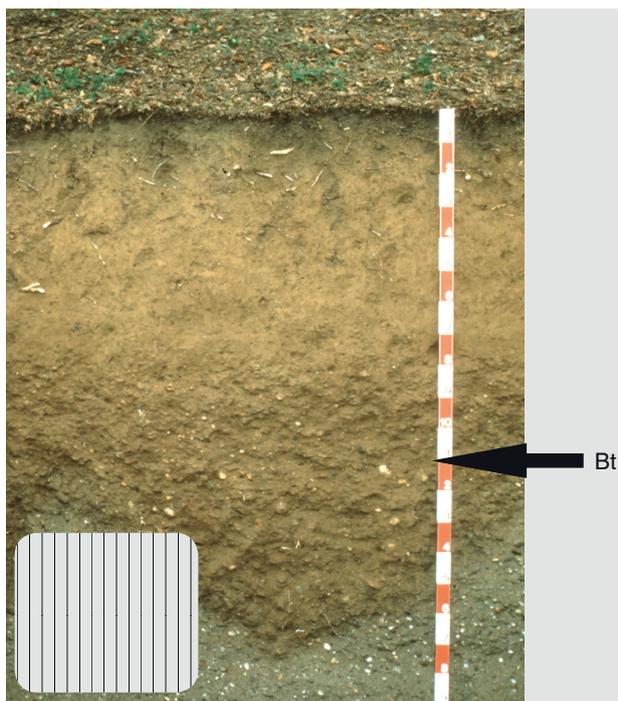


Abb. 22: Bt deutliche Tonanreicherung nach Verlagerung (Tonhäute, prismatisches Gefüge)

Bh Einwaschungshorizont (Podsolierung) durch Einwaschung mit Humusstoffen angereichert (dunkle, schwärzliche Farbe) (Abb. 23)

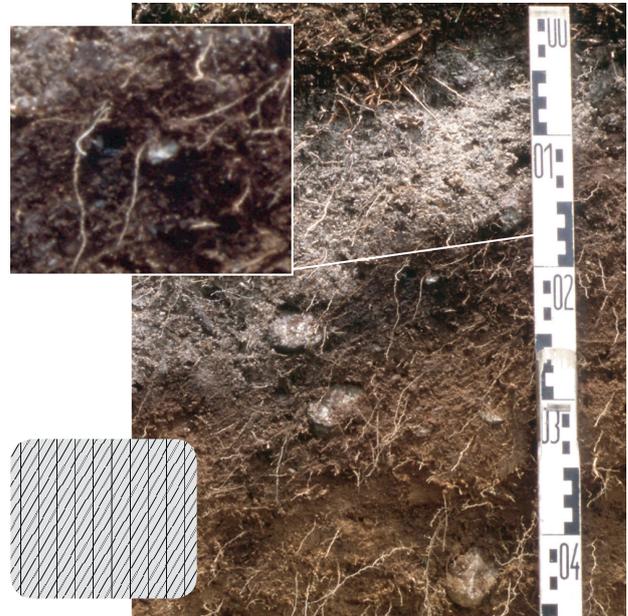


Abb. 23: Bh-Horizont: dunklere, schwärzliche Farbe (Anreicherung von organischem Material nach Verlagerung)

Bs Einwaschungshorizont (Podsolierung) durch Einwaschung mit Sesquioxiden angereichert (rötliche Färbung) (Abb. 24)

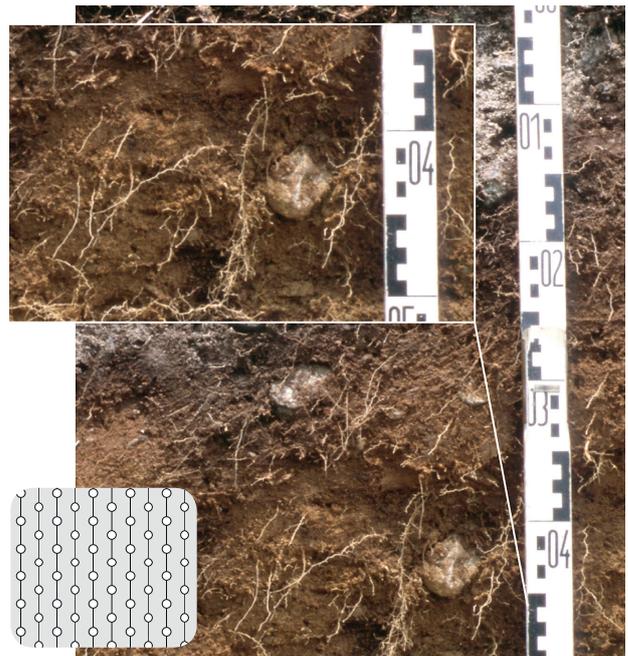
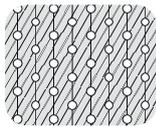


Abb. 24: Bs-Horizont: rötliche Färbung (Anreicherung von Eisen und Nährstoffen nach der Verlagerung)

Bh,s Einwaschungshorizont (Kryptopodsolierung) durch Einwaschung mit Humusstoffen und Sesquioxiden angereichert. Der verlagerte Humus färbt die Feinerde dunkel und «maskiert» dadurch die rötliche Farbe der verlagerten Sesquioxide



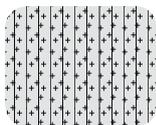
Bcn B-Horizont vernässt, mit Mangankonkretionen (Abb. 25 und Abb. 61)



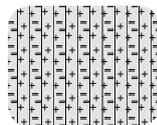
Abb. 25: Bcn B-Horizont mit Mangankonkretionen

Übergangshorizonte

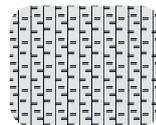
BC Übergang zu einem C-Horizont



Silikat



Mischgestein



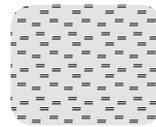
Kalk

BS B-Horizont, vernässt (marmoriert oder rostfleckig durch Stauwassereinfluss)

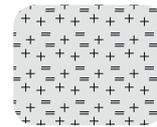
BG B-Horizont, vernässt (rostfleckig durch Grund- oder Hangwassereinfluss)

7.1.2.3 Ausgangsgestein (Muttergestein)

C Ausgangsgestein (Lockergestein), aus dem der Boden entstanden ist. Untergrund von der Bodenbildung kaum beeinflusst



C-Horizont
Kalk



C-Horizont
Mischgestein



C-Horizont
Silikat

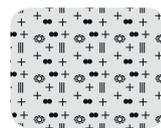
Cv C-Horizont mit beginnender Verwitterung (schwache Braunfärbung) (Abb. 26)



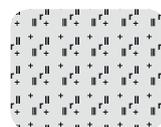
Abb. 26: Cv-Horizont

Übergangshorizonte

CS C-Horizont, vernässt (marmoriert oder rostfleckig durch Stauwassereinfluss)



CG C-Horizont, vernässt (rostfleckig durch Grund- oder Hangwassereinfluss)



IIC Schichtwechsel (geologisch anderes Ausgangsmaterial) (Abb. 27)



Abb. 27: IIC-Horizont, Schichtwechsel im Profil

R Ausgangsgestein (Festgestein, Fels), aus dem der Boden entstanden ist (Abb. 28).

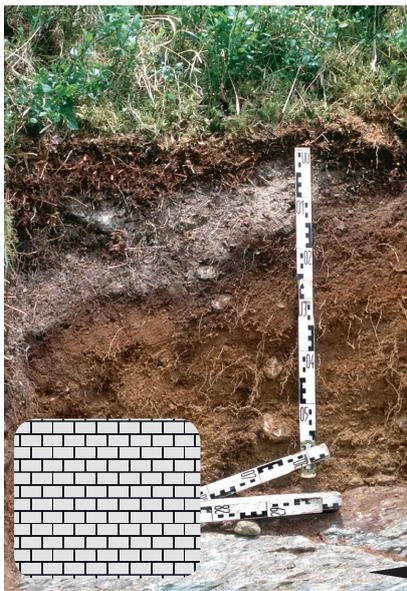


Abb. 28: R-Horizont (Fels)

7.1.2.4 Stark durch Stauwasser beeinflusste Horizonte

S **Stauwasserhorizont** (Fahl-Rotfärbungen, Rostflecken, Mangankonkretionen)

Sw **Stauwasser leitender Horizont**, zeitweise Stauwasser führend (daher zeitweilig anaerob) (Abb. 29)

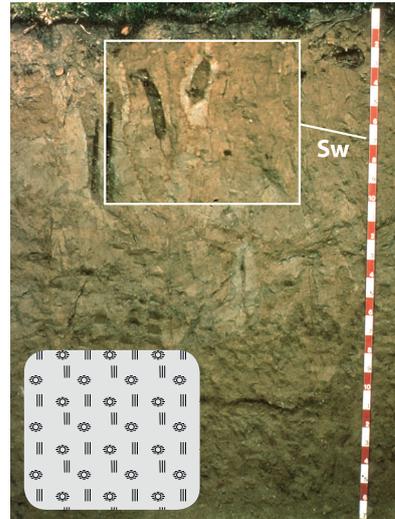


Abb. 29: Sw-Horizont

Sd **Wasser stauender Horizont** (Staukörper), marmoriert, grössere Dichte und kleinere Wasserdurchlässigkeit als der darüber liegende Sw-Horizont, daher häufiger anaerob als der Sw-Horizont (Abb. 30)

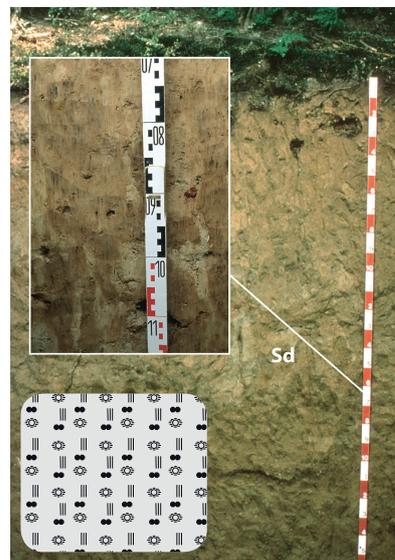


Abb. 30: Sd-Horizont

2A

7.1.2.5 Horizonte semiterrestrischer Unterböden und Mooren

G Gleyhorizont, Mineralbodenhorizont mit Grundwassereinfluss (Abb. 31)

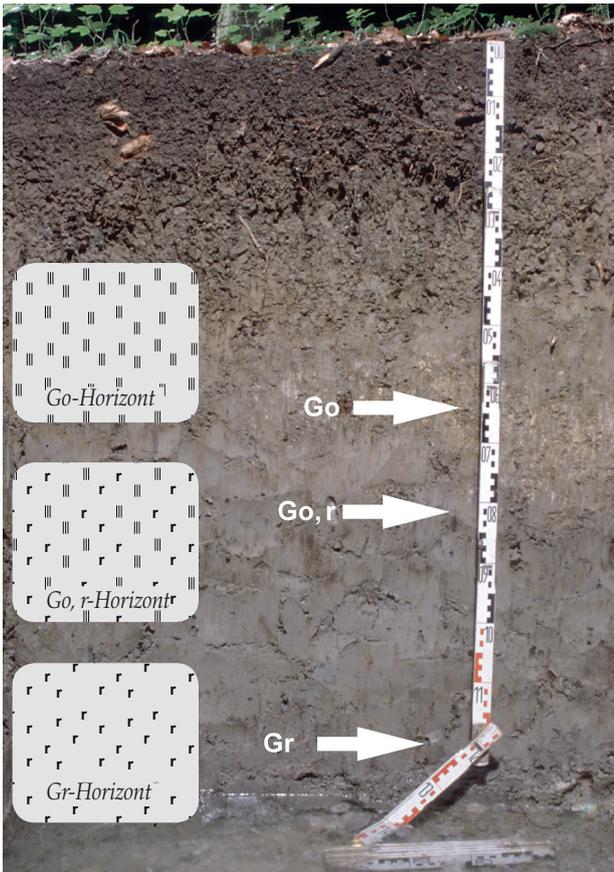


Abb. 31: G-Horizont

Go Horizont entstanden unter oxidierenden Verhältnissen (Oxidationshorizont) Rostflecken, im Schwankungsbereich eines Grund- oder Hangwasserspiegels

Gr Horizont entstanden unter reduzierenden Verhältnissen (Reduktionshorizont) Reduktionsfarben, nahezu ständig wassergesättigt

Go,r Go-Horizont, stellenweise reduziert

7.1.3 Grundsätze bei der Vergabe von Horizontsymbolen

A Horizonte werden mit Grossbuchstaben (Hauptsymbole) gekennzeichnet.

Ah Mit Kleinbuchstaben (Zusatzsymbole) werden weiter für den entsprechenden Horizont typische Merkmale zum Ausdruck gebracht. Beim Ah-Horizont beispielsweise weist das Zusatzsymbol h auf den gegenüber einem A-Horizont erhöhten Humusgehalt hin.

BC Übergangshorizont mit Merkmalen von zwei Horizonten. Die Reihenfolge der beiden Hauptsymbole ist immer durch die Bodengesehe bestimmt, d.h. von oben nach unten im Profil. Die Reihenfolge bringt keine Gewichtung zum Ausdruck.

A/C Komplexhorizonte, Merkmale und Eigenschaften eines Horizontes kommen als Einschlüsse im anderen Horizont vor

B1 Bodenzonen mit nur geringen Unterschieden in ihren Merkmalen

B2 "

B3 "

II Geologischer Schichtwechsel, z.B. IIC

() Horizontmerkmale sind nur undeutlich ausgeprägt

[] diskontinuierlich vorhandene Merkmale eines Horizontes

Ah-B-C Darstellung einer Horizontfolge

7.2 Humusformen (Oberboden)

7.2.1 Bemerkungen zu den Humusformen

Humusformen werden aufgrund der Horizontfolge und der Ausprägung der einzelnen Humushorizonte umschrieben und definiert. Humusformen sind ein integraler Indikator für das Nährstoffumsetzungsvermögen im Oberboden und damit auch für die biologische Bodenaktivität an einem Standort.

Es bilden sich unterschiedliche Humusformen aus, wie Mull mit jährlicher Zersetzung der Vegetationsrückstände und tiefgründiger Vermischung des abgebauten organischen Materials mit der mineralischen Feinerde oder Rohhumus mit mächtigen organischen Auflagehorizonten und geringen Durchmischungstiefen. Dazwischen liegt der Moder mit einer mässigen biologischen Bodenaktivität. Typische Humusformen (Mull, Moder, Rohhumus) entstehen vorwiegend unter aeroben Bedingungen.

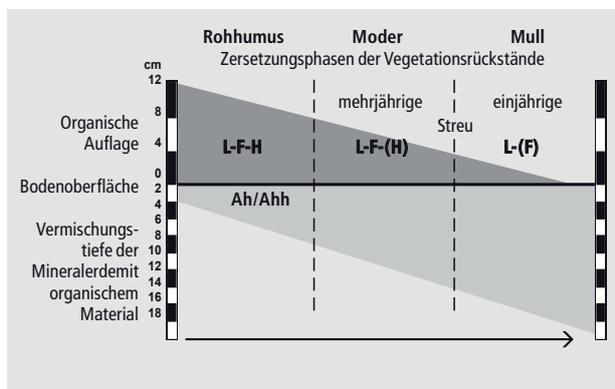


Abb. 32: Schematische Darstellung des Aufbaus eines typischen Humusprofils

Zudem sind verschiedene Humusformen mit unterschiedlichem Wasser- und Lufthaushalt im Oberboden zu unterscheiden:

Xerohumusformen (trockene Ausprägung)

Standorte mit lang anhaltenden Trockenperioden

Hydrohumusformen (feuchte Ausprägung)

Standorte mit periodisch wassergesättigtem Oberboden

Nasshumusformen (Anmoor, Torf)

Standorte mit lang andauernd, bis zur Oberfläche gesättigten Böden und daher mit teilweise mangelhaften Durchlüftungsverhältnissen

	Rohhumus	Rohhumus-artiger Moder	Moder Typischer Moder	Mullartiger Moder	F-Mull	L-Mull
trockene Ausprägung (Xeroformen)						
feuchte Ausprägung (Hydroformen)						
Varianten	<input type="checkbox"/> Anmoor <input type="checkbox"/> Torf	<input type="checkbox"/> Kalkmull <input type="checkbox"/> Kalkmoder	<input type="checkbox"/> Tangelhumus <input type="checkbox"/> erodiert			

Abb. 33: Humusformen als Übersicht

Spezielle Humusformen (Kalkmull, Kalkmoder, Tangelhumus). Daneben werden spezielle Humusformen unterschieden, die durch ihr Abbaumilieu geprägt sind. Das Vorhandensein von Kalk führt zu Kalkmull oder Kalkmoder. Eine weitere spezielle Humusform unter feucht-kühlen Bedingungen an Schattenhängen im Gebirge stellt der Tangelhumus dar. Im Gegensatz zum Rohhumus ist der Kontaktbereich zum Gestein kaum sauer.

7.2.2 Beschreibung der Humusformen

7.2.2.1 Typische Humusformen

Mull (Abb. 34)

Mögliche Horizontfolge: L - Ah oder L - (F) - Ah

Je nach Jahreszeit kann der Streuhorizont L bei dieser aktiven Humusform auch fehlen. Durch die rege biologische Aktivität werden die Vegetationsrückstände innerhalb eines Jahres weitgehend abgebaut. Der Fermentationshorizont F - wenn überhaupt vorhanden - ist nur schwach ausgebildet. Der Ah - Horizont weist meist eine stabile Krümelstruktur auf und ist mächtiger als 8 - 10 cm. Die tiefe Durchmischung des organischen Materials mit der mineralischen Feinerde ist eine Folge tierischer Aktivität, vor allem der Regenwürmer. Durch die innige Vermischung von Humusstoffen und mineralischer Feinerde entstehen Ton-Humus-Verbindungen. Die pH - Verhältnisse reichen von sauer bis neutral.

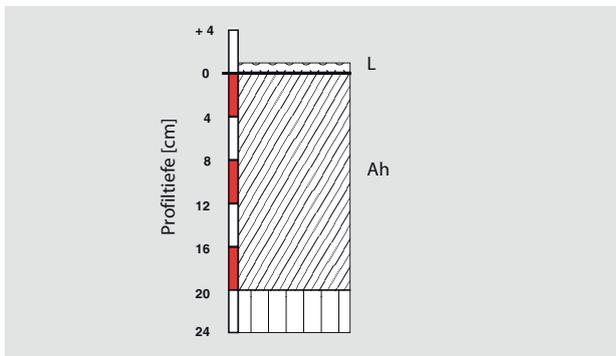


Abb. 34: typischer Mull

Kalkmull (Abb. 35)

Horizontfolge wie beim typischen Mull (L-Ah). Die Feinerde im Ah-Horizont ist karbonathaltig.



Abb. 35: Kalkmull

Übergang: moderartiger Mull / mullartiger Moder (vgl. Kap. 7.2.3)

Moder (Abb. 36)

Mögliche Horizontfolge: L - F - Ah oder L - F - (H) - Ah / Ahh

Die Aktivität der Regenwürmer tritt stark zurück. Die Streuzersetzung verläuft langsamer und es bildet sich ein durchgehender mehrjähriger Fermentationshorizont. In Ansätzen kann sich ein Humusstoffhorizont H bilden. Die gehemmte Durchmischung bewirkt, dass ein schwarzer Ahh - Horizont auftreten kann. Die Mächtigkeit von Ah und Ahh ist geringer als 8 - 10 cm.

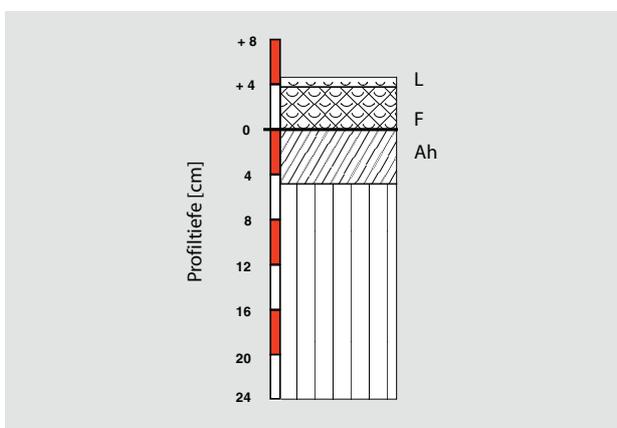


Abb. 36: typischer Moder

Kalkmoder

Horizontfolge wie beim typischen Mull (L-F-Ah). Die Feinerde im Ah-Horizont ist karbonathaltig. Der Abbau der Vegetationsrückstände ist meist bedingt durch Trockenheit gehemmt. Daher fällt der Kalkmoder auch in die Kategorie der Xeroformen.

Übergang: rohumusartiger Moder (vgl. Kap. 7.2.3)

Rohhumus (Abb. 37)

Mögliche Horizontfolge: L - F - H - Ah oder L - F - H - EA

Bei dieser Humusform sind die einzelnen organischen Auflagehorizonte deutlich ausgeprägt. Die organische Auflage kann sehr mächtig sein und die Übergänge zwischen den einzelnen Horizonten sind meist deutlich erkennbar. Die Durchwurzelung des Humusstoffhorizontes kann sehr stark sein. Im darunter anschließenden geringmächtigen Mineralerdehorizont sind oft nur örtlich, z.T. aber auch durchgehend, hellere gebleichte Farbtöne erkennbar. Diese Auswaschungserscheinungen zeigen, dass Huminstoffe, aber auch Nährstoffe in grössere Tiefen verlagert werden. Dieser säurebedingte Verlagerungsprozess kann teilweise auch bereits bei Moderformen eintreten. Voraussetzung sind allerdings, nebst hoher Wasserdurchlässigkeit im stark sauren Oberboden, grössere Niederschlagsmengen. Rohhumus ist eine typische Humusform der höheren Lagen und eher des kühlen Klimas.

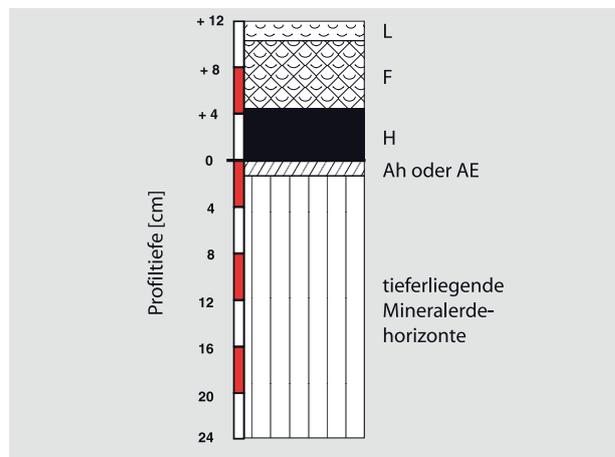


Abb. 37: typischer Rohhumus

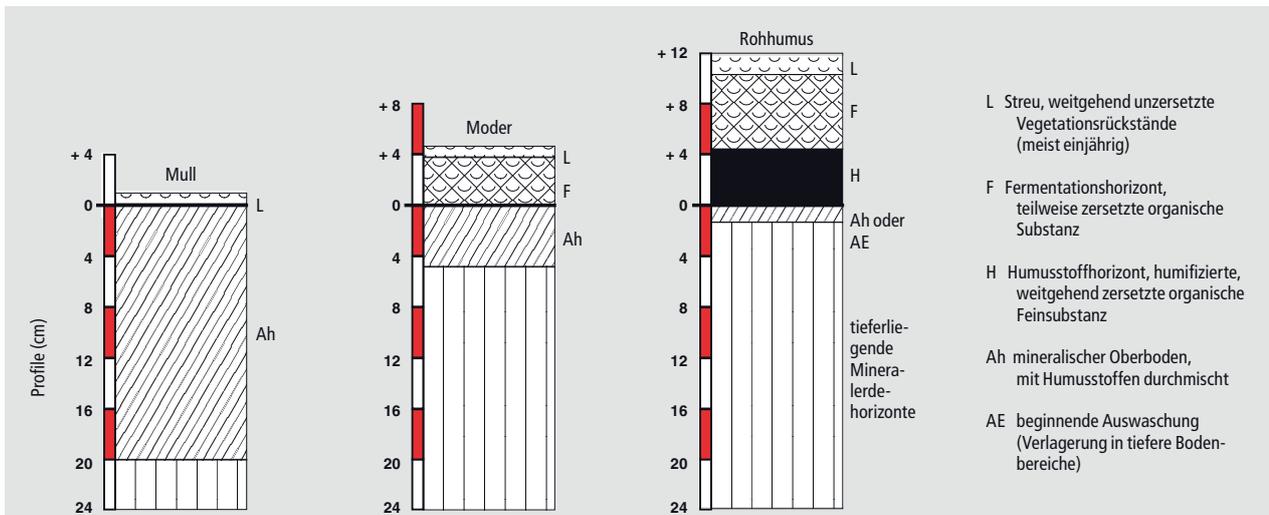


Abb. 38: Schematischer Vergleich der drei wichtigsten, typischen Humusformen

7.2.2.2 Trockene, feuchte und nasse Humusformen

Je nach vorhandenen Auflagehorizonten wird, analog zu den typischen Humusformen, zwischen Xeromull bzw. Xeromoder und Feuchtmull, Feuchtmoder sowie Feuchtrohumus unterschieden.

Xerohumusformen

Der Abbau der Vegetationsrückstände ist bei Trockenheit gehemmt. Es bildet sich eine organische Auflage mit einem Fermentationshorizont unterschiedlicher Mächtigkeit. In feuchten Phasen ist die biologische Aktivität grösser, so dass die Streu besser abgebaut wird und durch wühlende Bodenorganismen mit der Mineralerde vermischt wird. Mächtige Vermischungshorizonte (bis 30 cm und mehr) kommen vor.

Xeromull

Horizontfolge: L - (F) - Ah - A

Xeromoder (Abb. 39)

Horizontfolge: L - F - Ah - A



Abb. 39: Xeromoder

Feuchthumusformen (Abb. 40)

Das wichtigste Merkmal der Feuchthumusformen ist das Vorkommen von Vernässungsmerkmalen im Oberboden, meist in Form von Rostflecken.

Feuchtmull

Horizontfolge: L - AG oder AS

Feuchtmoder

Horizontfolge: L - F - AG oder AS

Feuchtrohhumus

Horizontfolge: L - F - H - AG oder AS oder ES



Abb. 40: Hydromoder

Nasshumusformen

In Abhängigkeit vom Säurezustand des Bodens und der Beschaffenheit der Vegetationsrückstände entstehen unterschiedliche Nasshumusformen.

Anmoor (Abb. 41)

Horizontfolge: L - Aa

Dunkel gefärbte Mischung von mineralischer und fein verteilter, unstrukturierter organischer Substanz. Die schwarze Farbe kommt von organischen Bestandteilen, die bei der unvollständigen Zersetzung der Streu durch anaerobe Mikroben gebildet werden. Die Entstehung erfolgt unter dem Einfluss von langfristig hoch anstehenden Stau- oder Grundwasserständen.

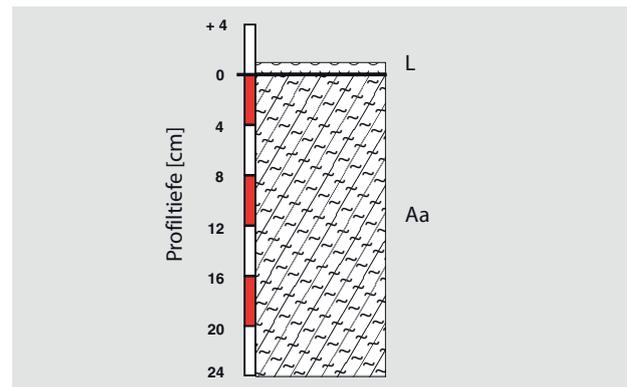


Abb. 41: Anmoor

Torf (Abb. 42)

Horizontfolge: T1 - T2

Torf besteht aus unvollständig zersetzten Pflanzenrückständen, überwiegend Torfmoosen, welche im wassergesättigten Milieu nur sehr langsam abgebaut werden. Er hat häufig einen faserigen, schwammigen Aufbau und kann sehr mächtig werden.

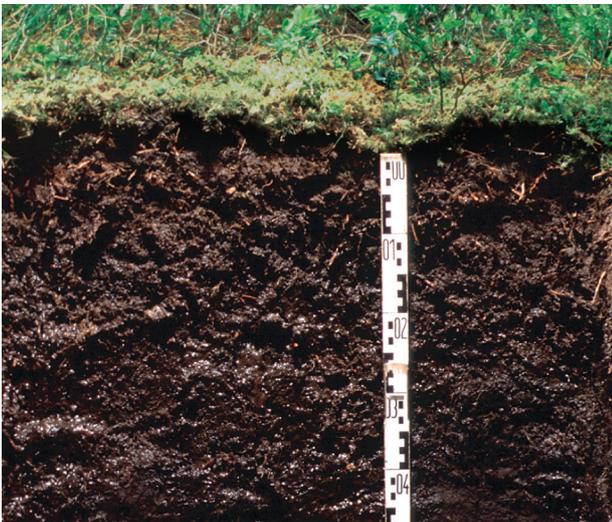
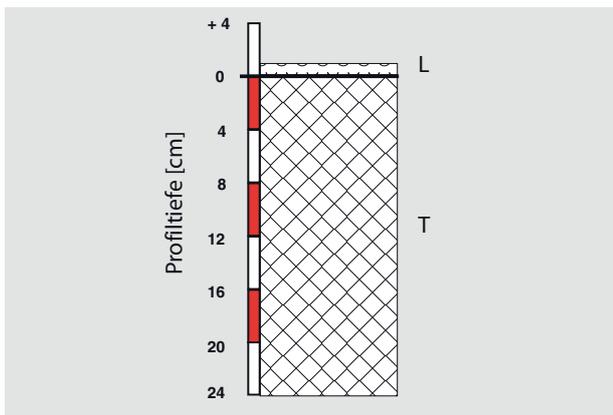


Abb. 42: Torf

7.2.2.3 Spezielle Humusformen

Kalkmull und Kalkmoder als Humusform kommt auf skelettreichen Böden aus karbonathaltigem Ausgangsmaterial vor. Kalk ist in der Feinerde bis an die Bodenoberfläche vorhanden. Kalkmull setzt einen steten Neubeginn der oberflächennahen Bodenbildung voraus, d.h. es erfolgt reliefbedingt eine Zufuhr von karbonathaltigem Material.

Tangelhumus (Abb. 43)

Mögliche Horizontfolge: L - (F) - H - AC

Tangelhumus kommt überwiegend in den Kalkalpen vor. Im Kontaktbereich zu Karbonatgestein ist das Milieu der mineralischen Feinerde nur schwach sauer oder gar karbonathaltig. Der Profilaufbau ist analog demjenigen des Rohhumus, doch kann der Vermischungshorizont Ah auch mächtiger als 10 cm werden.



Abb. 43: Tangel

7.2.3 Entscheidungshilfe für die Bestimmung der terrestrischen Humusform nach «Forstliche Standortsaufnahme» (2003)

Humusform	L-Mull	F-Mull	Mullartiger Moder	Typischer Moder	Rohhumusartiger Moder	Rohhumus
Code	1	2	3	4	5	6
Horizonte	L-Ah-	L-F-Ah-	L-F-(H)-Ah-	L-F-H-Ah-	L-F-H-Ah-	L-F-H-Ah-
Mächtigkeit des Ah	> 8 cm, häufig 10-15 cm	< 10 cm, häufig 5-7 cm	2-8 cm, häufig 3-4 cm	meist < 5 cm	meist < 3 cm	meist < 3 cm
Horizontgrenze des Ah (nach unten)	undeutlich bis fließend	deutlich bis sehr deutlich	sehr deutlich bis scharf			
Mächtigkeit des F		bis 1 cm	bis 3 cm, häufig 1-2 cm	bis 5 cm, häufig 1-3 cm	bis 6 cm, häufig 2-4 cm	bis 8 cm, häufig 2-4 cm
Mächtigkeit des H			0.2-0.5 cm	0.5-3 cm	2-4 cm	> 4 cm, häufig 5-8 cm
Trennbarkeit L/F/H vom Ah				schlecht trennbar	gut trennbar	sehr gut trennbar, z.T. schollig ablösend

Tabelle 5: Entscheidungshilfe für die Bestimmung der terrestrischen Humusform nach «Forstliche Standortsaufnahme» (2003)

7.3 Böden und Bodenentwicklung

7.3.1 Bemerkungen zur Bodenbildung

Die Bodenbildung ist ein kontinuierlicher Entwicklungsprozess, der durch die Bodenbildungsfaktoren gesteuert wird. Dazu gehören Ausgangsgestein, Klima, Relief und Organismen welche im Laufe der Zeit auf die Bodenbildung einwirken. Zu den wichtigsten Bodenbildungsprozessen gehören Verwitterung (physikalisch, chemisch, biologisch), Humus-, Gefügebildung, Mineralneubildung, sowie Verlagerung von Tonmineralien, Nährstoffen und Humusstoffen. Sie bestimmen das Aussehen (Morphologie) und die Eigenschaften von Böden.

Die Bodenbildung setzte im Alpenraum vielerorts mit dem Rückzug der Gletscher ein. Daneben sind nacheiszeitliche geomorphologische Prozesse von Bedeutung (z.B. Erosion).

Bodenbildungsprozesse führen zur Ausbildung von Merkmalen und Eigenschaften längs meist oberflächenparallel verlaufenden Schichten, die zu Bodenhorizonten zusammengefasst werden. Diese unterscheiden sich durch ihr Erscheinungsbild: aber auch durch ihre physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften. Je stärker diese Prozesse gewirkt haben, desto weiter entwickeln sind die Böden. Die Entwicklung geht von Gesteinsrohböden und Rohböden über Verwitterungsböden bis hin zu Böden mit Auswaschungs- und Anreicherungshorizonten. Nassböden werden durch Stau-, Hang- oder Grundwasser beeinflusst.

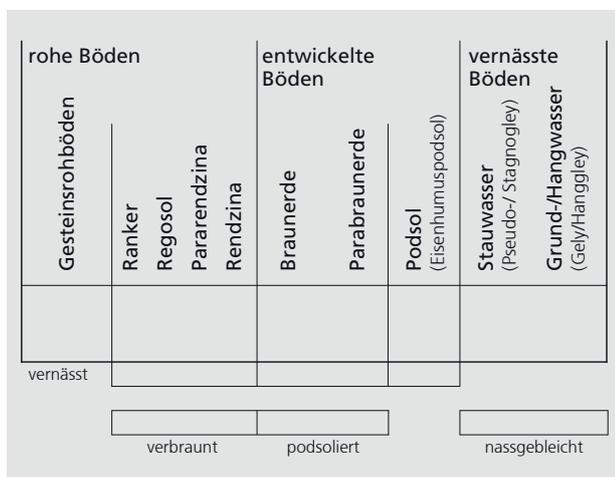


Abb. 44: Schematische Übersicht zur Bodenentwicklung

7.3.2 Einteilung der Böden

Die Klassierung der Böden und Benennung der Bodentypen wird - wie im ersten Band «Waldböden der Schweiz» (Walthert et al., 2004) beschrieben - vereinfacht in Anlehnung an die deutsche Systematik (KA5, 2005) vorgenommen.

7.3.2.1 Terrestrische Böden (Landböden)

Rohe Böden (schwach entwickelte Böden): Gesteinsrohböden, Humus-Gesteinsrohböden und Rohböden

Bei Gesteinsrohböden steht der Humusauflagehorizont in unmittelbarer Verbindung mit Fels oder Skelettsubstraten (Ai bis (A) - R oder C).

Humus-Gesteinsrohböden: Initiale Bodenbildung mit beginnender Humusakkumulation über Fest- oder Lockergestein ((A) bis A - R oder C).

Rohböden (A-C-Böden): Vollentwickelter A-Horizont (meist Ah) über Fest- oder Lockergestein (meist skelettreich, Art des Ausgangsgestein für die Namengebung entscheidend).

Ranker, Regosol, Pararendzina, Rendzina

Entwickelte Böden (Verwitterungsböden): Braunerde, Parabraunerde, Podsol

Durch Verwitterung verbraunter und in der Regel durch Tonneubildung gekennzeichnete B-Horizont. Für Parabraunerden ist die Tonverlagerung kennzeichnend. Eine deutliche Profildifferenzierung in Auswaschungs- und Anreicherungshorizonte ergibt sich beim Podsol.

Stauwasserböden: Pseudogley und Stagnogley

Geprägt durch Vernässungsmerkmale (Marmorierungen und Rostflecken), hervorgerufen durch gestauten Niederschlagswasser. Stauwasserhorizonte oberhalb 40 cm beginnend.

7.3.2.2 Semiterrestrische Böden (Grund-, Hangwassereinfluss)

Auenböden und Gleye

Im Schwankungsbereich von Wasserständen. Ständig wassergesättigter Horizont

7.3.2.3 Organische Böden (T-Horizont > 30 cm)

Niedermoor und Hochmoore

Oft durch Entwässerungsmassnahmen veränderte Dynamik

7.3.3 Beschreibung einzelner Böden

Die Zuordnung bzw. Namengebung erfolgt über die am Bodenprofil erhobenen und zu vordefinierten Horizonten zusammengefassten Merkmale (vgl. Tab. 6 als Übersicht).

Terrestrische Böden (Landböden)

7.3.3.1 Gesteinsrohboden (Lithosol)

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte ... Ai bis (A) - R oder C

Boden mit Humusauflagehorizonten auf Festgestein oder Skelettsubstrat, meist extrem flachgründig (< 15 cm), skelettreich, feinerdearm, z.T. mit vielen Kluft- und Spaltenfüllung im Fels oder/und als Hohlräumfüllung zwischen dem Skelett. (Silikat- oder Karbonatgestein)

7.3.3.2 Humus-Gesteinsrohboden (Syrosem)

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - (A) bis A - R oder C

Boden aus Fest- oder Lockgestein, meist flachgründig (< 30 cm), skelettreich, feinerdearm, mit durchgehendem A-Horizont. (Silikat- oder Karbonatgestein)

2A

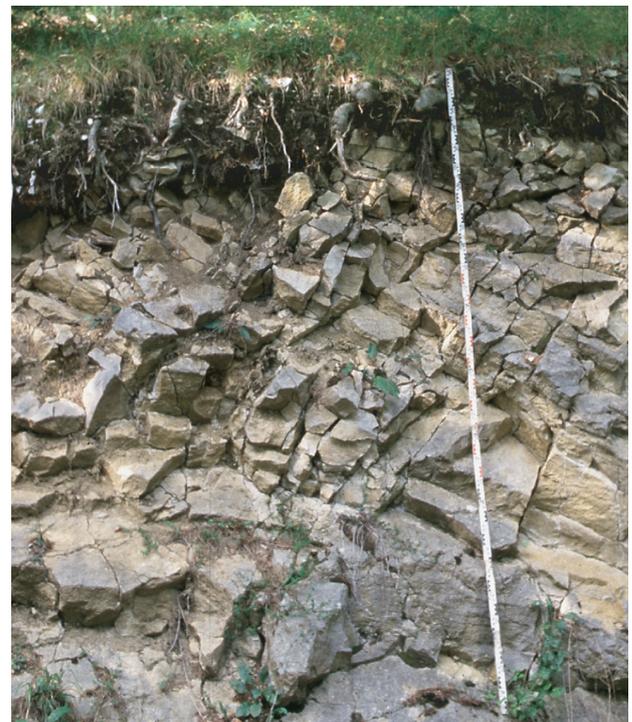
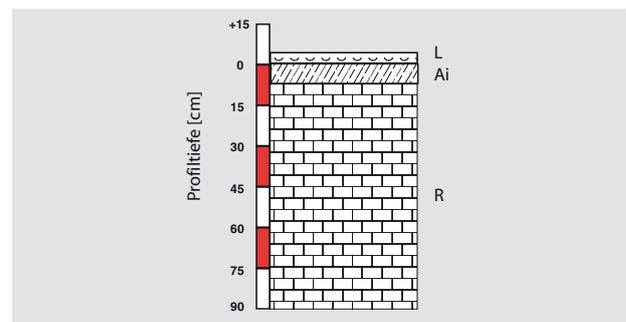


Abb. 45: Gesteinsrohboden im Solothurner Jura.
Weiteres Beispiel: Bildatlas Waldböden, Profil 4.1 Voralpsee
(Grabserberg, SG)

7.3.3.3 Ranker

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - AC (- C) - R

Boden aus karbonatfreiem bzw. -armem Kiesel- oder Silikat-Festgestein. Flach- bis mittelgründig, oft skelettreich. Ein Ranker kann verbraunt sein. Auch vernässte Formen kommen vor.

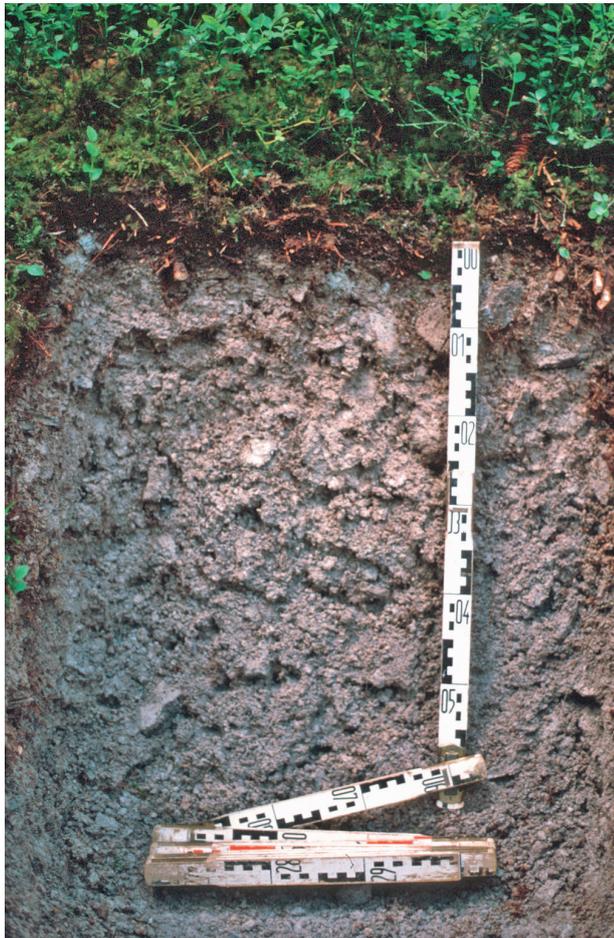
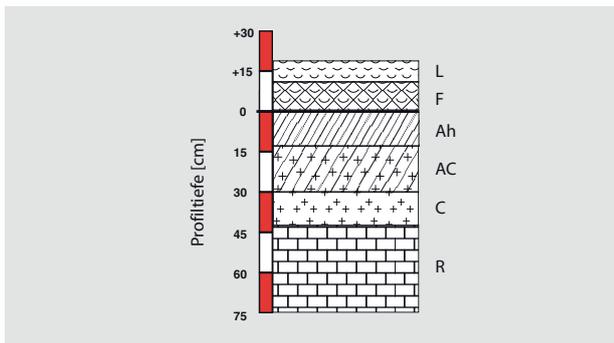


Abb. 46: Ranker bei Fuldera (GR)
Weitere Beispiele: Bildatlas Waldböden, Profile 5.1 bis 5.3

7.3.3.4 Regosol

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - AC - C

Boden aus karbonatfreiem bzw. -armem Kiesel- oder Silikat-Lockergestein. Flach- bis mittelgründig, oft skelettreich. Ein Regosol kann verbraunt sein. Auch vernässte (pseudo- oder vergleyte) Formen kommen vor.

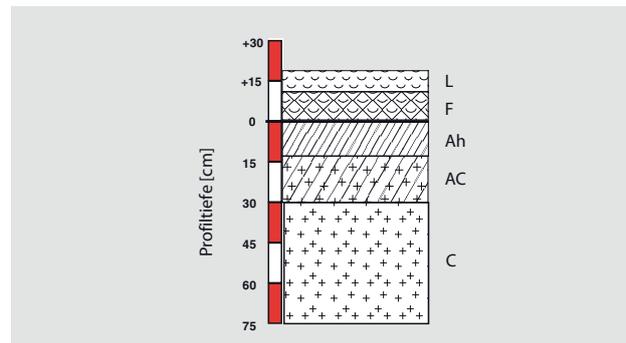


Abb. 47: Regosol, Poschiavo (GR); aus Waldböden der Schweiz, Bd. 2, Profil S20

7.3.3.5 Pararendzina

Mögliche Horizontfolge:
organische Auflagehorizonte - Ah - AC - C oder R

Boden aus karbonathaltigem festem oder lockerem Mischgestein (z.B. Löss, Mergel, Schotter, Kalksandstein). Flach- bis mittelgründig, oft skelettreich. Eine Pararendzina kann verbraunt sein. Auch vernässte (pseudovergleyte oder vergleyte) Formen kommen vor.



Abb. 48: Pararendzina, Stalden (VS); aus Waldböden der Schweiz, Bd. 2, Profil A7.
Weiteres Beispiel: Waldböden der Schweiz, Bd. 3, Profil M3 Promasens (FR)

7.3.3.6 Rendzina

Mögliche Horizontfolge:
organische Auflagehorizonte - Ah - AC - C oder R

Boden aus festem oder lockerem Karbonatgestein. Flach- bis mittelgründig, z.T. aber feinkörnig verwittert, oft

skelettreich. In der Regel mit aktiver Humusform, aber mit teilweise entkarbonatetem Ah - Horizont, wo dies nicht durch «Zufuhr» von karbonathaltiger Feinerde verhindert wird. Eine Rendzina kann verbraunt sein. Auch vernässte (pseudovergleyte oder vergleyte) Formen kommen vor.

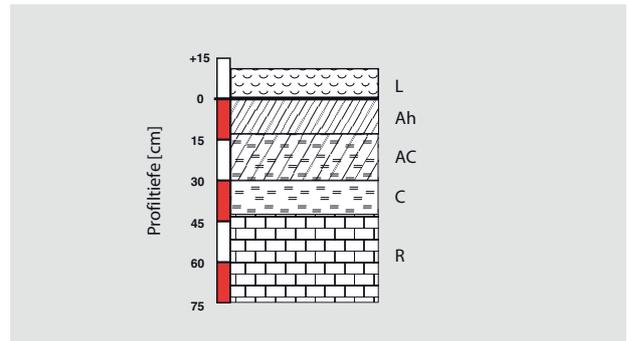


Abb. 49: Rendzina, Schitterwald (SO); aus Waldböden der Schweiz, Bd. 1, Profil J6).
Weitere Beispiele: Waldböden der Schweiz, Bd. 1, J2 Noiraigue (NE), J13 Neunkirchen (SH)

Entwickelte Böden (Verwitterungsböden)

7.3.3.7 Braunerde

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - Bv - BC - C

Kennzeichnend ist der braune Mineralerdeverwitterungshorizont B.

Optimale Wasser- und Nährstoffspeicherverhältnisse, normale Durchlüftung, normale Wasserdurchlässigkeit, mittel- bis sehr tiefgründig, schwach bis stark saure pH-Verhältnisse, oft in unterschiedlicher Tiefe mit einer Kalkgrenze.

Eine Braunerde kann podsoliert sein. Auch vernässte (pseudovergleyte oder vergleyte) Formen kommen vor.

7.3.3.8 Neutrale Braunerden/Kalkbraunerden

B-Horizont im neutralen pH-Bereich bzw. enthält Karbonat; sonst analoge Eigenschaften wie die Braunerde.

verbraunt schwache Ausprägung der beschriebenen Mineralerdeverwitterung in Horizonten unterschiedlich entwickelter Böden.

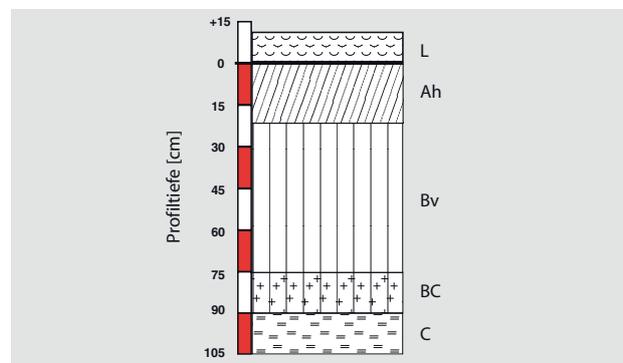


Abb. 50: Braunerde (Parabraunerde), Marthalen-Buchberg (ZH); aus Waldböden der Schweiz, Bd. 3, Profil M15.

Weiteres Beispiel: Waldböden der Schweiz, Bd. 3, Profil M2 Lausanne (VD)

7.3.3.9 Parabraunerde

Mögliche Horizontfolge:
organische Auflagehorizonte - Ah - El - Bt - BC - C

Kennzeichnend ist die Tonverlagerung, was zu tonärmeren Oberböden bzw. Tonanreicherungen im unteren Profilteil führt. Damit wird in tieferen Bereichen des Profils die Wasser- und Nährstoffspeicherleistung erhöht. Je nach den klimatischen Voraussetzungen besteht allerdings auch die Gefahr von Phasen mit örtlicher Staunässe im Wurzelraum. Eine Parabraunerde kann vernässt (pseudovergleyt oder vergleyt) sein.

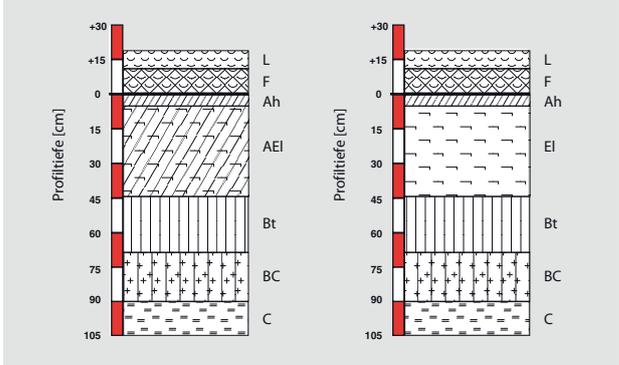


Abb. 51: Parabraunerde, Hard bei Laufenburg (AG); aus *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz*.
Weiteres Beispiel: Waldböden der Schweiz, Bd. 3, Profil M14 Irchel (ZH)

7.3.3.10 Podsol (Eisen-Humuspodsol)

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah bzw. AE - E - Bh - Bs - Bv bzw. BC - C

Podsole sind durch Verlagerungsprozesse gekennzeichnet. Ein hellgrauer bis weiss gebleichter Auswaschungshorizont E (Eluvialhorizont) entsteht unterhalb der organischen Auflagehorizonte. Die Humusform entspricht meist einem Rohhumus. Der Oberboden ist verarmt und daher nährstoffarm.

Darunter anschliessend folgen die Anreicherungshorizonte, ein dunkler Humusanreicherungshorizont Bh, gefolgt von einem rötlich-braunen Anreicherungshorizont Bs. In diesem Bereich werden die verlagerten Stoffe wieder angereichert und stehen auch für das Pflanzenwachstum - bei entsprechender Durchwurzelung - zur Verfügung. Darunter folgt der Übergang zum Ausgangsgestein.

Ein Podsol kann vernässt (pseudovergleyt oder vergleyt) sein.

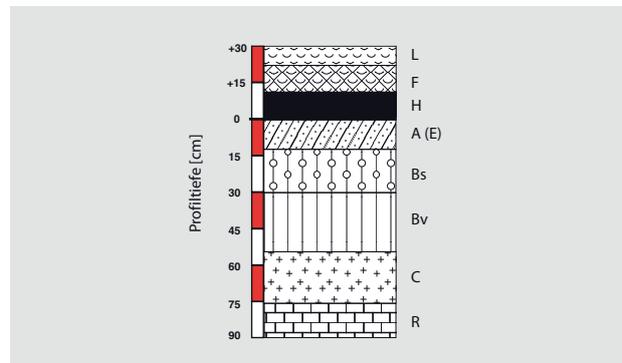
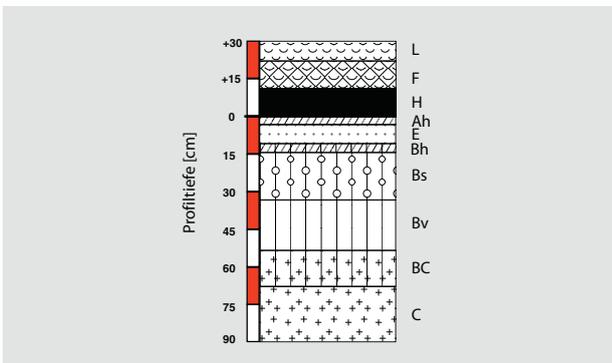


Abb. 52: Podsol (Eisen-Humus), Engstlenalp (BE); aus *Waldböden der Schweiz*, Bd. 2, Profil A9.
Weiteres Beispiel: *Waldböden der Schweiz*, Bd. 2, Profil A23 Pontresina (GR)



Abb. 53 Braunpodsol (podsolierte Braunerde), Gurtellen (UR), vgl. Kap. 7.3.3.12; aus *Waldböden der Schweiz*, Bd. 2, Profil A11

podsoliert schwache Ausprägung der beschriebenen Auswaschungs- und Anreicherungserscheinungen in Horizonten unterschiedlich entwickelter Böden.

Je nach Ausprägung der Profilhorizontierung wird zwischen verschiedenen Podsoltypen unterschieden, z.B. Eisen-Humuspodsol wie oben beschrieben.

7.3.3.11 Eisenpodsol

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah bzw. A(E) - E - Bs - Bv bzw. BC - C

Beispiel: Waldböden der Schweiz, Bd. 2, Profil S2 Gagetto bei Quinto (TI)

7.3.3.12 Braunpodsol (Ockerpodsol) (podsolierter Braunerde)

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - A(E)/Ah - Bs - Bv - C bzw. R

Braunpodsole (vgl. Abb. 53) sind gekennzeichnet durch den rötlich-braun gefärbten Anreicherungshorizont. Der Auswaschungshorizont tritt kaum in Erscheinung. Oft wurde der Oberboden in früherer Zeit durch Erosion oder Nutzung verändert.

7.3.3.13 Humuspodsol

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - AE - Bh - Bv(s) - BC - C

Beispiel: Waldböden der Schweiz, Bd. 2, Profil S16 Rodas bei Roveredo (GR)

7.3.3.14 Kryptopodsol

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - AE - Bh,s - BC - C

Ein Kryptopodsol ist durch die tiefreichende dunkle Farbe - meist über 35 cm mächtig - gekennzeichnet. Die Entstehung ist an bestimmte Bodenbildungsfaktoren – wie das insubrische Klima – gebunden.

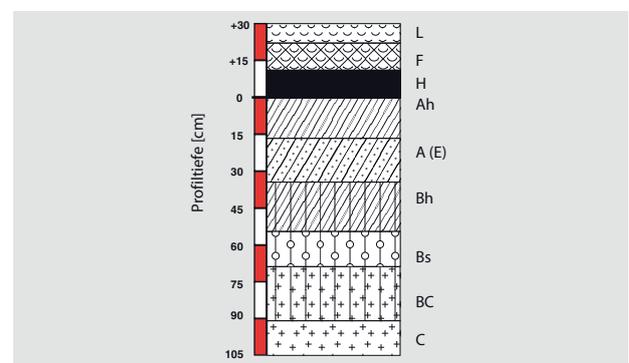


Abb. 54: Kryptopodsol, Pian d'Arf (GR); aus Waldböden der Schweiz, Bd. 2, Profil S17

7.3.3.15 Stauwasserböden

Pseudogley

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte Ah - Sw - Sd - C/S

Pseudogleye sind durch einen verdichteten Horizont mit geringer Wasserleitfähigkeit gekennzeichnet. Nassphasen mit Wassersättigung wechseln mit Trockenphasen mit normalen Durchlüftungsverhältnissen ab. Die Dauer der einzelnen Phasen hängt vorwiegend von den Niederschlagsereignissen ab.

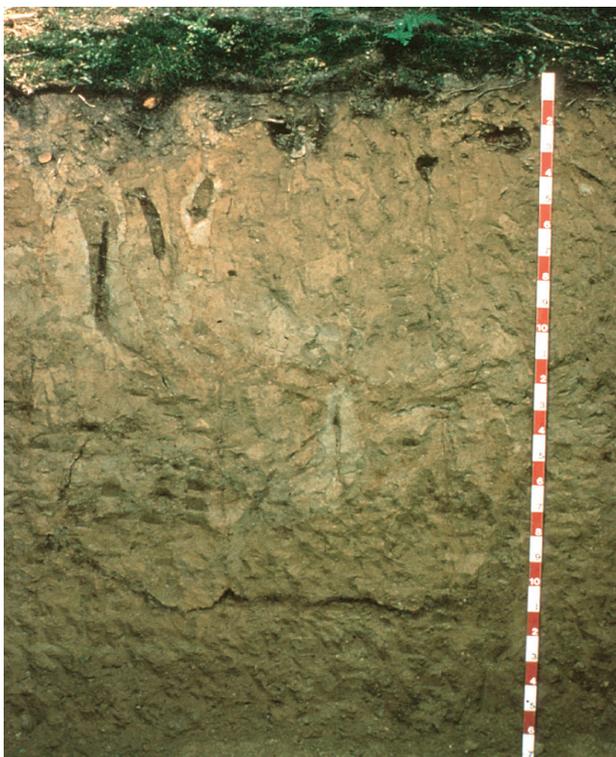
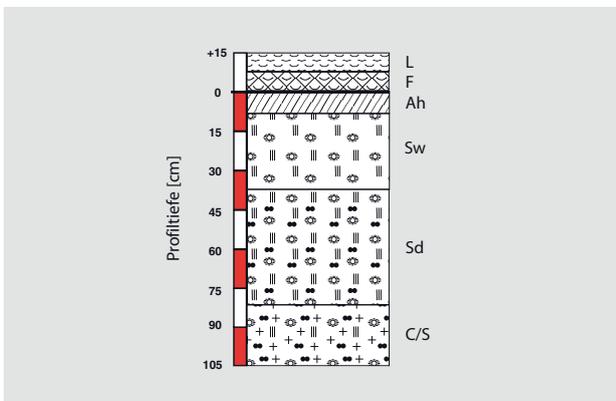


Abb. 55: Pseudogley, Schmidwald bei Melchmau (BE); aus *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz*, Bd. 2

Stagnogley

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte Ah - ES - Sw - Sd - C/S

Analog Pseudogley, aber oberflächennah nassgebleicht

nassgebleicht: gebleichter, fahler Horizont unter den organischen Auflagehorizonten; Vorkommen in Oberböden mit langandauernden, bis zur Oberfläche reichenden Wassersättigungsphasen. Eine Auswaschung erfolgt mit absinkendem Wasserspiegel.

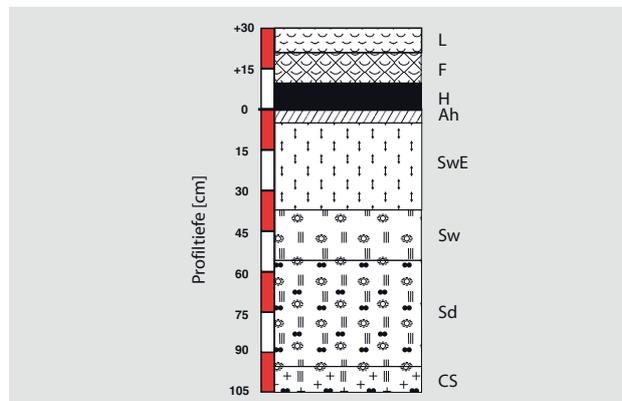


Abb. 56: Stagnogley, Langental-Rickenzopfen (BE); aus *Waldböden der Schweiz*, Bd. 3, Profil M11.
Weiteres Beispiel: *Waldböden der Schweiz*, Bd. 3, Profil M9 Roggwil (BE)

Semiterrestrische Böden (Grundwassereinfluss)

7.3.3.16 Auenböden

Mögliche Horizontfolge:

z.T. Erosionsformen Ai/Ah - AC/Go - C/Gr

Junge, durch periodische Überflutung gekennzeichnete Böden. Ehemalige Flussablagerungen ergeben Horizonte mit wechselnder Körnung (Kies, Sand bis Ton) mit z.T. auch begrabenen alten, humosen Oberbodenhorizonten. Ein Auenboden kann verbraunt sein.

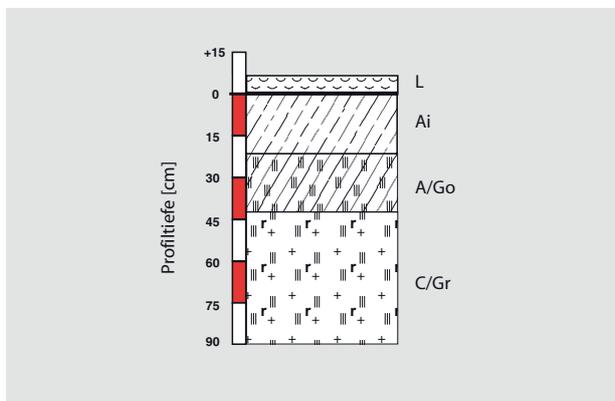


Abb. 57: Auenboden, Flutinsel bei Brugg (AG); aus *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz, Bd. 1*.
Weiteres Beispiel: *Waldböden der Schweiz, Bd. 2, Profil A18 Fläsch (GR)*

7.3.3.17 Gley

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte Ah - Go - Gr - C/G

Kennzeichnend für durch Hang- und Grundwasser beeinflusste Böden ist ein ständig wassergesättigter blau-grau-grünlich gefärbter Reduktionshorizont (Gr). Die fehlende Durchlüftung verunmöglicht in der Regel das Wurzelwachstum. Darüber schliesst sich im Schwankungsbereich des Wasserspiegels ein wechselfeuchter, rostfleckiger Oxidationshorizont (Go) an.

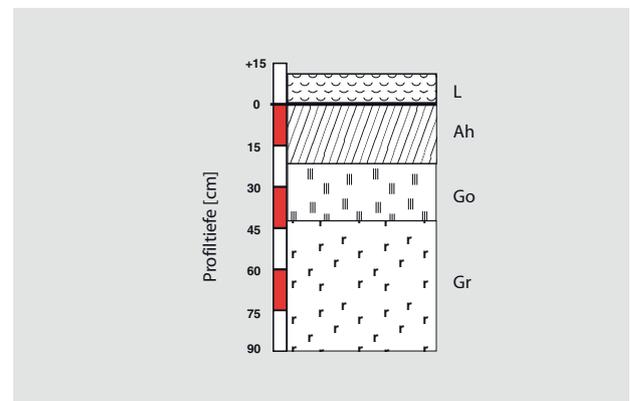


Abb. 58: Gley, Ermatingen-Tobel (TG); aus *Waldböden der Schweiz, Bd. 3, Profil M16*.
Weiteres Beispiel: *Waldböden der Schweiz, Bd. 3, Profil M12 Sihlwald (ZH)*

2A

vernässt schwache Ausprägung der beschriebenen Vernässungsmerkmale (Stau- und/oder Grundwasser beeinflusst) in Horizonten unterschiedlich entwickelter Böden.

7.3.3.18 Organischer Boden (Moore)

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte bzw. Abfolge von Torfhorizonten T über G

Mächtigkeit der organischen Horizonte: über 30 cm. Bei ständiger Wassersättigung und fehlender Durchlüftung bleibt

eine Zersetzung der Vegetationsrückstände weitgehend aus. Es bilden sich rein organische, mächtige Torfhorizonte über dem mineralischen Untergrund.

Das Spektrum der Humusformen, der Bodenentwicklung und der Bodeneigenschaften bei den einzelnen Standortstypen ist im Kapitel 10 «Kurzbeschreibung der Standortstypen» beschrieben.

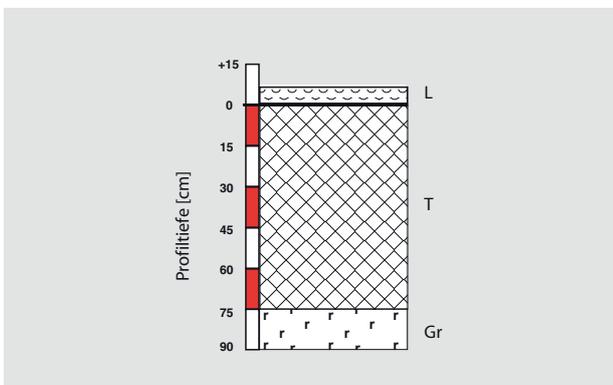


Abb. 59: organischer Boden, Chrüzwald Grabs (SG); aus Waldböden Bildatlas, Profil 14.3

7.3.4 Horizontfolgen von Böden

Im Folgenden werden zusammenfassend die wichtigsten Böden und ihre möglichen Horizontfolgen aufgeführt.

Details können im Bd. 1 Waldböden der Schweiz (Walther et al., 2004), Kap. 8, 213-231 nachgelesen werden.

Gliederung:

- Terrestrische Böden (Böden ohne Grundwasservernässung in < 40 cm Tiefe)
- Semiterrestrische Böden (Böden mit Grundwasservernässung in < 40 cm Tiefe)
- Moore (organische Böden mit > 30 cm Torfhorizont)
- Semisubhydrische / subhydrische Böden (Böden die regelmässig unter Wasser sind, z.B. Aue)

Terrestrische Böden		
Gesteinsrohböden	Ai bis (A)- R od. C	Rohböden auf Fest- od. Lockergestein (Lithosol über Festgetein)
Humus Gesteinsrohböden	(A) bis A - C od. R	Rohböden auf Locker- od. Festgestein (Syrosem)
Ranker	Ah -AC - C od. R	Ah - C Böden über meist festem Silikatgestein
Regesol	Ah -AC- C	Ah - C Böden aus kalkfreien Locketgesteinen
Pararendzina	Ah- AC- C od. R	Ah - C Böden aus meist lockeren Mischgesteinen
Rendzina	Ah- AC- C od. R	Ah - C Böden über meist festem Kalkgestein
Braunerde (Neutr. Braunerde)	Ah- Bv- BC- C	Böden mit einem B-Horizont (neutral bis sauer)
Braunerde, sauer	Ah- Bv- BC- C	Böden mit einem B-Horizont (sauer, pH < 4.5)
Parabraunerde	Ah-EI-Bt-BC-C	Böden mit Tonverlagerung
Eisen-Humuspodsol	Ah-E -Bh-Bs-BC-C	Böden mit Bh- und Bs-Horizonten. Podsolierung als Verlagerungsprozess dominant
Eisenpodsol	Ah-E-Bs-BC-C	Böden mit dominantem Bs-Horizont
Braunpodsol	A(E)-(Ah)-Bs-Bv-C	Böden mit kaum erkennbarer Auswaschung
Humuspodsol	Ah-AE-Bh-BC-C	Böden mit dominantem Bh-Horizont
Kryptopodsol	Ah - AE - Bh,s - C	Bhs-Horizont dominant (Bh maskiert Bs), Süd-CH
Pseudogley	Ah - Sw - Sd - C/S	Böden mit starken Staunässemerkmalen
Stagnogley	Ah-ES-Sw-Sd-C/S	stark nassgebleichte Staunässeböden
Semiterrestrische Böden		
Gley	Ah - Go - Gor - Gr	Böden mit Grundwasservernässung
Anmoorgley	Aa - Go - Gor - Gr	Anmoor Boden (Gr ständig wassergesättigt)
Moorgley	T- Gr	Böden mit beginnender Torfbildung
Auenboden	Ai- GIG- Ah,b	Böden aus jungem Flusssediment
Ehemalige Aue	A(h) - (B)C - G	verbraunte (beginnend) Böden in Auenlagen
Moore (organische Böden)		
Organischer Boden	T1 - T2 - T3	Meist nährstoffreich, schwach sauer

Tabelle 6: Mögliche Horizontfolgen der wichtigsten Waldböden

7.4 Beurteilung der Bodeneigenschaften

Mit ausgewählten Bodeneigenschaften lassen sich die Bedingungen und Grenzen für das Pflanzenwachstum im Wurzelraum erkennen, ansprechen und beurteilen.

7.4.1 Gründigkeit

Die Gründigkeit ist durch die Mächtigkeit des von der Bodenbildung geprägten Materials, in das Pflanzenwurzeln eindringen können, definiert. Mit der Gründigkeit wird eine Mächtigkeit des potentiellen Wurzelraumes festgelegt. Limitierend für das Wurzelwachstum können verdichtete Horizonte, Fels oder mangelnde Durchlüftung sein. Die baumartenspezifische Durchwurzelung ist für die Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie die Verankerungsmöglichkeit entscheidend.

Folgende Einteilung der Gründigkeit ist gebräuchlich:

sehr flachgründig	< 15 cm
flachgründig	15 - 30 cm
mittelgründig	31 - 70 cm
tiefgründig	71 - 100 cm
sehr tiefgründig	101 - 200 cm
äusserst tiefgründig	> 200 cm

Tabelle 7: Einteilung der Gründigkeit

Die Schätzung der Gründigkeit ist schwierig, wenn Feinerde Gesteinsklüfte auffüllt.

7.4.2 Skelettgehalt (Steingehalt)

Gehalt an mineralischen Bodenbestandteilen mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm (Steine und Blöcke). Der Skelettgehalt wird in Volumenprozent an der Profilwand geschätzt und ist oft mit Fehlern behaftet. Eine Klassierung des Skelettgehaltes erfolgt mit der unten aufgeführten Einteilung:

sehr gering skeletthaltig	< 2 %v
schwach (gering) skeletthaltig	2 - 10 %v
mittel skeletthaltig	11 - 25 %v
stark (hoch) skeletthaltig	26 - 50 %v
sehr stark (sehr hoch) skeletthaltig	51 - 75 %v
extrem stark (äusserst hoch) skeletthaltig	> 75 %v

Tabelle 8: Einteilung des Skelettgehaltes

Skelettgehalt						Gründigkeit
äusserst hoch	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	
meist rohe Böden mit viel Skelett						sehr flach
						flach
						mittel
						tief
						sehr tief
				meist entwickelte Böden mit wenig Skelett		äusserst tief

Abb. 60: Darstellungsart von Gründigkeit und Skelettgehalt bei den einzelnen Standortstypen

Gründigkeit und Skelettgehalt sind für die Durchwurzelung wichtig, sowohl bezüglich Verankerungsmöglichkeit und damit Standfestigkeit wie auch bezüglich Raum, der für die Wasser- und Nährstoffspeicherung sowie -aufnahme zur Verfügung steht. Mit zunehmendem Skelettgehalt nehmen der Feinerdeanteil und das für die Wurzeln nutzbare Bodenvolumen ab.

7.4.3 Wasserdurchlässigkeit

Die Angaben zur Wasserdurchlässigkeit beziehen sich auf Wassersättigung und damit auf maximale Wasserleitfähigkeit. Die Werte kennzeichnen einen Zustand, bei dem alle Poren mit Wasser gefüllt sind und dadurch auch mithelfen Wasser zu leiten.

äusserst hoch (übermässig durchlässig)	> 300 cm pro Tag
sehr hoch	Bereich von 101 - 300 cm pro Tag
hoch (normal durchlässig)	Bereich von 41 - 100 cm pro Tag
mittel (leicht gehemmt durchlässig)	Bereich von 11 - 40 cm pro Tag
gering (stark gehemmt durchlässig)	Bereich von 1 - 10 cm pro Tag
sehr gering (undurchlässig)	< 1 cm pro Tag

Tabelle 9: Einteilung der Wasserdurchlässigkeit

Erkennbare Merkmale und Hinweise für die Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit im Wurzelraum sind:

übermässig	kiesig, sandig (grobkörnig) mit mehr oder weniger viel Skelett (rohe Bodenentwicklung)
normal	mittlere Körnungverhältnisse; typisch für entwickelte Böden
leicht gehemmt	Manganflecken, vereinzelt Rostflecken und Fahl- Rotfärbungen
stark gehemmt	Rostflecken, Fahl-Rotfärbungen horizontweise; Horizont ist verdichtet; typisch für Stauwasserböden
undurchlässig	oft mit einem ständig wassergesättigten Reduktionshorizont (Farbe blau- grau-grünlich), dicht, feinkörnig; typisch für Nassböden

Tabelle 10: Erkennbare Merkmale und Hinweise für die Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit im Wurzelraum

7.4.4 Vernässungsgrad (Hydromorphie)

Die Tiefe des Auftretens und die Ausprägung von Vernässungsmerkmalen geben Hinweise auf die Durchlüftungssituation im Wurzelraum. Die Ursache für Vernässungen kann gehemmte Wasserdurchlässigkeit sein (Stauwasser). Sie entstehen aber auch unter dem Einfluss von Grund- oder Hangwasser.

stark	Vernässungsmerkmale im gesamten Wurzelraum (Durchlüftungsprobleme)
keine	wenn überhaupt Vernässungsmerkmale, dann nur vereinzelt und schwach ausgeprägt

Tabelle 11: Merkmale für die Beurteilung des Vernässungsgrades

vgl. Hinweise in Kap. 7.4.5

Vernässungsmerkmale

Mangankonkretionen (Abb. 61)

Die kleinen dunkel violetten bis schwarzen Flecken kennzeichnen die schwächste Stufe einer Vernässung. Durchlüftungsprobleme stellen sich nur kurzfristig und örtlich beschränkt ein.



Abb. 61: Mangankonkretionen

Rostflecken (Abb. 62)

Diffuse Rostflecken bilden sich vorzugsweise in relativ feinkörnigen Horizonten, weil hier die Wasser- und Luftleitfähigkeit gering ist und die reduzierten Fe- und Mn-Ionen nur zögernd und lokal mit Sauerstoff in Kontakt kommen. Dadurch entstehen rostfarbene Flecken unterschiedlicher Grösse (mm bis cm). Verteilung und Häufigkeit des Auftretens von Rostflecken geben Hinweise auf die luftführenden Bodenbereiche. Treten Rostflecken horizontweise auf, so kann auf einen häufigen Wechsel zwischen gesättigten (ohne luftführende Poren) und normal durchlüfteten Phasen geschlossen werden (z.B. Schwankungsbereich eines Wasserspiegels).



Abb. 62: Rostflecken

Fahl-Rotfärbungen (Marmorierungen) (Abb. 63)

Fahl-Rotfärbungen entstehen durch allseitig gerichtete Verlagerungen in Wassersättigungsphasen, oft hervorgerufen durch Stauwasser. Es entstehen fahle Streifen (Zonen der Verarmung), rote Bänder aus Eisenanreicherungen, Mangan- und Rostflecken (Zonen der Anreicherung) in kleinräumigem Wechsel. Oft entstehen Ausfällungen längs Wurzelbahnen, Rissen und Spalten. Marmorierungen sind typisch für Stauwasser beeinflusste Horizonte.



Abb. 63: Fahl-Rotfärbungen

Nassbleichung (Fahlfärbung) (Abb. 64)

Eine Fahlfärbung der Mineralerde erfolgt, wenn ein Bereich des Bodens verarmt ist. Bei Wassersättigung bis zur Oberfläche und absinkendem Stauwasser können Stoffverlagerungen in tiefere Horizonte auftreten.



Abb. 64: Nassbleichungen

Reduktionsfarben (Abb. 65)

Bereich des Bodens mit ständig wassergesättigten Poren. Bedingt durch den Sauerstoffmangel entsteht die kennzeichnende blau-grau-grünliche Farbe.

Eine Durchwurzelung ist praktisch ausgeschlossen.



Abb. 65: Reduktionsfarben

7.4.5 Beurteilung der Bodenvernässung

Um eine nachvollziehbare und einheitliche Beurteilung der Vernässung zu gewährleisten, wird nach der abgebildeten Übersicht vorgegangen.

In der Abb. 66 wird zwischen Grund- (Gleye) und Stau-

wasser beeinflussten Böden (Pseudogleye) unterschieden. Auf den Standortsblättern kommt diese Gliederung auch zum Ausdruck (Abb. 67).

Je nach der Tiefe der Obergrenze von Gr- oder Gor-Horizonten wird zwischen schwach grundnassen bis sumpfigen Gleyen unterschieden.

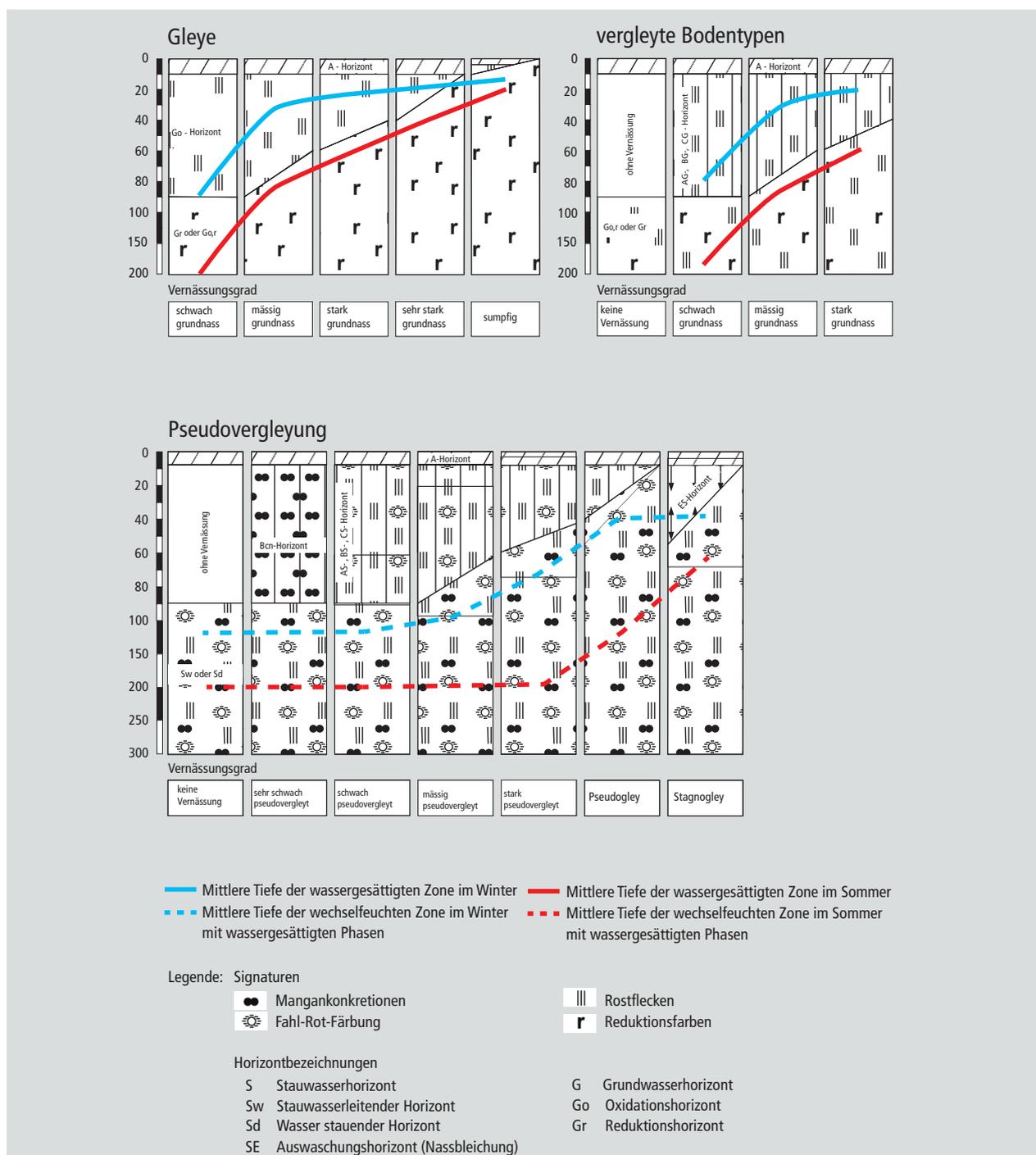


Abb. 66: Klassierung der Vernässung



Abb. 67: Darstellungsart von Vernässung und Durchlässigkeit bei den einzelnen Standortstypen

Stauwasser beeinflusste Böden werden nach der Tiefe der Obergrenze des Sw- oder Sd-Horizontes klassiert. Dabei ist zu beachten, dass der Stagnogley nicht nur stark vernässt, sondern auch nassgebleicht ist.

Bodenaufbau und Bodenwasserhaushalt

Der Bodenaufbau lässt Aussagen über den Wasserhaushalt eines Bodens zu, beispielsweise durch Benennung des Bodentyps. Böden mit einem dichter gelagerten Horizont sind oft durch Stauwasser beeinflusst (Pseudogley, pseudovergleyte Böden). Durch Hang- und/oder Grundwasser beeinflusste Böden (Gley, vergleyte Böden) weisen wechselfeuchte Horizonte auf und haben in unterschiedlicher Tiefe einen ständig wassergesättigten Horizont. Dabei ist die Tiefe, in der wassergesättigte Zustände auftreten, sowohl im Winter und als auch Sommer, in Abhängigkeit vom Vernässungsgrad, deutlich unterschiedlich (Abb. 66).

7.4.6 Körnung und Gefüge

Die Bodenart ist durch die Korngrößenverteilung der Feinerde (Bodenpartikel < 2 mm) definiert (vgl. Abb. 68 und Tabelle 12). Sie hängt weitgehend vom Ausgangsgestein und vom Verwitterungszustand des Bodens ab.

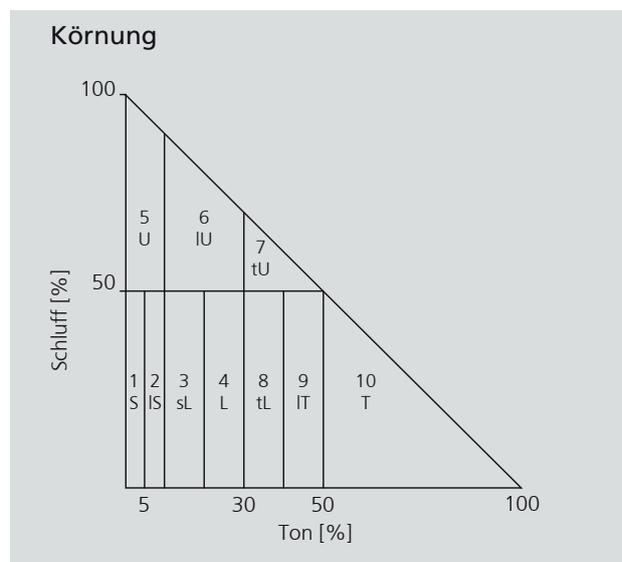


Abb. 68: Körnungsdreieck für die Darstellung der Bodenarten bei den einzelnen Standortstypen

Nr.	Kurzbezeichnung	Bodenart	Anteil der Fraktionen (%)			Körnigkeit (Feinsubstanz)	Bindigkeit	Formbarkeit (Reibflächen)
			TON	SCHLUFF	SAND			
1	S	SAND	< 5	< 50		Einzelkörner gut sichtbar und fühlbar; rau (je feiner desto geringer)	nicht bindig; haftet nicht am Finger	nicht formbar
2	IS	lehmgiger SAND	5-10	< 50		Einzelkörner gut sichtbar und fühlbar; daneben etwas Feinsubstanz	nicht bindig; mehligstumpf; etwas Feinsubstanz in Fingerrillen	nicht formbar
3	sL	sandiger LEHM	10-20	< 50		Einzelkörner gut sichtbar und fühlbar; Feinsubstanz deutlich	etwas bindig; schwach schmierig; Feinsubstanz haftet am Finger	schlecht formbar; reisst und bricht bei Verformung
4	L	LEHM	20-30	< 50		Sandkörner gut sichtbar und fühlbar; viel Feinsubstanz	schwach bis mittel bindig; klebrig	formbar; etwa bleistift dick ausrollbar, wird dann rissig
5	U	SCHLUFF	< 10	> 50		samtartig-mehlig; Einzelkörner der Sandfraktion nicht od. nur schwach sichtbar und fühlbar; viel Feinsubstanz	nicht bindig; haftet deutlich in Fingerrillen	nicht oder schlecht formbar
6	IU	SCHLUFFLEHM	10-30	> 50		Einzelkörner der Sandfraktion nicht od. nur schwach sichtbar und fühlbar; viel Feinsubstanz	schwach bis mittel bindig; + stumpfe Gleitflächen; schwach klebrig; haftet deutlich in Fingerrillen	schlecht bis mittel formbar
7	tU	toniger SCHLUFFLEHM	> 30	> 50		meist nur wenige oder keine Sandkörner sichtbar und fühlbar; sehr viel Feinsubstanz	bindig; zähplastisch; klebrig	gut formbar u. ausrollbar; schwach glänzende Reibflächen
8	tL	toniger LEHM	30-40	< 50		wenige Sandkörner sichtbar und fühlbar; sehr viel Feinsubstanz	bindig; zähplastisch; klebrig	gut formbar u. ausrollbar; schwach glänzende Reibflächen
9	IT	lehmgiger TON	40-50	< 50		Sandkörner nicht oder kaum sichtbar und fühlbar; sehr viel Feinsubstanz	wie 7 aber etwas stumpfer (mehr schmierig-mehlig)	wie 7
10	T	TON	> 50	< 50		keine Sandkörner fühlbar	bindig; stark plastisch; klebrig	gut form- u. ausrollbar; glänzende Reibflächen

Tabelle 12: Einteilung und Merkmale für die Beurteilung der Bodenart

Eine Bestimmung wird an der Profilwand mittels Fingerprobe abgeschätzt. Wichtigste Beurteilungskriterien sind Körnigkeit, Bindigkeit und Formbarkeit der Feinerde. Zehn Klassen lassen sich damit im Gelände mit etwas Übung abschätzen. Hinweise zum Gefüge sind im Kapitel 6.2.4.3 in den Grundlagen des ersten Bandes «Waldböden der Schweiz» (Walthert et al., 2004) enthalten.

7.4.7 Kalkgrenze

Die Kalkgrenze ist der Übergangsbereich bis zu welchem die Entkalkung kalkhaltiger Böden in die Tiefe fortgeschritten ist. Die Tiefe der Kalkgrenze wird mittels Karbonat-Test der Feinerde bestimmt. Dabei wird Salzsäure (HCl 10 %) verwendet.

Auf den Standortsblättern sind diesbezügliche Angaben enthalten:

«Wenn eine Kalkgrenze vorhanden, dann > ... cm», d.h. es gibt innerhalb dieses Waldstandortstyps auch Profile ohne Kalkgrenze.

«Kalkgrenze meist in > ... cm Tiefe», d.h. es gibt innerhalb dieses Waldstandortstyps auch Profile mit einer Kalkgrenze die tiefer liegen kann.

«Kalkgrenze in 0 cm» bedeutet Kalk in der Feinerde bis zur Bodenoberfläche.

«Kalkgrenze in 0 cm / < ... cm Tiefe», d.h. Kalkgrenze an der Bodenoberfläche oder weniger als ... cm Tiefe.

«Keine Kalkgrenze»

7.4.8 Bodenreaktion (CaCl₂)

Die bei der Humusform Mull und bei den Braunerden und Parabraunerden eingetragenen pH-Werte sind Laborwerte (CaCl₂). Weitere Kommentare sind im Kap. 7.5. enthalten.

Eine Klassierung kann in fünf Stufen erfolgen (Tab. 13).

>7.00	alkalisch
6.61 – 7.00	schwach sauer
4.61 – 5.60	mässig sauer
3.80 – 4.60	stark sauer
< 3.80	sehr stark sauer

Tabelle 13: Klassierung des pH-Wertes

7.5 Standortsblätter

Mit den Standortsblättern werden die ausgeschiedenen NaiS-Einheiten aus bodenkundlicher Sicht charakterisiert. Grundlage dazu sind ausgewählte Profile aus der Bodendatenbank der WSL. Es erfolgte bei jedem Profilstandort eine Zuordnung zu einem Waldstandortstyp nach NaiS. Die Standortsblätter zu den einzelnen NaiS-Einheiten enthalten zum Boden die folgenden Informationen:

Humusformen

Aufgeteilt wird nach den typischen Humusformen sowie den trockenen und feuchten Ausprägungen. Die Varianten enthalten die Nasshumusformen und die speziellen Humusformen wie Kalkmull, Kalkmoder und Tangelhumus (Kap. 7.2). Dargestellt wird das Spektrum sowie die Häufigkeit der vorkommenden Humusformen innerhalb des Waldstandortstyps.

Die im Mull eingetragenen pH-Werte (CaCl₂) wurden in Proben aus dem Ah-Horizont bestimmt. Aufgeführt ist der minimale und der maximale Wert. Mit «n» wird die Anzahl Proben mit pH-Werten angegeben. Damit soll erreicht werden, dass der Humusform Mull ein Säurebereich zugeordnet werden kann.

Bodenentwicklung

Gegliedert wird nach rohen, entwickelten und vernässten Böden (Kap. 7.3).

Die rohen Böden mit einem Ah-Horizont (Ranker, Regosol, Pararendzina und Rendzina) können vernässt und/oder verbraunt sein. Die entwickelten Böden mit einem B-Horizont können vernässt und/oder podsoliert sein. In vernässten Böden mit Stau-, Grund- oder Hangwassereinfluss – hauptsächlich aber beim Stagnogley – können Nassbleichungen auftreten. Dargestellt wird das Spektrum sowie die Häufigkeit der vorkommenden Bodenentwicklungen innerhalb des Waldstandortstyps.

Die bei Braunerden und Parabraunerden eingetragenen pH-Werte (CaCl₂) wurden in Proben aus B-Horizonten bestimmt. Aufgeführt ist der minimale und der maximale Wert. Mit «n» wird die Anzahl Proben mit pH-Werten angegeben. Damit soll erreicht werden, dass Braunerden und Parabraunerden ein Säurebereich zugeordnet werden kann.

Aufgezeigt werden zudem die Korngrößenverteilung, die Gründigkeit, der Sklettgehalt. Die Wasserdurchlässigkeit und die Vernässung sind für grund- und hangwasserbeeinflusste Böden getrennt von den stauwasserbeeinflussten Böden dargestellt. Es wird auf die Tiefe einer allfällig vorhandenen Kalkgrenze verwiesen.

Rot sind in allen Diagrammen die Hinweise auf die Profilnummern aus « Waldböden der Schweiz » (2004ff) eingetragen (vgl. Verzeichnis der Standortstypen sowie Tab 15).

Zum Ausgangsmaterial

Es wird einzig zwischen sauer, basisch bzw. unbestimmt unterschieden.

Weitere zusätzliche Hinweise zum Ausgangsmaterial sind – wenn auch nur als grober Überblick – aus der Bodeneignungskarte der Schweiz (BEK, 1980) abzuleiten.

Zu den Bodeneigenschaften wie **Gründigkeit, Sklettgehalt, Wasserdurchlässigkeit, Vernässung** sowie **Körnung** und zur **Tiefe der Kalkgrenze** sind Hinweise im Kap. 7.4 enthalten.

Informationen aus der Bodeneignungskarte der Schweiz

Die Bodeneignungskarte der Schweiz im Massstab 1 : 200 000 ist das einzige gesamtschweizerisch flächendeckende Kartenwerk mit bodenkundlichen Informationen.

Die aufbereiteten bodenspezifischen Daten beziehen sich auf Kartierungseinheiten, die nach geomorphologisch, petrographischen Kriterien definiert sind. Sie sind in 25 physiographischen Einheiten (mit Grossbuchstaben A bis Z, vgl. Tab. 15) zusammengefasst über die ganze Schweiz verteilt. 141 Kartierungseinheiten (mit Zahlen 1 bis 9 bezeichnet) sind nach Landschaftsformelementen wie Relieftyp, Exposition, Neigung und Höhenlage ausgedehnt worden.

Als Landschaftselemente und Ausgangsmaterialien unterteilt die Karte im Jura die Kategorien Tafeljura, Täler im Tafel- und Faltenjura, Plateau- sowie Kettenjura. Das Mittelland enthält Moräne, Moräne über Molasse, Sohlentäler und Flussläufe, Drumlins, höher gelegene Molasse, z.T. mit Moräne, z. T. bestehend aus Nagelfluh. Im Bereich des Alpenrandes werden die sandige Molasse und die Nagelfluh unterschieden. Auf die Alpen entfallen die Kategorien Alpentäler, Flysch und Bündnerschiefer (Nordalpen), Bündnerschiefer, Kalk-Berglandschaft, Kristalline Berglandschaft, vorwiegend mit Granit, Orthogneis sowie Paragneis, Alpenrandmolasse und Talschaften in der Südschweiz.

Das Relief unterscheidet zusätzlich auf Stufe Kartierungseinheit folgende Landschaftsformelemente: Steile Felspartien, Kuppen, Plateaus, Terrassen, Hanglagen mit unterschiedlicher Neigung (nord- und südexponiert) sowie Mulden.

Um Angaben aus der Bodeneignungskarte ausschliesslich über die Waldfläche zu erhalten, wurde eine Verknüpfung mit den Stichproben (1x1 km-Raster) aus dem Landesforstinventar vorgenommen. Die 11 863 Stichproben im Wald sind auf die einzelnen Kartierungseinheiten verteilt worden. Aus dieser Verteilung geht hervor, dass unter Wald die in Tabelle 14 aufgeführten Kartierungseinheiten häufig vorkommen.

Nach der Verifikation der Kriterien für die Zuteilung

der einzelnen Profilorte (aufgeführt sind die 95 Profile aus «Waldböden der Schweiz» (2004-06) zu einer Kartierungseinheit ergibt sich die Übersicht in Tabelle 15.

Jura		%-Anteil LFI-Stichproben
A	Tafeljura	3.1 %
B	Becken und Täler im Tafeljura, Becken im Faltenjura	
C	Längstäler im Faltenjura	
D	Plateaujura	
E	Höhenzüge im Kettenjura	11.9 %
E2	Steilhänge, Kalk, vorwiegend südexponiert, Hangneigung >35 %	3.1 %
E7	Steilhänge, Kalk, vorwiegend nordexponiert, Hangneigung > 35 %	3.1 %
Tieferes Mittelland		
F	Ebenen des tieferen Mittellandes	
G	Leicht gewelltes Morändehügelland	13.5 %
H	Tieferes Molassehügelland mit teilweiser Moränenüberdeckung	
H2	Hanglagen, vorwiegend Wallmoräne, Hangneigung < 25 %, Ostschweiz, Genferseegebiet	2.9 %
H3	Steilhänge, vorwiegend Molasse Hangneigung > 25 %	4.9 %
J	Sohlentäler des Mittellandes	
K	Drumlinlandschaft mit stärkerem Relief	
Höheres Mittelland		
L	Mittleres Molassehügelland (teilweise glazial überformt)	
M	Höheres Molassehügelland (Erosionsrelief, Hörnlichüttung)	
N	Höheres Molassehügelland (Erosionsrelief, Napfschüttung)	
Alpenrand		
O	Vorwiegend sandige Molasse	
P	Vorwiegend Nagelfluh am Alpenrand	
Alpen		
Q	Weite Alpentäler	
R	Enge Alpentäler	
S	Alpine Flyschlandschaft, Bündnerschiefer, vorwiegend nördliche Alpen	11.6 %
S5	Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	2.8 %
S7	Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	4.8 %
T	Bündnerschiefer im Bereich des oberen Rhonetals und Tessins	
U	Alpine Kalk-Berglandschaft	18.4 %
U1	Kreten und felsbänderdurchzogene Hänge	4.3 %
U5	Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	4.6 %
U7	Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	6.8 %
V	Alpine kristalline Berglandschaft auf harten Gesteinen (Granit, Orthogneis, Gabbro)	11.9 %
V1	Kreten und felsbänderdurchzogene Hänge	5.3 %
V5	Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	2.8 %
V7	Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	3.0 %
W	Alpine kristalline Berglandschaft auf relativ leicht verwitterbaren Gesteinen (Paragneis, Grünschiefer)	9.8 %
W5	Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	2.6 %
W7	Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	3.6 %
Talschaften und tiefergelegene Gebiete im Tessin		
X	Alpenrandmolasse mitteilweiser Moränebedeckung	
Y	Talschaften	
Z	Magadinoebene und Ebenen in der Umgebung von Mendrisio	

Tabelle 14: Einheiten der Bodeneignungskarte. Hervorgehoben sind die wichtigsten Einheiten (fett) die unter Wald vorkommen (% Angaben beziehen sich auf die LFI-Stichproben. 100% entsprechen 11 863 Stichproben)

Kartierungseinheit	Profile
Jura	
A Tafeljura	
A2 Steilhänge, vorwiegend südexponiert, Hangneigung > 35 %	J11 Geissberg AG
A3 Steilhänge, vorwiegend nordexponiert, Hangneigung > 35 %	J13 Neunkirch SH
A7 Plateau, Löss und Schwemmlern, Längstäler im Faltenjura	J10 Möhlin AG J12 Etwil AG
C Längstäler im Faltenjura	
C6 Jurarandmoräne	J1 Chassagne VD
E Höhenzüge im Kettenjura	
E1 Hanglagen, Hanglehm, vorwiegend südexponiert, Hangneigung < 35 %	J7 Dittingen BL
E2 Steilhänge Kalk, vorwiegend südexponiert, Hangneigung > 35 %	J4 Bärschwil BL J8 Flüh SO
E3 Steilhänge, von Felsköpfen durchzogen Hangneigung > 35 %	J2 Noiraigue NE J5 Geissgrat SO
E4 Rumpfebenen und Verflachungen	J3 Pleigne JU
E5 Kuppen und höhergelegene Hänge, Kalk	J9 Balmberg SO
E7 Steilhänge, Kalk, vorwiegend nordexponiert	J6 Schitterwald SO
Mittelland	
F Ebenen des tieferen Mittellandes	
F2 Schotter	M13 Marthalen ZH (LK Winzlerboden)
G Leicht gewelltes Moränehügelland	
G2 Fluvioglaziale Schotterebenen	M15 Marthalen ZH (LK Buchberg)
H Tieferes Molassehügelland mit teilweiser Moränenbedeckung	
H1 Leicht gewellte Plateaus und Hangterrassen, Moräne, tonig, Ostschweiz und Genferseegebiet	M1 Jussy GE M17 Ermatingen D20 TG V14 Brünli ZG
H2 Hanglagen, vorwiegend Wallmoräne, Ostschweiz und Genferseegebiet, Hangneigung < 25 %	M9 Roggwil BE M18 Oberbüren SG B Othmarsingen AG
H3 Steilhänge, vorwiegend Wallmoräne, Ostschweiz und Genferseegebiet, Hangneigung > 25 %	M5 Belp BE M7 Burgdorf 1011 BE M12 Sihlwald ZH (LK Wüsttobel) V2 Bulle VD V3 Echarlens FR
H4 Mulden, Akkumulationsrinnen	M16 Ermatingen D21 TG
H5 Leicht gewellte Plateaus und Hangterrassen, Moräne, sandig, Westschweiz	M2 Lausanne VD, M4 Gurmels FR
H6 Hanglagen, Westschweiz, Hangneigung < 25 %	M3 Promasens FR
H7 Deckenschotter	M14 Irchelplateau ZH (LK Steig)
J Sohlentäler des Mittellandes	
J1 Feinkörnige Alluvionen	M8 Burgdorf BE (LK Schachen)
K Mittleres Molasse Hügelland mit teilweiser glazialer Überformung	
K1 Plateaus und Hangterrassen, feinsandige Molasse	M10 Langenthal BE (LK Riedhof)
K3 Steilhänge, sandige Molasse, Hangneigung > 25 %	M6 Burgdorf 2010 BE
K4 Mulden, Akkumulationslagen	M11 Langenthal (LK Unter-Rickenzopfen)

Tabelle 15: Einheiten der Bodeneignungskarte mit Profilen aus Waldböden der CH in den Regionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite.

Kartierungseinheit	Profile
Alpenrand (Voralpen)	
O Alpenrand, vorwiegend sandige Molasse	
O3 Steilhänge, vorwiegend südexponiert, Hangneigung > 35 %	V11 Guberwald LU
O4 Steilhänge, vorwiegend nordexponiert, Hangneigung > 35 %	V7 Rüscheegg 5007 BE
P Alpenrand, vorwiegend Nagelfluh	
P2 Hanglagen, vorwiegend südexponiert, Ostschweiz	V13 Heumoosegg III ZG, V17 Gottschalkenberg ZG
P5 Hanglagen, vorwiegend nordexponiert, Ostschweiz	V12 Chnoden ZG V15 Heumoosegg II ZG V16 Heumoosegg I ZG
P7 Steilhänge, vorwiegend nordexponiert, Hangneigung > 35 %	V19 Schänis SG
Alpen (inkl. Alpensüdseite)	
Q Weite Alpentäler	
Q1 Feinkörnige Alluvionen	A18 Fläsch GR
R Enge Alpentäler	
R4 Schwemmfächer	A24 Nationalpark GR A25 Ramosch GR
S Alpine Flysch-Berglandschaft	
S5 Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	V5 Saanen 5020 BE V9 Rüscheegg 5045 BE A19 Maladers GR
S6 Tiefergelegene Nordhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %	V1 Semsales FR V6 Rotenbach FR V8 Rüscheegg 5005 BE V18 Alptal SZ
S7 Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	V4 Saanen 5017 BE A3 St. Stephan BE
T Bündnerschiefer im Bereich des oberen Rhonetals und Tessin	
T1 Kreten und felsbänderdurchzogene Hänge	A6 Visp VS
T2 Tiefergelegene Hänge (unter 1000 m), Hangneigung < 35 %	V7 Stalden VS
T3 Steilhänge, Hangneigung > 35 %	S1 Piotta TI S2 Gassetto TI
U Alpine Kalk-Berglandschaft	
U1 Kreten und felsbänderdurchzogene Hänge	A8 Grindelwald BE
U3 Hochgelegene Nordhänge (über 1500 m), Hangneigung > 35 %	A9 Gadmén BE (LK Engstlenalp)
U4 Tiefergelegene Südhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %	V10 Beatenberg BE
U5 Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	A4 Lens VS, A17 Bonaduz GR S11 Sagno TI S12 Ganeggio TI
U7 Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	A5 Lenk BE A20 Arosa GR A21 Langwies GR
U8 Mulden	A2 Gsteig BE, (LK Heitibüel)
V Alpine kristalline Berglandschaft (Granit, Orthogneis)	
V3 Hochgelegene Nordhänge (über 1500 m), Hangneigung > 35 %	A22 Celerina GR, A23 Pontresina GR (LK Tais Guiven)

Tabelle 15 (Fortsetzung): Einheiten der Bodeneignungskarte mit Profilen aus Waldböden der CH in den Regionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite.

Kartierungseinheit		Profile
V4	Tiefergelegene Südhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %	S5 Cima Pianca
V5	Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	A10 Gadmen Schwand BE S8 Bodio 2 TI
V6	Tiefergelegene Nordhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %	S17 Pian d'Arf GR
V7	Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	A16 Brigels GR S3 Intragna TI S13 Girso GR S14 Laura 2 GR S15 Laura 3 GR S16 Rodas GR S18 Prebonella GR S19 Poschiavo 1 GR
W	Alpine kristalline Berglandschaft (Paragneis)	
W1	Kreten und felsbänderdurchzogene Hänge	S20 Poschiavo 2GR
W5	Steile Südhänge, Hangneigung > 35 %	A1 Martigny VS S6 Novaggio TI
W6	Tiefergelegene Nordhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %	A11 Gurtellen UR S7 Cademario 1 TI
W7	Steile Nordhänge, Hangneigung > 35 %	A12 Tujetsch GR A13 Somvix GR A14 Trun GR A15 Uebersaxen GR S4 Chironico TI S9 Copera 10 TI S10 Isone TI

Tabelle 15 (Forstsetzung): Einheiten der Bodeneignungskarte mit Profilen aus Waldböden der CH in den Regionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite.

Literaturverzeichnis

Blaser, P.; Zimmermann, S.; Luster, J.; Walthert, L.; Lüscher P., 2005: Waldböden der Schweiz, Band 2. Regionen Alpen und Alpensüdseite. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bern, Hep Verlag, 920 S.

Bodeneignungskarte der Schweiz 1 : 200 000 (BEK), 1980: Herausgegeben vom Eidg. Justiz- und Polizeidepartement (BA für Raumplanung), Eidg. Volkswirtschaftsdepartement (BA für Landwirtschaft und Eidg. Departement des Innern (BA für Forstwesen).

Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5), 2005: AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover. 5. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.

Forstliche Standortaufnahme, 2003: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 5. Auflage, IHW-Verlag, München. 352 S.

Frehner, M.; Wasser, B; Schwitter, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern, 564 S.

Leitgeb, E.; Reiter, R.; Englisch, M.; Lüscher, P.; Schad, P.; Feger, K.H., (Hrsg.) 2013: Waldböden - Ein Bildatlas der wichtigsten Bodentypen aus Österreich, Deutschland und der Schweiz. WILEY-VCH Verlag. S. 387.

Lüscher, P., 2013: Nur wer den Boden kennt, kann ihn schützen und nachhaltig nutzen. In: Eidg. Forschungsanstalt WSL (Hrsg.): Forum für Wissen 2013. Bodenschutz im Wald: Ziel - Konflikte - Umsetzung. WSL Ber. 6. 116 S.

Richard, F.; Lüscher, P., 1983ff: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Sonderserie EAFV. Bände 1-4.

Walthert, L.; Blaser, P.; Lüscher, P.; Luster, J.; Lüscher, P., 2004: Waldböden der Schweiz. Band 1. Grundlagen und Region Jura. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern, Hep Verlag, 768 S.

Walthert, L.; Blaser, P.; Lüscher, P.; Luster, J.; Zimmermann, S., 2003: Langfristige Waldökosystemforschung LWF in der Schweiz. Ergebnisse der ersten Erhebung 1994-1999. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=bericht&nr=276>.

Zimmermann, S.; Blaser, P.; Walthert, L.; Lüscher, P., 2006: Waldböden der Schweiz. Band 3. Region Mittelland und Voralpen. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern, Hep Verlag, 847 S.

2A