

7 Hinweise zum Boden

- 7.1 Bodenhorizonte
- 7.2 Humusformen (Oberboden)
- 7.3 Beschreibung der Humusformen
- 7.4 Bodenentwicklung
- 7.5 Beschreibung einzelner Böden
- 7.6 Beurteilung der Bodeneigenschaften
- 7.7 Beurteilung der Bodenvernässung

Der Boden als Wurzelraum ist Bestandteil der Lebensgemeinschaft Wald und stellt - wenn auch zum Teil im Verborgenen - 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 der Humusformen und der Bodenentwicklung werden hier Grundsätze festgehalten. Sie beruhen weitgehend auf den in den Grundlagen des ersten Bandes «Wälder der Schweiz» (Walther, Zimmermann, Blaser, Luster und Lüscher, 2004) umfassend festgehaltenen Definitionen und Vorgehensweisen.

7.1 Bodenhorizonte

Die Bodenhorizonte werden aufgrund von Bodenmerkmalen umschrieben. Generell wird zwischen Auflage- und Mineralbodenhorizonten unterschieden.

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 bei unterschiedlichen Abbaubedingungen, wobei vor allem der Wasserhaushalt des Bodens entscheidend ist.

Auflagehorizonte in terrestrischen Oberböden, ohne Wassereinfluss

L Streuhorizont

Der Streuhorizont L (litter) besteht aus oberirdischen, noch deutlich erkennbaren Pflanzenresten. Sie können im trockenen Zustand locker oder im nassen Zustand

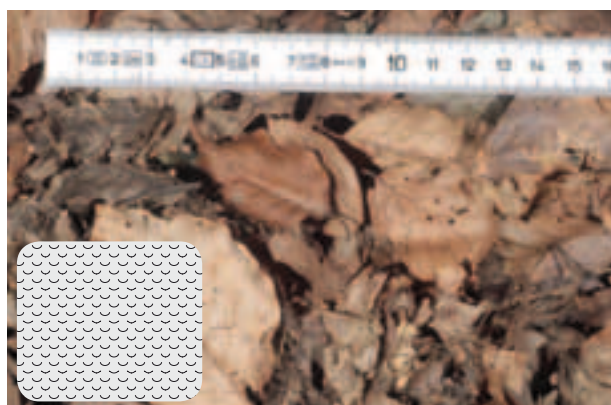


Abb. 5: Bodenoberfläche mit Laubstreu



Abb. 6: Bodenoberfläche mit vorwiegend Nadelstreu

verklebt, nach der Schneeschmelze sogar schichtig zusammengepresst gelagert sein.

F Fermentationshorizont

Der Fermentations- oder Vermoderungshorizont F besteht aus oberirdischen Pflanzenresten mit sichtbaren Gewebestrukturen und organischer Feinsubstanz (10 - 70 %v [Volumenprozent]). Hinweise auf Zersetzungs Vorgänge sind oft sichtbar, z.B. Pilzmyzel. Die Lagerung ist locker, verklebt oder auch schichtig. Eine Vernetzung und Verfilzung durch Pilzhyphen kann auftreten.



Abb. 7: Fermentationshorizont

H Humusstoffhorizont

Der Humusstoffhorizont H besteht zur Hauptsache aus organischer Feinsubstanz (> 70 %v) und kaum erkennbaren Pflanzenresten. 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.



Abb. 8: Humusstoffhorizont

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

Auflagehorizont in semiterrestrischen Böden und Mooren, Abbau unter Wassereinfluss

T Torfhorizont

Der Torfhorizont ist faserig, teilweise zersetzt, aus Resten torfbildender Pflanzen entstanden

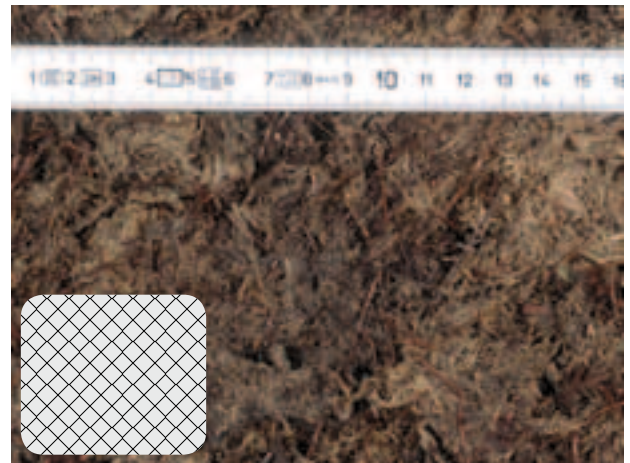


Abb. 9: Torfhorizont

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.

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.

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

Ahh Oberster Bereich eines Ah-Horizontes, bei leicht gehemmter biologischer Bodenaktivität. 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.

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.

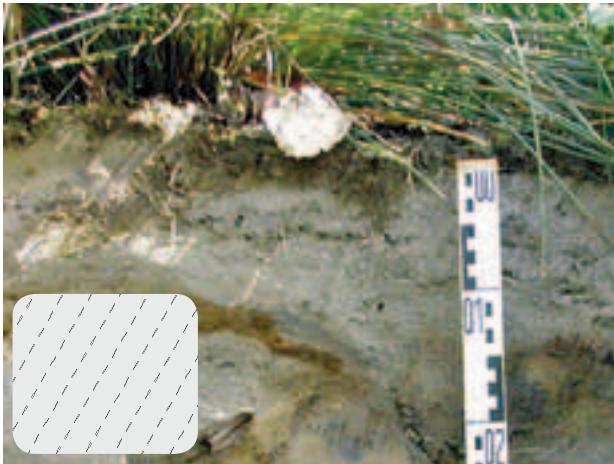


Abb. 10: Ai-Mineralerdehorizont: beginnende (initiale) Humusbildung

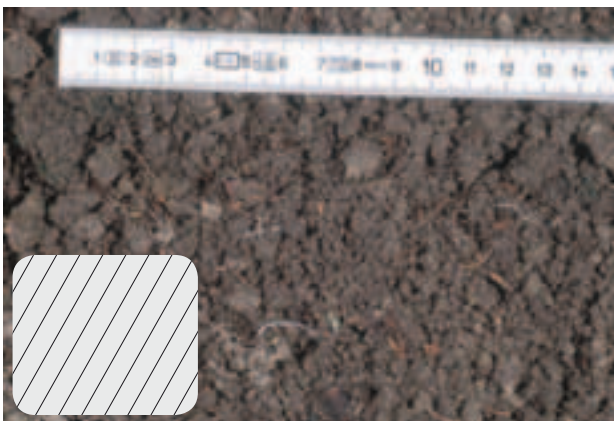


Abb. 11: Ah-Horizont



Abb. 12: Ahh-Horizont



Abb. 13: Aa-Horizont

Beschaffenheit der Bodenoberfläche

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

verdichtet Verletzungen z.B. durch Viehtritt, Holzernte. Verdichtungen im Bodenprofil können auch durch Bodenbildungsprozesse entstehen (vgl. Parabraunerde, Stauwasserböden).

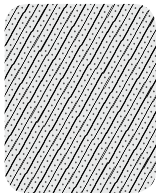


Abb. 14: erodiert

verdichtet (Fahrspur)

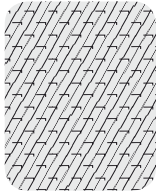
Übergänge

AE-Übergang



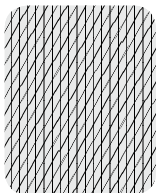
A-Horizont, gebleicht (durch Verlagerung von Eisen und organischer Substanz verarmt), Übergang zu einem E-Horizont

AEI-Übergang



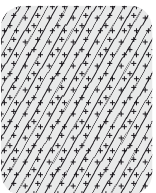
A-Horizont, lessiviert (durch Tonverarmung geprägt, über einem tonangereicherten Horizont (Bt) liegend, aufgehellt gegenüber dem Bt-Horizont)

AB-Übergang

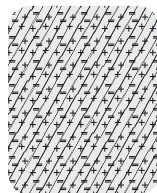


Übergang zu einem B-Horizont (humushaltig)

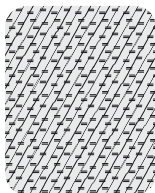
AC Übergang zu einem C-Horizont (humushaltig)



Silikat

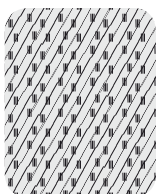


Mischgestein



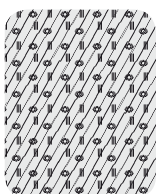
Kalk

AS-Übergang



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

AG-Übergang



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

Horizonte terrestrischer Unterböden

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

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



Abb. 15: E-Auswaschungshorizont, gebleicht (hellere Farbe), an Nährstoffen verarmt

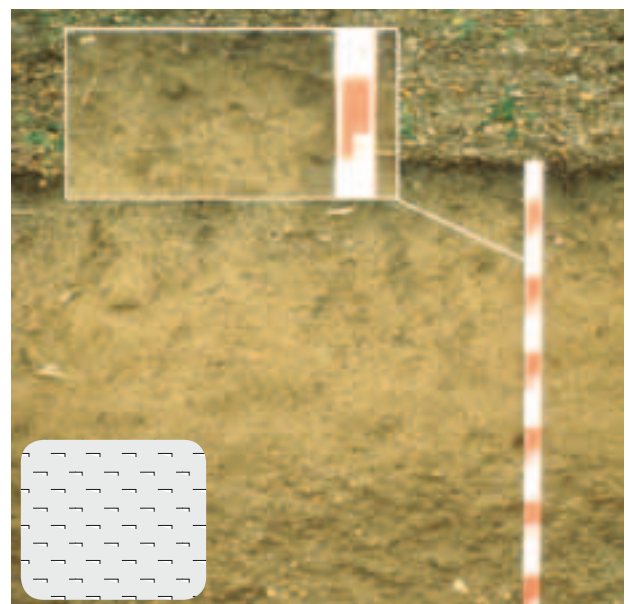


Abb. 16: EI-Horizont, an Ton verarmt

2A

Übergänge

EIB Übergangshorizont zu einem B-Horizont (tonverarmt)

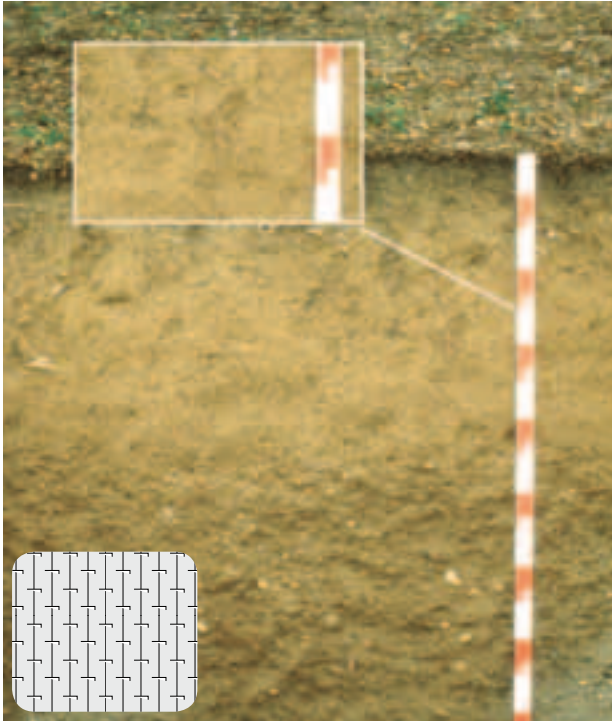


Abb. 17: EIB-Horizont

ES Auswaschungshorizont (Nassbleichung) durch Nassbleichung an Sequioxiden verarmt

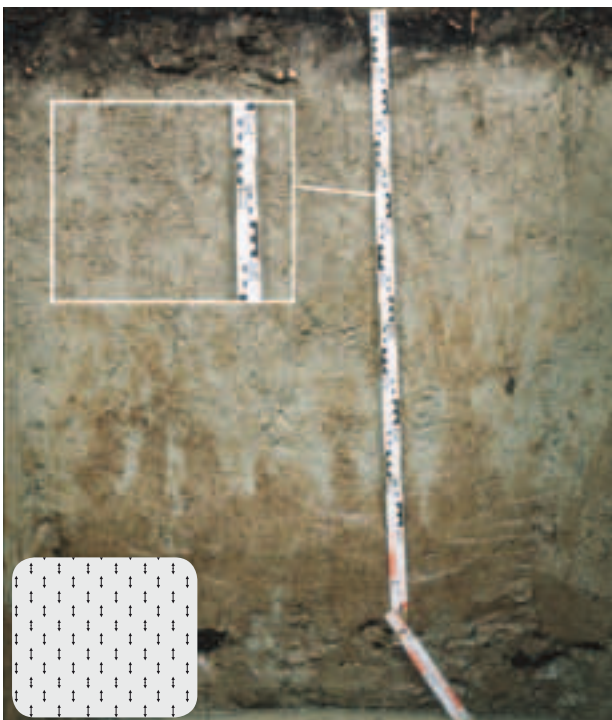


Abb. 18: ES-Horizont

Mineralische Bodenhorizonte

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

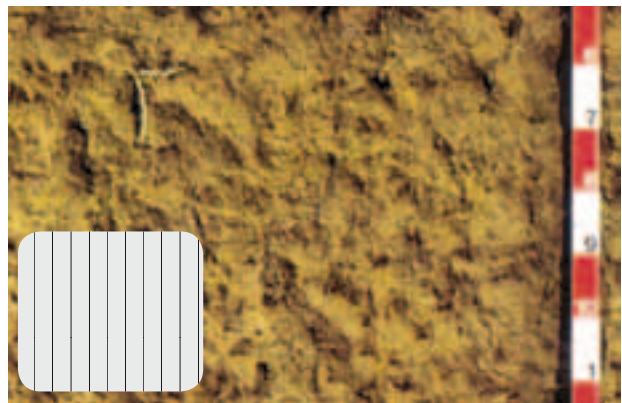


Abb. 19: Bv Mineralerde horizon, braun gefärbt (Verwitterung, Anreicherung, Neubildung)

Bv B-Horizont mit deutlicher Braunfärbung

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

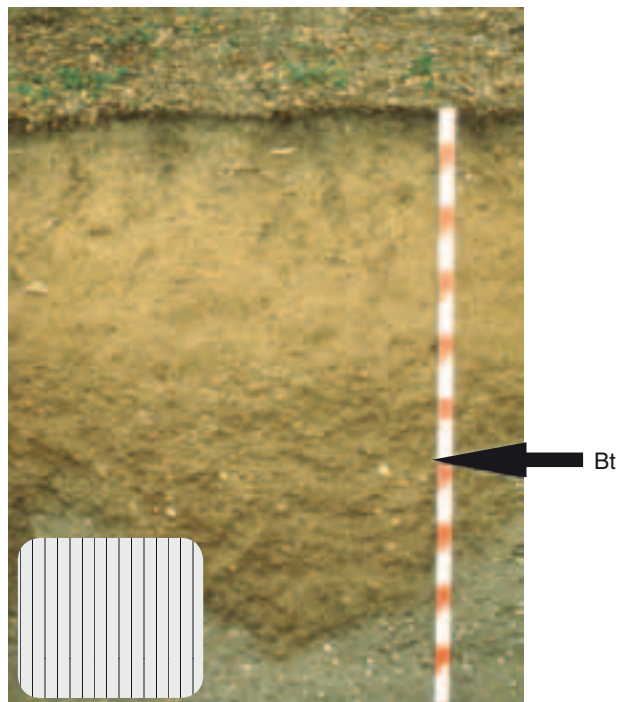


Abb. 20: Bt deutliche Tonanreicherung nach Verlagerung (Tonhäute, prismatisches Gefüge)

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

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

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

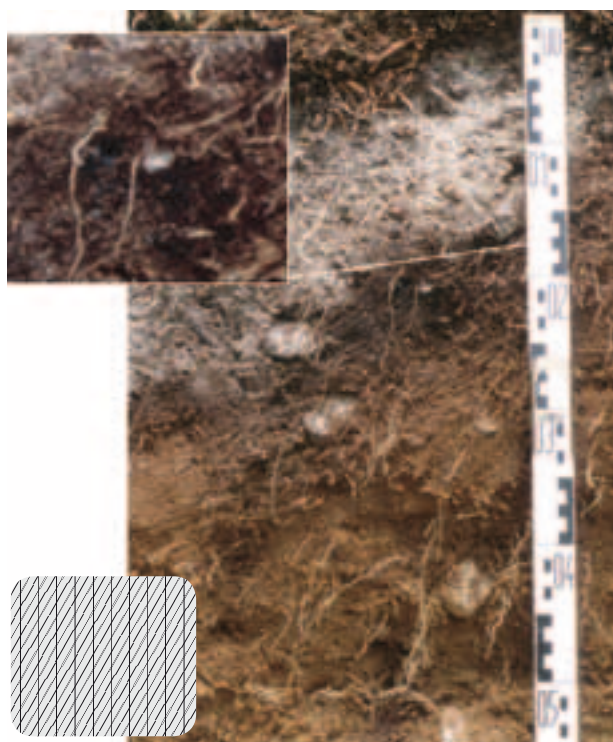


Abb. 21: Bh-Horizont: dunklere, schwärzliche Farbe (Anreicherung von organischem Material nach Verlagerung)

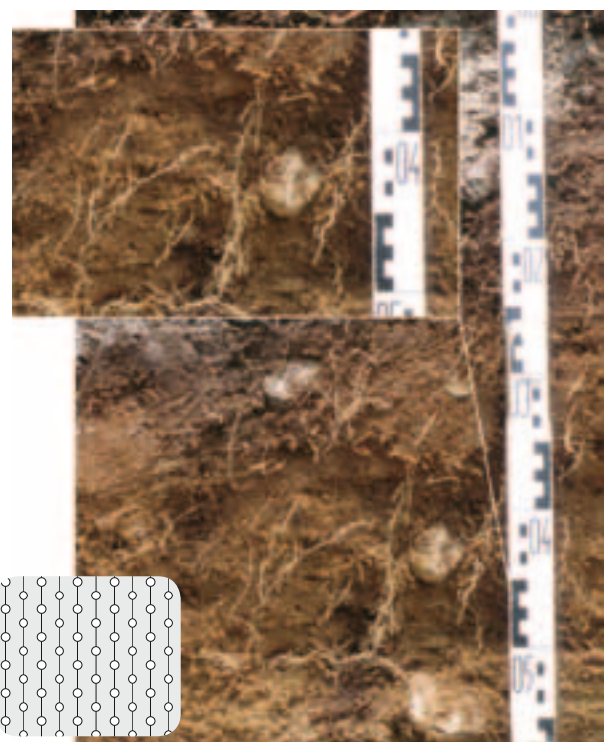
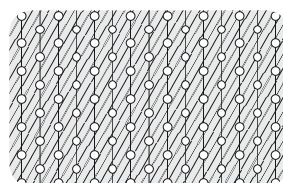


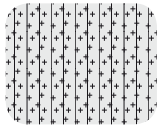
Abb. 22: Bs-Horizont: rötliche Färbung (Anreicherung von Eisen und Nährstoffen nach der Verlagerung)



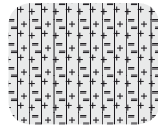
Bh,s-Horizont

Übergänge

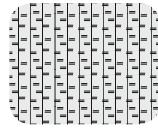
BC Übergang zu einem C-Horizont



Silikat



Mischgestein



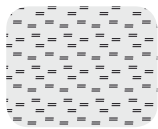
Kalk

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

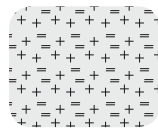
BG B-Horizont, vernässt (rostfleckig durch Grund- oder Hangwassereinfluss)

Ausgangsmaterial (Muttergestein)

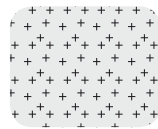
C Ausgangsgestein (Lockergestein), aus dem der Boden entstanden ist. Untergrund von der Bodenbildung kaum beeinflusst



C-Horizont
Kalk



C-Horizont
Mischgestein



C-Horizont
mit Silikat

Cv C-Horizont mit beginnender Verwitterung (schwache Braunfärbung)

IIC Schichtwechsel (geologisch anderes Ausgangsmaterial)

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

Übergänge

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



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



Abb. 24: Cv-Horizont

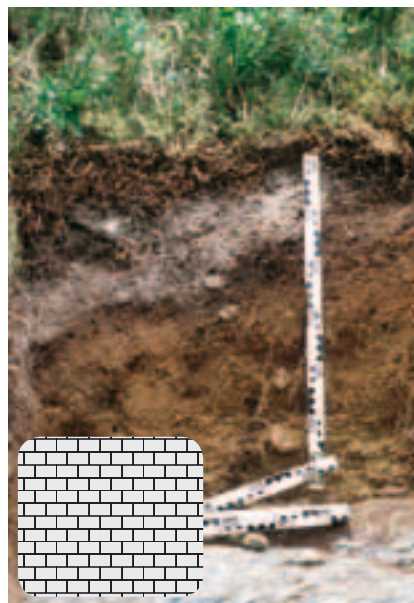


Abb. 25: R-Horizont (Fels)

Abb. 23: IIC-Horizont,
Schichtwechsel im Profil



Stark durch Stauwasser beeinflusste Horizonte

S Stauwasserhorizont (Fahl-Rot-Färbungen, Rostflecken, Mangankonkretionen)

Sw Stauwasser leitender Horizont, zeitweise Stauwasser führend (daher zeitweilig anaerob)

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

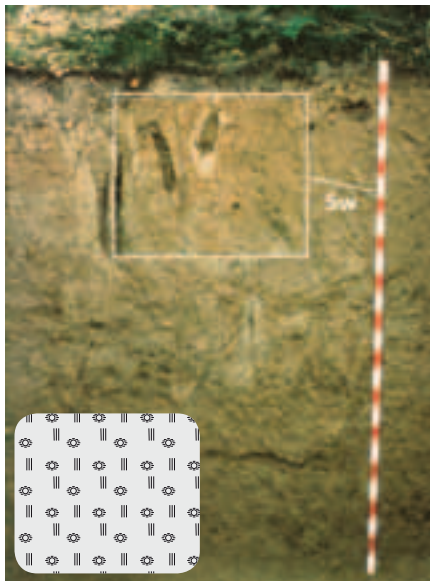


Abb. 26: Sw-Horizont

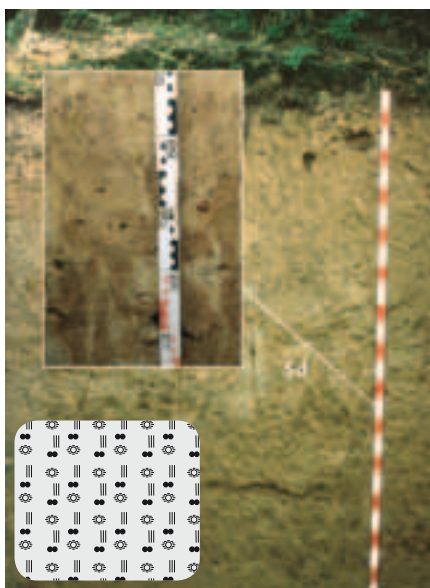


Abb. 27: Sd-Horizont

Horizonte semiterrestrischer Unterböden und Mooren

- G Gleyhorizont**, Mineralbodenhorizont mit Grundwassereinfluss
- 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 -Horizont**, stellenweise reduziert (Übergang)

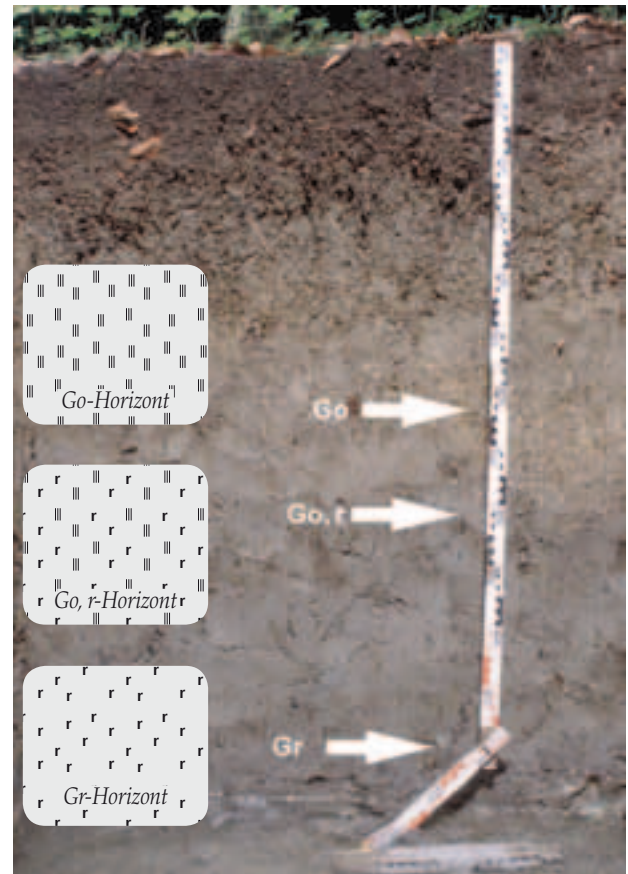


Abb. 28: G-Horizont

Grundsätze bei der Vergabe von Horizontsymbolen

- A** Horizonte werden mit Grossbuchstaben (Hauptsymbolen) gekennzeichnet.
- BC** Übergangshorizont mit Merkmalen von zwei Horizonten. Die Reihenfolge der beiden Hauptsymbole ist immer durch die Bodengenese 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 vorhanden Merkmale eines Horizontes
- Ah-B-C** Darstellung einer Horizontfolge

7.2 Humusformen (Oberboden)

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

Verschiedene Klassen von Humusformen mit unterschiedlichem Wasser- und Lufthaushalt im Oberboden sind 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

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.

Abbaumilieu	Rohhumus	Moder	Mull
trockene Ausprägung (Xeroformen)			
feuchte Ausprägung (Hydroformen)			
mangelnde Durchlüftung (anaerob) wassergesättigt			Anmoor
		Torf	

Abb. 29: Humusformen als Übersicht

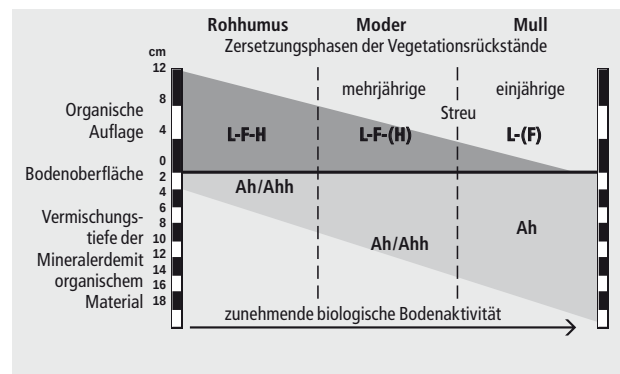


Abb. 30: Schematische Darstellung des Aufbaus eines typischen Humusprofils

7.3 Beschreibung der Humusformen

Typische Humusformen

Mull

Mögliche Horizontfolge: L - Ah 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.

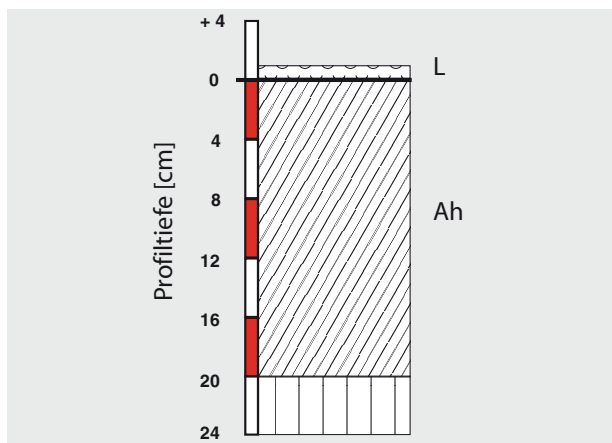


Abb. 31: typischer Mull

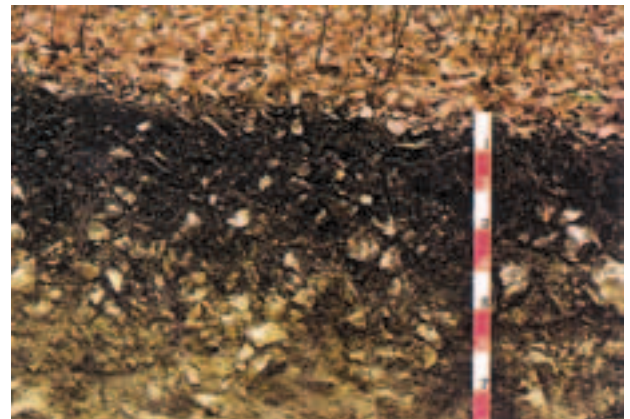


Abb. 32: Kalkmull

Moder

Mögliche Horizontfolge: L - F - Ah 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.

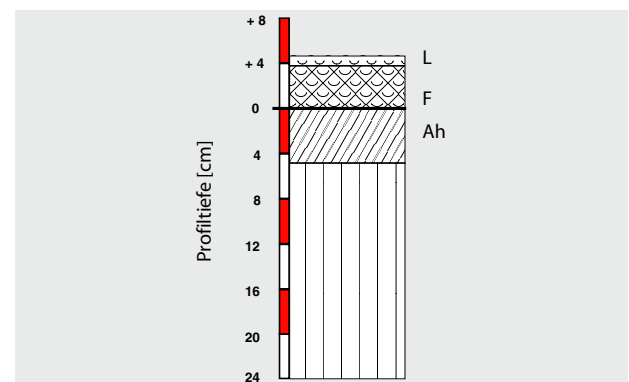


Abb. 33: typischer Moder

Rohhumus

Mögliche Horizontfolge: L - F - H - Ah 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. 35: typischer Rohhumus

Trockene und feuchte 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.

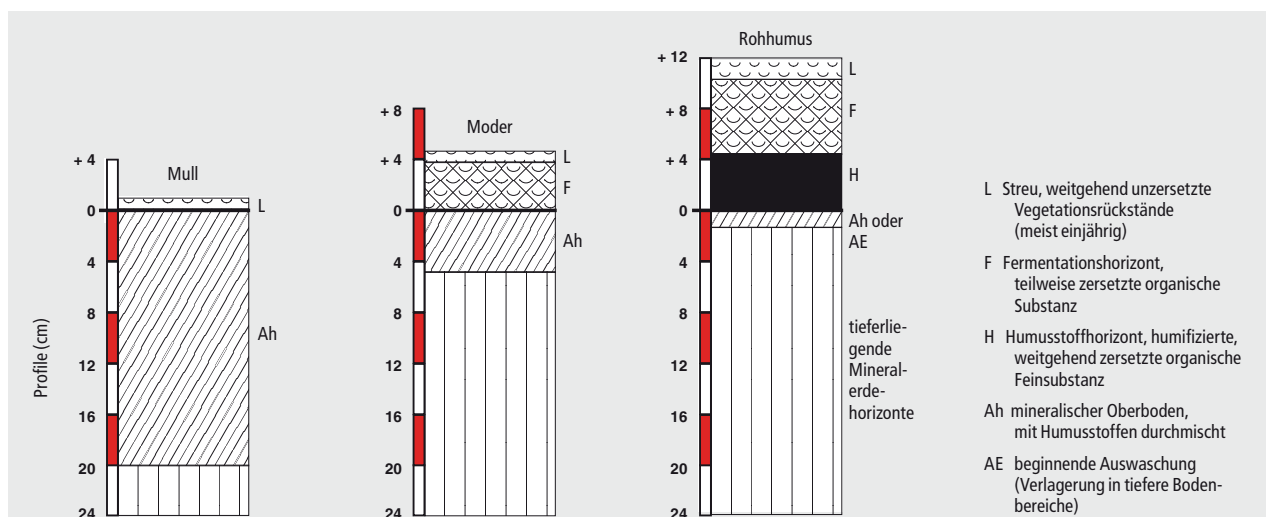
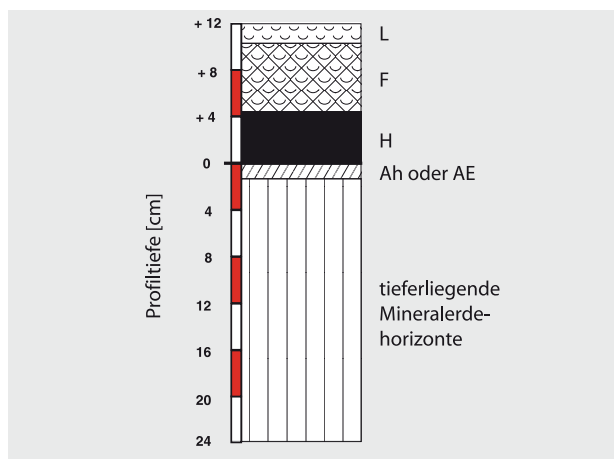


Abb. 34: Schematischer Vergleich der drei wichtigsten, typischen Humusformen

Xeromull

Horizontfolge: L - (F) - Ah - A

Xeromoder

Horizontfolge: L - F - Ah - A



Abb. 36: Xeromoder

Feuchthumusformen

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. 37: Hydromoder

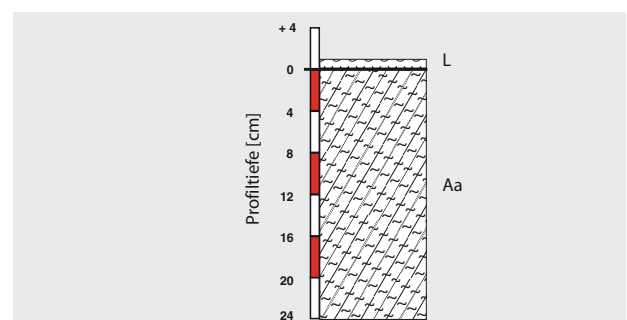
Nasshumusformen

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

Anmoor

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.



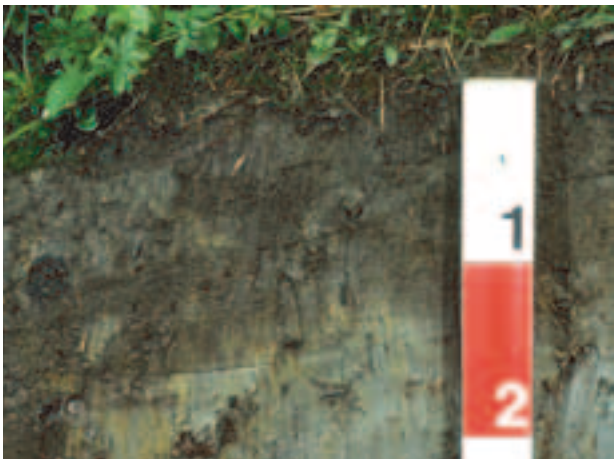


Abb. 38: Anmoor

Torf

Horizontfolge: T1 - T2

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

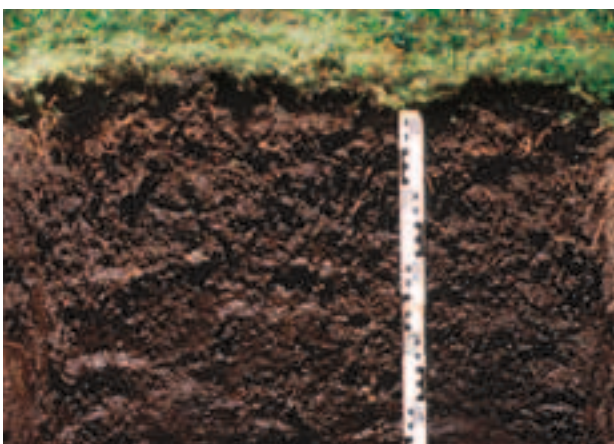
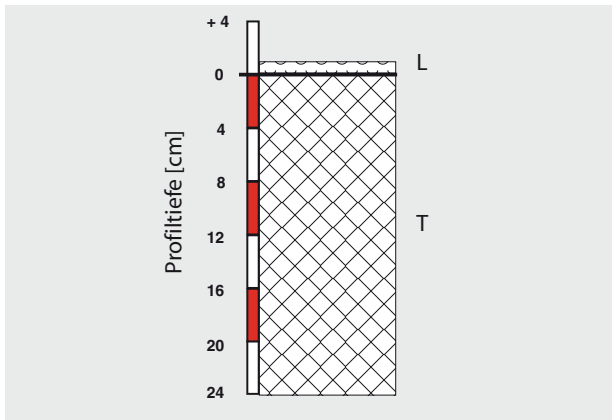


Abb. 39: Torf

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

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.

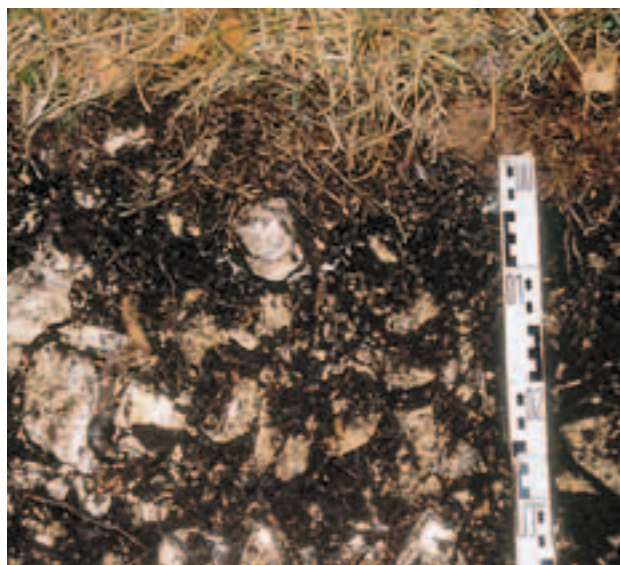


Abb. 40: Tangel

7.4 Bodenentwicklung

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 sich 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.

Terrestrische Böden (Landböden)

Rohe Böden (schwach entwickelte Böden):

Gesteinsrohböden, Humus-Gesteinsrohböden und Rohböden (Ranker, Regosol, Pararendzina, Rendzina)

Bei Gesteinsrohböden steht der Humusauflagehorizont in unmittelbarer Verbindung mit Fels oder Skelettsubstraten.

Humus-Gesteinsrohböden: Initiale Bodenbildung mit beginnender Humusakkumulation über Fest- oder Lockergestein.

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

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.

Semiterrestrische Böden (Grund-, Hangwassereinfluss)

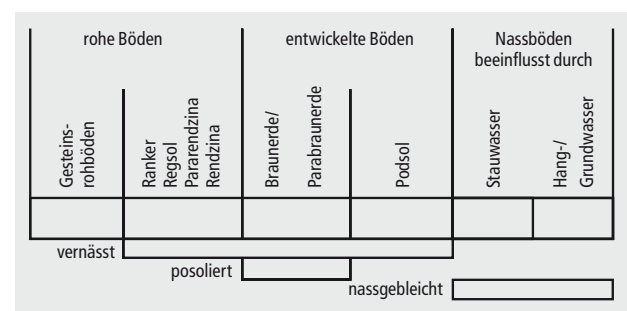
Auenböden und Gleye

Im Schwankungsbereich von Wasserständen. Ständig wassergesättigter Horizont

Organische Böden (T-Horizont > 30 cm)

Niedermoor und Hochmoore

Oft durch Entwässerungsmassnahmen veränderte Dynamik



- ☐ organische Böden
- ☐ Auenböden
- ☐ neutrale Braunerden
- ☐ Braunpodsole
- ☐ Humuspodsole
- ☐ Kryptopodsole

Abb. 41: Schematische Übersicht zur Bodenentwicklung

7.5 Beschreibung einzelner Böden

Die Zuordnung bzw. Namengebung erfolgt über die am Bodenprofil erhobenen und zu vordefinierten Horizonten zusammengefassten Merkmale.

Terrestrische Böden (Landböden)

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 Hohlraumfüllung zwischen dem Skelett. (Silikat- oder Karbonatgestein)

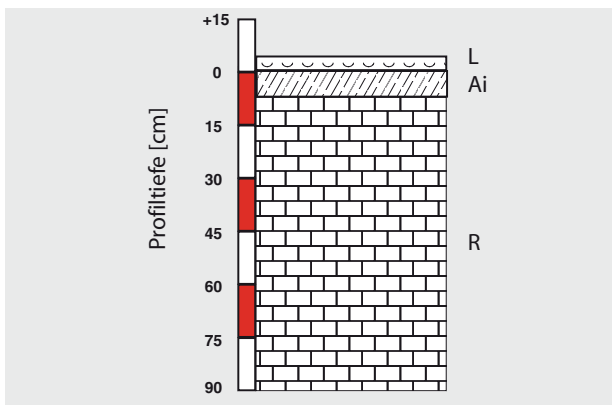


Abb. 42: Gesteinsrohboden

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)

Ranker

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - AC - R oder C

Boden aus karbonatfreiem bzw. -armem Kiesel- oder Silikat-Festgestein. Flach- bis mittelgründig, oft skelettreich. Ein Ranker kann verbraunt oder/und podsoliert sein.

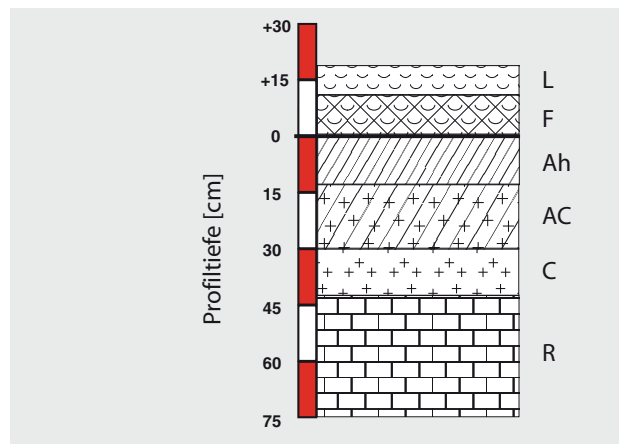


Abb. 43: Ranker

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 oder/und podsoliert sein. Auch vernässte (pseudovergleyte oder vergleyte) Formen kommen vor.

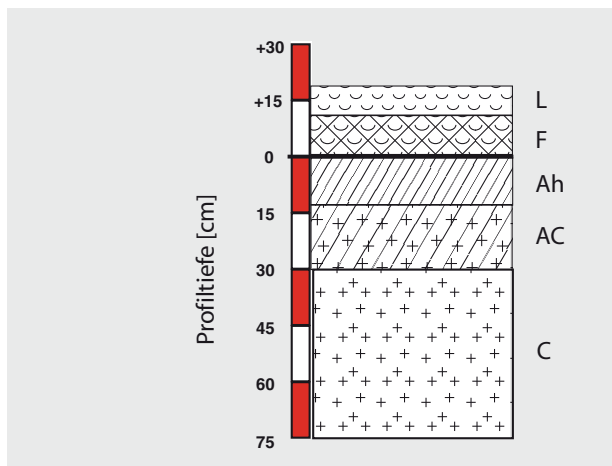


Abb. 44: Regosol

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.

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.

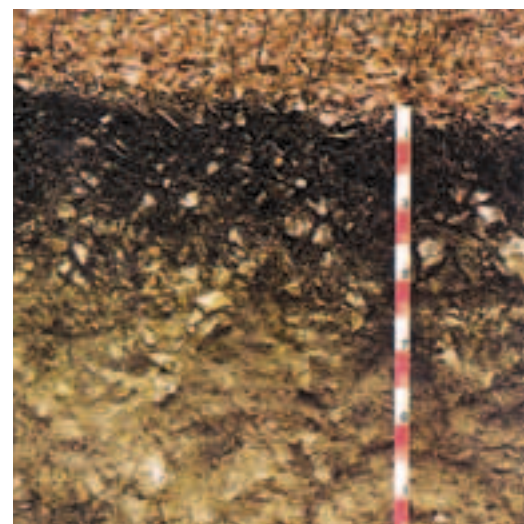
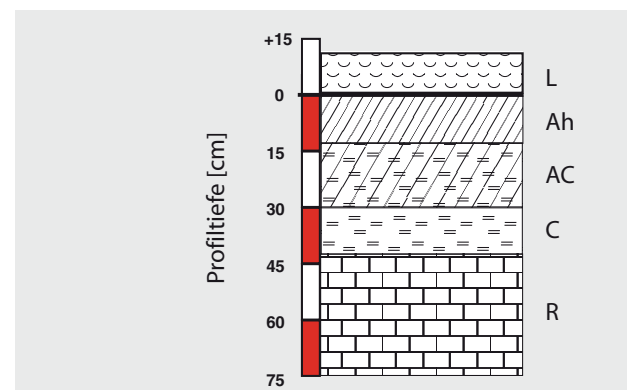


Abb. 45: Rendzina

Entwickelte Böden (Verwitterungsböden)

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 podsolisiert sein. Auch vernässte (pseudovergleyte oder vergleyte) Formen kommen vor.

Neutrale Braunerden/Kalkbraunerden: B-Horizont im neutralen pH-Bereich bzw. enthält Karbonat; sonst analoge Eigenschaften wie die Braunerde.

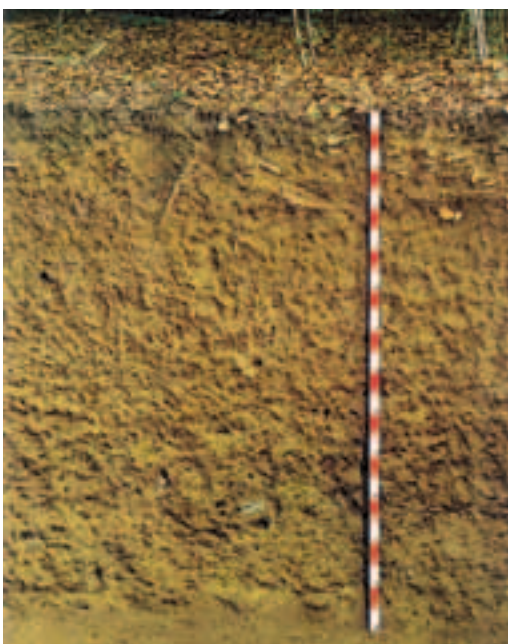
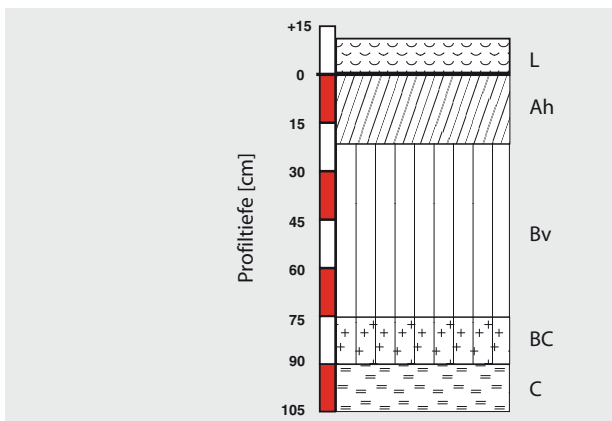


Abb. 46: Braunerde

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

Parabraunerde

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte - Ah - El - Bt - BC - C

Kennzeichnend ist die Tonverlagerung, was zu tonäreren Oberböden bzw. Tonanreicherungen im unteren Profileil 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.

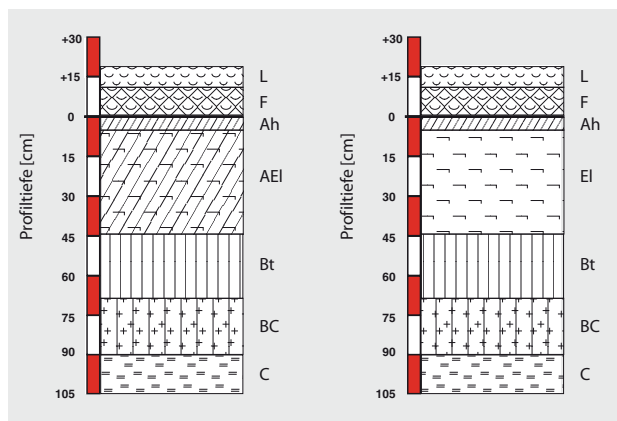


Abb. 47: Parabraunerde

Podsole

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

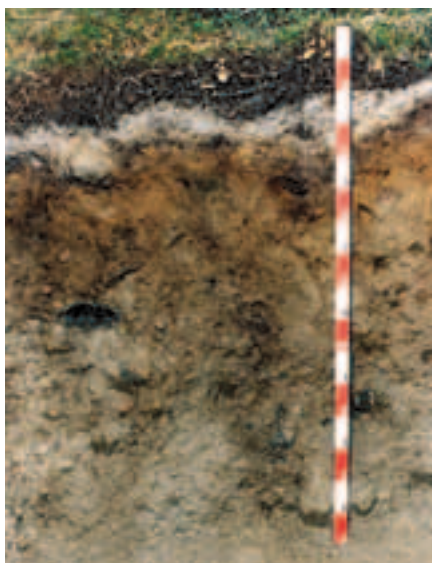
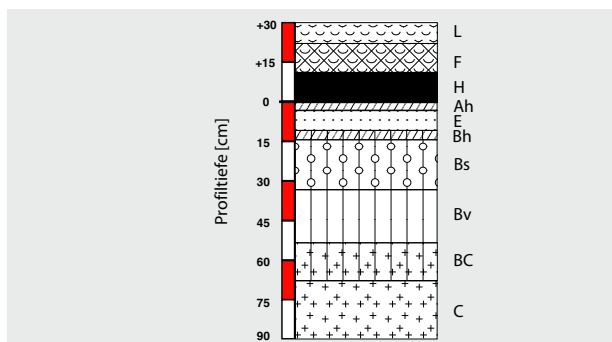


Abb. 48: Podsol

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

Je nach Ausprägung der Profilhorizontierung wird zwischen verschiedenen Podsoltypen unterschieden: Eisen-Humuspodsol wie oben beschrieben

Eisenpodsol

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

Braunpodsol (Ockerpodsol)

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

Braunpodsole 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.

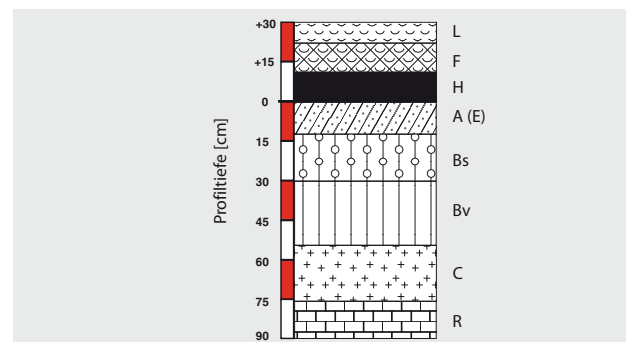


Abb. 49: Braunpodsol

Humuspodsol

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

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.

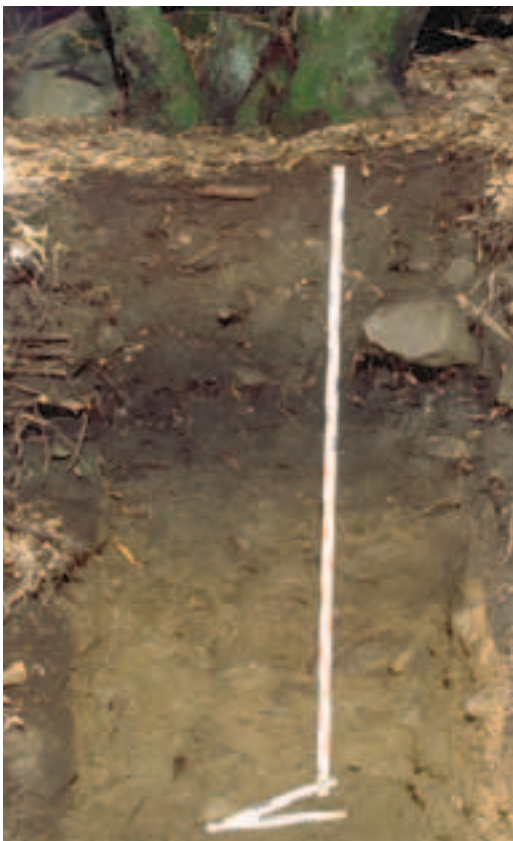
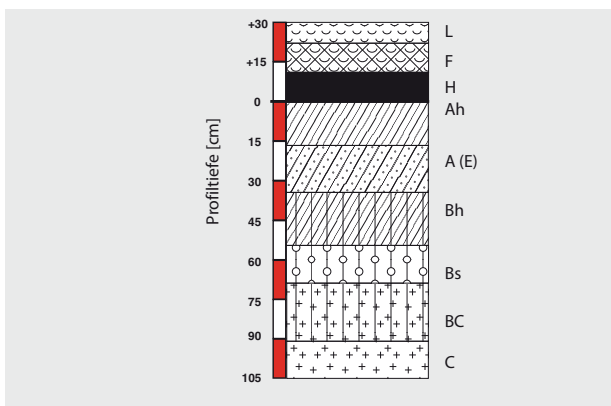


Abb. 50: Kryptopodsol

Stauwasserböden

Pseudogley

Mögliche Horizontfolge:

organische Auflagehorizonte Ah - Sw - Sd - C/S

Pseudogleys 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.

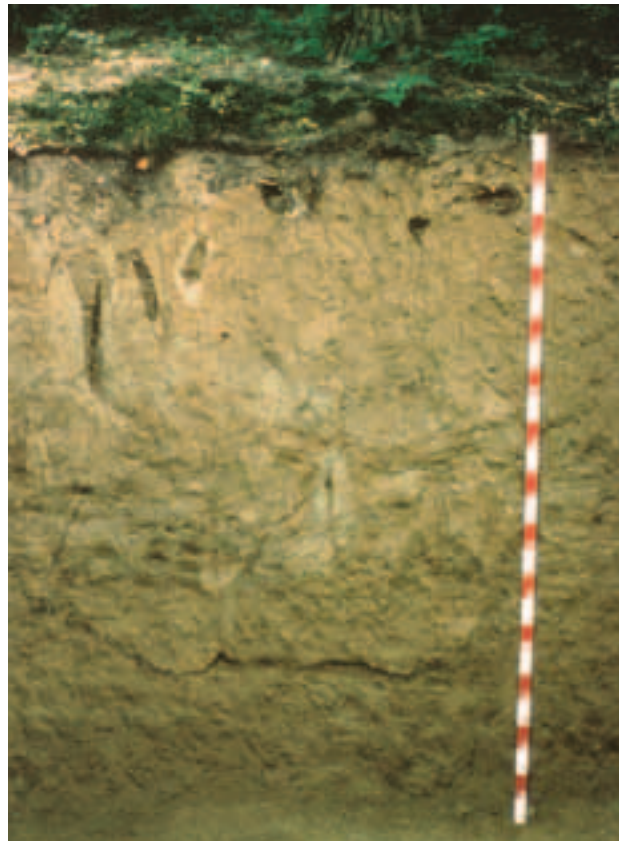
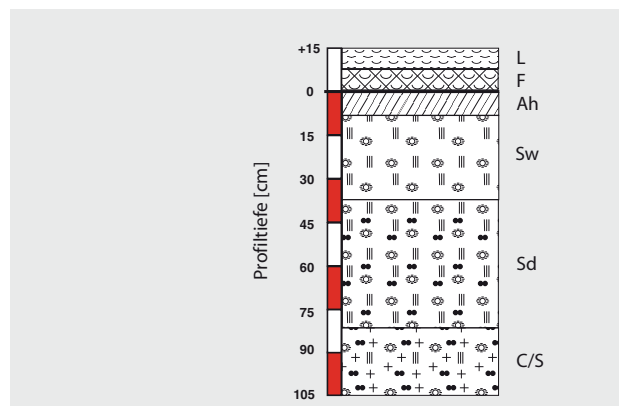


Abb. 51: Pseudogley

Stagnogley

Mögliche Horizontfolge:

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

Analog Pseudogley, aber oberflächennah nassgebleicht

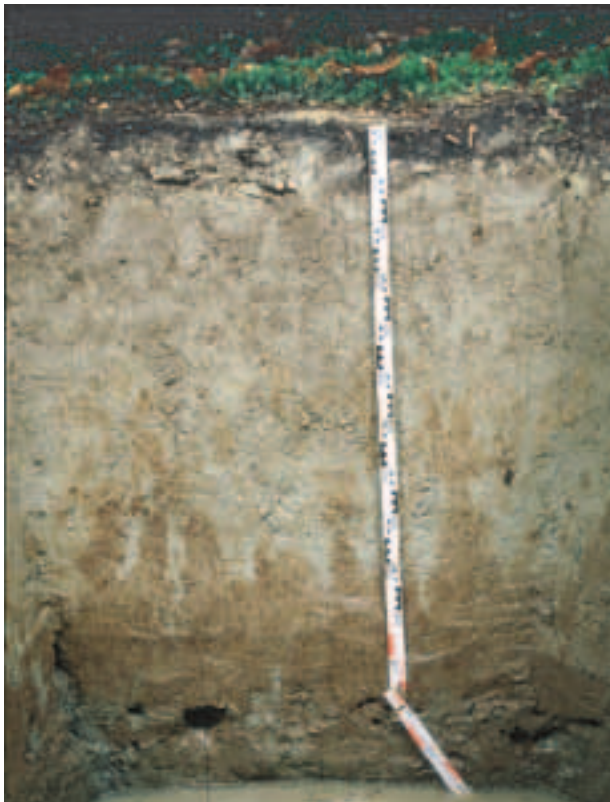
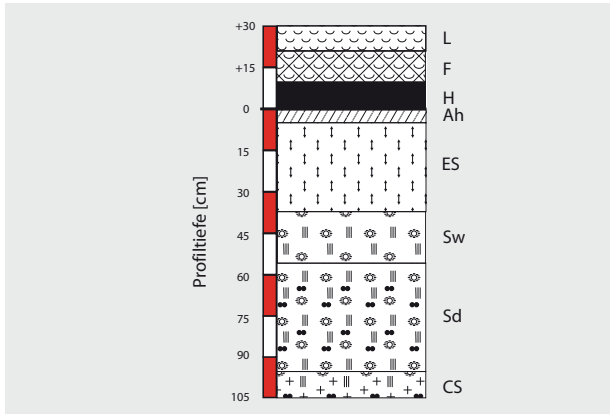


Abb. 52: Stagnogley

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

Semiterrestrische Böden (Grundwassereinfluss)

Auenböden

Mögliche Horizontfolge:

z.T. Erosionsformen Ai/Ah - A/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.

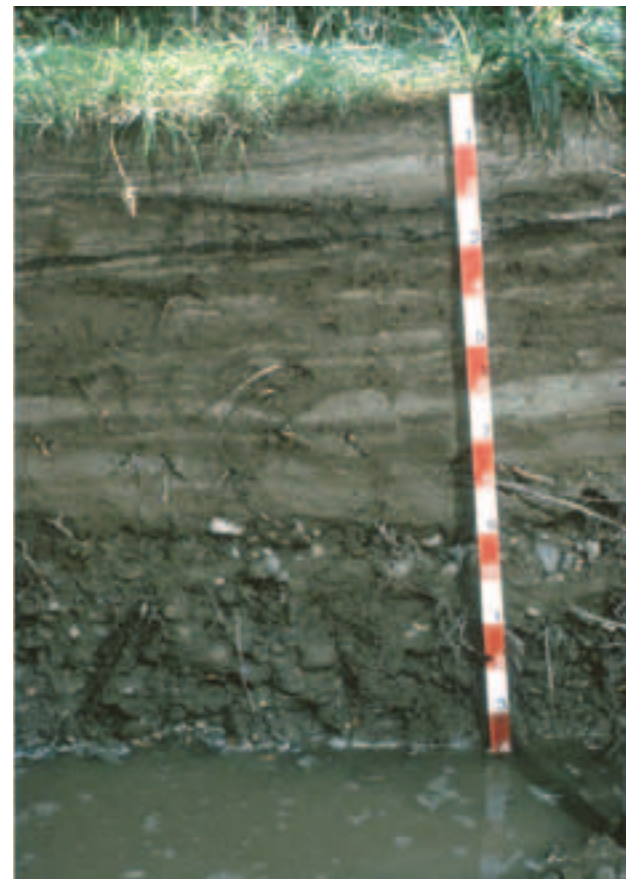
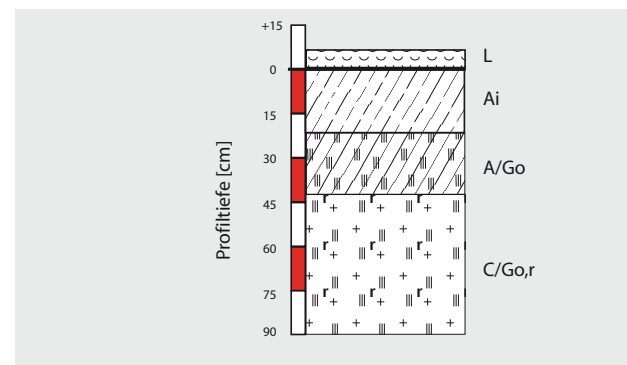


Abb. 53: Auenböden

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 Oxiationshorizont (Go) an.

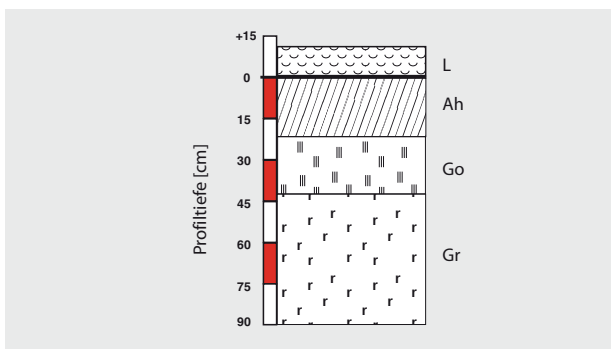


Abb. 54: Gley

vernässt schwache Ausprägung der beschriebenen Vernässungsmerkmale in Horizonten unterschiedlich entwickelter Böden.

Organischer Boden

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.

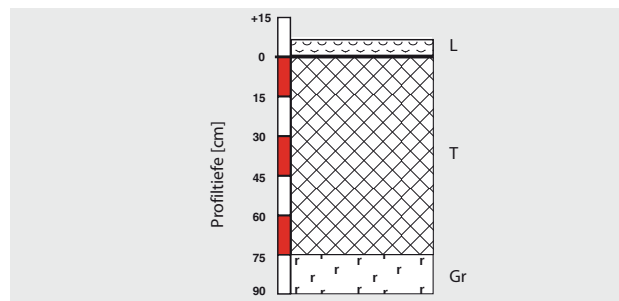


Abb. 55: organischer Boden

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

7.6 Beurteilung der Bodeneigenschaften

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

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:

extrem flachgründig	< 15 cm
flachgründig	< 30 cm
mittelgründig	< 70 cm
tiefgründig	< 100 cm
sehr tiefgründig	> 101 cm

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

Skelettgehalt (Steingehalt)

Gehalt an mineralischen Bodenbestandteilen mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm (Steine und Blöcke).

sehr stark skeletthaltig	> 51 %v	[Volumenprozent]
stark skeletthaltig	26 - 50 %v	
mittel skeletthaltig	11 - 25 %v	
schwach skeletthaltig	2 - 10 %v	

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.



Abb. 56: Darstellungsart der Bodeneigenschaften bei den einzelnen Standortstypen

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

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

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

Vernässungsmerkmale

Mangankonkretionen

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

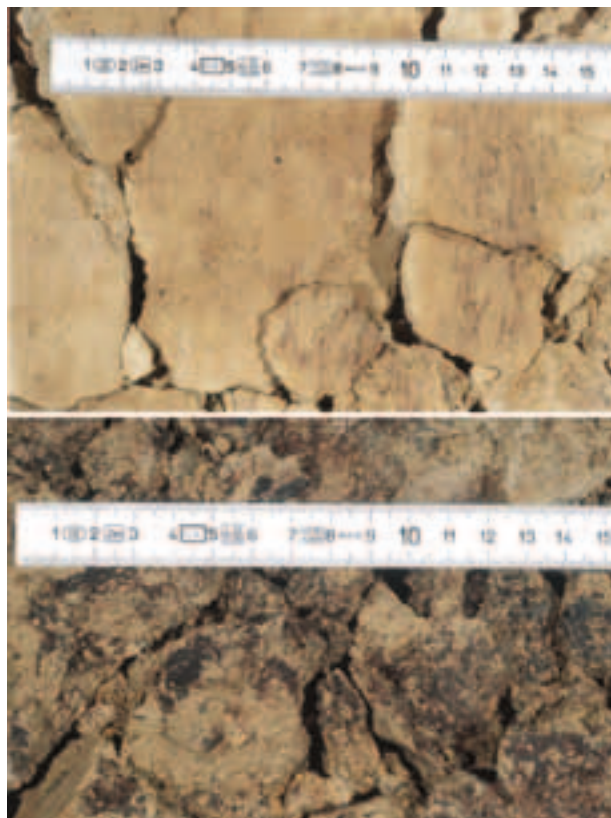


Abb. 57: Mangankonkretionen

Rostflecken

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).

*vgl. auch unter 7.7 «Beurteilung der Bodenvernässung»

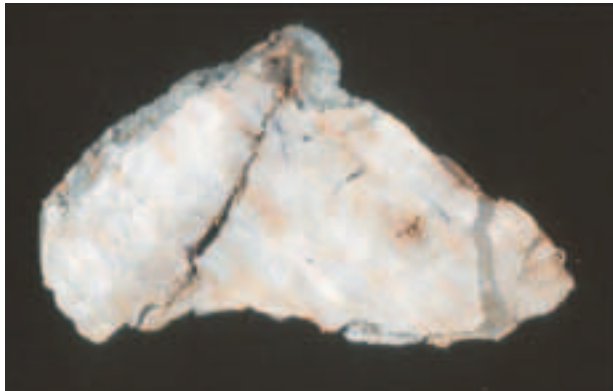
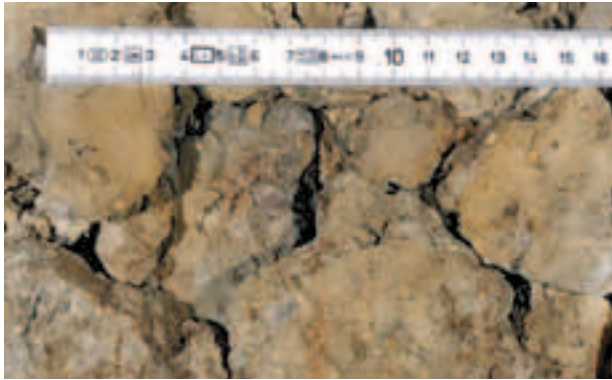


Abb. 58: Rostflecken

Fahl-Rotfärbungen (Marmorierungen)

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.

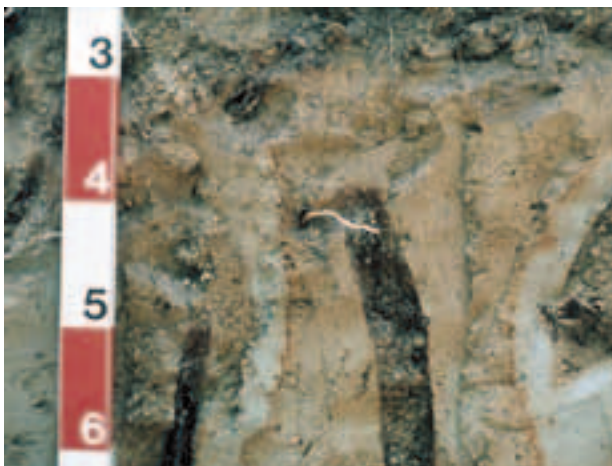


Abb. 59: Fahl-Rotfärbungen

Nassbleichung (Fahlfärbung)

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. 60: Nassbleichungen

Reduktionsfarben

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

Eine Durchwurzelung ist praktisch ausgeschlossen.



Abb. 61: Reduktionsfarben

7.7 Beurteilung der Bodenvernässung

Um eine nachvollziehbare und einheitliche Beurteilung der Vernässung zu gewährleisten, wird nach der abgebildeten Übersicht vorgegangen. Im Schema wird zwischen Grund- (Gleye) und Stauwasser beeinflussten Böden (Pseudogleye) unterschieden.

Je nach der Tiefe der Obergrenze von Gr oder Go,r wird zwischen schwach grundnassen bis sumpfigen Gleyen unterschieden. Stauwasser beeinflusste Böden werden nach der Tiefe der Obergrenze des Sw- oder Sd-Horizontes beurteilt.

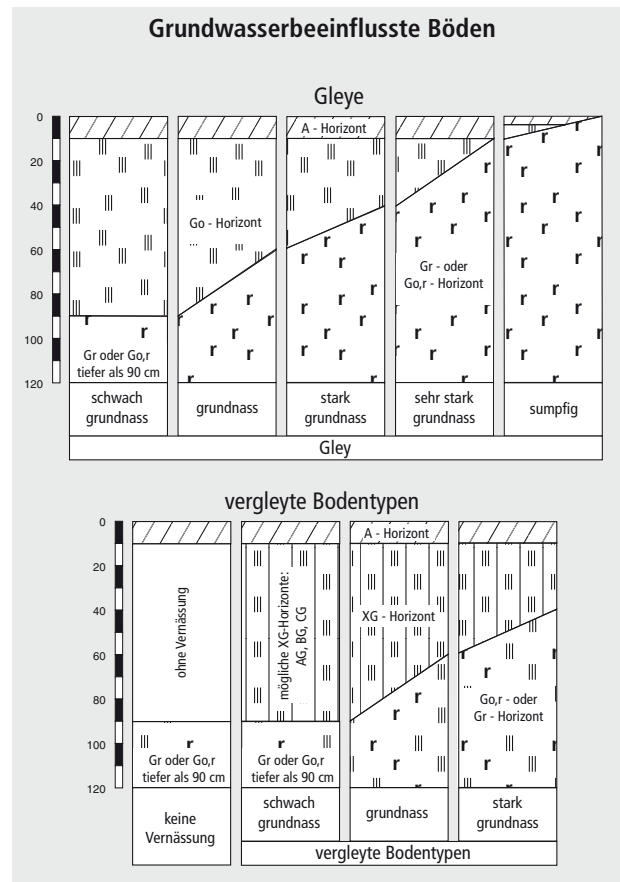
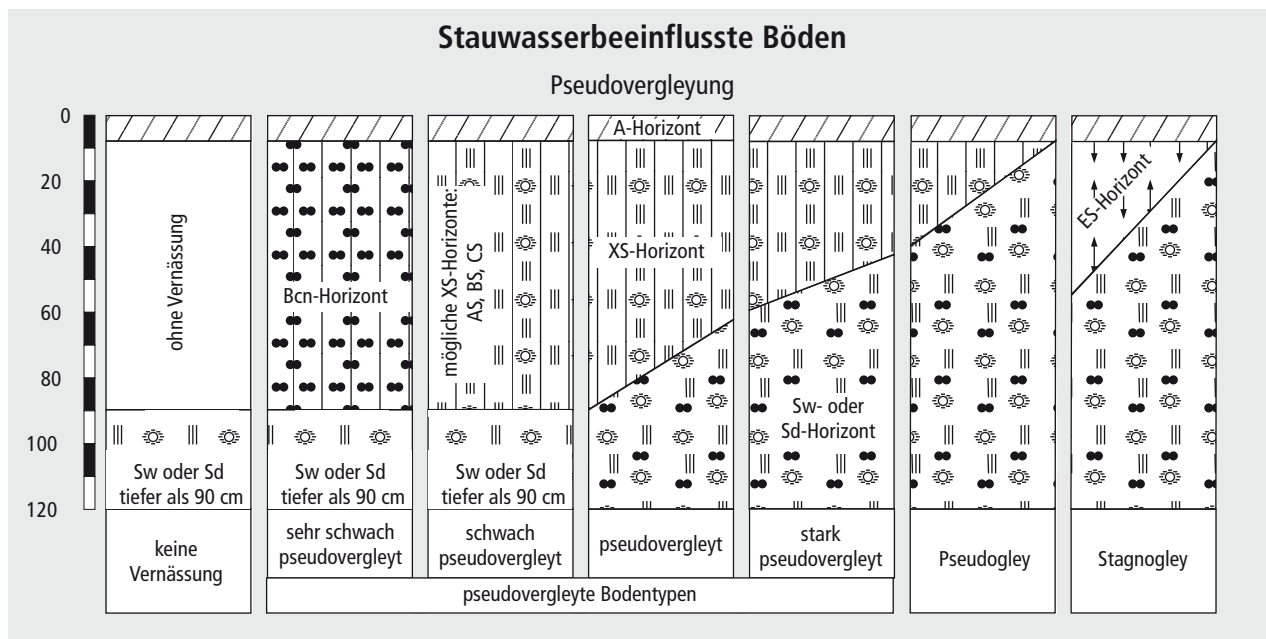


Abb. 62 / 63: Klassierung der Vernässung



Quelle: Waldböden der Schweiz, Band 1, Grundlagen, 2004; Fotos: FE Boden-Wissenschaften, WSL; Text: Peter Lüscher, FE Boden-Wissenschaften, WSL