

KLASSIFIKATION DER BÖDEN DER SCHWEIZ

Bodenprofiluntersuchung, Klassifikationssystem, Definitionen der Begriffe, Anwendungsbeispiele



Die erste Auflage der „Klassifikation der Böden der Schweiz“, hervorgegangen aus einer Zusammenarbeit zwischen der damaligen FAP Reckenholz und der Arbeitsgruppe „Klassifikation und Nomenklatur“ der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS), ist inzwischen vergriffen. Ziel dieser zweiten Auflage ist es, bodenkundlich verantwortlichen und interessierten Personen den Zugang zur Klassifikation schweizerischer Böden zu erleichtern. Aus diesem Grund wurde der Text der ersten Auflage hinsichtlich Lesbarkeit, Verständlichkeit und inhaltlicher Konsistenz überarbeitet; der Inhalt dagegen bewusst beibehalten. Bis eine grundsätzlich überarbeitete Fassung der „Klassifikation der Böden der Schweiz“ zur Verfügung steht, will diese zweite Auflage Interessierten aus Forschung, Lehre, Vollzug und bodenkundlicher Praxis Grundlagen an die Hand geben, um Böden der Schweiz richtig zu klassieren.

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz
Geschäftsstelle
c/o Umwelt und Energie Kanton Luzern
Libellenrain 15
Postfach 3439
6002 Luzern

© BGS 2010

KLASSIFIKATION DER BÖDEN DER SCHWEIZ

Bodenprofiluntersuchung, Klassifikationssystem, Definitionen der Begriffe, Anwendungsbeispiele

Erste Auflage 1992 bearbeitet in der Arbeitsgruppe „Klassifikation und Nomenklatur“ der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) von K. Peyer und E. Frei; mit Beiträgen von L.F. Bonnard, P. Fitze, M. Gratier, S. Juchler, P. Lüscher, M. Müller, J. Presler (Präsident der Arbeitsgruppe), M. Schneebeli und H. Sticher.

Zweite korrigierte Auflage 2002 bearbeitet von H. Brunner, J. Nievergelt, K. Peyer, P. Weisskopf und U. Zihlmann; mit Anmerkungen der Arbeitsgruppe „Klassifikation und Nomenklatur“ der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS).

Dritte, korrigierte Auflage 2008, bearbeitet von der Arbeitsgruppe „Klassifikation und Nomenklatur“ der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) mit Beiträgen von H. Brunner, H. Conradin, U. Gasser, A. Kayser, P. Lüscher, R. Meuli, M. Müller, J. Nievergelt, A. Pazeller, K. Peyer, J. Presler, P. Weisskopf, M. Zürrer. Die französische Übersetzung erfolgte durch J.-A. Neyroud mit Unterstützung durch M. Gratier. Die italienische Übersetzung wurde von M. Rossi und G. Jelmini vorgenommen.

Herausgeberin:
Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz
Geschäftsstelle
c/o Umwelt und Energie Kanton Luzern
Libellenrain 15
Postfach 3439
6002 Luzern

© BGS 2010

Vorwort zur ersten Auflage

Die hier vorgelegte Bodenklassifikation beruht auf einem generellen Konzept, das von H. Pallmann und Mitarbeitern an der ETHZ ab 1940 entwickelt und 1948 veröffentlicht wurde. An der Forschungsanstalt Reckenholz (bis 1967 Versuchsanstalt Oerlikon, danach Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau FAP Reckenholz) wurde diese modifizierte Klassifikation zur Beschreibung von Bodenprofilen von 1945 an verwendet. Aus der bodenkundlichen Beratungstätigkeit der FAP erwuchs das Bedürfnis zum Weiterausbau des Bodenklassierungssystems. Als 1958 an der FAP die Bodenkartierung eingeführt wurde, lag ein für praktische Zwecke geeignetes System zur Ordnung der Böden vor, das 1963 zusammen mit ersten Bodenkarten publiziert wurde. Die Intensivierung der bodenkundlichen Untersuchungen führte bis 1975 zu mehreren Auflagen der FAP-internen Bodensystematik und der Anleitung zur Bodenkartierung.

Die FAP stellte zunehmend ihre interne Kartieranleitung Interessenten zur Verfügung. Mit dem Anwachsen der Bodenschutzaktivitäten in den 80er Jahren entstand der Wunsch nach einer besseren Zugänglichkeit der FAP-Bodenklassifikation für die Anwender und Hersteller von Bodenkarten.

Die Arbeitsgruppe Klassifikation und Nomenklatur der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) hatte sich seit ihrer Gründung 1977 mit der Überarbeitung und Publikation von Klassifikationsteilen, z.B. der Horizontsymbole, befasst. Die FAP-Bodenklassifikation in einer überarbeiteten und allgemein verständlichen Form darzustellen, war ab 1987 ihr vorrangiges Ziel, das mit dieser Publikation nun erreicht ist. Sie beeinträchtigt keineswegs die Lesbarkeit der vorhandenen FAP-Bodenkarten, die nach der Bodenkartieranleitung Reckenholz entstanden sind.

Die vorliegende Schrift richtet sich dem ursprünglichen Wunsch entsprechend an eine Leserschaft mit einem ausgeprägten bodenkundlichen Interesse, aber mit unterschiedlichen Beziehungen zur Bodenklassifikation: in erster Linie an Dozenten und Studenten an Hochschulen und Fachhochschulen, Lehrer an Fachschulen, Bodenfachleute an Forschungsinstitutionen und bei Bundesämtern, Mitarbeiter privater Ingenieur-Büros und kantonaler Bodenfachstellen, die sich mit angewandten Bodenuntersuchungen befassen. Die Erfahrungen eines breiten Anwenderkreises mit der KLASSIFIKATION DER BÖDEN DER SCHWEIZ sollen nun gesammelt und ausgewertet werden.

Wir wünschen der vorliegenden Schrift eine grosse Zahl interessierter Leser, die damit bei der Bodenprofiluntersuchung und -klassifikation im Dienste einer erfolgreichen Pflanzen-, Standortkunde- und Ökologieforschung eine echte Unterstützung erhalten können.

März 1992

Alfred Brönnimann
Direktor Eidgenössische Forschungsanstalt
für landwirtschaftlichen Pflanzenbau (FAP)
Zürich-Reckenholz

Vorwort zur zweiten Auflage

Die erste Auflage der „Klassifikation der Böden der Schweiz“, hervorgegangen aus einer Zusammenarbeit zwischen der damaligen FAP Reckenholz und der Arbeitsgruppe „Klassifikation und Nomenklatur“ der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS), ist inzwischen vergriffen. Weil die Nachfrage jedoch weiterhin beträchtlich ist, wurde eine Neuauflage notwendig.

Ziel dieser zweiten Auflage ist es, bodenkundlich verantwortlichen und interessierten Personen den Zugang zur Klassifikation schweizerischer Böden zu erleichtern. Aus diesem Grund wurde der Text der ersten Auflage hinsichtlich Lesbarkeit, Verständlichkeit und inhaltlicher Konsistenz überarbeitet, was teilweise zu Änderungen der Textgliederung geführt hat. Der Inhalt der ersten Auflage wurde dagegen bewusst beibehalten: Nur einzelne begriffliche und methodische Weiterentwicklungen sind im Interesse einer verbesserten Verständlichkeit berücksichtigt worden. Bis eine grundsätzlich überarbeitete Fassung der „Klassifikation der Böden der Schweiz“ zur Verfügung steht, will diese zweite Auflage Interessierten aus Forschung, Lehre, Vollzug und bodenkundlicher Praxis Grundlagen an die Hand geben, um Böden der Schweiz richtig zu klassieren. Wir hoffen, hiermit auch gleichzeitig einen Beitrag zur sachgerechten und schonenden Nutzung der wertvollen und nur sehr beschränkt regenerierbaren Umweltressource „Boden“ zu leisten.

*Zürich-Reckenholz
Juli 2002*

*Eidgenössische Forschungsanstalt
für Agrarökologie und Landbau (FAL)*



*Franz X. Stadelmann
Leiter Produkt Umweltressourcen /
landwirtschaftlicher Umweltschutz*

Vorwort zur dritten Auflage

Die Arbeitsgruppe „Klassifikation und Nomenklatur“ der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) hat im Jahr 2004 mit der Revision der „Klassifikation der Böden der Schweiz“ begonnen. In der ersten, nun abgeschlossenen Etappe dieser Revision wurden mehrere Präzisierungen, welche sich in der Praxis der Bodenkartierung und des Bodenschutzes bereits bewährt haben, diskutiert und in die vorliegende dritte Ausgabe integriert.

Im Zusammenhang mit dem Vollzug der Umweltschutzgesetzgebung entstand gesamtschweizerisch eine zunehmende Nachfrage nach Bodendaten. Für die gesamtschweizerische Nutzung und Anwendung von Bodendaten ist es wichtig, dass die Begriffe zur Charakterisierung von Bodeneigenschaften überall einheitlich interpretiert und gehandhabt werden. Deshalb sind Standardisierungen für die reproduzierbare Anwendung und für den Austausch der Bodeninformationen unentbehrlich. Bereits heute wird die „Klassifikation der Böden der Schweiz“ für Projekte und Wegleitungen von nationaler Bedeutung als Standard vorausgesetzt:

- *Datenmodell des Bodeninformationssystems Schweiz (BI-CH)*
- *Neue Richtlinien und Wegleitungen der Bundesverwaltung wie das Handbuch zur Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden (BAFU 2003)*

Die bisher nur in deutscher Sprache vorliegende "Klassifikation der Böden der Schweiz" wurde ins Französische und ins Italienische übersetzt. Die inhaltlich identische aber in drei Landessprachen vorliegende dritte Ausgabe bildet die Arbeitsgrundlage für die Revision der "Klassifikation der Böden der Schweiz", welche als nationale Aufgabe verstanden wird und deshalb in sprachraumübergreifender Zusammenarbeit erfolgen soll. Die Herausgeber danken Jean-Auguste Neyroud, Michel Gratier, Marco Rossi und Giorgio Jelmini herzlich für die sorgfältige Übersetzung ins Französische bzw. ins Italienische – ein Meilenstein für die Klassifikation der Böden der Schweiz!

*Uster
Januar 2010*

*für die BGS-Arbeitsgruppe Klassifikation und Nomenklatur
Martin Zürrer*

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau dieser Publikation	1
2	Grundlagen und Prinzipien der Bodenklassifikation	1
2.1	Ziele und Bedeutung	1
2.2	Geschichtlicher Hintergrund	1
2.3	Generelle Klassifikationsprinzipien	2
2.4	Aufbau des Bodenklassifikationssystems	2
2.4.1	Die vier hierarchischen Klassifikationsstufen I bis IV	2
2.4.2	Die drei nicht-hierarchischen Typmerkmale	4
3	Untersuchung des Bodenprofils und seines Standortes	4
3.1	Bodenprofil und Bodenindividuum	5
3.2	Anlage der Profilgrube	5
3.3	Profilblatt	5
3.4	Bezeichnung und Identifikation des Profilstandortes	5
3.5	Geologische und petrographische Situation	6
3.5.1	Ausgangsmaterial für die Bodenbildung	6
3.5.2	Häufige Ausgangsmaterialien	6
3.6	Ansprache und Beschreibung des Bodenprofils	6
3.6.1	Vorbereitung des Profils	6
3.6.2	Profilskizze und Signaturen	7
3.6.3	Symbole der Haupthorizonte	7
3.6.4	Symbole zur Unterteilung der Haupthorizonte	8
3.6.5	Ergänzende Horizontsymbole	9
3.7	Untersuchungen am Profil	9
3.7.1	Bodenfarbe	9
3.7.2	Bodenskelett	9
3.7.3	Körnung der Feinerde	10
3.7.4	Humus	10
3.7.5	Karbonat	11
3.7.6	pH-Wert	11
3.8	Probenahme am Profil	11
4	Das Klassifikationssystem	13
4.1	Die vier hierarchischen Klassifikationsstufen	13
	Stufe I = Klasse: Wasserhaushalt des Bodens	13
	Stufe II = Ordnung: Hauptbestandteile des Bodengerüsts	14
	Stufe III = Verband: Kennzeichnende chemische und mineralogische Komponenten des Bodengerüsts	15
	Stufe IV = Typ: Kennzeichnende Perkolate	16
4.2	Die drei nicht-hierarchischen Klassifikationsstufen	17
	Stufe V = Untertyp	17
	Stufe VI = Bodenform	18
	Stufe VII = Lokalform	18
4.3	Das Klassifikationssystem im Überblick	19
	Hierarchischer Teil = Klassifikation bis zum Bodentyp: Stufen I bis IV	19
	Nicht-hierarchischer Teil = Klassifikation innerhalb eines Bodentyps: Stufen V bis VII - Untertyp, Bodenform, Lokalform	19
5	Definition der Untertypen, Bodenformen und Lokalformen	20
5.1	Untertypen	20
5.2	Bodenformen	24

5.2.1	Skelett und Feinerdekörnung	24
5.2.2	Physiologische Gründigkeit	24
5.2.3	Wasserspeichungsvermögen	25
5.2.4	Ionenspeicherung	25
5.3	Lokalformen	25
5.3.1	Geografisch-klimatische Bodenregion	25
5.3.2	Geländeform und Hangneigung	26
5.3.3	Vegetation und Nutzung	26
6	Vom Klassifikationsystem zu den taxonomischen Einheiten	27
6.1	Klassifikation und Benennung von Böden (Beispiele)	27
6.2	Systematische Klassifikation wichtiger Böden der Schweiz	29
6.3	Erläuterungen zur systematischen Klassifikation und Benennung von Böden	35
7	Beschreibung, Klassifikation und Benennung wichtiger Böden der Schweiz	36
7.1	Perkolierte Böden	36
7.1.1	Gesteinsböden	36
7.1.2	Humus-Gesteinsböden	38
7.1.3	Unentwickelte Böden ohne B-Horizont, mit Sekundärmineralen (A/C-Böden)	39
7.1.4	Entwickelte Böden mit B-Horizont (A/B/C-Böden)	43
7.1.5	Entwickelte Böden mit Bfe-Horizont	47
7.1.6	Entwickelte Böden mit E- und I-Horizonten	49
7.2	Selten perkolierte Böden	53
7.3	Stauwassergeprägte Böden	55
7.4	Grund- oder hangwassergeprägte Böden	56
7.4.1	Mineralische Nassböden	56
7.4.2	Organische Nassböden	58
7.5	Periodisch überschwemmte Böden	61
7.6	Verzeichnis von gut dokumentierten, klassierten Böden der Schweiz	62
8.	Literatur	64
9	Anhang	67
9.1	Methodisches zur Untersuchung von Bodenprofilen	67
	Anhang zu 3.5: Geologisches Ausgangsmaterial	67
	Anhang zu 3.6.2: Profilskizze und Signaturen	69
	Anhang zu 3.6.3: Symbole der Haupthorizonte	71
	Anhang zu 3.6.4: Symbole zur Unterteilung der Haupthorizonte	72
	Anhang zu 3.6.5: Ergänzende Horizontsymbole	74
	Anhang zu 3.7.1: Bodenfarbe	75
	Anhang zu 3.7.2: Bodenskelett	76
	Anhang zu 3.7.3: Körnung der Feinerde	78
	Anhang zu 3.7.4: Humus	80
	Anhang zu 3.7.5: Karbonat der Feinerde	83
	Anhang zu 3.7.6: pH-Wert	83
	Anhang zu 3.8: Probenahme	84
	Anhang zu 5.3.1: Geografisch-klimatische Bodenregion	85
9.2	Wichtige Labormethoden zur Bodenuntersuchung	86

1 Aufbau dieser Publikation

Im Kapitel 2 wird Entstehung und Struktur des Klassifikationssystems für die Böden der Schweiz aufgezeigt. Bevor ein Boden klassiert werden kann, muss er jedoch untersucht werden. Deshalb sind im Kapitel 3 Hinweise zur Durchführung von Bodenprofiluntersuchungen dem Kapitel über die Klassifikation vorangestellt worden. Wer bereits bekannte Böden klassieren möchte, der beginne mit Kapitel 4. In diesem Kapitel ist das System zusammenfassend dargestellt. Definitionen sind dort jedoch wegen der Übersichtlichkeit auf das Wesentlichste beschränkt.

Ausführliche Definitionen erfordert die Beschreibung der Merkmale "Untertyp", "Bodenform" und "Lokalform" im Kapitel 5, die dazu dienen, Böden des gleichen Typs genauer zu beschreiben.

Der Zusammenhang zwischen der systematischen Klassifikation und der Benennung der Böden wird in Kapitel 6 erörtert. Dort wird auch eine Auswahl von wichtigen Böden klassiert, um zu zeigen, wie die taxonomischen Einheiten und ihre Benennungen anzuwenden sind. Auch die Codierung der Einheiten ist erklärt.

In Kapitel 7 werden 28 typische Böden der Schweiz in 14 Gruppen systematisch klassiert, definiert, und mit einer Profilskizze, der Horizontabfolge sowie kurzen verbalen Erläuterungen beschrieben. Wer sich für konkrete, eingehend untersuchte Profilstellen in der Schweiz interessiert, findet in diesem Kapitel auch ein diesbezügliches Verzeichnis. Ausgewählte, für die Klassifikation wichtige Literaturangaben finden sich in Kapitel 8. In einem Anhang (Kapitel 9) sind schliesslich zahlreiche methodische Hilfsmittel aufgeführt.

2 Grundlagen und Prinzipien der Bodenklassifikation

2.1 Ziele und Bedeutung

Die Bodenklassifikation hat zum Ziel, Böden aufgrund ihrer vielfältigen Profil- und Standortmerkmalen systematisch zu klassieren. Damit ist es möglich, untersuchte Böden zu identifizieren, zu vergleichen, zu unterscheiden und zu beurteilen.

Die Klassifikation hat ihre Bedeutung vor allem innerhalb der Bodenkunde selbst, denn pedologische Forschungen und Versuche sollten stets an gut definierten und klassierten Böden erfolgen, damit Resultate vergleichbar sind. Wichtig ist die Bodenklassifikation ferner bei vielen interdisziplinären Forschungen sowie in der Lehre.

2.2 Geschichtlicher Hintergrund

Das nachfolgend dargestellte Bodenklassifikationssystem ist in der Schweiz entwickelt worden. Gedanklich befasste sich H. Pallmann seit etwa 1940 mit einer neuen Bodensystematik auf pedogenetischer Grundlage; entsprechende Publikationen (30, 31) erschienen als kurze Kongressberichte. Als die Bodenkartierung Ende der 50er Jahre in der Schweiz Fuss fasste, erarbeiteten E. Frei (16, 20) und die Bodenkartierung (1) der Eidgenössischen Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau Zürich-Reckenholz eine für Kartierungszwecke praktikable Bodenklassifikation unter Berücksichtigung des theoretischen Ansatzes von H. Pallmann. Diese Klassifikation war Grundlage aller an der Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz ausgeführten Bodenkartierungen (6, 7, 8-13, 16-18,

auch unveröffentlichte detaillierte Bodenkarten). Die Erläuterungen zu den Karten enthalten auch Angaben über die verwendete Klassifikationsmethode.

2.3 Generelle Klassifikationsprinzipien

Um die Jahrhundertwende wurden erstmals typische Bodenprofile, z.B. Podsole und Tschernozeme, beschrieben. Von diesen besonderen Vorkommen wurde auf allgemeine Zusammenhänge geschlossen (induktive Klassifikationsmethode). Später wurden auch der Einfluss von Klimafaktoren und jener der geologischen Unterlage für die Bodenentstehung als bestimmend erkannt. Entsprechend ist jeder Boden das Resultat der kombinierten zeitlichen Wirkung von Naturfaktoren. Diese können somit auch als Kriterien der Bodenklassifikation verwendet werden (deduktive Klassifikationsmethode).

Fast jedes Land hat seine eigene Bodenklassifikation. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in der Verwendung induktiver und deduktiver Klassifikationskriterien und in deren unterschiedlicher Gewichtung.

2.4 Aufbau des Bodenklassifikationssystems

Generelle Merkmale, die alle Böden prägen, bestimmen den taxonomischen Bodentyp mit vier Klassifikationsstufen im hierarchischen Teil des Klassifikationssystems. Ergänzende Merkmale der Profilentwicklung sowie der ökologischen Beziehungen eines Bodens zu seiner Umgebung werden im nicht-hierarchischen Teil des Klassifikationssystems zur feineren Charakterisierung von Böden desselben Typs verwendet („Typmerkmale“).

Der taxonomische Bodentyp ergibt sich aus der Kombination zutreffender Kriterien für den "Wasserhaushalt des Bodens" (Stufe I), die "Hauptbestandteile des Bodengerüsts" (Stufe II), die "kennzeichnenden chemischen und mineralogischen Komponenten des Bodengerüsts" (Stufe III) und die "kennzeichnenden Perkolate" (Stufe IV). Wichtige taxonomische Bodentypen sind mit Trivialnamen belegt (Kap. 6.1.). Diese entsprechen den üblichen und bekannten Bodentypenbezeichnungen (Braunerde, Parabraunerde, Podsol, usw.).

2.4.1 Die vier hierarchischen Klassifikationsstufen I bis IV

Stufe I: Wasserhaushalt des Bodens

Der Wasserhaushalt prägt die Entwicklung des Bodens und seine Merkmale; er ist das Resultat zahlreicher Faktoren. Dazu gehören u.a.:

- die Niederschlagsmenge
- die Niederschlagsverteilung
- Frost und Bodenerwärmung
- die Verdunstungsrate
- das Bodengefüge in seiner Wirkung auf die Infiltration, die Perkolation, den Wasserstau und den Oberflächenabfluss

Oft wird der Wasserhaushalt von Böden durch die topographische Lage beeinflusst (z.B. Talböden mit Grundwassereinfluss).

Die Vegetationsdecke ist abhängig vom Wasserhaushalt des Bodens. Deshalb ist der Bodenwasserhaushalt ein wichtiger Produktionsfaktor bei forst- und landwirtschaftlicher Nutzung.

Stufe II: Hauptbestandteile des Bodengerüstes

Die drei Komponenten des Bodengerüstes sind:

- Primärgesteinsteile, auch Gesteinsrelikte genannt
- organische Substanz und
- Sekundärminerale

In der Schweiz kommen häufig Böden vor, in denen zwei oder alle drei der erwähnten Komponenten zusammen am Gerüstaufbau beteiligt sind.

Unter Sekundärmineralen werden bodenbürtige Minerale, wie Tone und Oxide, verstanden. Auch Tone, die in einem Sedimentgestein eingeschlossen waren und durch die Verwitterung freigelegt wurden, gelten hier als Sekundärminerale.

Stufe III: Kennzeichnende chemische und mineralogische Komponenten des Bodengerüstes

Die chemische und mineralogische Kennzeichnung der Komponenten des Bodengerüstes beruht entweder auf der Art der Primärgesteinsteile oder der Verwitterungsprodukte im Boden. Bei Gesteinsböden beispielsweise ist die silikatische oder karbonatische Natur der Gesteinsteile, die dort praktisch das ganze Bodengerüst beherrschen, zu klassieren. Weiter entwickelte Böden werden durch bestimmte Verwitterungsprodukte oder durch Neubildungen aus Abbauprodukten gekennzeichnet.

Beispiele:

- Schwarzerden sind gekennzeichnet durch Verbindung der Tone mit Huminstoffen.
- In Braunerden sind die neu gebildeten Tonminerale mit Eisenhydroxiden verklebt, wodurch die gleichmässig braune Farbe entsteht.
- In stark sauren Böden ist die Tonbildung gehemmt, weshalb das Eisenhydroxid frei liegt und Verbindungen, z.B. mit Huminstoffen, eingehen kann.

Stufe IV: Kennzeichnende Perkolate

Eine wesentliche chemische Eigenschaft von Böden ist ihr Vermögen zur Bindung oder Adsorption von Stoffen. In besonderen Fällen finden aber Verlagerungen nicht adsorbierter Stoffe im Bodenprofil statt. Die Dynamik der Substanzverlagerung im Bodenprofil wird durch den Wasserhaushalt des Bodens (Stufe I) bestimmt.

Beispiele:

- Perkolierte Böden werden senkrecht durchwaschen, hydromorphe Böden nur ausnahmsweise.
- Die Perkolation kann zur Stoffauswaschung im ganzen Profil führen.
- Es werden nur Stoffe aus dem oberen Profiltteil ausgewaschen, während die im Perkolat enthaltenen Substanzen in einem darunter liegenden Horizont wieder ausgefällt werden und sich dort anreichern (Illuviation).
- Die Substanzen können auch nur über kurze Distanzen transportiert werden, wodurch z.B. Kolloidkonzentrationen und Salzausblühungen entstehen.

Da die Illuviation im Rahmen der Substanzverlagerung im Bodenprofil als Bodenentwicklungsprozess zu verstehen ist, wird im vorliegenden System jeder Illuviationshorizont mit einem besonderen Symbol bezeichnet, dem Grossbuchstaben I. Die Illuviation ist in diesem Fall diagnostisch. Bereits bei der Profilaufnahme ist jeder erkennbare Illuviationsho-

horizont zu kennzeichnen. Andere Substanzanreicherungen, Rückstandsreicherungen und Neubildungen an Ort und Stelle sind von Illuviationen zu differenzieren.

2.4.2 Die drei nicht-hierarchischen Typmerkmale

Untertyp

Böden des gleichen Typs können in zahlreichen ökologisch wichtigen Merkmalen variieren; sie werden deshalb in Untertypen gegliedert. Die Möglichkeit, Untertypen zu unterscheiden, ist in diesem System von grosser Bedeutung.

Beispiele:

- Bei Gesteinsböden dienen die Schichtung und der Verwitterungsgrad des Gesteins als Unterteilungsmerkmale für Untertypen.
- Organische Böden sind nach Humusform und Zersetzungsgrad unterteilt.
- Humus-Gesteins-Böden können sowohl nach dem Zustand der Humusaufgabe als auch nach der Verwitterung der Gesteinsrelikte gruppiert werden.
- Bei Braunerden steht der Versauerungsgrad oder das Vorhandensein von Kalziumkarbonat als Unterteilungsmerkmal zur Verfügung.
- Bei Parabraunerden sind die Lage des Illuvialhorizontes und die Versauerung des Oberbodens wichtig.
- Bei Gleyen können die Perioden der Wassersättigung und der Durchlüftung sowie der Vernässungsgrad unterschiedlich sein.

Bodenform

Bodenuntersuchungen und -kartierungen stehen oft im Zusammenhang mit der Lösung praktischer Probleme, bei denen die Bodenqualität und die land- und forstwirtschaftliche Eignung des Bodens eine Rolle spielen. Die Klassifikationseinheit "Bodenform" wird durch die praxisrelevanten Merkmale „Körnung“ (Skelett und Feinerde) sowie „Speicherungsvermögen für Wasser und Nährstoffe“ bestimmt. Für viele Anwender der Klassifikation sind diese Bodenmerkmale wichtiger als Klassierungen auf den Stufen I bis IV zur Benennung des Bodentyps.

Lokalform

Da der Boden eine wichtige Rolle im Ökosystem spielt, wird besonders bei detaillierten Geländeaufnahmen auch die geographische und topographische Situation sowie die Vegetation und die Nutzung mit in die Klassifikation einbezogen. Bezeichnungen wie Talböden, Gebirgsböden, Waldböden, Ackerböden beweisen, dass solche Standortsbezüge von jeher gemacht wurden.

3 Untersuchung des Bodenprofils und seines Standortes

Bevor ein Boden klassiert werden kann, ist er eingehend zu untersuchen. Daher werden in diesem Kapitel Angaben über das Vorgehen bei der Bodenprofiluntersuchung und der Standortbeschreibung gemacht. Methodische Hinweise dazu sind im Anhang aufgeführt.

3.1 Bodenprofil und Bodenindividuum

Ein senkrechter Bodenaufschluss von der Terrainoberfläche bis zum Ausgangsmaterial wird Bodenprofil genannt. Die zur Klassifikation notwendigen Bodenuntersuchungen und Probenahmen lassen sich an der Profilwand einer Bodengrube, ausnahmsweise auch an genügend grossen Bohrkernen ausführen. Der Vergleich von Bodenprofilen verschiedener Standorte vermittelt einen Eindruck von der Pedosphärenvielfalt.

Das Bodenprofil weist willkürlich begrenzte Dimensionen auf. Demgegenüber ist das Bodenindividuum ein dreidimensionaler Bodenkörper mit einheitlichen Eigenschaften und natürlicher Begrenzung.

3.2 Anlage der Profilgrube

Die Aufgrabung sollte mindestens so tief sein, dass alle für den Aufbau des Bodens und seine Beurteilung wichtigen Horizonte untersucht werden können. Der tiefere Untergrund lässt sich, falls nötig, mit Bohrungen in der Grubensohle erschliessen. Normalerweise genügen Profiltiefen von 100 bis 150 cm. Um bequem am Profil arbeiten zu können, ist eine Grubenbreite von mindestens 80 cm erforderlich; für Profildemonstrationen sind grössere Breiten zu wählen. Die Länge der Profilgrube beträgt ca. 2 m, damit diese bei normaler Tiefe genügend zugänglich ist.

Die Deponie des Ober- und Unterbodens erfolgt getrennt, damit später schichtgerecht zugedeckt werden kann. Die senkrechte Stirnseite der Grube zeigt das Bodenprofil. Diese Partie darf bei den Grabarbeiten nicht betreten werden und soll möglichst unberührt bleiben, um die Untersuchungen und Probenahmen nicht zu beeinträchtigen. Am Hang wird die Grube in der Fallrichtung angelegt. Am Steilhang ist der Profilaufbau auch an der Seitenwand zu beurteilen. Wo möglich, ist die Stirnwand mit dem Bodenprofil so zu exponieren, dass während der Untersuchung eine ausreichende Beleuchtung gewährleistet ist.

3.3 Profilblatt

Zur gründlichen und zeitsparenden Beschreibung der Bodenprofile im Feld dienen vorgedruckte Formulare. Ein solches Formular (Profilblatt) sollte mindestens folgende Angaben enthalten:

- Identifikation der Profilstelle und der Umgebungssituation (Standort)
- Profilskizze mit den auszuführenden Untersuchungen
- Beurteilung in pedologischer, land- bzw. forstwirtschaftlicher und gegebenenfalls pflanzensoziologischer Hinsicht.

Diese Unterlagen ermöglichen die Klassifikation des Bodenprofils.

Als Vorlage kann das Profilblatt der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL Zürich-Reckenholz dienen (34, 35).

3.4 Bezeichnung und Identifikation des Profilstandortes

Die Untersuchung und Klassierung grösserer Serien von Bodenprofilen erfordert ein System zur Bezeichnung der Profilstandorte. Am einfachsten wird der Flurname und eine Nummerierung dazu verwendet. Bei Bodenkartierungen ist ein ausgebautes Codiersystem angebracht, das auch spätere Fortsetzungen in der Umgebung einbezieht und eine EDV-gerechte Speicherung der Resultate erlaubt. Der Code des Profilstandortes wird in allen Beschreibungen, auf Karten und Analysenblättern sowie in Publikationen mitgeführt.

Auf dem Profilblatt wird die geographische Lage des Bodenprofils genau angegeben. Dazu gehören: Kanton, politische Gemeinde, nächste Siedlung, Flurname und die Koordinaten der Landeskarte 1:25'000; ferner auch Höhe über Meer, Exposition und Hangnei-

gung. Diese Daten können mit dem Höhenbarometer, dem Kompass und dem Hangneigungsmesser bestimmt werden. Nur ausnahmsweise ist eine Vermessung auf dem Mess-tisch notwendig. Sowohl die Profilstelle wie auch ihre nähere Umgebung sollen be-schrieben werden, weil pedologische Arbeiten öfters auch den Bezug der Flächendimen-sionen benötigen.

Da es eher schwierig ist, eine ehemalige Profilstelle später genau zu orten, kann eine Si-tuationsskizze oder eine Photographie hilfreich sein. Profilstellen und Entfernungen zu markanten Punkten (Waldrand, Weg, Bach, usw.) werden auf dem entsprechenden to-pographischen Kartenblatt exakt eingetragen.

3.5 Geologische und petrographische Situation

3.5.1 Ausgangsmaterial für die Bodenbildung

Der mineralische Teil des Bodens wird vom Ausgangsmaterial geprägt, welches in erster Linie die Körnung, aber auch das Gefüge bzw. die Porosität, sowie die Bodenreaktion be-influsst. Der im Bodenprofil feststellbare Untergrund kann mit dem Ausgangsmaterial identisch sein; oft ist dies jedoch nicht der Fall, weil während der langen Zeit der Boden-entwicklung Überdeckungen erfolgten. Die Art des Ausgangsmaterials lässt sich durch sorgfältige Untersuchung der Gesteinsrelikte im Bodenprofil ermitteln. Die geologische und die topographische Situation werden im Profilblatt skizziert.

3.5.2 Häufige Ausgangsmaterialien

Die Gruppierung der Ausgangsmaterialien kann verschiedenartig erfolgen. Mindestens die folgenden Materialgruppen sollten unterschieden werden (siehe auch Anhang 9.1, sowie Literatur zur Geologie, v.a. geologische Karten): Moräne, Schotter, Gehängeschutt und Bergsturzmaterial, Kolluvionen, Lösslehm, alluviale Sande, Lehme und Tone, Torf, See-creide und Kalktuff, Mergel, Ton aus Lagerstätten, Schiefer, Sandstein, Konglomerat, Kalkgestein, Granit, dunkle Eruptivgesteine, Grüngesteine.

3.6 Ansprache und Beschreibung des Bodenprofils

Die vollständige Ansprache des Profils ist für die Klassifikation eines Bodens unumgänglich. Vorteilhaft ist die Verwendung eines Profilblattes (vgl. Kap. 3.3).

Die Bodenhorizonte und ihre Abgrenzung lassen sich vorwiegend an folgenden Merkma-len erkennen, die in Form von Profilskizzen und Signaturen dargestellt werden: Boden-farbe, Körnung, Humusgehalt, Humusform, Aggregation, Porenbildung, Konzentra-tionen und Ausbleichungen in der Bodenmatrix, Durchwurzelung, Merkmale biologischer Aktivität, Redoxmerkmale, Gesteinsverwitterung, Kalkgehalt und Bodenreaktion.

3.6.1 Vorbereitung des Profils

Vorgängig wird die Stirnwand der Bodengrube senkrecht abgestochen und sauber präpa-riert, damit alle zu beurteilenden Merkmale des Bodenprofils deutlich erkennbar sind. Ein Metermass ermöglicht eine massstäblich korrekte Aufnahme.

Der **Nullpunkt** ist identisch mit der Oberkante des obersten organomineralischen Hori-zontes (A-Horizont), bei Torfböden auf dem obersten Horizont (z.B. T-Horizont). Bei Wald-Torfböden wird dementsprechend der Nullpunkt direkt unter der organischen Auf-lage (O-Horizont) auf dem T-Horizont festgesetzt.

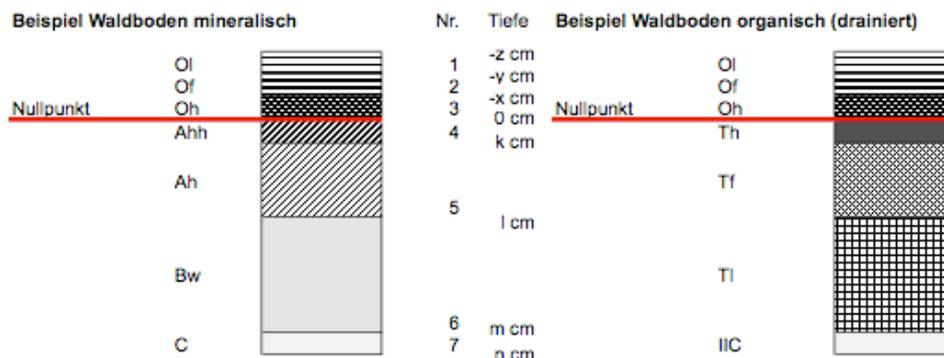
Die **Horizontmächtigkeit** wird lotrecht mit obligatorischer Angabe der Hangneigung in Prozent angegeben.

Die **Tiefenangabe** erfolgt nach folgendem Prinzip:

- Grenzen von Auflagehorizonten: negative Vorzeichen;
- Grenzen von Horizonten unterhalb des Nullpunktes: kein Vorzeichen.

Horizontnummerierung:

Beginn mit oberstem Horizont; Bsp.: 1. Horizont (Nr.1) ist oberster Horizont



Wenn es in der Grube zu dunkel ist, können Ausstiche in der Reihenfolge der Horizonte auf der Bodenoberfläche zur Untersuchung ausgelegt werden.

3.6.2 Profilskizze und Signaturen

Eine vollständige und genaue Profilskizze ist für die Klassifikation und Beurteilung des Bodens wertvoll. Damit die Skizze später rasch und richtig gelesen werden kann, sind konventionelle Signaturen zu verwenden (2b).

Die Untersuchung beginnt mit der Abgrenzung der Bodenhorizonte nach pedogenetischen Unterschieden in Abhängigkeit von der Profiltiefe. Die Ergebnisse der sorgfältigen Untersuchung eines jeden Horizontes werden mittels dieser Signaturen in der Skizze festgehalten. Für verbale Ergänzungen sollte Raum neben der Profilskizze ausgespart sein.

Signaturen werden für folgende Gruppen von Horizontmerkmalen verwendet (siehe Anhang 9.1, Profilskizze und Signaturen)

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Begrenzung und Verlauf der Horizonte | Bodengefüge |
| Aerober Auflagehumus | Biologische Aktivität |
| Organo-mineralische Substanz (Humus) | Eluviationen |
| Hydromorphe Humusauflagen | Sesquioxide |
| Mineralische Feinerde | Illuviationen |
| Bodenskelett | Tensionsfreies Wasser |

3.6.3 Symbole der Haupthorizonte

Zur Bezeichnung der Horizonte sind Symbole gebräuchlich (2a). Dies erleichtert das rasche Erkennen der wesentlichen Merkmale eines Profils und unterstützt dessen Klassifikation.

Es werden Symbole für die Haupthorizonte, solche zur Unterscheidung derselben sowie ergänzende Symbole unterschieden. Nachfolgend sind die Symbole und deren Kurzbezeichnung aufgeführt (Definitionen siehe Anhang).

O	organischer Auflagehorizont
T	Torf
A	Organo-mineralischer Oberbodenhorizont
E	Eluvial- oder Auswaschungshorizont
I	Illuvial- oder Einwaschungshorizont
B	Unterbodenhorizont
C	Untergrund (Ausgangsmaterial)
R	Felsunterlage

3.6.4 Symbole zur Unterteilung der Haupthorizonte

Zustand der organischen Substanz

a	anmooriger oder moorähnlicher hydromorpher Horizont
f	Fermentationszone (Förna), Vermoderungszone
h	Humusstoffzone
l	Streuzone (Litter)

Verwitterungszustand

ch	chemisch vollständig verwitterte Mineralerde
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz des Muttergesteins

Relative mineralische Substanzanreicherungen

fe	erhöhter Eisenoxidgehalt
ox	Oxidhorizont
t	relativ tonreicherer Horizont
q	Rückstandsanreicherung von Quarzen

Gefügestand

m	massive, verhärtete, zementierte Zone
p	gepflügter Oberboden
st	Strukturhorizont
vt	vertisolisch
x	kompakte, dichte Zone

Zustand der Alkalien und Erdalkalien

k	Kalkanreicherungshorizont
na	alkalireicher Horizont
sa	salzreicher Horizont

Merkmale des Sauerstoffmangels (Redoxschwankungen)

cn	punktförmige, schwärzliche Knötchen
(g)	schwache Rostfleckung
g	mässige Rostfleckung
gg	Horizont mit starker Rostfleckung infolge periodischer Vernässung
r	dauernd vernässter, stark reduzierter Horizont

Alte Bodenbildungen

b begrabener Horizont
fo fossiler Horizont

Anthropogene Bodenschichten

y Künstlich aufgebraachte Bodenschichten (vorangestellt, z.B. yAhp)

3.6.5 Ergänzende Horizontsymbole

Unvollständige Ausprägung

() sehr schwach entwickelter Horizont
[] nur stellenweise vorhandener Horizont
1,2,3, Gliederung von Auflagehumus

Uebergangshorizonte (Beispiel)

AC Uebergangshorizont zwischen A- und C-Horizont

Symbolkombinationen (Beispiele)

Tf Der Haupthorizont und sein Zustand werden nebeneinander gesetzt (faseriger, schwach zersetzter Torfhorizont)

BCx,gg Zustandssymbole von verschiedener Bedeutung werden mit Komma getrennt

Lithologischer Wechsel

II,III Im Profil ist mehr als ein Ausgangsmaterial festzustellen (Beispiel: IIC)

3.7 Untersuchungen am Profil

Als Ergänzung zur Bodenprofilbeschreibung werden einige weitere spezifische Untersuchungen am Profilaufschluss durchgeführt. Diese umfassen besonders die Bestimmung der Bodenfarbe, der verschiedenen Anteile des Bodengerüsts (Skelett, Feinerde und Humus), des Karbonatgehaltes und des pH-Wertes.

3.7.1 Bodenfarbe

Farbausprägungen sind oft ein Ausdruck des Entwicklungsgrads des Bodens. Daher ist es wichtig, Bodenfarben systematisch zu beschreiben und in die Klassifikation einzubeziehen.

Beispiele:

Farbtonstufen und z.T. auch Stufen der Farbintensität kennzeichnen die Natur des freigelegten Eisens im Boden, die Stufen des Grauwerts Gehalt und Abbaugrad der organischen Substanz.

Die grosse Palette vorkommender Bodenfarben wird mit Hilfe der Munsell-Farbtafeln (15) ermittelt. Bei der Farbbestimmung sind die drei Farbkomponenten "Farbton", "Grauwert" und "Farbintensität" zu unterscheiden.

Einzelheiten zum Gebrauch der Munsell-Farbtafeln siehe Anhang 9.1 (Bodenfarbe).

3.7.2 Bodenskelett

Bodenskelett bedeutet Gesteinsteile mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm. Bodenskelett und Feinerde, die mengenmässig wichtigsten festen Bestandteile des Bodens, können stark unterschiedliche Anteile aufweisen.

In der Schweiz ist eine Einteilung nach Grösse und Mengenanteil (Vol.%) des Bodenskeletts in 13 Klassen (2c) gebräuchlich (siehe Anhang 9.1).

Die Bestimmung der Grösse und des Anteils an Bodenskelett unterstützt die Bodenklassifikation auf den Stufen II "Ordnung" und III "Verband" sowie bei der Bodenform. Sie gibt Hinweise über den Grad der physikalischen Verwitterung des Muttergesteins und ist unentbehrlich bei der Bemessung der physiologischen Gründigkeit sowie indirekt bei der Beurteilung der Bearbeitbarkeit des Bodens.

Da die genaue Bestimmung der Anteile an Bodenskelett im ganzen Bodenprofil aufwändig ist, beschränkt man sich meistens auf eine Schätzung. Ein Hilfsmittel dazu sind Vergleichstafeln (siehe Anhang 9.1). Sie werden mit jedem Horizont im Massstab 1:1 an zahlreichen Stellen verglichen. Aus den vielen Einzelschätzungen wird ein ungefährender Durchschnitt gebildet.

3.7.3 Körnung der Feinerde

Für die Definition der Feinerdekörnung (Korndurchmesser kleiner als 2 mm) sind die drei Kornfraktionen Ton, Schluff und Sand sowie die organische Substanz massgebend:

Ton	($\emptyset < 2$ μm)
Schluff	($\emptyset 2-50$ μm)
Sand	($\emptyset 50-2000$ μm)

Die Ton- und Schluffanteile werden im Allgemeinen analytisch bestimmt und in Gewichtsprozenten der gesamten trockenen Feinerde ausgedrückt. Der Sandanteil wird rechnerisch ermittelt. Werden die Anteile der Körnungsfractionen in Gewichtsprozenten lediglich der mineralischen Feinerde berechnet, ist dies ausdrücklich anzugeben.

Ton, Schluff und Sand sowie organische Substanz liegen im Boden stets als Mischung vor. Im Körnungsdiagramm (22) können sandige, lehmige, schluffige und tonige Böden in 13 Körnungsklassen unterschieden werden (siehe Anhang 9.1). Die Feinerdekörnung wird zusammen mit dem Anteil an organischer Substanz auch als Bodenart bezeichnet (z.B. schwach humoser, sandiger Lehm).

Auf verschiedenen Stufen der Klassifikation sind gute Kenntnisse über die Feinerdekörnung wichtig. Bei den Bezeichnungen des Untertyps sind es vor allem die Ausprägungen des Gefüges und der Lagerungsdichte. Die Feinerdekörnung kennzeichnet erstrangig die Bodenform. Ferner ermöglicht sie Aussagen über die physiologische Gründigkeit, das Speichervermögen an leicht verfügbarem Wasser, die Nährstoffspeicherung und indirekt auch über die Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit des Bodens.

Der Bedeutung der Feinerdekörnung entsprechend ist in vielen Fällen für die Klassifikation eine exakte Laboranalyse zu empfehlen (siehe Labormethoden im Anhang 9.2).

Eine Schätzung der Feinerdekörnung am Profil sollte aber in jedem Fall vorgenommen werden. Als Hilfsmittel dient die Fühlprobe (siehe Tabelle im Anhang 9.1). Zwischen Daumen und Zeigefinger wird feuchte Erde zerrieben. Sand fühlt sich dabei rau an; Schluff weich und mehlig; Ton schmierig, plastisch oder hart, je nach Wassergehalt. Daher ist der Boden vor der Fühlprobe auf einen bestimmten Feuchtezustand einzustellen (Feldkapazität).

Die Schätzung der Feinerdekörnung mittels Fühlprobe erfordert praktische Erfahrung und regelmässiges Eichen mit Hilfe analysierter Proben.

3.7.4 Humus

Untersuchungen über Form und Gehalt der organischen Substanz oder des Humus im Boden bilden wesentliche Grundlagen für die Klassifikation. Im Vordergrund stehen Entscheide bei der Untertypenzuordnung (Gruppen M und O, Kap. 5.1), aber auch bei der Nährstoffspeicherung (Bodenform). Bei der Waldbodenklassifikation haben die Kennwerte

der organischen Substanz, besonders in den Horizonten mit unterschiedlich zersetztem Auflagehumus, eine erstrangige Bedeutung.

Laboranalysen (siehe Labormethoden im Anhang 9.2) sowie Beurteilungen und Schätzungen am Profil liefern Grundlagen für die humusbezogene Klassifikation. Beim Anfertigen der Profilskizze muss bereits über die Humusform entschieden werden (Kap. 3.6.2 und Anhang 9.1). Die Profilskizze zeigt die Mächtigkeit der Horizonte, die Zusammensetzung aus verschiedenen zersetzten Komponenten und den Anteil an Huminstoffen.

Am Profil wird ferner der Humusgehalt der einzelnen Horizonte geschätzt. Dies erfordert, wie die Schätzung der Feinerde, praktische Erfahrung, die durch regelmässiges Eichen mit Labordaten untermauert werden muss.

Die Verwendung der Zusammenhänge zwischen dem "Grauwert" der Munsell-Farbtabelle und dem Humusgehalt (siehe Anhang 9.1) kann hilfreich sein.

3.7.5 Karbonat

Der Karbonatgehalt in den einzelnen Horizonten des Bodenprofils kennzeichnet den Entwicklungszustand und die Art des Muttergesteins deutlich. Der Karbonatgehalt der Feinerde kann im Labor bestimmt werden (siehe Labormethoden im Anhang 9.2). Eine annähernde Ermittlung des Karbonatgehalts am Profil erfolgt in jedem Fall. Mit verdünnter Salzsäure (HCl), auf kleine Proben getropft, erfolgt die Karbonatbestimmung. Karbonat reagiert mit Salzsäure unter CO₂-Entwicklung. Aus der sicht- bzw. hörbaren Salzsäurereaktion (Einzelheiten im Anhang 9.1) kann der Karbonatgehalt des Bodens grob geschätzt werden.

3.7.6 pH-Wert

Der Säuregrad des Bodens (pH-Wert) ist für die Klassifikation auf den verschiedenen Stufen sehr wichtig. Dies trifft vor allem auf der Stufe IV "kennzeichnende Perkolate" (Karbonat- und Metallionenauswaschung) sowie bei den Bezeichnungen von Untertyp (Umlagerung und Säuregrad) und Bodenform (Nährstoffspeicherung, v.a. in Waldböden) zu.

Die Beurteilung des pH-Werts erfolgt im Kap. 5.1. Eine feinere Unterteilung als bei den Untertypen ist im Anhang 9.1 aufgeführt.

Die Bestimmung der pH-Werte erfolgt im Wasser- oder im CaCl₂-Extrakt des Bodens unter Verwendung von pH-Mess-Elektroden. Im Allgemeinen steht die Laboruntersuchung im Vordergrund (siehe Labormethoden im Anhang 9.2). Bei Profilbeschreibungen im Feld stehen tragbare pH-Messgeräte zur Verfügung. Mit Farbindikatoren, z.B. Hellige-pH-Meter, kann der Säuregrad annähernd ermittelt werden.

3.7.7 Bodengefüge

Es gelten die Gefügeformen und Grössen der FAL-Publikation 41; Bodengefüge, Ansprache und Beurteilung.

3.8 Probenahme am Profil

Oft ist eine Ergänzung der Bodenuntersuchungen am Profilaufschluss durch Laboranalysen notwendig. In solchen Fällen sind Bodenproben sorgfältig zu entnehmen. Für chemische und physikalische Laboranalysen werden sog. *Sackproben* (Proben mit gestörtem Gefüge) entnommen.

Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, der Porenvolumenanteile und der Wasserspeicherefähigkeit werden Proben mit ungestörtem Gefüge, d.h. *Zylinderproben*, verwendet.

Mikromorphologische Bodenuntersuchungen und die Herstellung von Bodenpräparaten (Bodenmonolithe) sind nur an völlig ungestörten Bodenproben sinnvoll. Am Profil fixierte, mit geeignetem Harz imprägnierte Proben oder ganze Profile dienen dem Unterricht oder werden als Vergleichsobjekte für die Klassifikation gesammelt. Entsprechend muss die Auswahl von Böden sehr sorgfältig erfolgen. Einzelheiten zur Probenahme siehe Anhang 9.1.

4 Das Klassifikationssystem

4.1 Die vier hierarchischen Klassifikationsstufen

Stufe I = Klasse: Wasserhaushalt des Bodens

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

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

Wichtig sind auch regelmässige Perioden mit starker Profilaustrocknung.

Folgende 8 Klassen werden unterschieden:

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

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

Stufe II = Ordnung: Hauptbestandteile des Bodengerüstes

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

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

Es werden folgende fünf Ordnungen unterschieden:

- 1□□ **Gesteinsrelikte dominieren** (Gesteinsböden, verbreitet im Hochgebirge). Die Tonfraktion (< 0,002 mm Ø) beträgt < 5 Gew.% der Feinerde, die organische Substanz fehlt (jedenfalls < 5 kg/m²); ein durchgehender Humushorizont ist nicht vorhanden.
- 2□□ **Gesteinsrelikte und organische Substanz** (Humus-Gesteinsböden, verbreitet im Gebirge). Ein kontinuierlicher, humushaltiger Horizont (> 5 kg/m² organische Substanz) ist vorhanden, der auch stark entwickelt sein kann. Sekundärminerale fehlen fast ganz; die Tonfraktion beträgt jedenfalls weniger als 5 Gew.%.
- 3□□ **Sekundärminerale, Gesteinsrelikte und organische Substanz** kennzeichnen den Boden (Humus-Gesteins-Sekundärmineralböden). Die Tonfraktion beträgt > 5 Gew.% der Feinerde. Auch Eisen-, Aluminium- und Manganoxide oder sekundäres Kalziumkarbonat können vorhanden sein.
- 4□□ **Sekundärminerale und organische Substanz** kennzeichnen Böden, in denen die Verwitterung der Primärminerale abgeschlossen ist (pelitische Böden). Vereinzelt ist noch primärer Quarz vorhanden. In der Schweiz sind diese Böden eher selten, in den Tropen jedoch verbreitet.
- 5□□ **Organische Substanz** baut fast ausschliesslich den Boden auf. Die Humusauflage, mit einem Gehalt von über 30% organischer Substanz, ist mehr als 40 cm mächtig. Meistens handelt es sich um Nassböden (Moore), jedoch sind auch aerobe organische Böden dieser Ordnungsstufe zuzuordnen.

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

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

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

Folgende 10 Verbände werden unterschieden:

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

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

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

Stufe IV = Typ: Kennzeichnende Perkolate

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

Zehn typische kennzeichnende Perkolate dienen der Klassifikation:

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

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

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

4.2. Die drei nicht-hierarchischen Klassifikationsstufen

Stufe V = Untertyp

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

P = Profilschichtung: erodiert (PE), kolluvial (PK), anthropogen (PM), alluvial (PA), überschüttet (PU), auf Seekreide (PS), polygenetisch (PP), äolisch (PL), mit Torfzwischen-schichten (PT)

V = Verwitterungsgrad: lithosolisch (VL), Felskontakt im Profil (VF), kluffig (VU), karstig (VA), blockig (VB), psephitisch (VK), psammitisch (VS), pelitisch (VT)

E = Säuregrad: alkalisch (E0), neutral (E1), schwach sauer (E2), sauer (E3), stark sauer (E4), sehr stark sauer (E5)

K = Karbonat- und Salzgehalt: teilweise entkarbonatet (KE), karbonathaltig (KH), karbonatreich (KR), kalkflaumig (KF), kalktuffig (KT), alkalischhaltig (KA)

F = Verteilung des Eisenoxids: verbraunt (FB), podsolig (FP), eisenhüllig (FE), quarzkörnig (FQ), marmoriert (FM), konkretionär (FK), graufleckig (FG), rubefiziert (FR)

Z = Bodengefüge, Struktur: krümelig, bröcklig (stabil) (ZS), klumpig (ZK), tonhüllig (ZT), vertisolisch (ZV), labilaggregiert (ZL), pelosolisch (ZP)

L = Lagerungsdichte: sehr locker (L0), locker (L1), verdichtet (L2), kompakt (L3), verhärtet (L4)

I = Staunässe: schwach pseudogleyig (I1), pseudogleyig (I2), stark pseudogleyig (I3), sehr stark pseudogleyig (I4)

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

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

D = Künstliche Drainage: drainiert (DD)

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

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

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

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

Stufe VI = Bodenform

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

Körnung: Skelett und Feinerdekörnung

Physiologische Gründigkeit: Mächtigkeit des durchwurzelbaren Bodens

Wasserspeicherungsvermögen: Speicherbare Menge an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden

Ionenspeicherung: Nährstoffzustand, Adsorptionsvermögen

Stufe VII = Lokalform

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

Geografisch-klimatische Bodenregion: Höhenstufe, Vegetationsdauer, Bodentemperatur, klimatische Wasserbilanz

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

Hangneigung: Neigungswinkel, Exposition, Welligkeit

Vegetation: Pflanzengesellschaft, landwirtschaftliche bzw. forstliche Nutzung

4.3 Das Klassifikationssystem im Überblick

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

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

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

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

Erläuterung der Abkürzungen siehe Kap. 5.1

Stufe VI Bodenform	Merkmale:			
<i>Für den Pflanzenwuchs und die Bodennutzung wichtig</i>	Skelett, Feinderdekörnung	Physiologische Gründigkeit, Durchwurzelungstiefe	Wasserspeicherung, pflanzenverfügbares Wasser	Ionenspeicherung, Nährstoffzustand
Stufe VII Lokalform	Merkmale:			
<i>Standortfaktoren</i>	Geografisch-klimatische Bodenregion	Geländeform, Relief	Hangneigung, Exposition	Vegetation, Nutzung

5 Definition der Untertypen, Bodenformen und Lokalformen

5.1 Untertypen

Verwendung von Untertypen:

Sämtliche Untertypen, die auf einen Boden zutreffen, sollen für die Bezeichnung des Bodens verwendet werden.

P: Profilschichtung, Umlagerung

Profilschichtungen sind Zonierungen, die nicht durch die Profilentwicklung, sondern durch episodische, geologische oder anthropogene Einflüsse entstanden sind.

Erodiert (PE): Verkürztes Profil durch Bodenerosion; starke Erosionen können Gesteins- oder Humus-Gesteinsböden verursachen

Kolluvial (PK): Der akkumulierte Oberboden umfasst mehr als 40 cm des Profils; Indikation: Unregelmässige pH-Werte im Profil, Muttergesteinswechsel, usw.

Anthropogen (PM): Deponien, Kulturschichten von mehr als 40 cm Mächtigkeit, künstlicher Abtrag, Abtorfung, Tiefpflügen

Alluvial (PA): Im Wasser sedimentiertes Muttermaterial von mehr als 40 cm Mächtigkeit, die Schichtung ist noch erkennbar

Überschüttet (PU): Profile mit 20 bis 40 cm "fremder" Überdeckung irgend einer Herkunft; die Art des Materials ist anzugeben (z.B. mit Schwemmlehm überdecktes Moor, usw.)

Auf Seekreide (PS): Markanter Wechsel im Muttermaterial (alluviales Seesediment auf Seekreideunterlage)

Polygenetisch (PP): Mehrere zeitlich getrennte Bodenbildungsphasen; ein oder mehrere begrabene Horizonte vorhanden

Aeolisch (PL): Windsediment von mehr als 40 cm Mächtigkeit (Löss)

Mit Torfzwischen-schichten (PT): Eine oder mehrere Torflagen von weniger als 40 cm Mächtigkeit vorhanden

V: Verwitterungsgrad, Dispersität, extreme Körnung

Lithosolisch (VL): Anstehender Fels in 0 bis 10 cm u.T., ein dünner AC- oder C-Horizont ist vorhanden; Felsaufstösse zur Oberfläche kommen vor

Auf Fels, Felskontakt (VF): Der Fels steht in 10 bis 60 cm Profiltiefe an

Kluftig (VU): Stark variierende Bodenbildungstiefe auf Fels

Karstig (VA): Unregelmässig, rillig ausgewaschene Kalkgesteinsoberfläche mit unterschiedlich tiefer Bodenbildung in den Karstrillen

Blockig (VB): Grosse Gesteinsblöcke (> 50 cm Durchmesser) treten stellenweise bis an die Bodenoberfläche

Psephitisch (VK): Extrem skelettreich bis in den Oberboden (> 30 Vol.%)

Psammitisch (VS): Extrem von Sand geprägtes Bodenprofil, auch im Oberboden sandreich; kein Skelett vorhanden

Pelitisch (VT): Extrem feinkörniges Profil, tonreich; Sand und Steine nur in geringsten Mengen vorhanden

E: Säuregrad, pH-Wert; Einteilung der pH-Werte im Boden:

	pH(H₂O)	pH(CaCl₂)
<i>alkalisch (E0)</i>	> 7,2	> 6,7
<i>neutral (E1)</i>	6,8 - 7,2	6,2 - 6,7
<i>schwach sauer (E2)</i>	5,9 - 6,7	5,1 - 6,1
<i>sauer (E3)</i>	5,3 - 5,8	4,3 - 5,0
<i>stark sauer (E4)</i>	3,9 - 5,2	3,3 - 4,2
<i>sehr stark sauer (E5)</i>	< 3,9	< 3,3

Für den Untertyp ist der tiefste für einen Horizont repräsentative pH-Wert massgebend. Nicht berücksichtigt werden dabei Auflagehorizonte sowie organomineralische Horizonte.

Die pH-Messungen können in CaCl₂- oder H₂O-Lösung erfolgen (siehe Anhang 9.2). Messungen im entsalzten Wasser ergeben um 0.1 bis 1.0 pH-Einheiten höhere Werte, vor allem im sauren Bereich.

K: Karbonat- und Salzgehalt der Feinerde

Teilweise entkarbonatet (KE): A-Horizont entkarbonatet, B- und/oder BC-Horizont kalkhaltig und mit Salzsäure (HCl) reagierend

Karbonathaltig (KH): Schwache bis deutliche HCl-Reaktion bis zur Oberfläche

Karbonatreich (KR): Im ganzen Profil starke HCl-Reaktion

Kalkflaumig (KF): Sekundärer, pulveriger, kristallisierter Kalzit in Hohlräumen vorhanden

Kalktuffig (KT): Sekundäres Kalziumkarbonat scheidet sich in Form von Krusten, Konkretionen, Kindeln oder als zementartige Porenfüllungen aus Ca-übersättigtem Bodenwasser ab

Natriumhaltig, alkalischhaltig (KA): Erhöhter Gehalt an wasserlöslichen Salzen, die Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt beträgt 2 mS und mehr

F: Verteilung des Eisenoxids

Verbraunt (FB): Tone sind mit Eisen-Oxihydraten verklebt; das Profil ist im Mittelboden gleichmässig braun; der Untertyp "verbraunt" wird bei Braunerden nicht verwendet, da im Typ bereits enthalten

Podsolig (FP): Beginnende Anzeichen der Podsolierung, mit Moderauflage, darunter blanke Quarzkörner. Möglich ist ein nicht durchgehender, dünner, 1-2 cm mächtiger Rosthorizont

Eisenhüllig (FE): Intensiv rostfarbener Horizont in einem Profil, das gesamthaft nicht als Podsol taxiert wird

Quarzkörnig (FQ): Glänzende Quarzkörner im Ah-Horizont

Marmoriert (FM): Netzartig verlaufende Rostflecken und -streifen in grauer Matrix; bei wechsellässigen Böden und bei Ferralsolen vorkommend

Konkretionär (FK): Kleine, schwärzliche, weiche Knötchen, Mn/Fe-reich, in brauner Matrix

Graufleckig (FG): Fleckige und streifige Ausbleichungen oder Konzentrationen, in einer braunen oder rubefizierten Matrix (z.B. rissiger Pseudogley, fossile Sandkeile)

Rubefiziert (FR): Durch kristallisiertes Eisenoxid gerötete Tone (5YR), z.B. bei gewissen Parabraunerden und in fossilen Horizonten (z.B. Terra fusca-ähnliche Böden)

Z: Bodengefüge, Struktur

Stabil aggregiert (ZS): Sehr stabile, natürlich entstandene ausgeprägte Aggregate; z.B. kleine, eher rundliche Krümel

Klumpig (ZK): Ausgeprägte Segregate; klein oder gross, polyedrisch, prismatisch oder plattig

Tonhüllig (ZT): Aggregatoberflächen sind matt glänzend, intensiver gefärbt als das Innere des Aggregats; verwendet z.B. bei gewissen Sauren Braunerden und Pseudogleyen

Vertisolisch (ZV): Schwundrisse, über 1 cm breit, mindestens 40 cm tief reichend; Klumpenoberflächen oft mit humoser Kruste und geglättet

Labil aggregiert (ZL): Unstabile, leicht zerstörbare, verschlammende Aggregate

Pelosolisch (ZP): Böden aus feinkörnigen Substraten, z.B. Ton oder Mergel, mit nur geringem Farbwechsel gegenüber dem Ausgangsmaterial, ausgeprägtes Polyeder- und Prismengefüge infolge Quellung und Schrumpfung

L: Lagerung, mit Hinweisen zur Bindigkeit, zum Trockenraumgewicht, zur Porosität und zur Durchlässigkeit (gilt nur für Böden mit < 30 Gew.% organische Substanz)

Sehr locker (L0): Extrem porös, weniger als 0,8 g TS/cm³, meist humusreiche Böden mit sehr hohem Porenvolumen; rasch durchlässig (> 10⁻³ cm/s)

Locker (L1): Sehr poröses Gefüge, meist mit geringer Bindigkeit, Raumgewicht zwischen 0,8 - 1,19 g TS/ml; normal durchlässig (ca. 10⁻⁴ cm/s)

Verdichtet (L2): Leicht verdichtet: 1,2 - 1,39 g TS/cm³, ziemlich stark verdichtet: 1,4 - 1,6 g TS/cm³; gehemmt durchlässig (< 10⁻⁴ cm/s)

Kompakt oder stark verdichtet (L3): Geringes Porenvolumen, Raumgewicht mehr als 1,6 g TS/cm³, z.B. Grundmoränensohle; langsam durchlässig (10⁻⁵ bis 10⁻⁶ cm/s)

Verhärtet, zementiert (L4): entstehen durch infiltrierende und an Ort ausfallende oder kristallisierende Kittsubstanzen, wie Kalziumkarbonat, Eisenoxid und Kieselsäure

I: Staunässe, Pseudovergleyung

Schwach pseudogleyig (I1): Schwache Rostfleckung unterhalb 60 cm u.T.; auch höher gelegene, oberflächennahe Verdichtungen von weniger als 20 cm Mächtigkeit (Pflugsohle, Weidetritt) werden als schwach pseudogleyig klassiert

Pseudogleyig (I2): Schwache Rostfleckung bis zur Oberfläche, jedenfalls in einem mehr als 20 cm mächtigen Horizont; starke Flecken in grauer Matrix können unterhalb 60 cm u.T. vorkommen

Stark pseudogleyig (I3): Der stark fleckige Horizont kann bis 40 cm u.T. hinauf reichen, die darüber liegenden Horizonte sind jedoch nicht pseudogleyig; entspricht dem Bodentyp Braunerde-Pseudogley

Sehr stark pseudogleyig (I4): Der stark fleckige Horizont reicht bis zur Oberfläche, ausser wo Humusaufgaben dies verschleiern; entspricht dem Bodentyp Pseudogley

G: Wechselnde Grund- oder Hangnässe

Grundfeucht (G1): Die Fremdwasserzufuhr ist schwach und liegt unterhalb 90 cm u.T.

Schwach gleyig (G2): Schwache Fleckigkeit tritt unterhalb 60 cm u.T. auf, starke Flecken und Nässe können unterhalb 90 cm vorhanden sein

Gleyig (G3): Flecken sind bis zur Oberfläche vorhanden, stark vernässt ist das Profil erst ab 60 cm u.T.

Stark gleyig (G4): Starke Vernässung tritt unterhalb 40 cm u.T. auf; entspricht dem Bodentyp Braunerde-Gley

Sehr stark gleyig (G5): ab 20 cm u.T. ist das Profil bereits vernässt, jedoch schwankt der Vernässungsgrad jahreszeitlich stark; entspricht dem Bodentyp Buntgley

Extrem gleyig (G6): Das Wasser steht periodisch an der Terrainoberfläche; in regenarmen Zeiten erscheint der Boden jedoch relativ trocken; entspricht dem Bodentyp Fahlgley

R: Dauernde Grund- oder Hangnässe

Schwach grundnass (R1): Grundwasserspiegel dauernd unterhalb 90 cm u.T.

Mässig grundnass (R2): Grundwasserspiegel dauernd zwischen 60 - 90 cm u.T.

Stark grundnass (R3): Grundwasserspiegel dauernd zwischen 30 - 60 cm u.T.

Sehr stark grundnass (R4): Grundwasserspiegel dauernd zwischen 10 - 30 cm u.T.

Sumpfig (R5): Grundwasserspiegel dauernd über 10 cm u.T.

D: Künstliche Drainage

Drainiert (DD): Röhrendrainage, Grabenentwässerung, Vorfluterabsenkung

M: Aerobe organische Substanz

Rohhumos (ML): Unter der mehrjährigen Streue folgt die mässig abgebaute, teilweise vermoderte Humusauflage; im Kontakt zur Mineralerde befindet sich meist ein humifizierter Horizont; die Mächtigkeit der Rohhumusauflage variiert stark (1 bis 40 cm)

Modrighumos (MF): Die Humusauflage wird von der Vermoderung dominiert; stark zersetzte Pflanzenreste; eine dünne Streueauflage ist vorhanden

Huminstoffreich (MH): Die saure organische Substanz ist stark humifiziert und meist an Aluminium, Eisen und evtl. auch an Allophan gebunden

Humusarm (MA): Weniger als 2 Gew.% organische Substanz in der Feinerde des A-Horizonts; Grauton heller als 5

Mullhumos (MM): Der Gehalt an organischer Substanz in der Feinerde des Ah-Horizonts ist über 2 Gew.%, die Gesamtmenge beträgt mehr als 20 kg Humus pro m²; der Ah-Horizont ist über 10, oft über 20 cm mächtig und weist ein gut gekrümeltes Gefüge auf; nebst einer neutralen kann eine saure Mullvariante mit weniger als 50 % Ca- und Mg-Ionen in der Tauschkapazität und zuweilen etwas Auflagehumus vorkommen

O: Anaerobe bzw. anaerob entstandene organische Substanz

Anmoorig (OM): Feinkörnig abgebaute organische Substanz, 10-30 Gew.% in der trockenen Feinerde; Horizontmächtigkeit 10-40 cm

Sapro-organisch (OS): Über 40 cm mächtige, stark zersetzte, feinkörnige bis kolloide, "vererdete", oft schmierige Humusauflage mit < 30 Gew.% organische Substanz

Antorfig (OA): Weniger als 40 cm mächtige Humusauflage mit mehr als 30 Gew.% organischer Substanz

Flachtorfig (OF): 40 bis 90 cm mächtiger Torfhorizont mit mehr als 30 Gew.% organische Substanz; zwei Varianten sind unterscheidbar:

- faserig, wenig zersetzt (OFN)
- flockig bis körnig, mässig zersetzt (OFH)

Tieftorfig (OT): Über 90 cm mächtiger Torfhorizont; mächtige Torfprofile weisen meistens Schichtungen auf, welche die botanische Zusammensetzung und den Grundwasserstand während der Torfbildung widerspiegeln; zwei Varianten sind unterscheidbar:

- faserig, wenig zersetzt (OTN)
- flockig bis körnig, mässig zersetzt (OTH)

T: Typenausprägung

Schwach ausgeprägt (T1): Die Merkmale des Bodentyps sind nur schwach entwickelt (Übergangsbildungen)

Ausgeprägt (T2): Der Bodentyp ist gut entwickelt und zeigt die typischen ausgeprägten Horizonte

Degradiert (T3): Typenfremde Merkmale überprägen den Bodentyp

H: Horizontierung

Diffus horizontiert (HD):

Undeutliche Horizontübergänge (>5 cm) im ganzen Profil ausser vom Ap zum unmittelbar darunter folgenden Horizont.

Abrupt horizontiert (HA): Scharfe Horizontgrenzen kennzeichnen den Profilaufbau

Unregelmässig horizontiert (HU): Wichtige Horizonte verlaufen taschenartig, zungenförmig, keilförmig, usw.

Biologisch durchmischt (HB): Die Horizontbildung ist gehemmt oder verschleiert durch extreme Wurmtätigkeit

Mechanisch durchmischt, rigolt (HT): Tiefe Bodenbearbeitung; diese wird in extremen Fällen als Schichtung klassiert

5.2 Bodenformen

5.2.1 Skelett und Feinerdekörnung

Die am Bodenprofil geschätzten und z.T. im Labor bestimmten Bodenskelett- und Feinerdekörnungsklassen sind wesentliche Bestandteile der Bodenform (Körnungsdiagramm im Anhang 9.1). Die Angaben erfolgen horizontweise, z.B. Ah: skelettarmer, sandiger Lehm. Gewöhnlich variieren Skelett und Feinerdekörnung im Profil; der Akzent wird im Ober- und im Unterboden gesetzt, z.B. sandiger Lehm über Lehm.

5.2.2 Physiologische Gründigkeit

Die rein morphologische Gründigkeit oder Profiltiefe ist zu unterscheiden von der physiologischen Gründigkeit bzw. dem durchwurzelbaren Volumen des Bodens. Bei starker Zerklüftung, extrem mächtigen Kolluvien und tiefgreifender Verwitterung sowie in Paläosolen kann die morphologische Profiltiefe interessante Hinweise zur Bodenentwicklung geben.

Die Mächtigkeit des durchwurzelbaren Teils des Bodens wird beeinträchtigt durch das Bodenskelett, starke Bodenverdichtungen, kompakte Gefügeformen und Sauerstoffmangel bei starker Vernässung. Das Bodenvolumen, das den Wurzeln zur Verfügung steht, vermindert sich, wenn solche Beeinträchtigungen auftreten.

Die Abzüge von der maximal möglichen Wurzeltiefe erfolgen schichtweise auf Volumenbasis. Ein Boden mit einer Grundfläche von 1 m² wird in Schichten von je 10 cm Mächtigkeit unterteilt; jede Schicht enthält 100 Liter, 1 Vol.% entspricht somit 1 Liter oder 0,1 cm Schichtmächtigkeit. Die Abzüge für jede 10 cm-Schicht werden addiert und anschliessend von der maximal möglichen Wurzeltiefe subtrahiert; dies ergibt die *physiologische Gründigkeit*:

extrem tiefgründig	> 150 cm
sehr tiefgründig	100 - 150 cm
tiefgründig	70 - 100 cm
mässig tiefgründig	50 - 70 cm
ziemlich flachgründig	30 - 50 cm
flachgründig	10 - 30 cm
sehr flachgründig	< 10 cm

5.2.3 Wasserspeicherungsvermögen

Bei mittelschweren Böden besteht zwischen dem durchwurzelbaren Bodenvolumen und dem Wasserspeicherungsvermögen eine Beziehung in der Grössenordnung von 10 : 1; das heisst eine 10 cm mächtige Bodenschicht kann etwa 1 cm leicht pflanzenverfügbares Wasser zwischen pF 2 und pF 3 speichern. Grössere Mengen speichern humus- und schluffreiche Böden; in grobsandigen und tonreichen Böden ist der Anteil dieser Wasserfraktion geringer.

Das Wasserspeicherungsvermögen wird wie folgt eingeteilt:

extrem grosse Wasserspeicherung	>	150 mm
sehr grosse Wasserspeicherung	100 -	150 mm
grosse Wasserspeicherung	70 -	100 mm
mittelgrosse Wasserspeicherung	50 -	70 mm
kleine Wasserspeicherung	30 -	50 mm
sehr kleine Wasserspeicherung	10 -	30 mm
extrem kleine Wasserspeicherung	<	10 mm

5.2.4 Ionenspeicherung

Die Ernährung der Pflanzen erfolgt weitgehend aus dem Ionenreservoir des Bodens. Bei der Kationenspeicherungskapazität eines Bodens werden folgende Klassen unterschieden:

sehr hohe Ionenspeicherung	>	300	äq/m ² bzw. mol+/m ²
hohe Ionenspeicherung	200 -	300	
mässige Ionenspeicherung	100 -	200	
geringe Ionenspeicherung	<	100	

Wenn keine Analysen vorliegen, kann das Ionenspeicherungsvermögen aus dem Humusgehalt (1-3 mäg/g bzw. mmol+/g Humus) und dem Tongehalt (0,1-0,6 mäg/g bzw. mmol+/g Ton) unter Berücksichtigung der physiologischen Gründigkeit geschätzt werden.

Ebenso wichtig wie die Gesamtmenge der adsorbierten Ionen ist ihre qualitative Zusammensetzung. Die H-Ionen sollten nicht mehr als 50 % der Austauschkapazität für Kationen belegen (Anhang 9.1, Basensättigung). Die restlichen 50 % werden durch Ca- und Mg-Ionen sowie in geringem Mass durch K- und Na- Ionen beansprucht.

5.3 Lokalformen

5.3.1 Geografisch-klimatische Bodenregion

Die für den Boden wichtigen Klimafaktoren sind der Niederschlag und seine Verteilung über das Jahr sowie die Wärme. Lokale Verhältnisse wie die Exposition, die Sonnenscheindauer, die Schneebedeckung, usw. beeinflussen den Boden ebenfalls. Die Klimaverhältnisse werden gemäss den Klimazonen der Klimaeignungskarte der Schweiz 1:200'000 (23) klassiert. Die 21 Einheiten unterscheiden sich nach 8 Höhenstufen und 6 Niederschlagshaushalts-Kategorien (Anhang 9.1). Wo nötig kann eine Klimazone durch bestimmte Lokalitätsbegriffe unterteilt werden, z.B. Südhang, schattige Talsohle, usw.

5.3.2 Geländeform und Hangneigung

Die Geländeform oder das Landschaftselement, in welchem der zu klassierende Boden liegt, kennzeichnet oft seine lokale Ausbildung. Bei detaillierten Bodenkartierungen ist zu beachten, dass die Begrenzung des Landschaftselementes oft auch eine Bodengrenze ist. Zu unterscheidende Geländeformen:

Code	Landschaftselement	Beschreibung	Skizze
EE	Ebene	ausgedehnte, ebene Niederung	
TM	Talmulde	muldenförmiger, tiefgelegener Teil des Tales	
TS	Talsole	relativ breiter, ebener, tiefgelegener Teil des Tales	
TC	Tälchen	kleines Tal mit engem Querprofil	
TT	Talterrasse	Geländestufe an der Talflanke	
HT	Hangterrasse	Geländestufe am Hang	
HF	Hangfuss	auslaufender unterer Hangteil	
KR	Kuppe, Rücken, Wall	konvexe Lage, ovale oder längliche Erhebung	
HM	Hangmulde	muldenförmige Eintiefung am Hang	
HP	Hangrippe	markante längliche Erhebung am Hang	
HH	Flachhang	5 - 25 % Gefälle	
HX	Starkhang	25 - 50 % Gefälle	
HY	Steilhang	50 - 75 % Gefälle	
HZ	extremer Steilhang	> 75 % Gefälle	
SF	Schwemmfächer	am Hangfuss durch Fließgewässer abgelagerte Sedimente	
SK	Schuttkegel	kegelförmige Schuttablagerung am Hang	
HR	Rutschhang	ausgesprochene Rutschformen, wellig bis hügelig	
PF	Plateau	allseitig abfallende, erhöhte Fläche von grösserer Ausdehnung	

5.3.3 Vegetation und Nutzung

Bei landwirtschaftlichem Land wird angegeben, ob es als Ackerland, Kunstwiese, Naturwiese, Weide, Alpweide oder Naturvegetation genutzt wird. Im Wald ist die Bestandesstruktur, die Baumartenmischung und die Entwicklungsstufe zu notieren. Naturnahe Standorte sollen zusätzlich pflanzensoziologisch oder durch die Nennung von Charakterarten gekennzeichnet werden.

6 Vom Klassifikationssystem zu den taxonomischen Einheiten

6.1 Klassifikation und Benennung von Böden (Beispiele)

Glieder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Stufe I Klasse	perkoliert	selten perkoliert	Nie perkoliert, arid	stauwasser-geprägt	stauwasser-geprägt, extrem austrocknend	grund-/hangwasser-geprägt	grund-/hangnass, stark verdunstend	Periodisch überschwemmt		
Stufe II Ordnung	Gesteinsrelikte	Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + organische Substanz	organische Substanz					
Stufe III Verband	Silikatgestein	Mischgestein	Karbonatgestein	Tonminerale + Huminstoffe	Tonminerale + Eisenoxide	Eisen- + Aluminiumhumate	Eisen + Mangan oxidiert/reduziert	Eisen reduziert	organische Substanz	Eisen- + Aluminiumoxide
Stufe IV Typ	Aluminiumionen	Kalziumionen	Kalziumbikarbonat	Alkalisalze	Tonverlagerung	Eisen + Mangan reduziert	Kieselsäure	Eisen- + Aluminiumhumate	Na-Tone + -Humate	Huminstoffe
Stufe V Untertyp		kolluvial, psephitisch				stark pseudogleyig, schwach sauer				tieftorfig, sauer
Stufe VI Bodenform		Blöcke, Kies; Sand; sehr flachgründig				skelettfarm; lehmiger Schluff; tiefgründig				skelettfrei; mineralstoffarm; flachgründig
Stufe VII Lokalform		alpin; steiler Schuttkegel; Pionierv egetation				kollin; Plateau; Wald				montan; Hangterrasse; Moorvegetation
Name		Kolluvialer, psephitischer Silikatgesteinsboden				Schwach saurer Pseudogley			Tieftorfiges, saures Moor	
Code		1112 PK,VK				4376 I3,E2			6590 OTN,E3	

Glieder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Stufe I Klasse	perkoliert	selten perkoliert	Nie perkoliert, arid	stauwas-sergeprägt	stauwas-sergeprägt, extrem austrocknend	grund-/hangwas-sergeprägt	grund- / hangnass, stark verdunstend	Periodisch überschwemmt		
Stufe II Ordnung	Gesteinsrelikte	Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + organische Substanz	organische Substanz					
Stufe III Verband	Silikatgestein	Mischgestein	Karbonatgestein	Tonmineralien + Huminstoffe	Tonmineralien + Eisenoxide	Eisen- + Aluminiumhumate	Eisen + Mangan oxidiert/reduziert	Eisen reduziert	organische Substanz	Eisen- + Aluminiumoxide
Stufe IV Typ	Aluminiumionen	Kalziumionen	Kalziumbikarbonat	Alkalisalze	Tonverlagerung	Eisen + Mangan reduziert	Kieselsäure	Eisen- + Aluminiumhumate	Na-Tone + -Humate	Huminstoffe
Stufe V Untertyp					schwach sauer			sehr stark grundnass, pelitisch		
Stufe VI Bodenform					skeletthaltig; Lehm; tiefgründig			skelettarm; Ton; flachgründig		
Stufe VII Lokalform					kollin; Talterrasse; Acker			montan; Hangfuss; Streuwiese		
Name					Schwach saure Parabraunerde			Pelitischer Fahgley		
Code					1355 E2			6488 R4,VT		

In den zwei graphischen Darstellungen werden fünf Böden bis zum Untertyp systematisch klassiert. Die Darstellungen zeigen das praktische Vorgehen bei der Klassifikation, Benennung und Codierung.

Durch die Kombination der Klassifikationskriterien auf den Stufen eins bis vier und die Berücksichtigung von Typmerkmalen auf der Stufe fünf bis sieben entstehen taxonomische Untertypen und damit die in der Pedologie gebräuchlichen Namen. "Braunerde" beispielsweise ist ein weiter Begriff, der zusätzlich unterteilt werden muss, damit der zu klassierende Boden einigermaßen gekennzeichnet werden kann.

6.2 Systematische Klassifikation wichtiger Böden der Schweiz

		Perkolierte Böden			
		Gesteinsböden		Humus-Gesteinsböden	
Hierarchischer Teil	Stufe I: Klasse	perkoliert	perkoliert	perkoliert	perkoliert
	Stufe II: Ordnung	Gesteinsrelikte	Gesteinsrelikte	Gesteinsrelikte + organische Substanz	Gesteinsrelikte + organische Substanz
	Stufe III: Verband	Silikate	Mischgestein	Silikate	Karbonate
	Stufe IV: Typ	Ca ²⁺	CaCO ₃	Al ³⁺	CaCO ₃
Nicht-hierarchischer Teil	Stufe V: Untertyp(en)	kolluvial, psephitisch	alluvial, psammitisch	rohhumos	lithosolisch, modrighumos
	Stufe VI: Bodenform	Blöcke, Kies Sand sehr flachgründig	steinreich Sand flachgründig	steinig Sand flachgründig	Steine Sand flachgründig
	Stufe VII: Lokalform	alpin steiler Schuttkegel Pioniervegetation	alpines Tal Schwemmfächer Pioniervegetation	alpin steiler Mittelhang Rasen, Zwergsträucher	subalpin geneigtes Plateau Zwergsträucher, Legföhren
Name	Kolluvialer Silikat-gesteinsboden	Sandiger Gesteinsfluvisol	Rohhumoser Silikat-gesteinsboden	Modrighumoser Karbonatlithosol	
Code	1112 PK,VK	1123 PA,VS	1211 ML	1233 VL,MF	

Perkolierte Böden						
Unentwickelte Böden ohne B-Horizont, mit Sekundärmineralen (A/C-Böden)						
Hierarchischer Teil	Stufe I: Klasse	perkoliert	perkoliert	perkoliert	perkoliert	
	Stufe II: Ordnung	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz				
	Stufe III: Verband	Silikate	Mischgestein	Mischgestein	Karbonatgestein	
	Stufe IV: Typ	Al ³⁺	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃	
	Nicht-hierarchischer Teil	Stufe V: Untertyp(en)	kolluvial, modrighumos	alluvial, teilweise entkarbonatet	erodiert, teilweise entkarbonatet	mullhumos, karbonatreich, kolluvial
		Stufe VI: Bodenform	steinhaltig sandiger Lehm ziemlich flachgründig	skelettarm lehmiger Sand mässig tiefgründig	steinhaltig Lehm ziemlich flachgründig	skeletthaltig toniger Lehm ziemlich flachgründig
Stufe VII: Lokalform		alpin welliger Hang Rasen	subalpin Talsohle Zwergsträucher	kollin Moränekuppe Wiese	montan Hang Buchenwald	
Name		Modrighumoser Silikatboden (Ranker)	Teilweise entkarbonateter Fluvisol	Teilweise entkarbonateter Regosol	Mullhumose Rendzina	
Code	1311 PK,MF	1323 PA,KE	1323 PE,KE	1333 MM,KR,PK		

Perkolierte Böden					
Entwickelte Böden mit B-Horizont (A/B/C-Böden)				Entwickelte Böden mit Bfe-Horizont	
Hierarchischer Teil	Stufe I: Klasse	perkoliert	perkoliert	perkoliert	perkoliert
	Stufe II: Ordnung	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Sub- stanz
	Stufe III: Verband	Tonmineral-Eisen- oxid-Komplexbildung	Tonmineral-Eisen- oxid-Komplexbildung	Tonmineral-Eisen- oxid-Komplexbildung	Eisen- und Aluminiumhumate
	Stufe IV: Typ	Al^{3+}	Ca^{2+}	$CaCO_3$	Al^{3+}
	Stufe V: Untertyp(en)	eisenhüllig, sauer, schwach pseu- dogleyig	diffus horizontalisiert, neutral	biologisch durch- misch, überschüttet	modrighumos, quarz- körnig, podsoli
Nicht-hierarchischer Teil	Stufe VI: Bodenform	skeletthaltig Lehm mässig tiefgründig	skeletthaltig Lehm tiefgründig	skelettarm Lehm tiefgründig	skeletthaltig Lehm mässig tiefgründig
	Stufe VII: Lokalform	submontan eben Tannenwald	kollin Flachhang Acker	kollin flacher Hangfuss Acker	montan Hangterrasse Weide
	Name	Schwach pseu- dogleyige Sau- re Braunerde	Neutrale Braunerde	Akkumulierte Kalkbraunerde	Modrighumoser Braunpodsol
Code	1351 FE,E3,I1	1352 HD,E1	1353 HB,PU	1361 MF,FQ,FP	

		Perkolierte Böden		Selten perkolierte Böden	Stauwasser-geprägte Böden
		Entwickelte Böden mit E- und I-Horizonten			
Hierarchischer Teil	Stufe I: Klasse	perkoliert	perkoliert	selten perkoliert	stauwassergeprägt
	Stufe II: Ordnung	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz			
	Stufe III: Verband	Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung	Eisen- und Aluminiumhumate	Tonmineral- und Huminstoffbildung	Eisen und Mangan oxidiert/reduziert
	Stufe IV: Typ	Verlagerung von Tonen	Eisen- und Aluminiumhumate	Ca ²⁺	chemisch reduziertes Eisen und Mangan
	Stufe V: Untertyp(en)	ausgeprägt, schwach sauer	rohhumos, abrupt horizontiert (E/I-Horizont)	mullhumos, stabil gekrümelt, teilweise entkarbonatet	stark pseudogleyig, schwach sauer
Nicht-hierarchischer Teil	Stufe VI: Bodenform	skeletthaltig Lehm tiefgründig	skelettreich lehmiger Sand ziemlich flachgründig	skeletthaltig sandiger Lehm mässig tiefgründig	skelettarm lehmiger Schluff tiefgründig
	Stufe VII: Lokalform	kollin Talterrasse Acker	subalpin Steilhang Fichtenwald	montan Trockental Wiese	kollin Plateau Wald
Name	Ausgeprägte Parabraunerde	Rohhumoser Podsol	Teilweise entkarbonateter Phaeozem	Schwach saurer Pseudogley	
Code	1355 T2,E2	1368 ML,HA	2342 MM,ZS,KE	4376 I3,E2	

Grund- oder hangwassergeprägte Böden					
Mineralische Nassböden				Organische Nassböden	
Hierarchischer Teil	Stufe I: Klasse	grund- oder hangwassergeprägt	grund- oder hangwassergeprägt	grund- oder hangwassergeprägt	grund- oder hangwassergeprägt
	Stufe II: Ordnung	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz	organische Substanz
	Stufe III: Verband	Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung	Eisen und Mangan oxidiert/reduziert	reduzierte Eisenverbindungen	reduzierte Eisenverbindungen
	Stufe IV: Typ	chemisch reduziertes Eisen und Mangan	chemisch reduziertes Eisen und Mangan	chemisch reduziertes Eisen und Mangan	Ca ²⁺
Nicht-hierarchischer Teil	Stufe V: Untertyp(en)	stark gleyig, teilweise entkarbonatet	sehr stark gleyig, verdichtet	sehr stark grundnass, anmoorig	flachtorfig, sapro-organisch, drainiert, neutral
	Stufe VI: Bodenform	skeletthaltig Lehm mässig tiefgründig	skeletthaltig lehmiger Ton ziemlich flachgründig	skelettarm Ton flachgründig	skelettfrei organische Auflage über Ton mässig tiefgründig
	Stufe VII: Lokalform	kollin Talterrasse Wiese	kollin Talsohle Wiese	montan Hangfuss Streuwiese	kollin Talsohle Acker
	Name	Teilweise entkarbonateter Braunerde-Gley	Verdichteter Buntgley	Anmooriger Fahlgley	Sapro-organisches, neutrales Halbmoor
	Code	6356 G4,KE	6376 G5,L2	6386 R4,OM	6582 OF,OS,DD,E1

		Grund- oder hangwasser-geprägte Böden	Periodisch überschwemmte Böden
		Organische Nassböden	
Hierarchischer Teil	Stufe I: Klasse	grund- oder hangwassergeprägt	periodisch überschwemmt
	Stufe II: Ordnung	organische Substanz	Gesteinsrelikte + organische Substanz
	Stufe III: Verband	organische Substanz	Mischgestein
	Stufe IV: Typ	Ca ²⁺	CaCO ₃
	Stufe V: Untertyp(en)	tieftorfig, mässig grundnass, neutral	modrighumos, schwach gleyig, alluvial
Nicht-hierarchischer Teil	Stufe VI: Bodenform	skelettfrei mineralstoffhaltig ziemlich flachgründig	kiesig Sand flachgründig
	Stufe VII: Lokalform	kollin Talmulde Seggenried	kollin Flussufer Erlen-Eschen-Wald
Name	Tieftorfiges, zersetztes, neutrales Moor	Humus-Gesteins-Aueboden	
Code	6592 OTH,R2,E1	8223 MF,G2,PA	

6.3 Erläuterungen zur systematischen Klassifikation und Benennung von Böden

Der Code des taxonomischen Bodentyps (siehe Tabellen in Kap. 6.1) besteht aus vier Zahlen. Die erste Zahl steht für das Kriterium auf der Stufe I, Klasse. Die zweite Zahl bezeichnet das zutreffende Kriterium der Stufe II, Ordnung. Die dritte Zahl weist auf das klassierte Kriterium der Stufe III, Verband hin. Die vierte Zahl codiert den Bodentyp auf der Stufe IV.

Böden mit dem Code 1112 (Tabelle Kap. 7.1) sind somit perkolier (1), bestehen aus Gesteinsrelikten (1), sind silikatischer Natur (1), wobei durch die Verwitterung Erdalkalien (2) und auch Alkalien freigesetzt werden, aber noch kein Aluminium.

Zur Codierung des Untertyps werden Buchstaben und auch Zahlen verwendet. Im Kap. 4 sind diese übersichtlich zusammengestellt; definiert werden sie im Kap. 5.1. Aus der Liste der Untertypenmerkmale wird für jeden Typ dasjenige Merkmal ausgewählt, das die Bodenentwicklung im vorliegenden Fall am besten kennzeichnet. Die Angabe von zwei oder drei Untertyp-Merkmalen ermöglicht es, ähnliche Typ-Ausprägungen zu unterscheiden.

Taxonomische Einheiten auf der Klassifikationsstufe IV werden mit Bodentyp-Namen versehen. Dabei werden Namen verwendet, die in älteren Klassifikationen (z.B. Braunerde), oder in neueren mitteleuropäischen Klassifikationen (z.B. Parabraunerde) enthalten sind. Auch sind Namen der FAO-Legende der Weltbodenkarte entnommen worden (z.B. Phaeozem).

Die Zuordnung der Bodentypen-Namen wurde im Allgemeinen so gewählt, dass eine möglichst gute Verwandtschaft der Definition der entsprechenden Typen anderer Klassifikationen mit der Definition der taxonomischen Einheit der vorliegenden Klassifikation vorhanden ist (vgl. Kap. 7).

Für die Erfassung lokaler Bodeneigenschaften und zur Beurteilung der pflanzenbaulichen Qualität und Eignung eines Bodens sind auch die kennzeichnenden Merkmale von Bodenform und Lokalform einzubeziehen (Kap. 4, 5.2 und 5.3).

7 Beschreibung, Klassifikation und Benennung wichtiger Böden der Schweiz

Anmerkung zur Interpretation der Profilskizzen:

Die Skizzen wurden nicht an die Änderungen der vorliegenden 3. Auflage angepasst. Die Anpassung erfolgt voraussichtlich in der 4. Auflage. Vorderhand dient als Diskussionsbasis der geschriebene Text.

7.1 Perkolierte Böden

7.1.1. Gesteinsböden

Typ 1112: Silikatgesteinsböden

Sie sind sehr arm an Feinerde (weniger als 5 % Tonfraktion, weniger als 5 kg/m² organische Substanz) und schwach sauer bis neutral, da vorwiegend Ca- und evtl. K-Ionen ins Bodenwasser gelangen. Das Bodengerüst besteht zum grössten Teil aus Gesteinsteilen, meistens Bodenskelett. Pflanzen kommen nur sporadisch vor.

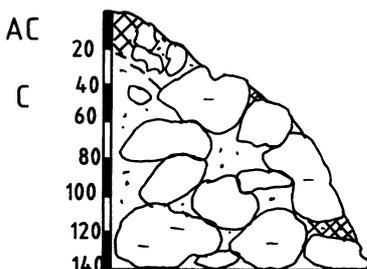
Typ 1112, Untertyp VL: Silikatlithosol

Die Profiltiefe bis zum harten Fels beträgt durchschnittlich weniger als 10 cm, direkt über dem Fels liegt teilweise verwittertes Gesteinsmaterial.

Typ 1112, Untertyp VK: Blockreicher Silikatgesteinsboden

Der Boden besteht vorwiegend aus locker gelagertem Gesteinsschutt mit beginnender Verwitterung.

Beispiel Typ 1112, Untertyp PK,VK - Kolluvialer Silikatgesteinsboden

 <p>Rezente Silikatgesteinsschüttung am Gebirgshang. Pflanzen kommen nur sporadisch vor, lokal Pionierpflanzenvegetation. Beginnende Gesteinsverwitterung, Humusbildung nur sehr örtlich.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • <i>PK = kolluvial</i> • <i>VK = psephitisch</i>
	II Bodengerüst <i>Gesteinsrelikte</i> - 1 - -	VI Bodenform • <i>Blöcke, Kies</i> • <i>Sand</i> • <i>sehr flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Silikate</i> - - 1 -	VII Lokalform • <i>alpin</i> • <i>steiler Schuttkegel</i> • <i>Pioniervegetation</i>
	IV Perkolat <i>Ca²⁺</i> - - - 2	
	<i>Typ 1112</i>	<i>Untertyp PK,VK</i>

Typ 1123: Mischgesteinsböden

Sehr arm an Feinerde (weniger als 5 % Tonfraktion, weniger als 5 kg/m² organische Substanz). Neutral bis schwach alkalisch, weil Bikarbonat in Lösung ist. Der Pflanzenwuchs ist sehr spärlich.

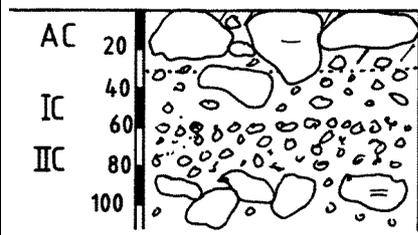
Typ 1123, Untertyp PA: Mischgesteins-Fluvisol

Junge Flussalluvionen, die nicht oder nur mehr selten überschwemmt werden. Fluviale Schichtungen sind erkennbar.

Typ 1123, Untertyp VF: Mischgesteinsboden auf Fels

Über hartem Fels liegt eine Gesteinsschuttdecke von 10 bis 60 cm Mächtigkeit. Sie zeigt beginnende Verwitterung.

Beispiel Typ 1123, Untertyp PA,VS - Sandiger Gesteinsfluvisol

 <p>Alpines Bachalluvium. Örtlich Pioniervegetation. Beginnende Verwitterung des sortierten Mischgesteins. Humusbildung nur sehr örtlich.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • PA = <i>alluvial</i> • VS = <i>psammitisch</i>
	II Bodengerüst <i>Gesteinsrelikte</i> - 1 - -	VI Bodenform • <i>steinreich</i> • <i>Sand</i> • <i>flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Mischgestein</i> - - 2 -	VII Lokalform • <i>alpines Tal</i> • <i>Schwemmfächer</i> • <i>Pioniervegetation</i>
	IV Perkolat <i>CaCO₃</i> - - - 3	
	Typ 1123	Untertyp PA,VS

Typ 1133: Karbonatgesteinsböden

Sie sind sehr arm an Feinerde (weniger als 5 % Tonfraktion, weniger als 5 kg/m² organische Substanz). Da Bikarbonat in Lösung geht, reagieren sie schwach alkalisch. Der Pflanzenwuchs ist sehr spärlich.

Typ 1133, Untertyp PK: Kolluvialer Karbonatgesteinsboden

Er entsteht auf Gesteinsschutt, z.B. am Fuss von Felswänden.

Typ 1133, Untertyp VA: Karstiger Karbonatgesteinslithosol

Er weist durchschnittlich weniger als 10 cm feinen Gesteinsschutt über dem karstigen Fels auf.

7.1.2. Humus-Gesteinsböden

Typ 1211: Humus-Silikatgesteinsböden

Sie haben einen durchgehenden humushaltigen A- oder O-Horizont (über 5 kg/m² organische Substanz), der Tongehalt ist jedoch sehr gering (weniger als 5 % in der Feinerde). Da Al-Ionen in der Bodenlösung vorhanden sind, reagieren sie stark sauer.

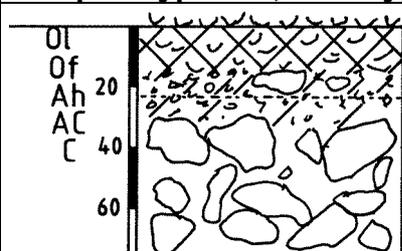
Typ 1211, Untertyp ML: Rohhumoser Silikatgesteinsboden

Eine organische Auflage von einigen Zentimetern bis ca. 40 cm Mächtigkeit liegt über dem wenig verwitterten Silikatgestein.

Typ 1211, Untertyp VL: Lithosolischer Humus-Silikatgesteinsboden

Über dem harten Fels breitet sich eine Humusdecke von durchschnittlich nur 10 cm Mächtigkeit aus, die sandig-steinig ist.

Beispiel Typ 1211, Untertyp ML - Rohhumoser Silikatgesteinsboden

 <p>Alpiner stabiler Hang aus Silikatgestein. Zwergstrauchvegetation. Rohhumose Auflage und Profildifferenzierung im Oberboden.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • <i>ML = rohhumos</i>
	II Bodengerüst <i>Gesteinsrelikte</i> <i>+ organische Substanz</i> - 2 - -	VI Bodenform • <i>steinig</i> • <i>Sand</i> • <i>flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Silikate</i> - - 1 -	VII Lokalform • <i>alpin</i> • <i>steiler Mittelhang</i> • <i>Rasen, Zwergsträucher</i>
	IV Perkolat <i>Al³⁺</i> - - - 1	
<i>Typ 1211</i>		<i>Untertyp ML</i>

Typ 1223: Humus-Mischgesteinsböden

Ein ununterbrochener Ah- oder O-Horizont kennzeichnet das Profil, der Tonanteil beträgt weniger als 5 % in der Feinerde. Da Bikarbonat in der Lösung ist, herrscht schwach alkalische Reaktion vor. Der Boden ist gewöhnlich skelettreich.

Typ 1223, Untertyp MF: Modrighumoser Mischgesteinsboden

Er ist durch einen modrighumosen Ah-Horizont gekennzeichnet.

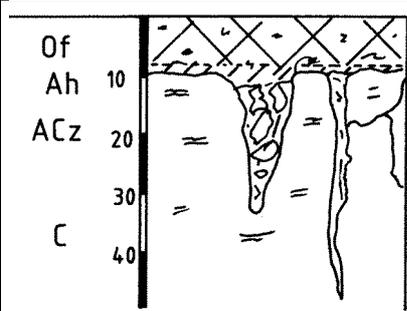
Typ 1233: Humus-Karbonatgesteinsböden

Der ununterbrochene humose Horizont liegt auf einem karbonatischen, sehr feinerdearmen Gesteinshorizont (weniger als 5 % Ton). Bikarbonat ist in Lösung, der Boden reagiert schwach alkalisch.

Typ 1233, Untertyp MF: Modrighumoser Karbonatgesteinsboden

Der modrighumose Ah- oder O-Horizont kann einige Zentimeter, gelegentlich jedoch auch 10 - 20 cm mächtig sein. Mull bildet sich nicht, weil nicht genügend Ton vorhanden ist. Die Unterlage aus Karbonatgestein kann locker, kolluvial (PK) oder hart sein (VL, VF).

Beispiel Typ 1233, Untertyp VL,MF - Modrighumoser Karbonatlithosol

 <p>Boden auf stark kluftigem Kalksteinfels; subalpines Plateau mit Legföhren. Modrighumose Auflage unregelmässig. Vergesellschaftet mit Felspartien und Rendzinen.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • VL = lithosolisch • MF = modrighumos
	II Bodengerüst <i>Gesteinsrelikte</i> <i>+ organische Substanz</i> - 2 - -	VI Bodenform • Steine • Sand • flachgründig
	III Chemismus <i>Karbonate</i> - - 3 -	VII Lokalform • subalpin • geneigtes Plateau • Zwergsträucher, Legföhren
	IV Perkolat <i>CaCO₃</i> - - - 3	
	Typ 1233	Untertyp VL,MF

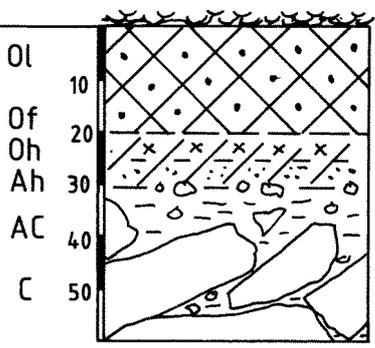
7.1.3. Unentwickelte Böden ohne B-Horizont, mit Sekundärmineralen (A/C-Böden)

Typ 1311: Silikatböden mit Sekundärmineralen (Ranker)

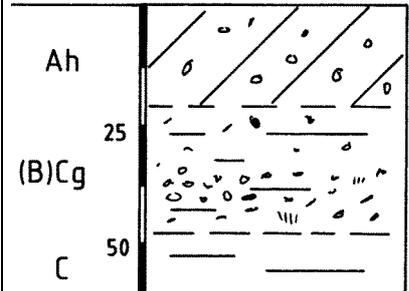
Der humose Teil des Profils kann als Ah- oder als O-Horizont entwickelt sein; er ist deutlich vom darunter liegenden Mineralerdehorizont (BC) abgesetzt. Dieser zeigt braune oder ockerige Verwitterungsfarben, sowie Krusten am silikatischen Skelett. Sonst erscheint das Profil gleichmässig und diffus. Der ganze Boden ist sauer, da Al-Ionen in Lösung sind.

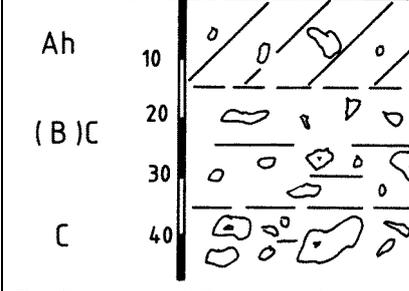
Typ 1311, Untertyp PK,MF: Modrighumoser Silikatboden (Ranker)

Der modrighumose O-Horizont ist gewöhnlich wenige Zentimeter mächtig, kann aber auch mächtiger sein. Oft ist die organische Substanz etwas in die Mineralerde eingemischt. Darunter folgt ein in der Regel skelettreicher BC-Horizont, der allmählich in den nicht verwitterten kolluvialen Gesteinsschutt (oder junges Moränematerial) übergeht. Ranker kommen in der alpinen Stufe der Silikatalpen vor.

Beispiel Typ 1311, Untertyp PK,MF - Modrighumoser Silikatboden (Ranker)		
 <p>Locker geschüttet. Aus Silikatgestein entstanden. Abbau der org. Substanz wegen tiefem pH-Wert und tiefen mittleren Temperaturen gehemmt. Ton und Eisenoxide in geringer Menge vorhanden. Gesteinsverwitterung wenig tiefgreifend.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • <i>PK = kolluvial</i> • <i>MF = modrighumos</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>steinhaltig</i> • <i>sandiger Lehm</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Silikate</i> - - 1 -	VII Lokalform • <i>alpin</i> • <i>welliger Hang</i> • <i>Rasen</i>
	IV Perkolat <i>Al³⁺</i> - - - 1	
<i>Typ 1311</i>		<i>Untertyp PK,MF</i>

Typ 1323: Mischgesteins-Sekundärmineralböden (Regosole, Fluvisole)
<p>Der Boden weist eine bedeutende Menge von Sekundärmineralen (Tone, Oxide) auf, die zu AC- oder BC-Horizonten führen. Ausserdem haben diese Böden ein aggregiertes Bodengefüge und einen mullhumosen Horizont. Das Bodenprofil ist jedoch wenig differenziert und nur schwach horizontiert.</p> <p>Typ 1323, Untertyp PE: Erodiertes Regosol Der Boden wird periodisch durch Bodenabschwemmung an der Oberfläche erodiert. Unter einem schwach entwickelten A-Horizont befindet sich ein karbonathaltiger BC-Horizont.</p> <p>Typ 1323, Untertyp KE,PK: Teilweise entkarbonateter, kolluvialer Regosol Der Boden befindet sich in einer Akkumulationslage. Er enthält nur wenig, im oberen Profilteil evtl. gar keine Karbonate.</p> <p>Typ 1323, Untertyp PA: Fluvisol Das ganze Bodengerüst (inkl. C-Horizont) ist im Holozän alluvial abgelagert worden. Neue Überschwemmungen sind jedoch seit langer Zeit nicht oder nur mehr selten vorgekommen. Am Profil sind alluviale Schichtungen noch deutlich erkennbar. Fluvisole werden weiter nach Körnung, Vernässungsgrad und Karbonatgehalt unterteilt.</p>

Beispiel Typ 1323, Untertyp PA,KE - Teilweise entkarbonateter Fluvisol		
 <p>Alluvial sedimentiertes Mischgestein. Profil wenig differenziert. Unterboden geschichtet. Ehemaliger Aueboden, mit reguliertem Grundwasserstand auf > 60 cm u.T. Oft schwache Eisenflecken im Unterboden.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • PA = <i>alluvial</i> • KE = <i>teilweise entkarbonatet</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skelettarm</i> • <i>lehmiger Sand</i> • <i>mässig tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Mischgestein</i> - - 2 -	VII Lokalform • <i>subalpin</i> • <i>Talsole</i> • <i>Zwergsträucher</i>
	IV Perkolat CaCO_3 - - - 3	
<i>Typ 1323</i>		<i>Untertyp PA,KE</i>

Beispiel Typ 1323, Untertyp PE,KE - Teilweise entkarbonateter Regosol		
 <p>Profil wenig differenziert. Aus Mischgestein entstanden. Oft kolluvial auf Lockergestein. Untertyp: Karbonatreich = Karbonat-Regosol. Humusgehalt: 2 - 3 %. Tongehalt: 6 - 15 %, meist reliktische Tone.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • PE = <i>erodiert</i> • KE = <i>teilweise entkarbonatet</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>steinhaltig</i> • <i>Lehm</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Mischgestein</i> - - 2 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Moränekuppe</i> • <i>Wiese</i>
	IV Perkolat CaCO_3 - - - 3	
<i>Typ 1323</i>		<i>Untertyp PE,KE</i>

Typ 1333: Karbonatböden mit Sekundärmineralen (Rendzinen)

Der Verwitterungsrückstand der Karbonatgesteine ist tonig bis schluffig. Entwickelte Karbonatböden enthalten deshalb bedeutende Mengen Ton, aber sehr wenig Sand. Steine sind auch im Oberboden vorhanden, im BC- und C-Horizont jedoch stark bis sehr stark vertreten. Der ganze Boden reagiert schwach alkalisch, weil Bikarbonat in Lösung ist. Neutrale bis schwach saure Reaktion ist nahe der Bodenoberfläche jedoch möglich.

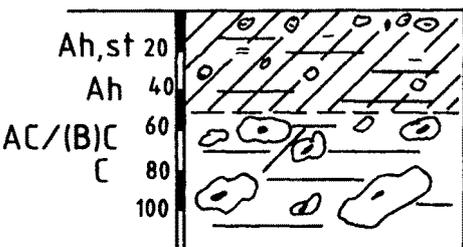
Typ 1333, Untertyp MM,KR,PK: Mullhumose Rendzina

Der mullhumose Ah-Horizont ist 30 bis 50 cm mächtig und von stabiler Krümel- bis Bröckelstruktur. Er geht in einen BC-Horizont über, der meistens sehr skelettreich und locker gelagert ist. Im C-Horizont erscheint der kolluviale Karbonatgesteinsschutt.

Typ 1333, Untertyp MM,FB: Mullhumose, verbrauchte Rendzina

Unter dem Ah-Horizont erscheint ein tonreicher, brauner B-Horizont. Einige Karbonatgesteine enthalten viel Eisenoxid, das sich an die Tone bindet.

Beispiel Typ 1333, Untertyp MM,KR,PK - Mullhumose Rendzina

 <p>Ausser dem dunklen, ausgeprägten, mullhumosen Ah,st-Horizont ist das Profil wenig differenziert und locker gelagert, mit > 20 kg org. Substanz/m². Die Feinerde ist karbonathaltig. Auf Karbonatgestein entwickelt, das bis zur Oberfläche vereinzelt vorkommt.</p> <p>Kennzeichnender Horizont: Ah,st</p>	<p>Hierarchische Klassierung Bodentyp</p> <p>I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -</p>	<p>Nicht-hierarchische Typmerkmale</p> <p>V Untertyp(en)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>MM = mullhumos</i> • <i>KR = karbonatreich</i> • <i>PK = kolluvial</i>
	<p>II Bodengerüst</p> <p><i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -</p>	<p>VI Bodenform</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>skeletthaltig</i> • <i>toniger Lehm</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	<p>III Chemismus</p> <p><i>Karbonatgestein</i> - - 3 -</p>	<p>VII Lokalform</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>montan</i> • <i>Hang</i> • <i>Buchenwald</i>
	<p>IV Perkolat</p> <p><i>CaCO₃</i> - - - 3</p>	
	<p>Typ 1333</p>	<p>Untertyp <i>MM,KR,PK</i></p>

7.1.4. Entwickelte Böden mit B-Horizont (A/B/C-Böden)

Typ 1351: Saure Braunerden

Unter dem Ah-Horizont erscheint der stark braune Bw- oder Bw_{fe}-Horizont. Die Ton-Eisenhydroxid-Komplexe sind durch die stark saure Reaktion (Al-Ionen in Lösung) freigelegt und reaktionsbereit.

Für den Bodentyp Saure Braunerde ist (neben anderen diagnostischen Merkmalen) der tiefste für einen Horizont repräsentative pH-Wert massgebend (pH-Wert (CaCl_2) ≤ 5.0). Nicht berücksichtigt werden dabei Auflagehorizonte sowie organomineralische Horizonte.

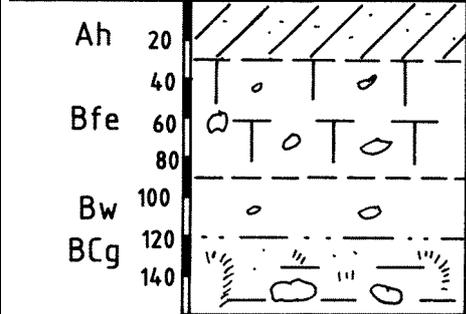
Typ 1351, Untertyp MM: Mullhumose Saure Braunerde

Der Ah-Horizont ist relativ mächtig (> 20 cm), das ganze Profil erscheint locker und normal durchlässig. Sie ist verbreitet im montanen Hügelland.

Typ 1351, Untertyp I2: Pseudogleyige Saure Braunerde

Auf etwas gehemmt durchlässigem Ausgangsmaterial, im feuchten montanen Klima, bewirkt die zeitweise etwas stärkere Porensättigung eine schwache Mobilität des Eisenoxids. Im unteren Teil des B-Horizontes treten rostige Schlieren und Streifen auf.

Beispiel Typ 1351, Untertyp FE,E3,I1 - Schwach pseudogleyige Saure Braunerde

 <p>Oberboden sauer (pH [CaCl_2] < 5,0); Basensättigung < 50 %. Bfe intensiv gefärbt, Chroma (7,5 YR) um 6. Starke Freilegung von Eisenhydroxiden, rostige Schlieren sind oft vorhanden. Al-Ionen in der Bodenlösung. Tonzerstörung möglich.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) <ul style="list-style-type: none"> • FE = eisenhüllig • E3 = sauer • I1 = schwach pseudogleyig
	II Bodengerüst Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz - 3 - -	VI Bodenform <ul style="list-style-type: none"> • skeletthaltig • Lehm • mässig tiefgründig
	III Chemismus Tonmineral-Eisenoxid- Komplexbildung - - 5 -	VII Lokalform <ul style="list-style-type: none"> • submontan • eben • Tannenwald
	IV Perkolat Al ³⁺ - - - 1	
Kennzeichnende Horizonte: Bfe, Bw	Typ 1351	Untertyp FE,E3,I1

Typ 1352: Neutrale (gewöhnliche) Braunerden

Die Adsorptionsflächen sind grösstenteils mit Ca-Ionen besetzt. Ca-Ionen sind auch im Bodenwasser dominierend; der pH-Wert ist neutral bis schwach sauer. Der unter dem Ah-Horizont anschliessende Bw-Horizont ist homogen braun mit diffusen Horizontgrenzen.

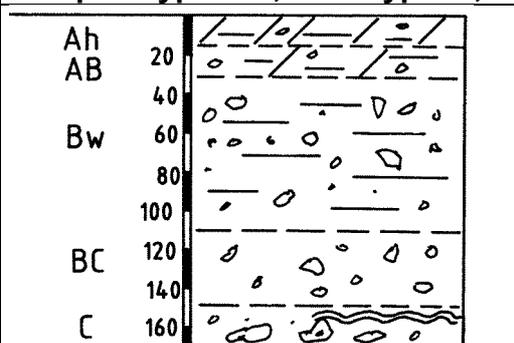
Typ 1352, Untertyp E2: Schwach saure Braunerde

Der Ah-Horizont enthält 5 bis 20 kg/m² organische Substanz, also wenig mehr als ein Gesteinsboden, jedoch bedeutend weniger als ein mullreicher Boden. Viele ackerbaulich genutzte Böden des Mittellandes fallen in diesen Untertyp.

Typ 1352, Untertyp HA: Abrupt horizontierte Braunerde

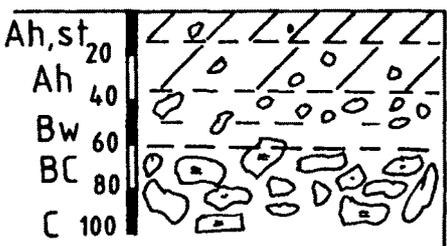
Der Ah-Horizont ist scharf vom Bw-Horizont abgesetzt und meistens sauer. Das ganze Profil ist gestaucht. Der Boden kommt auf Mischgestein und unter Wiesen und Weiden der montanen und subalpinen Stufe vor.

Beispiel Typ 1352, Untertyp HD,E1 - Neutrale Braunerde

	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • <i>HD = diffus horizontiert</i> • <i>E1 = neutral</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig</i> • <i>Lehm</i> • <i>tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Flachhang</i> • <i>Acker</i>
	IV Perkolat <i>Ca²⁺</i> - - - 2	
Kennzeichnender Horizont: Bw		<i>Typ 1352</i>
		<i>Untertyp HD,E1</i>

Oberboden neutral bis schwach sauer (pH [CaCl₂] > 5,0); Basensättigung > 50 %. Bw weniger intensiv gefärbt als bei Saurer Braunerde; Chroma (YR oder Y) um 3.

Beispiel Typ 1352, Untertyp MM,E2,HA - Mullhumose Braunerde

 <p>Mullhumoser Oberboden, stark ausgeprägt. Profil unter subalpiner Weide auf Karbonat- und Mischgestein.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • <i>MM = mullhumos</i> • <i>E2 = schwach sauer</i> • <i>HA = abrupt horizontiert</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig auf Felsunterlage</i> • <i>Lehm</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform • <i>subalpin</i> • <i>Hang</i> • <i>Alpweide</i>
	IV Perkolat Ca^{2+} - - - 2	
	Kennzeichnender Horizont: Ah,st	Typ 1352

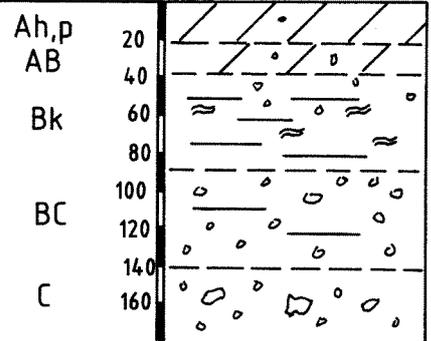
Typ 1353: Kalkbraunerden

Im ganzen Profil ist etwas Karbonat vorhanden. Bikarbonat ist in Lösung, die Reaktion ist schwach alkalisch. Unter dem Ah-Horizont liegt ein schwach humoser B-Horizont mit stabilem Aggregatgefüge. Der Ah-Horizont ist meistens sehr mächtig. Kalkbraunerden bilden sich hauptsächlich in Akkumulationslagen an Hangfüssen des Mittellandes.

Typ 1353, Untertyp PK,(G2): Kolluviale Kalkbraunerde

Die periodisch eingeschwemmte, karbonathaltige Feinerde ergänzt fortwährend den Basengehalt des Profils; eine Versauerung findet nicht statt. Die Lage am Hangfuss verursacht oft eine schwache Vergleyung (G2) dieser Böden.

Beispiel Typ 1353, Untertyp HB,PU - Akkumulierte Kalkbraunerde

 <p>CaCO₃ bis zur Oberfläche. B-Horizont infolge des Kalkgehaltes graubraun gefärbt. Horizontübergänge diffus. Kalk gelangte sekundär ins Profil (durch Umlagerung, Windsedimentation, Grund-/Hangwasser). Häufig in Akkumulationslagen. Kommt oft auch gleyig und mullhumos vor.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • <i>HB = biologisch durchmischt</i> • <i>PU = überschüttet</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skelettarm</i> • <i>Lehm</i> • <i>tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>flacher Hangfuss</i> • <i>Acker</i>
	IV Perkolat <i>CaCO₃</i> - - - 3	
	Typ 1353	

Typ 1452 (1451 und andere): Humus-Sekundärmineralböden (Pelitische Braunerden)

Das Skelett dieser Böden ist vollständig oder grösstenteils verwittert.

Typ 1452 (und 1451), Untertyp VT: Pelitische Braunerde

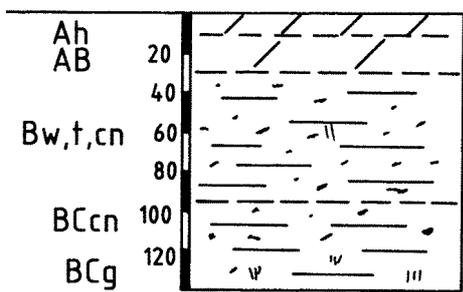
Grobsand und Bodenskelett sind nicht oder kaum vorhanden, das Bodengerüst wird zur Hauptsache von Sekundärmineralen gebildet. Schwach saure und stark saure Untertypen kommen vor (Ca- oder Al-Ionen in Lösung).

Typ 1452, Untertyp ZV: Vertisolische Braunerde

Ein prismatisches Bodengefüge und die Bildung breiter, tiefer Risse sind typisch.

Typ 1452, Untertyp G3,VT: Gleyige pelitische Braunerde

Vernässte Untertypen, die im oberen Teil des Profils noch braunerdeartig sind, können auf Mergeln und Tonen angetroffen werden.

Beispiel Typ 1452, Untertyp VT,E2,I1 - Pelitische Braunerde		
 <p>Profil undeutlich horizontiert, umfassend feinkörnig bis tonig, schwach stauend, neutral bis schwach sauer. Auf sehr feinkörnig verwitterndem Muttergestein.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • VT = <i>pelitisch</i> • E2 = <i>schwach sauer</i> • I1 = <i>schwach pseudogleyig</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + organische Substanz</i> - 4 - -	VI Bodenform • <i>skelettfrei</i> • <i>toniger Schluff</i> • <i>tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Plateau</i> • <i>Acker, Wiese</i>
	IV Perkolat <i>Ca²⁺</i> - - - 2	
Kennzeichnender Horizont: Bw,t,cn	Typ 1452	Untertyp VT,E2,I1

7.1.5 Entwickelte Böden mit Bfe-Horizont

Typ 1361: Braunpodsole

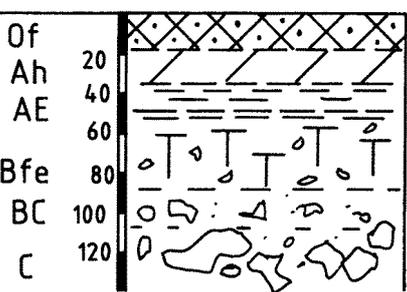
Bei stark saurer Reaktion und einer modrighumosen Auflage entstehen Fe- und Al-Humate. Im Gegensatz zum Podsol wandern diese Humate nicht ins Profil. Ein E-Horizont ist nur angedeutet oder fehlt. Typisch sind ein ausgeprägter Ah- oder O-Horizont und ein Bfe-Horizont von rostbrauner Farbe.

Typ 1361, Untertyp ML: Rohhumoser Braunpodsol

Die Humusaufgabe ist ähnlich wie beim Podsol. Im modrighumosen Übergang zur Mineralerde finden sich blanke Quarzkörner, die Färbung des Horizontes ist dunkelgrau. Darunter folgt der rostbraune Bfe-Horizont. Der Boden ist oft assoziiert mit Podsolen.

Typ 1361, Untertyp MM: Mullhumoser Braunpodsol

Der Ah-Horizont besteht aus saurem Mullhumus mit dunkelgrauem Übergang zum Bfe-Horizont. Dieser Boden kann als Rückentwicklung eines Podsols auftreten, ausgelöst durch Entwaldung und Beweidung.

Beispiel Typ 1361, Untertyp MF,FQ,FP - Modrighumoser Braunpodsol		
 <p>Auflagehumus bildet den Oberboden bei Waldböden; Landwirtschaftsböden weisen einen mächtigen, sauren, mullhumosen Ah-Horizont auf. Der AE-Horizont ist entweder humusstoffreich, quarzkörnig oder grau-braun. Darunter schliesst der rostrote oder stark braune Bfe-Horizont an. Fe-Oxid-Anreicherungen sind nicht vorhanden.</p>	<p>Hierarchische Klassierung Bodentyp</p> <p>I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -</p> <p>II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -</p> <p>III Chemismus <i>Eisen- und Aluminium-humate</i> - - 6 -</p> <p>IV Perkolat <i>Al³⁺</i> - - - 1</p>	<p>Nicht-hierarchische Typmerkmale</p> <p>V Untertyp(en)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>MF = modrighumos</i> • <i>FQ = quarzkörnig</i> • <i>FP = podsolig</i> <p>VI Bodenform</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>skeletthaltig</i> • <i>Lehm</i> • <i>mässig tiefgründig</i> <p>VII Lokalform</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>montan</i> • <i>Hangterrasse</i> • <i>Weide</i>
	Kennzeichnender Horizont: Bfe	
	Typ 1361	
	Untertyp MF,FQ,FP	

7.1.6 Entwickelte Böden mit E- und I-Horizonten

Typ 1355: Parabraunerden

Feintone werden aus dem A- und dem AE-Horizont in einen It-Horizont verlagert. Das Profil ist deutlich horizontiert, was sich in der Horizontfarbe und im Gefüge sowie auch in analytischen Werten dokumentiert.

Typ 1355, Untertyp T2: Ausgeprägte Parabraunerde

Der It-Horizont liegt zwischen etwa 40 und 90 cm Profiltiefe. Der AE-Horizont ist deutlich gebleicht. Typfremde Merkmale sind nicht vorhanden.

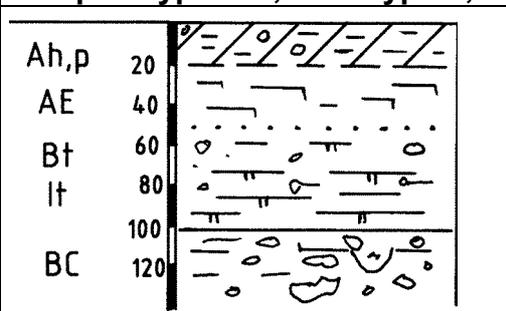
Typ 1355, Untertyp I2: Pseudogleyige Parabraunerde

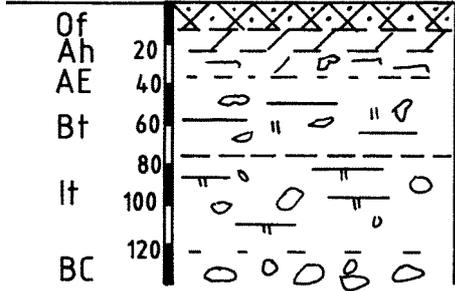
In feinkörnigem Ausgangsmaterial (z.B. Löss) kann die Tonilluviation die Durchlässigkeit behindern, weil Sickerporen verstopft werden. Es bilden sich Pseudogleyflecken.

Typ 1355, Untertyp MF: Modrighumose Parabraunerde

Im Oberboden dieser Parabraunerde beginnt eine verstärkte Versauerung; es entsteht eine modrighumose Auflage. Der AE-Horizont wird mächtiger und der It-Horizont wandert tiefer ins Profil (> 90 cm u.T.).

Beispiel Typ 1355, Untertyp T2,E2 - Ausgeprägte Parabraunerde

 <p>Tonwanderung vom Oberboden in den It-Horizont. AE ist deutlich tonärmer als der It. Illuvialer Ton im It als Tonhüllen oder Porenfüllung vorhanden. It durch Tonhüllen dunkler und rostiger gefärbt als Ah und AE. Tonwanderung vorwiegend in schwach saurem Milieu. Oft pseudogleyig.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • T2 = <i>ausgeprägt</i> • E2 = <i>schwach sauer</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig</i> • <i>Lehm</i> • <i>tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Talterrasse</i> • <i>Acker</i>
	IV Perkolat <i>Verlagerung von Tonen</i> - - - 5	
Kennzeichnender Horizont: It	Typ 1355	Untertyp T2,E2

Beispiel Typ 1355, Untertyp MF,FP - Modrighumose, podsolige Parabraunerde		
 <p>Waldbodenprofil, Oberboden sauer pH [CaCl₂] < 5; Basensättigung < 40 %; Bt- und It-Horizont schwach sauer, tief (> 100 cm) im Profil liegend.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) <ul style="list-style-type: none"> • MF = modrighumos • FP = podsolig
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform <ul style="list-style-type: none"> • <i>skeletthaltig</i> • <i>Lehm</i> • <i>tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-</i> <i>Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform <ul style="list-style-type: none"> • <i>kollin</i> • <i>Plateau</i> • <i>Mischwald</i>
	IV Perkolat <i>Verlagerung von Tonen</i> - - - 5	
Kennzeichnender Horizont: It	<i>Typ 1355</i>	<i>Untertyp MF,FP</i>

Typ 1368: Podsole

Das Profil zeigt eine auffällige, abrupte Horizontierung: O-, Ah-, E-, lfe-, BC-, C-Horizont. Besonders der hellgraue bis weissliche E-Horizont kennzeichnet das Profil. Das färbende Eisenoxid ist daraus völlig entfernt und im darunter liegenden lfe-Horizont angereichert worden. Dadurch erhält der lfe-Horizont nicht nur seine rostbraune Farbe, sondern auch Porenfüllungen und Krusten aus Eisenoxihydraten.

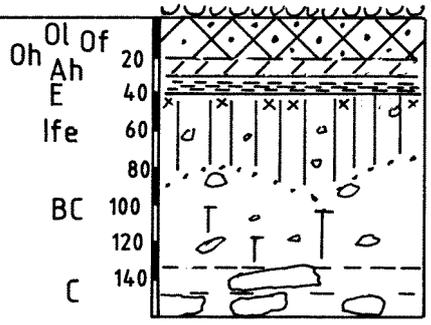
Typ 1368, Untertyp ML: Rohhumoser Podsol

In Nadelwäldern entstehen mächtige, rohumose Auflagen. Da sich relativ wenig lösliche Huminstoffe bilden, ist der lfe-Horizont vorwiegend hell-rostbraun. Nur der oberste Teil des l-Horizontes von weniger als 5 cm Mächtigkeit erscheint dunkel und huminstoffreich.

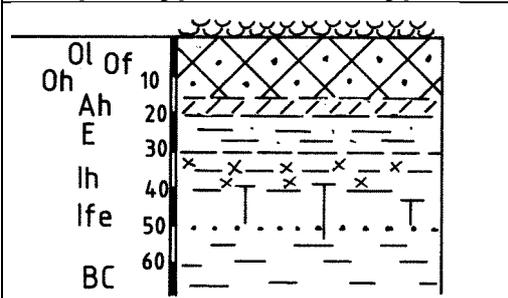
Typ 1368, Untertyp ML,MH: Rohhumoser, huminstoffreicher Podsol

Im Profil wird viel organische Substanz verlagert. Unter dem E-Horizont folgt ein schwarzer, huminstoffreicher lh-Horizont, der tiefenwärts in den gewöhnlichen lfe-Horizont übergeht.

Beispiel Typ 1368, Untertyp ML,HA - Rohhumoser Podsol

 <p>Auswaschung von Eisen-Huminstoff-Komplexen (= Podsolierung). Auswaschungshorizont schwach bis stark gebleicht, hellgrau, 1 cm bis mehrere Dezimeter mächtig. Anreicherungshorizont ocker- bis intensiv rostfarbig, im obersten Teil schwarz-braun, huminstoffreich. Sauer bis stark sauer. Tonzerstörung, deshalb sandig, schluffig.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • <i>ML = rohumos</i> • <i>HA = abrupt horizontiert (E/l-Horizont)</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skelettreich</i> • <i>lehmiger Sand</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Eisen- und Aluminiumhumate</i> - - 6 -	VII Lokalform • <i>subalpin</i> • <i>Steilhang</i> • <i>Fichtenwald</i>
	IV Perkolat <i>Eisen- und Aluminiumhumate</i> - - - 8	
Kennzeichnende Horizonte: E, lfe	Typ 1368	Untertyp ML,HA

Beispiel Typ 1368, Untertyp ML,MH - Rohmoser huminstoffreicher Podsol

 <p>Auf eisenarmem Muttergestein und bei offener Zwergstrauchvegetation mit nur wenig Mooswuchs entsteht oft ein mächtiger Ih-Horizont, während der lfe schwach ist oder fehlt. Sonst ähnlich dem rohhumosen Podsol.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>perkoliert</i> 1 - - -	V Untertyp(en) • <i>ML = rohhumos</i> • <i>MH = huminstoffreich (Ih-Horizont)</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig</i> • <i>lehmiger Sand</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Eisen- und Aluminiumhumate</i> - - 6 -	VII Lokalform • <i>subalpin</i> • <i>Hang</i> • <i>Gebüsch</i>
	IV Perkolat <i>Eisen- und Aluminiumhumate</i> - - - 8	
Kennzeichnende Horizonte: E, Ih, lfe	Typ 1368	Untertyp <i>ML,MH</i>

7.2 Selten perkolierte Böden

Typ 2342: Phaeozeme

Dieser schwarzerdeartige Boden zeigt einen ziemlich mächtigen (> 30 cm) humosen Ah-Horizont. Seine Farbe ist schwärzlich bis dunkelgrau; es ist sehr wenig Chroma vorhanden. Darunter folgt ein B-Horizont mit aggregiertem Gefüge. Ca-Ionen dominieren in der Sorptionsgarnitur. Phaeozeme sind oft vergesellschaftet mit Trockenregosolen vom Typ 2322.

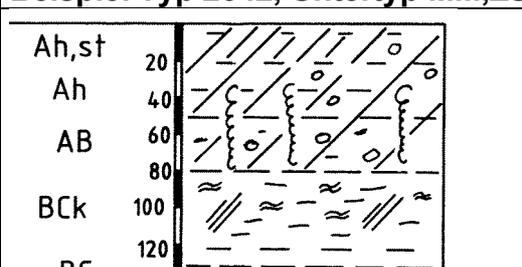
Typ 2342, Untertyp MM,KF: Ausgeprägter, kalkflaumiger Phaeozem

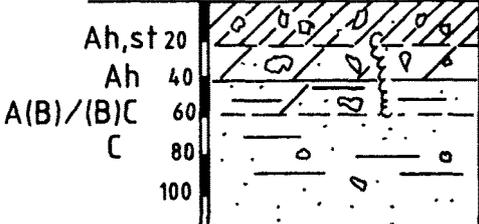
Der dunkelgraue, mullhumose Horizont ist neutral, ausgeprägt und mächtig. Im B-, BC- oder im C-Horizont ist Kalkflaum vorhanden.

Typ 2342, Untertyp FB: Verbraunter Phaeozem

Der B-Horizont ist ähnlich wie in gewöhnlichen Braunerden. Entwicklung und Struktur des Ah-Horizontes rechtfertigen jedoch die Zuordnung zu den Phaeozemen.

Beispiel Typ 2342, Untertyp MM,ZS,KE - Teilweise entkarbonateter Phaeozem

 <p>Mächtiger dunkelgrauer (z.B. 10YR 4/2 oder 3/2), gut strukturierter, mullhumoser Horizont infolge periodisch stark negativer klimatischer Wasserbilanz (Profilaustrocknung). Neutral bis schwach alkalisch. Sekundärkalk im BC-Horizont nicht immer vorhanden.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>selten perkoliert</i> 2 - - -	V Untertyp(en) • <i>MM = mullhumos</i> • <i>ZS = stabil gekrümelt</i> • <i>KE = teilweise entkarbonatet</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig</i> • <i>sandiger Lehm</i> • <i>mässig tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral- und Huminstoffbildung</i> - - 4 -	VII Lokalform • <i>montan</i> • <i>Trockental</i> • <i>Wiese</i>
	IV Perkolat Ca^{2+} - - - 2	
Kennzeichnender Horizont: Ah,st	Typ 2342	Untertyp MM,ZS,KE

Beispiel Typ 2333, Untertyp MM,KF - Trockenrendzina		
 <p>Mullhumose Anreicherung durch regelmässige Austrocknung des Profils infolge stark negativer klimatischer Wasserbilanz. Auf Karbonatgestein entwickelt. Karbonate sind im ganzen Profil vorhanden.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>selten perkoliert</i> 2 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • MM = mullhumos • KF = kalkflaumig
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale</i> + <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skelettreich</i> • <i>Lehm</i> • <i>flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Karbonatgestein</i> - - 3 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Trockental</i> • <i>Föhrenwald</i>
	IV Perkolat <i>CaCO₃</i> - - - 3	
	Kennzeichnender Horizont: Ah,st	Typ 2333

7.3 Stauwassergeprägte Böden

Typ 4356: Braunerde-Pseudogleye

Die Matrix des Oberbodens ist im Allgemeinen braun, der Stauhorizont ist ziemlich stark fleckig und marmoriert. Grundwasser ist nicht vorhanden.

Typ 4356, Untertyp VT: Pelitischer Braunerde-Pseudogley

Das feinkörnige Bodengerüst verursacht zeitweise Wasserstau.

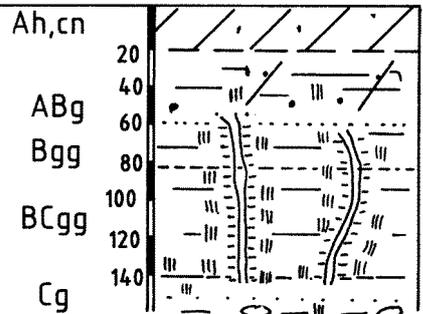
Typ 4376: Pseudogleye

Die Wasserdurchlässigkeit ist durch einen stauenden Horizont deutlich gehemmt. Der Pseudogley unterliegt einem ausgeprägten Wechsel zwischen Nass- und Trockenperioden. Grundwasser ist nicht vorhanden. Kennzeichnend sind Eisenoxidflecken und -streifen in einem Bgg-Horizont.

Typ 4376, Untertyp MF,FG: Graufleckiger, modrighumoser Pseudogley

Die Humusaufgabe fördert die Eisenverlagerung im Anschluss an die Vernässung und langsame Tiefensickerung. Es entsteht ein fleckiger E-Horizont unter der Humusaufgabe. Darunter folgt der eisenfleckige Bgg,fe-Horizont.

Beispiel Typ 4376, Untertyp I3,E2 - Schwach saurer Pseudogley

 <p>Stauhorizont des Pseudogleys (Bgg), rostrot bis fahlgrau gefleckt/marmoriert; im sauren Pseudogley z.T. streifenförmig. Oberboden grau-braun, wechsellössig. C-Horizont oft normal durchlässig.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>stauwassergeprägt</i> 4 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • I3 = <i>stark pseudogleyig</i> • E2 = <i>schwach sauer</i>
	II Bodengerüst Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz - 3 - -	VI Bodenform • <i>skelettarm</i> • <i>lehmiger Schluff</i> • <i>tiefgründig</i>
	III Chemismus Eisen und Mangan oxidiert/reduziert - - 7 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Plateau</i> • <i>Wald</i>
	IV Perkolat chemisch reduziertes Eisen und Mangan - - - 6	
	Kennzeichnender Horizont: BCgg	Typ 4376

7.4 Grund- oder hangwassergeprägte Böden

7.4.1 Mineralische Nassböden

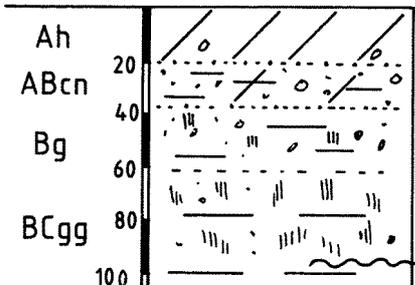
Typ 6356: Braunerde-Gleye

Die Bodenmatrix ist vorwiegend braun. Eisenflecken und Konkretionen nehmen mit der Profiltiefe zu. Periodisch sättigt sich der untere Teil des Profils durch eindringendes Grund- oder Hangwasser. Während des Sommers enthält der Boden meistens kein tensionsfreies Wasser.

Typ 6356, Untertyp G4,KE: Teilweise entkarbonateter Braunerde-Gley

Der obere, braunerdeartige Teil des Profils ist entkarbonatet. Die Bgg- und Cgg-Horizonte enthalten noch Karbonate.

Beispiel Typ 6356, Untertyp G4,KE - Teilweise entkarbonateter Braunerde-Gley

 <p>Unter dem A-Horizont folgen braune Horizonte (ABcn, Bg) mit Fe- und Mn-Konkretionen oder schwachen Rostflecken. Die eigentlichen Gleyhorizonte Bgg und BCgg haben eine Obergrenze von ca. 60 cm u.T. Nur der C-Horizont ist permanent wassergesättigt.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>grund- oder hangwasser-geprägt</i> 6 - - -	V Untertyp(en) • G4 = <i>stark gleyig</i> • KE = <i>teilweise entkarbonatet</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig</i> • <i>Lehm</i> • <i>mässig tiefgründig</i>
	III Chemismus <i>Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung</i> - - 5 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Talterrasse</i> • <i>Wiese</i>
	IV Perkolat <i>chemisch reduziertes Eisen und Mangan</i> - - - 6	
Kennzeichnende Horizonte: Bg, BCgg	<i>Typ 6356</i>	<i>Untertyp G4,KE</i>

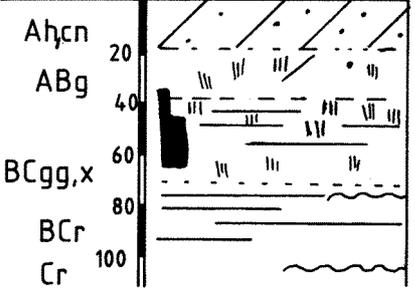
Typ 6376: Buntgleye

Diese Böden sind zeitweise sehr stark durch Grund- oder Hangwasser vernässt. Es kommen jedoch ab und zu Perioden mit geringer Wassersättigung vor, während denen Sauerstoff in die grossen Bodenhohlräume eindringen kann. Dadurch bilden sich rostige Eisenoxidkrusten und -flecken. Die Bodenmatrix ist vorwiegend grau.

Typ 6376, Untertyp G5,MM: Mullhumoser Buntgley

Der Ah-Horizont ist gut entwickelt, humos bis humusreich und neutral. Der Grundwasserstand kommt in Nassperioden bis gegen 20 cm u.T. Bei Trockenheit liegt er unterhalb 90 cm Profiltiefe.

Beispiel Typ 6376, Untertyp G5,L2 - Verdichteter Buntgley

 <p>Böden auf feinkörnigem Sediment in Talebenen/-mulden. Vernässung deutlich stärker als bei Braunerde-Gley, aber nicht permanent bis in den Oberboden. Stark marmorierter BCgg,x meist ab 30 cm u.T. Grundwasserspiegel meist unterhalb 90 cm u.T.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>grund- oder hangwasser-geprägt</i> 6 - - -	V Untertyp(en) • G5 = <i>sehr stark gleyig</i> • L2 = <i>verdichtet</i>
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform • <i>skeletthaltig</i> • <i>lehmiger Ton</i> • <i>ziemlich flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Eisen und Mangan oxidiert/reduziert</i> - - 7 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Talsole</i> • <i>Wiese</i>
	IV Perkolat <i>chemisch reduziertes Eisen und Mangan</i> - - - 6	
Kennzeichnende Horizonte: BCgg,x BCr	Typ 6376	Untertyp G5,L2

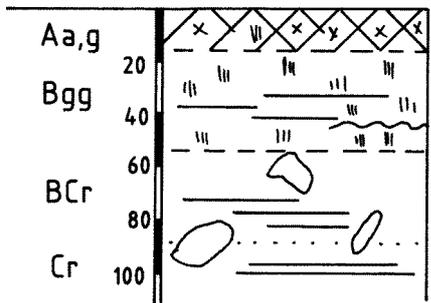
Typ 6386: Fahlgleye

Diese Böden sind stark hydromorph, da ein bedeutender Teil des Profils dauernd vernässt, sauerstoffarm und reduziert ist. Im reduzierten Profiltteil entstehen keine Rostflecken, sondern es herrschen fahlgrüne bis -bläuliche Farbtöne vor. Die Vernässung wird durch Fremdwasser, das heisst durch Grund- oder Hangwasser, verursacht. Es ist auch möglich, dass in bestimmten topographischen Lagen und bei wasserundurchlässiger Unterlage solche Vernässungen durch zufließendes Niederschlagswasser entstehen können.

Typ 6386, Untertyp R4,OM: Anmooriger Fahlgley

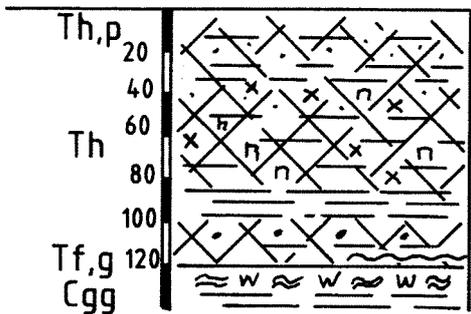
Da der Grundwasserstand durchschnittlich bei etwa 10 cm u.T. liegt, hat bereits der humose Aa-Horizont hydromorphen Charakter. Darunter folgt ein Horizont mit einzelnen Rostflecken, der abrupt in den völlig reduzierten BCx,r-Horizont übergeht.

--

Beispiel Typ 6386, Untertyp R4,OM - Anmooriger Fahlgley		
 <p>Boden ist durch Grund- oder Hangwasser stark beeinflusst, der Bgg-Horizont reicht bis nahe zur Oberfläche; Grundwasserspiegel oft um 40 - 50 cm u.T. Anmoorauflage mit stark zersetzter organischer Substanz.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>grund- oder hangwasser-geprägt</i> 6 - - -	V Untertyp(en) <ul style="list-style-type: none"> R4 = sehr stark grundnass OM = anmoorig
	II Bodengerüst <i>Sekundärminerale + Gesteinsrelikte + organische Substanz</i> - 3 - -	VI Bodenform <ul style="list-style-type: none"> skelettarm Ton flachgründig
	III Chemismus <i>reduzierte Eisenverbindungen</i> - - 8 -	VII Lokalform <ul style="list-style-type: none"> montan Hangfuss Streuwiese
	IV Perkolat <i>chemisch reduziertes Eisen und Mangan</i> - - - 6	
Kennzeichnende Horizonte: Bgg, BCr	Typ 6386	Untertyp R4,OM

7.4.2 Organische Nassböden

Typ 6582: Halbmoore
<p>Wo der Grundwasserstand auch in der Vegetationszeit nahe an der Oberfläche liegt, entwickelt sich eine diesen Verhältnissen angepasste Vegetation; sie ist die Grundlage der Torfbildung.</p> <p>Halbmoore entstehen in ebenen Lagen, meist in der Nähe von Seen und Flüssen, die bei Hochwasser mineralisches Material einschwemmen können. Infolgedessen kann die Torfbildung durch unterschiedlich mächtige Sedimentschichten unterbrochen werden.</p>
<p>Typ 6582, Untertyp OF,OS,E1,DD: Flachtorfiges, sapro-organisches, neutrales, drainiertes Halbmoor</p> <p>Der Torfhorizont ist weniger als 90 cm mächtig bis zum Cx,r-Horizont bzw. dem mineralischen Grundwasserträger. Der Mineralstoffgehalt des Torfes ist hoch, und im Bodenwasser dominieren Ca-Ionen. Die organische Substanz ist infolge Drainage (Luftzutritt) stark abgebaut und zum Teil kolloid.</p>

Beispiel Typ 6582, Untertyp OF,OS,DD,E1 – Sapro-organisches, neutrales Halbmoor		
 <p>Drainiert, mineralstoffreich, Moorsackung und -zersetzung im Gang. Organische Substanz schwarz, körnig. Hoher Kolloidanteil. Humusbildner kaum mehr erkennbar. Grundwasserstand (Sättigungszone) meist tiefer als 90 cm u.T. Unterboden oft Schlufflehm oder Seekreide.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>grund- oder hangwasser-geprägt</i> 6 - - -	V Untertyp(en) • OF = flachtorfig • OS = sapro-organisch • DD = drainiert • E1 = neutral
	II Bodengerüst <i>organische Substanz</i> - 5 - -	VI Bodenform • skelettfrei • organische Auflage über Ton • mässig tiefgründig
	III Chemismus <i>reduzierte Eisenverbindungen</i> - - 8 -	VII Lokalform • kollin • Talsohle • Acker
	IV Perkolat Ca ²⁺ - - - 2	
Kennzeichnender Horizont: Th	Typ 6582	Untertyp OF,OS,DD,E1

Typ 6590 und 6592: Moore

Wo der Grundwasserstand auch in der Vegetationszeit nahe an der Oberfläche liegt, entwickelt sich eine diesen Verhältnissen angepasste Vegetation; sie ist die Grundlage der Torfbildung.

Moore entstehen bevorzugt auf grösseren, konkaven Ebenen, flachen Hängen mit undurchlässigem Untergrund oder abflusslosen Mulden (z.B. Zungenbecken eiszeitlicher Gletscher). Da das ganze Profil dauernd wassergesättigt ist, erfolgt kaum eine Zersetzung der organischen Substanz. Es sind keine mineralischen Zwischenlagen vorhanden. Der Aschegehalt beträgt weniger als 15 % der Trockensubstanz.

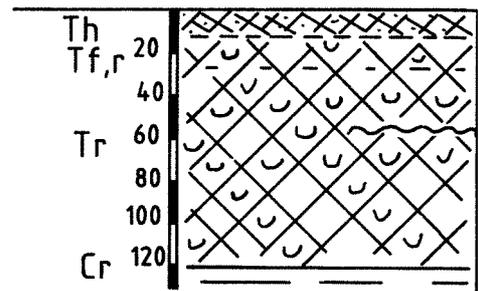
Typ 6590, Untertyp OTN,R2,E3: Tieftorfiges, wenig zersetztes, grundnasses, saures Moor

Entstehung und allgemeiner Aufbau wie Untertyp 6590 OTN, R5, E5. Veränderungen im Wasserhaushalt der lokalen Gewässer oder Drainage kann Ursache für ein Absinken des Grundwasserstandes sein. Das Moor wächst nicht weiter, die Terrainoberfläche senkt sich langsam ab.

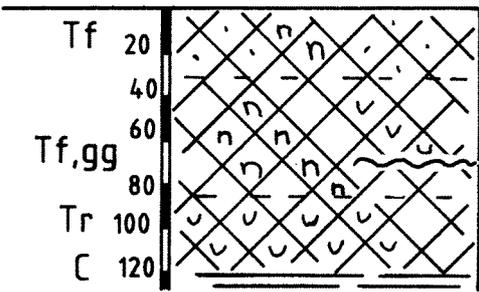
Typ 6592, Untertyp OTH,R2,E1: Tieftorfiges, zersetztes, grundnasses, neutrales Moor

Moorboden mit basenreichem Grundwasser ohne mineralische Zwischenschichten, der drainiert ist. Sackung und Zersetzung sind nur noch knapp erkennbar.

Beispiel Typ 6590, Untertyp OTN,R5,E5 - Saures, tieftorfiges, wenig zersetzes Moor

 <p>Moorboden ohne Mineralerdeüberschüttung während der Entstehung (< 15 % Asche-TS). Keine Sackung / Zersetzung. Grundwasser ist basenarm und meist nahe der Terrainoberfläche.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>grund- oder hangwasser-geprägt</i> 6 - - -	V Untertyp(en) • OTN = tieftorfig, wenig zersetzt • R5 = sumpfig • E5 = sehr stark sauer
	II Bodengerüst <i>organische Substanz</i> - 5 - -	VI Bodenform • skelettfrei • mineralstoffarm • flachgründig
	III Chemismus <i>organische Substanz</i> - - 9 -	VII Lokalform • montan • Hangterrasse • Moorvegetation
	IV Perkolat <i>Huminstoffe</i> - - - 0	
Kennzeichnender Horizont: Tf,r	Typ 6590	Untertyp OTN,R5,E5

Beispiel Typ 6592, Untertyp OTH,R2,E1 – Tieftorfiges, zersetzes, neutrales Moor

 <p>Drainierter Moorboden mit basenreichem Grundwasser ohne mineralische Zwischenschichten. Wegen Sackung und Zersetzung sind Humusbildner nur noch knapp erkennbar.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp	Nicht-hierarchische Typmerkmale
	I Wasserhaushalt <i>grund- oder hangwasser-geprägt</i> 6 - - -	V Untertyp(en) • OTH = tieftorfig, flockig • R2 = mässig grundnass • E1 = neutral
	II Bodengerüst <i>organische Substanz</i> - 5 - -	VI Bodenform • skelettfrei • mineralstoffhaltig • ziemlich flachgründig
	III Chemismus <i>organische Substanz</i> - - 9 -	VII Lokalform • kollin • Talmulde • Seggenried
	IV Perkolat Ca^{2+} - - - 2	
Kennzeichnender Horizont: Tf,gg	Typ 6592	Untertyp OTH,R2,E1

7.5 Periodisch überschwemmte Böden

Typ 8212, 8223, 8233 und 8322: Aueböden

Auf Fluss- und Seesedimenten mit beginnender oder deutlicher Bodenbildung und periodischen Überschwemmungen entwickeln sich Aueböden. Sie zeigen alluviale Schichtungen. Es können mehrere überdeckte Ah-Horizonte vorhanden sein, unterbrochen durch relativ frische Alluvionen. Die Körnung kann sehr stark variieren, je nach der Stärke der Überschwemmungen. Der Grundwasserstand ist vom Niveau des Gewässers abhängig.

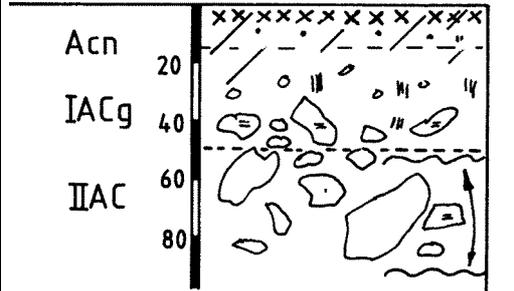
Typ 8223, Untertyp MF,R2: Modrighumoser, grundnasser Aueboden

Das Grundwasser liegt normalerweise bei etwa 90 cm u.T. Auf dem grobkörnigen, feinerdearmen Material kann sich nur eine schwach modrighumose Auflage bilden.

Typ 8322, Untertyp FB,G3: Verbraunter Aueboden

Es wird nur noch feinkörniges Material und auch gelegentlich Ton eingeschwemmt. Die Bodenentwicklung wird nur noch selten durch Überschwemmungen unterbrochen.

Beispiel Typ 8223, Untertyp MF,G2,PA - Humus-Gesteins-Aueboden

 <p>Bodenprofil eines periodisch überschwemmten Bergtales. Stark geschichtet, kaum horizontiert. Tongehalt weniger als 5 % in der Feinerde.</p>	Hierarchische Klassierung Bodentyp I Wasserhaushalt <i>periodisch überschwemmt</i> 8 - - -	Nicht-hierarchische Typmerkmale V Untertyp(en) • MF = <i>modrighumos</i> • G2 = <i>schwach gleyig</i> • PA = <i>alluvial</i>
	II Bodengerüst <i>Gesteinsrelikte</i> + <i>organische Substanz</i> - 2 - -	VI Bodenform • <i>kiesig</i> • <i>Sand</i> • <i>flachgründig</i>
	III Chemismus <i>Mischgestein</i> - - 2 -	VII Lokalform • <i>kollin</i> • <i>Flussufer</i> • <i>Erlen-Eschen-Wald</i>
	IV Perkolat CaCO ₃ - - - 3	
	Typ 8223	

7.6 Verzeichnis von gut dokumentierten, klassierten Böden der Schweiz

Code	Benennung (Literaturhinweis)	Ort/Kanton	Koord. LK 1:25'000 Höhe über Meer
1123	Mischgesteinsboden (24)	Davos/GR	782.000/190.000, Bl. 1197 2400 m
1211	Humus-Silikatgesteinsboden (10)	Grindelwald/BE	640.250/159.750, Bl. 1229 2005 m
1233	Humus-Karbonatgesteinsboden (28)	Klosters/GR	784.860/192.540, Bl. 1197 1720 m
1311 PK, MF	Ranker = Modrighumoser Silikatboden (24)	Davos/GR	780.312/189.100, Bl. 1197 2530 m
1323 PA	Fluvisol (12)	Malters/LU	660.300/210.800, Bl. 1150 468 m
1323 PE	Regosol (8)	Volketswil/ZH	695.000/249.180, Bl. 1092 503 m
1333 MM	Rendzina (25)	Gänsbrunnen/SO Weissenstein	603.600/234.200, Bl. 1107 980 m
1351	Saure Braunerde (18)	Landiswil/BE	619.350/200.500, Bl. 1167 895 m
1352	Gewöhnliche Braunerde (16)	Rümlang/ZH (Chatzenrüti)	681.250/254.500, Bl. 1071 470 m
1353	Kalkbraunerde (9)	Hohenrain/LU	666.100/227.500, Bl. 1130 625 m
1355	Parabraunerde (32a)	Marthalen/ZH	689.850/272.920, Bl. 1051 425 m
1361	Braunpodsol (10)	Grindelwald/BE	650.130/165.590, Bl. 1229 1780 m
1368	Podsol (24)	Davos/GR	781.475/183.000, Bl. 1197 1655 m
1368 MH	Huminstoffreicher Podsol (26)	Schwarzenberg/LU	657.925/206.880, Bl. 1150 960 m
1452 VT	Pelitische Braunerde (14)	Rocourt/JU	563.475/248.575, Bl. 1084 530 m
2322	Trocken-Regosol (29)	Fuldera/GR	825.200/165.750, Bl. 1239 1618 m
2342	Phaeozem (21)	Rodels/GR	753.000/178.500, Bl. 1215 665 m
4356	Braunerde-Pseudogley (13)	Koblentz/AG	661.780/273.000, Bl. 1050 395 m

4376	Pseudogley (32c)	Langenthal/BE	629.200/229.450, Bl. 1128 505 m
6356	Braunerde-Gley (17)	Hüntwangen/ZH	678.725/272.375, Bl. 1051 435 m
6376	Buntogley (11)	Gurbrü/BE	583.775/200.650, Bl. 1165 496 m
6386	Fahlgley (32a)	Walchwil/ZG	684.550/217.000, Bl. 1151 1060 m
6582	Halbmoor (19)	Gampelen/BE	572.500/206.550, Bl. 1145 430 m
6590	Saures Moor (4)	Buchholterberg/BE	621.370/186.170, Bl. 1188 992 m
8322	Aueboden (32b)	Brugg/AG (Flutinsel)	660.120/260.350, Bl. 1070 329 m

8. Literatur

- (1) Anleitung zur Bodenkartierung, Bodenklassifikation und Profiluntersuchung (1978): Bearbeitung E. Frei und Mitarbeiter. Neu bearbeitet 1985. Interne Dokumentationen, FAP Reckenholz.
- (2a) Arbeitsgruppe „Bodenklassifikation“, BGS (1979): Bezeichnung der Horizonte der Bodenprofile. BGS Bulletin 3, S. 84-85.
- (2b) Arbeitsgruppe „Bodenklassifikation“, BGS (1982): Vorschlag für die Verwendung von Signaturen bei Profilskizzen. BGS Bulletin 6, S. 177-182.
- (2c) Arbeitsgruppe „Körnung“, BGS (1984): Bodenskelettdiagramm. BGS Bulletin 8, S. 59-60.
- (3) Babel U. (1971): Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern. Geoderma, Bd. 5, Nr. 4, S. 297-324.
- (4) Bericht zur Bodenkartierung Buchholterberg/BE (1972). FAP Reckenholz (unveröffentlicht).
- (5) Bodenkundliche Kartieranleitung (1994): AG Bodenkunde, 4. Auflage, 331 S., Hannover. Bezug: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.
- (6) Böden, Karte 1:500'000 (1984): Bearbeitung E. Frei und K. Peyer. Atlas der Schweiz, Blatt 7a. Bundesamt Landestopographie, Wabern - Bern.
- (7) Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200'000 und Erläuterungen (1980): Bearbeitung: FAP Reckenholz. Vertrieb: EDMZ, 3000 Bern.
- (8 – 13) Bodenkarte der Schweiz 1:25'000, mit Erläuterungen. Bearbeitung und Vertrieb: FAL Reckenholz.
 - (8) Blatt Uster (1981)
 - (9) Blatt Hochdorf (1983)
 - (10) Blatt Grindelwald (1985)
 - (11) Blatt Murten (1986)
 - (12) Blatt Luzern (1988)
 - (13) Blatt Zurzach (1988)
- (14) Bonnard L.F. (1976): Quelques observations et remarques sur les sols de Haute Ajoie. Schweiz. Landw. Forschung 15, S. 349-360.

- (15) Farbtafeln (Soil color charts). Munsell Color Company Inc., Baltimore, Maryland.
- (16) Frei E. und Juhasz P. (1963): Beitrag zur Methodik der Bodenkartierung und der Auswertung von Bodenkarten unter schweizerischen Verhältnissen. Schweiz. Landw. Forschung 3, S. 249-307.
- (17) Frei E. und Juhasz P. (1965): Geographische Verbreitung und Nutzung der Braunerden und Gleyböden in der Gemeinde Hüntwangen. Schweiz. Landw. Forschung 3, S. 215-250.
- (18) Frei E. und Juhasz P. (1967): Eigenschaften und Vorkommen der Sauren Braunerde in der Schweiz. Schweiz. Landw. Forschung 6, S. 371-393.
- (19) Frei E. et al. (1972): Verbesserungsmöglichkeiten der Moorböden des Berner Seelandes. Mitteilungen für die Schweiz. Landwirtschaft 20, S. 197-210.
- (20) Frei E. (1976): Richtlinien für die Beschreibung und Klassifikation von Bodenprofilen. Schweiz. Landw. Forschung 15, S. 339-347.
- (21) Frei E. (1980): Phaeozem in einigen trockenen Alpentälern der Schweiz. Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde 143, S. 324-333.
- (22) Arbeitsgruppe „Körnung und Gefüge“, BGS (1993): Texture du sol – Modification du triangle textural SSP de 1979. BGS Bulletin 17, S. 103-108.
- (23) Klimaeignungskarte der Schweiz 1:200'000 (1977). Bearbeitung: Geogr. Inst. Uni. Bern und RAC Changins sur Nyon. Vertrieb EDMZ, 3000 Bern.
- (24) Krause M. (1986): Die Böden von Davos. Schlussbericht Schweiz. MAB-Progr. Nr. 18.
- (25) Lüscher P. et al. (1986): Water regime and structure of a stony Rendzina-soil. Mitt. Deutsche Bodenkundl. Gesellschaft 48, S. 41-53.
- (26) Lüscher P. et al. (1986): Soils, ecological conditions and tending of forest. Mitt. Deutsche Bodenkundl. Gesellschaft 48, S. 63-75.
- (27) Lüscher P. (1991): Humusbildung und Humuszersetzung in Waldbeständen. Diss. ETH Nr. 9572. Zürich.
- (28) Müller M. und Peyer K. (1986): Profile Klosters - Raw Humus Layer on Dolomitic Cobbler Talus. Mitt. Deutsche Bodenkundl. Gesellschaft 48, S. 81-90.
- (29) Peyer K. et al. (1976): Bewässerungsplanung im Val Müstair (GR) aufgrund von Bodenkarten. Schweiz. Landw. Forschung 15, S. 361-369.
- (30) Pallmann H. (1947): Pédologie et Phytosociologie. C.R. Congr. International de Pédologie, Montpellier.

- (31) Pallmann H. et al. (1948): Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. Anhang: Die Systematik der Böden. Congr. Int. Verb. forstl. Versuchsanstalten, Zürich.
- (32) Richard F. et al.: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. ETH Zürich und WSL Birmensdorf.
 - (32a) Band 1 (1978)
 - (32b) Band 2 (1981)
 - (32c) Band 3 (1983)
- (33) Eidg. landw. Forschungsanstalten (1996): Schweizerische Referenzmethoden der Eidg. landw. Forschungsanstalten, Band 2 "Bodenuntersuchungen zur Standort-Charakterisierung". Eidg. Forschungsanstalten FAL, RAC, FAW.
- (34) Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL Zürich-Reckenholz (1997): Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe 24 der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL Zürich-Reckenholz.
- (35) Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau FAP Zürich-Reckenholz (1996): Handbuch Waldbodenkartierung. Schriftenreihe „Vollzug Umwelt“, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- (36) Arbeitsgruppe „Bodenklassifikation und Nomenklatur“, BGS (1996): Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz.

9 Anhang

9.1 Methodisches zur Untersuchung von Bodenprofilen

Anhang zu 3.5: Geologisches Ausgangsmaterial

Moränen sind durch Gletscher akkumuliertes, unsortiertes Gesteinsmaterial jeder Korngrösse. Die Steine sind abgeschliffen, rundkantig, oft geschrammt. Wallmoränen sind locker gelagert. Bei schottrigen Moränen ist das Feinmaterial durch den eiszeitlichen Gletscherabfluss ausgewaschen worden. Grundmoränen (unter der Eissole gebildet) sind stark verdichtet. Seitenmoränen sind teils locker, teils vom Gletscher überfahren und verdichtet. Alte Moränen sind häufig in späteren Eiszeiten verändert und von jüngeren Gletschern überfahren worden.

Schotter sind Ablagerungen eiszeitlicher und nacheiszeitlicher Flüsse. Sie enthalten nebst gerollten Steinen auch Sand. Durch Infiltration von kalziumbikarbonatreichem Wasser und dem Druck späterer Überdeckungen wurden die Schotter stellenweise verfestigt (Deckenschotter).

Gehängeschutt und Bergsturzmateriale entsteht durch Absturz von Gesteinspartien am Steilhang. Durch anschliessendes Rutschen und Rollen kann eine teilweise Sortierung erfolgen. Steine und Blöcke sind kantig.

Kolluvionen entstehen durch Abgleiten oder Kriechen von Erdmassen. Sie sind locker, durchmischt, unsortiert und nicht selten von Hangwasser beeinflusst.

Lösslehm ist ein gelbliches, weiches, meist schluffreiches Ausgangsmaterial, oft entkalkt und verlehmt.

Alluviale Sande, Lehme und Tone kommen in Geländedepressionen vor, als Sandbänke früherer Flüsse, Schwemmlerme und als Tonsedimente ehemaliger Überflutungen. Seebodenlehm ist ein Schlufflehm, der sich in flachen Seen nach dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher ablagerte.

Seekreide, Kalktuffe sind lockere und wenig verfestigte Kalkausscheidungen im See- oder Quellwasser. Sie enthalten oft organische Einschlüsse und Toneinmischungen.

Mergel sind karbonathaltige Tongesteine. Mergelkalk, z.B. des Argoviens, enthält etwa 50 % Kalziumkarbonat. Molassemergel ist im Mittelland verbreitet.

Tongesteine sind meist plattige, weiche, schwarze Gesteine ohne Kalk, z.B. Opalinustone.

Schiefer sind geschichtet, oft glänzend, z.B. Bündnerschiefer (schistes lustrés). Es gibt jedoch auch Kalkschiefer und Tonschiefer. Flysch ist als Mergelschiefer mit san-

digen und steinigen Zwischenlagen verbreitet, kommt aber auch als Dachschiefer mit glatten Ablösungsflächen vor.

Sandstein enthält viel Quarz nebst anderen Mineralien; als Bindemittel wirken hauptsächlich Kalk oder Kieselsäure. Die Molasse ist im Mittelland, im Alpenvorland und im Jura verbreitet. Sie verwittert ziemlich leicht. Ältere Sandsteine (aus dem Perm, der Trias und dem Mesozoikum) sind meistens härter als Molasse.

Konglomerate bestehen aus Sand und kleineren oder grösseren, gerundeten oder kantigen Steinen, wobei diese Komponenten mit Kalk oder Kieselsäure verfestigt sind. Verbreitet sind tertiäre Konglomerate, sie können auch älter sein, wie z.B. der Verrucano. Als Nagelfluh werden verhärtete Schotter bezeichnet. Breccien enthalten vorwiegend kantige Gesteinsbruchstücke.

Kalkgestein ist gemäss der hier geltenden Konvention ein Sedimentgestein mit mindestens 75 % Kalziumkarbonat. Der Rest besteht aus anderen Mineralien, wobei der Quarzanteil gering ist; Tonminerale können in beträchtlicher Menge vorhanden sein. Dolomit enthält nebst Kalzium auch Magnesium. Der Schrätkalk im Malm weist 90 % bis 99 % Kalziumkarbonat auf, beim Triasdolomit ist der Gehalt an Kalzium-Magnesiumkarbonat ebenso hoch. Kieselkalke, Echinodermenkalke enthalten jedoch 30 bis 50 % Siliziumoxid. Mergelkalke der Kreide bestehen aus höchstens 50 % Erdalkaliumkarbonat. Diese letzteren Kalkgesteine verhalten sich bodengenetisch eher wie Mischgesteine und werden in der Bodenklassifikation als solche taxiert.

Granite und Granodiorite bestehen aus Quarz, Feldspat und Glimmer oder Hornblende. Sie sind sehr hart, bei der Verwitterung versanden sie. Gneis ist geschichtet und oft durch die Metamorphose im Mineralbestand etwas verändert, sonst aber ähnlich wie Granit.

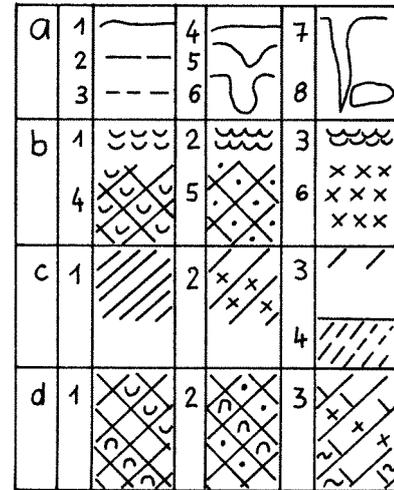
Dunkle magmatische Gesteine, z.B. Diorit, Gabbro, Basalt und Peridotit, enthalten keinen Quarz. Ihr Verwitterungsprodukt ist oft tonig.

Grüngesteine sind dunkle, metamorphe, oft massige Silikatgesteine; Vertreter sind: Serpentin und Amphibolite.

Anhang zu 3.6.2: Profilskizze und Signaturen

a: Begrenzung und Verlauf der Horizonte

1 scharf, 2 deutlich, 3 diffus, 4 gerade, 5 wellig,
6 taschig, 7 kluftig, 8 linsenförmig



b: Aerober Auflagehumus

1 lose Streue, 2 lagige Streue, 3 verfilzte Streue,
4 faserige organ. Substanz, 5 körnige oder flockige organische Substanz, 6 Huminstoffe

c: Organo-mineralische Substanz

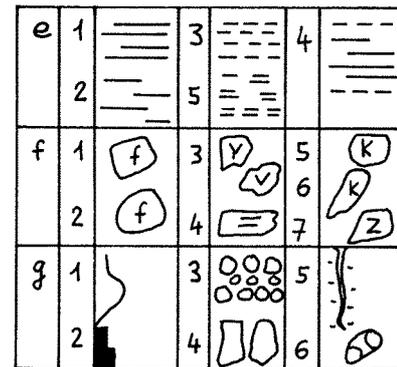
1 neutral, 2 sauer, 3 humusarm, 4 humusreich

d: Hydromorphe Humusaufgaben

1 wenig zersetzter Torf, 2 ziemlich zersetzter Torf,
3 stark zersetzter Torf

e: Mineralische Feinerde

1 Tonboden, 2 Schluffboden, 3 Sandboden,
4 Lehm Boden, 5 kalkhaltig (mit Doppelstrich)



f: Bodenskelett

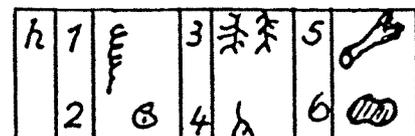
1 eckig, kaum verwittert, 2 gerundet, kaum verwittert,
3 verwittert, 4 Karbonatgestein, 5 Kohle, 6 Holz,
7 Ziegel und andere Fremdkörper

g: Bodengefüge

1 aufgelockert, 2 verdichtet, 3 ausgeprägt krümelig
oder bröcklig, 4 grobklumpig, 5 Leitbahnen,
6 Makroporen, Krotowinen

h: Biologische Aktivität

1 Regenwurm-tätigkeit, 2 Schneckengehäuse,
3 Hauptwurzelaum, 4 tiefstes Wurzelvorkommen,
5 dicke Wurzeln, 6 Wühl-tätigkeit, Humuseinschlüsse



i: Eluviationen

1 gebleichter Sand, 2 Bleichung an Hohlraumwand, 3 gebleichter Schluff, 4 bleiche Flecken, 5 bleiche Taschen oder Zungen, 6 Entkarbonatungstiefe

k: Sesquioxide

1 Knötchen, Konkretionen, 2 Rostflecken, 3 Krusten aus Oxiden an Hohlräumen, 4 Eisenfreilegung, 5 illuviales Eisenoxid, 6 Fe- und Al-Oxid-Konzentrationen

l: Illuviationen

1 illuvialer Tonhorizont, 2 Tonhäute, 3 Humus-(Ton-) Häute, 4 Kalkflaum, 5 Kalktuff, Kindel, 6 Kalktuff, massiv, 7 Ausblühung löslicher Salze

m: Tensionsfreies Wasser und Reduktionen

1 örtlicher Wasseraustritt, 2 Wasserstand (Datum der Beobachtung), 3 hydromorph, 4 chemische Reduktionszone

i	1 2 3	4 5	6
k	1 2	3 4	5 6
l	1 2 3	4 5 6	7
m	1 2	3	4

Anhang zu 3.6.3: Symbole der Haupthorizonte

- O organischer Auflagehorizont mit mehr als 30 Gew.% organischer Substanz.
- T Torf: enthält mehr als 30 Gew.% organische Substanz, gebildet aus aufgewachsenem, abgestorbenem und anaerob konserviertem Pflanzenmaterial. Er ist meistens wassergesättigt, häufig sauer und sehr sauerstoffarm. Die Struktur ist vielfältig: lose, verfilzt, körnig, schmierig, schwammig. Durch künstliche Absenkung des Grundwasserstandes werden die Eigenschaften des Torfs stark verändert.
- A Oberbodenhorizont mit weniger als 30 Gew.% organischer Substanz in der Feinerde; Hauptwurzelzone.
- E Eluvial- oder Auswaschungshorizont. Die Substanzverarmung zeigt sich z.B. am relativ geringeren Tongehalt oder an starken Ausbleichungen.
- I Illuvial- oder Einwaschungshorizont: liegt unter einem E-Horizont. Je nach der Art der eingewanderten und angereicherten Substanz ist er toniger (It), eisenreicher (Ife), huminstoffreicher (Ih), kalkreicher (Ik) als der E-Horizont und als der unter dem Illuvialhorizont liegende Horizont. Die Illuviationen bilden Umhüllungen, Tapeten, Konkretionen, Krusten, Kolloidkonzentrationen oder Kristalle. Dadurch wird der Farbton dieses Horizontes oft intensiver oder dunkler.
- B Unterboden, unter dem A-Horizont gelegen. Er enthält Sekundärminerale, ein entwickeltes Bodengefüge, biologische Aktivität und Pflanzenwurzeln. Der Humusgehalt ist gering, verglichen mit dem A-Horizont.
- C Untergrund (Ausgangsmaterial), meistens unter einem A- oder B-Horizont. Verwitterungsmerkmale können vorhanden sein, er ist nicht aggregiert und biologisch nicht oder nur sehr schwach aktiv und nicht oder sehr spärlich durchwurzelt.
- R Felsunterlage, meistens unter einem C-Horizont. Hartes, jedoch etwas angewittertes Gestein über dem unverwitterten Fels.

Anhang zu 3.6.4: Symbole zur Unterteilung der Haupthorizonte

Zustand der organischen Substanz

- l Streuzone (Litter). Der Zersetzungsgrad der Pflanzenreste ist gering (über 90 % unverändert). Struktur: lose oder verfilzt. Ol-Horizonte sind vor allem im Wald verbreitet *).
- f Fermentationszone (Förna), Vermoderungszone. Teilweise bis stark zersetzte Pflanzenreste (30 bis 90 % der Masse). Struktur faserig bis flockig, filzig, schwammig, teilweise körnig. Häufige Kombinationen: Of, Tf *).
- h Humusstoffzone. Sehr stark abgebaute organische Substanz (bis höchstens 30 % erkennbare Pflanzenreste). Die Humifizierung ist jedoch fortgeschritten und weitgehend im Gleichgewicht. Die Struktur ist in Oh-Horizonten kolloid, schmierig bis körnig. In Mineralerde-Ah-Horizonten sind die Huminstoffe vorwiegend an Tone und Metalle oder an Erdalkalien gebunden *).
- a anmooriger oder moorähnlicher hydromorpher Horizont mit 10 bis 30 % organischer Substanz und weniger als 40 cm Mächtigkeit. Die Struktur ist meistens krümelig bis körnig. Ein Aa-Horizont kann sich über einem Gley entwickeln.

*) In der Waldbodenklassierung werden die Symbole F, H und L verwendet

Verwitterungszustand

- ch chemisch vollständig verwittert ist die Mineralerde, wenn keine Gesteinsrelikte mehr vorhanden sind, der Gehalt an Primärmineralen beschränkt sich auf Quarz.
- w verwittertes Muttergestein; wesentliche Mengen von Produkten der Verwitterung und Neubildungen liegen vor. Oxidierte Eisenoxide, die an Tone gebunden sind, verleihen dem Horizont eine gleichmässig braune Färbung (Bw). Kalziumkarbonat ist in der Feinerde nicht vorhanden.
- z Zersatz des Muttergesteins. Die physikalische Verwitterung überwiegt, chemische Verwitterungen beschränken sich auf die Gesteinsoberflächen. Cz in Gesteinsböden.

Relative mineralische Substanzanreicherungen

- fe erhöhter Eisenoxidgehalt; diffus oder in Krusten, Hüllen, Konzentrationen.
- ox Oxidhorizont. Eisen- und Aluminiumoxide sind mehr oder weniger separiert konzentriert, deshalb entsteht Marmorierung; das Gefüge ist meistens porös.
- t relativ tonreicherer Horizont, verglichen mit darüber- und darunterliegenden Horizonten im Profil.
- q Rückstandsanreicherung von Quarzen, z.B. im Eq-Horizont.

Gefügestand

- m massive, durch Kalk, Eisenoxide oder Kieselsäure verhärtete, zementierte Zone. Ortstein: lfe,m-Horizont; Kalkkruste: lk,m-Horizont.
- p gepflügter Oberboden, z.B. Ap- oder Ah,p-Horizonte.

- st Strukturhorizont mit ausgeprägter, stabiler Aggregation. Alle Feinerde liegt als stabile Krümel oder Bröckel vor.
- vt vertisolisch (pelosolisch): Die tonreiche Bodensubstanz bildet beim Austrocknen extrem starke Risse. Die Aggregatoberflächen weisen Überzüge auf oder sind geglättet. In anderen Klassifikationssystemen wird v verwendet.
- x kompakte, verdichtete, aber nicht zementierte Zone.

Zustand der Alkalien und Erdalkalien

- k Kalkanreicherungshorizont. Kalkflaumzone: Ik-Horizont. Kalksteinersatz: Cz, k-Horizont.
- na alkalireicher Horizont. Das adsorbierte Na⁺ übersteigt 15 % der Kationentauschkapazität.
- sa salzreicher Horizont. Der Gehalt an wasserlöslichen Salzen verursacht mehr als 2 mS Leitfähigkeit im Bodenextrakt; Ausblühungen kommen vor.

Merkmale des Sauerstoffmangels (Redoxschwankungen)

- cn punktförmige, schwärzliche Knötchen mit hohem Mangan- und Eisengehalt, deuten auf schwache Redoxschwankungen, z.B. Bw,cn-Horizont.
- (g) schwache, oft nur partiell im Innern der Klumpen vorhandene Rostflecken.
- g mässig rostfleckige, wechsellasse Zone im A-, B- oder C-Horizont. Zahlreiche, meist kleine, gut verteilte Rostflecken, umfassen weniger als 3 % Fläche des Anschnitts. Die Matrix zwischen den Flecken ist bräunlich.
- gg Horizont mit starker Rostfleckung infolge periodischer Vernässung und ungenügender Durchlüftung. Es bilden sich zahlreiche, grosse Eisenoxidflecken, die mehr als 3 % Fläche des Anschnitts abdecken. Die Matrix zwischen den Flecken ist grau. Der Bgg,x-Stauhhorizont wird im deutschen System Sd-Horizont genannt.
- r dauernd stark reduzierte Zone, von grauer, graublauer oder schwarzer Färbung. Beim Aufgraben wird der Boden infolge des Sauerstoffzutritts rostfleckig.

Alte Bodenbildungen

- b begrabene Horizonte sind von quartärem Material überdeckt, das entweder unverwittert ist oder bereits eine Bodenbildung erfahren hat. Es sind bO-, bA-, bB-Horizonte möglich.
- fo fossile Horizonte stammen aus einer vorholozänen Zeit, mit anderen bodenbildenden Bedingungen. Sie sind oft von einem jüngeren Bodenprofil oder mit Gesteinsmaterial überdeckt. Es kommen foAh-, oder auch foBox-Horizonte vor.
- y fremde Auflagerung, Überschichtung, z.B. durch Überflutung oder Aufschüttung.

Anhang zu 3.6.5: Ergänzende Horizontsymbole

Unvollständige Ausprägung

- () sehr schwach entwickelter Horizontzustand; z.B. (A) = humusarmer Oberboden eines Gesteinsbodens.
- [] nur stellenweise vorhandener Horizont; z.B. Einschlüsse von A-Horizontmaterial in einem tiefer gelegenen Horizont oder in einer Gesteinskluft.
- 1,2,3 sind in besonderen Fällen zur weiteren Unterteilung von Unterhorizonten anwendbar. Eine weitere Gliederung von Auflagehumus (z.B. O11, O12, O13, Of1, Of2, Tf1, Tf2, usw.) ist möglich. Bei Horizonten in der Mineralerde sollten Zahlen nur ausnahmsweise angewendet werden (ev. Bw1, Bw2).

Übergangshorizonte (Beispiele)

- AC Übergangshorizont, wo ein B-Horizont fehlt.
- AE humoser Oberboden mit deutlicher Eluviation.
- BC Übergang vom B- zum C-Horizont oder bei unvollständiger Ausbildung des B-Horizontes.

Symbolkombinationen (Beispiele)

- Tf der Haupthorizont und sein Zustand werden nebeneinander gesetzt (faseriger, schwach zersetzter Torfhorizont).
- BCx,gg Zustandssymbole von verschiedener Bedeutung werden mit Komma getrennt (verdichteter, stark vergleyter Untergrund). Ausnahmsweise verwendete Symbole mit Doppelbuchstaben (gg) dürfen nicht getrennt werden.

Lithologischer Wechsel

- II, III Im Profil ist mehr als ein Muttergestein festzustellen. Beispiele: Löss: Ah-Horizont; darunter Schotter: II Bw-Horizont; darunter eine ältere Moräne: III C-Horizont. In anderen Systemen wird das Symbol D verwendet.

Anhang zu 3.7.1: Bodenfarbe

Die Farbensprache erfolgt am frischen feldfeuchten Bodenprofilanschnitt. Bodenfarben geben wesentliche Unterstützung zur Klassifikation von Böden. Bestimmt wird die Farbe durch Vergleich eines Bodenausstichs oder Bruchstücks mit der Farbtafel. Gutes Licht ist für die exakte Farbbestimmung notwendig. Die Bodenprobe sollte feucht (bei Feldkapazität) sein; mit einem Wasserzerstäuber kann der Feuchtezustand im Profil ausgeglichen werden. Treten mehrere Farben im gleichen Horizont auf, so wird zuerst die Farbe der Matrix bestimmt, sodann die der Einschlüsse und diejenige von Substanzkonzentrationen und Flecken. Ist der Farbton oder das Chroma der Aggregatoberflächen intensiver als beim zerdrückten Aggregat, so kann dies auf Illuviationen hinweisen.

Zur Farbbestimmung dienen Farbtafeln (15). Die Farbe besteht aus den drei Komponenten Farbton (hue), Grauwert (value) und Farbintensität (chroma).

Farbton

Unterscheidung grosser Gruppen der durch Farbtöne geprägten Böden.

Beispiele:

7, 5R (rot)	für rote Böden
10YR (gelbrot)	für braune Böden
10Y (gelb)	für graue Böden sowie z.T. für C-Horizonte

Grauwert

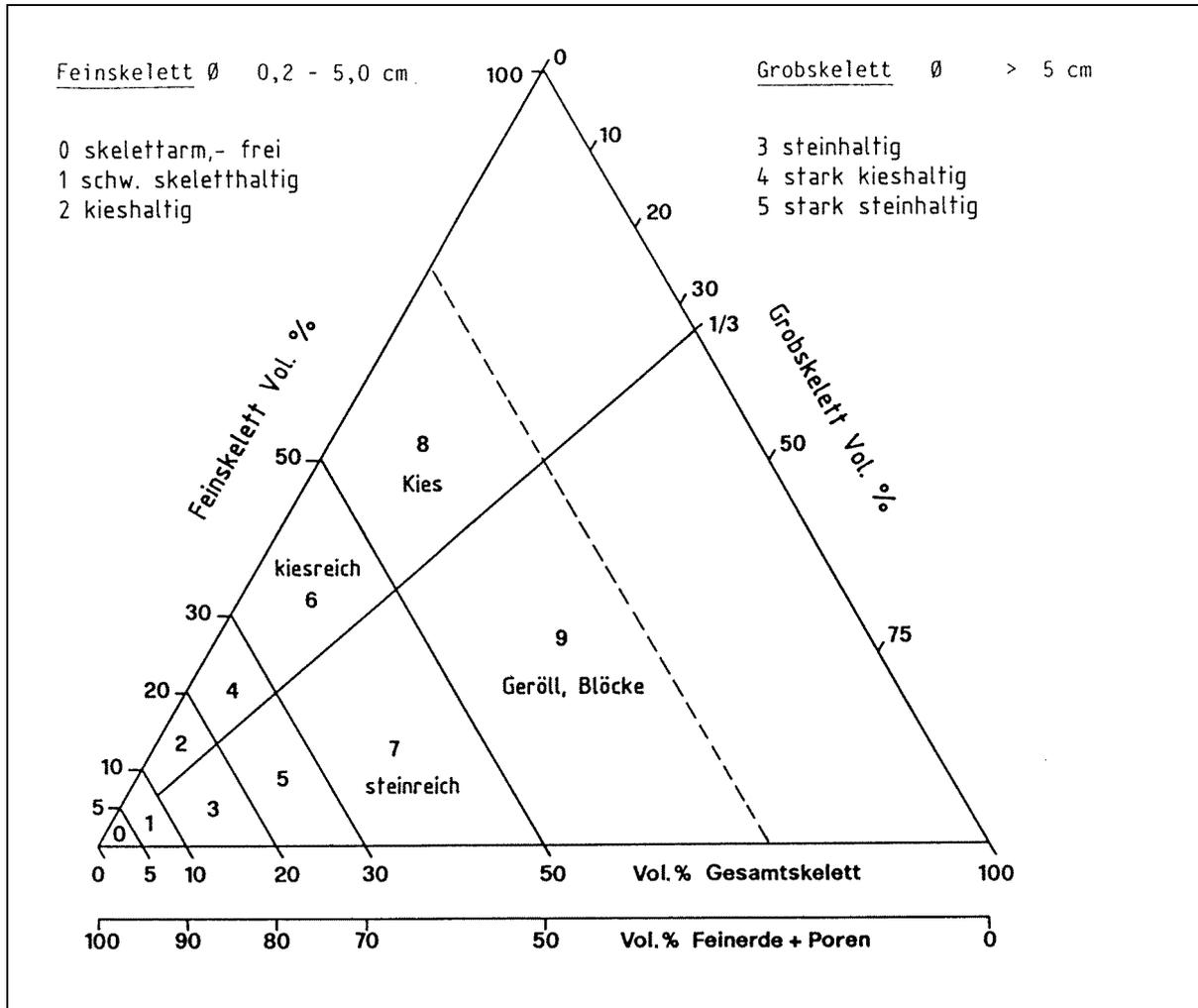
Ein 8-teiliger Graukeil überlagert die Farbtöne. Der Grauwert weist vor allem auf den Gehalt und die Humifizierung der organischen Substanz hin.

Farbintensität

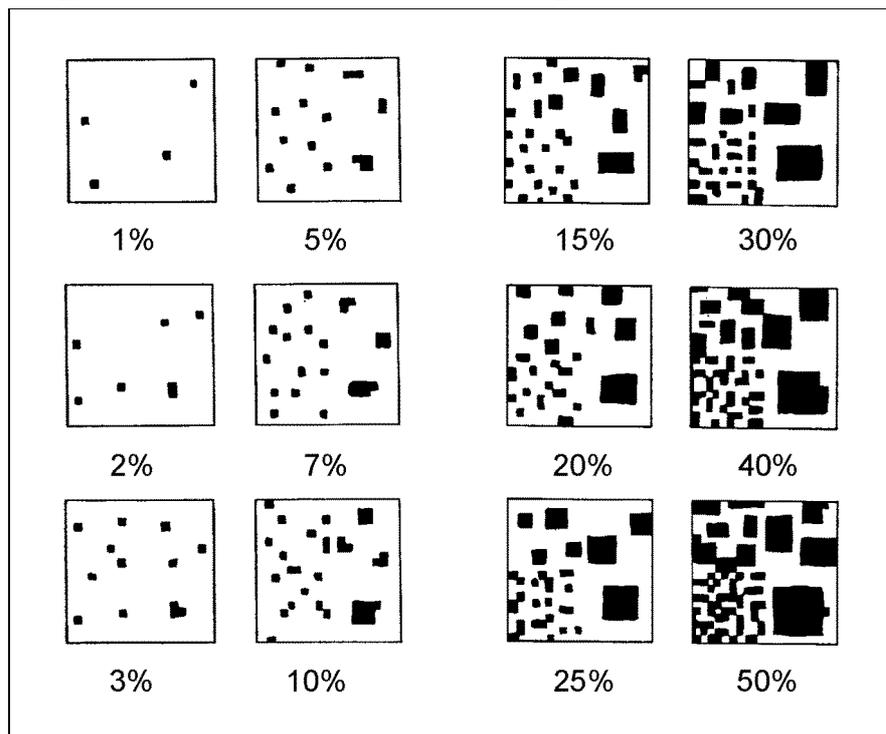
Sie ist in acht Intensitäten der Farbtöne aufgeteilt. Die Farbintensität des Bodens steht im Zusammenhang mit der Konzentration, dem Dispersitätsgrad und der Art des Farbstoffes.

Anhang zu 3.7.2: Bodenskelett

Skelettdiagramm

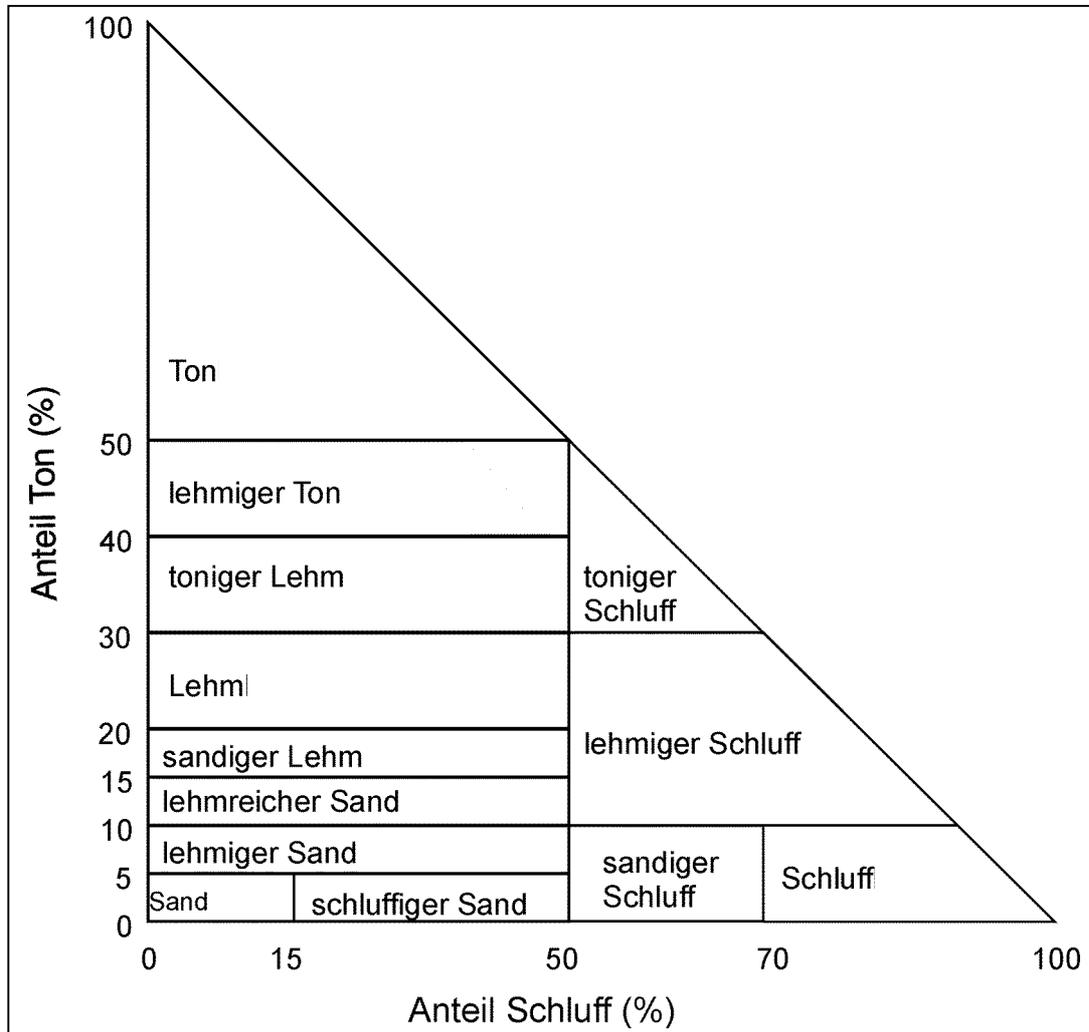


Vergleichstafeln zur Skelettschätzung



Anhang zu 3.7.3: Körnung der Feinerde

Klassen der Feinerdekörnung



Anleitung zur Beurteilung der Feinerdekörnung nach der Fühlprobe (aus: Bodenkunde. Leitfaden für landwirtschaftliche Fachschulen und die Praxis. Jäggli et al., 1981; Verlag Wirz, Aarau. Ergänzt durch Beschreibungen für lehmreichen Sand, schluffigen Sand, sandigen Schluff).

Bodenart	Fühlprobe an der feldfeuchten Erde
Ton	Absolut plastisch beim Kneten, in dünner Schicht stark klebrig und sehr glatt anzufühlen.
lehmiger Ton	Plastisch und ziemlich klebrig; in dünner Schicht geknetet etwas mager anzufühlen.
toniger Lehm	Gut knetbar, wenig klebrig; in dünner Schicht mager bis rau anzufühlen.
toniger Schluff-lehm	Plastisch und ziemlich klebrig; in dünner Schicht mager anzufühlen und doch glitschig weich.
lehmiger Schluff	Nicht klebrig, mager anzufühlen, beim Kneten jedoch weich, nicht rau.
Schluff sandiger Schluff	Weich und glatt anzufühlen, knetbar, aber ohne Zusammenhalt.
Lehm	Zusammenknetbar, aber leicht zerbröckelnd; in dünner Schicht rau, doch mit deutlich fühlbarem Tongehalt.
sandiger Lehm	Schlecht knetbar, leicht zerbröckelnd, wenig plastisch, fühlbarer Tonanteil.
lehmreicher Sand	Sehr sandig, rau anzufühlen, zerbröckelnd, nicht plastisch, geringer Zusammenhalt.
lehmiger Sand	Sehr sandig, rau anzufühlen, nur ganz wenig Zusammenhalt zeigend.
schluffiger Sand Sand	Je nach Schluffanteil und Grösse der Sandkörner mehr oder weniger rau anzufühlen, kein Zusammenhalt beim Kneten.

Anhang zu 3.7.4: Humus

Als Hilfsmittel zur Schätzung des Humusgehaltes dient die Farbtabelle (15) (Grauwert des Bodens im feuchten Zustand). Folgende grobe Einteilung kann verwendet werden:

Hellgrau (Grauwert 7-8):	humusarm, weniger als 2 Gew.% organische Substanz
Grau (Grauwert 5-6):	schwach humos, 2-5 Gew.% organische Substanz
Dunkelgrau (Grauwert 3-4):	humos, 5-10 Gew.% organische Substanz
Schwarzgrau (Grauwert 1,5-2):	humusreich, 10-30 Gew.% organische Substanz
Dunkelbraun-schwarz, faserig:	Humus, über 30 Gew.% organische Substanz

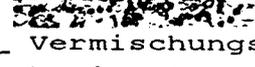
Die Eigenfarbe des Muttergesteins kann als Störfaktor auftreten (z.B. bituminöse Schiefer). Weitere Abweichungen von obigen Richtwerten können durch Ton-Huminstoffkomplexe und durch Huminstofftapeten verursacht werden.

Definitionen der Humushorizonte und Humusformen: Grundlagen zur Ansprache und Beurteilung der Humusformen in Waldbeständen.

Die Humusformen werden aufgrund der Horizontabfolge und der Ausprägung der Humushorizonte klassiert (35). Die Humushorizonte stellen im Abbauprozess der organischen Rückstände des Bestandes (Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht) bestimmte Phasen bzw. Zustände dar. Je nach den klimatischen Voraussetzungen, je nach Streueintragsmengen und je nach Bodeneigenschaften variieren sie kleinstandörtlich stark (27).

Definitionen der Humushorizonte (3) und schematischer Profilaufbau

Um die jahreszeitlichen Unterschiede, hauptsächlich des Streuhorizontes, für spezifische Fragestellungen anzusprechen, ist es bei genauer Betrachtung zweckmässig, die Bodenoberfläche mit dem ersten mineralischen Horizont zu definieren.

Horizont	Anteil		Schematischer Profilaufbau Auflage- horizonte [mm]
	Oberirdische Pflanzenreste	Organische Feinsubstanz	
Ol (<u>l</u> itter)	> 90 %	max. 10 %	60 —  Ol1
Of (<u>F</u> ermentation)	30 - 90 %	10 - 70 %	50 —  Ol2
Oh (<u>H</u> umustoff)	max. 30 %	> 70 %	40 —  Of1
<u>S</u> ubhorizonte			30 —  Of2
Ol1 (<u>ne</u>)	unverändert	max. 10 %	20 —  Oh1
Ol2 (<u>ver</u> ändert)	verändert		10 —  Oh2
Of1 (<u>R</u> est)	70 - 90 %	10 - 30 %	0 —  Oberfläche
Of2 (<u>m</u> ittel)	30 - 70 %	30 - 70 %	Ahh
Oh1 (<u>R</u> est)	10 - 30 %	70 - 90 %	10 —  Ah
Oh2 (<u>f</u> ein)	max. 10 %	über 90 %	20 —  Vermischungshorizonte

Horizontenfolge	Ausprägung/Mächtigkeit		
Streuhorizont Ol	+/-	+/-	+/-
Fermentationshorizont Of			----
Humusstoffhorizont Oh			----
Humushaltiger Mineralerdehorizont Ah			----
HUMUSFORM	MULL	MODER	ROHHUMUS

>/< differenzierend

---- vorhanden

Klassierungsprinzipien für die Humusformen

HUMUSFORM	Typischer MULL		Moderartiger MULL		Mullartiger MODER		Typischer MODER feinhumusreich		Rohhumusartiger MODER		Typischer ROHHUMUS feinhumusreich	
	Ol - Ah	Ol-of-Ah (Of)	Ol-Of-(Oh) -Ah Ahh	Ol-Of-(Oh) -Ah Ahh	Ol-Of-Oh Ah Ahh	Ol-Of-Oh Ah Ahh	Ol-Of-Oh (E)Ah/Ahh	Ol-Of-Oh (EAh)/AE	Ol-Of-Oh arm	Ol-Of-Oh reich		
Streuhorizont L	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Fermentationshorizont F	-	+/-	+/-	1-2(3)cm (< 3)	3-4 cm (> 3)	2-3(4)cm	2-3 cm	2-3(4)cm	2-3 cm	2-3(4)cm	2-3 cm	2-3(4)cm
Humusstoffhorizont H	-	-	0.2-0.3 cm (0.5)	< 1.5 cm	2-3 cm (z.T. 4-5)	3-5(6) cm	< 4 cm	2-3 cm	> 4 cm	5-8(10)		
Humushaltiger Mineralerdehorizont Ah	> 8 cm* (10-15/30)	< 10 cm* (5-7)	2-8 cm (3-4)	< 1.5 cm	2-3 cm (4-5)	+	+	+				

Die Mächtigkeitsangaben gelten primär für Mittellandverhältnisse (max. Werte für regionalspezifisch typische Ausprägungen sind in Klammern angegeben). Bei initialen Bodenbildungen steht die Horizontabfolge im Vordergrund.

Richtlinien für einen allgemein gültigen Bestimmungsschlüssel zur Klassierung der Humusformen (Arbeitsgrundlage). Aus der bodenkundlichen Kartieranleitung (1982), zusammengefasst und abgeändert (5, 27).

<u>Abbaubedingungen</u> - Durchlüftung - Feuchtigkeit	ZUNEHMENDE BIOLOGISCHE BODENAKTIVITÄT ----->							
sehr trocken					Z U N E H M E N D E F E U C H T E V			
gut trocken	Xero-Rohhumus	Xero-Moder	Xero-Varianten					
gut frisch	typischer Rohhumus	typischer Moder	mull-/moderartiger Mull	typischer Mull				
+/- gut feucht	Hydro-Rohhumus	Hydro-Moder	Hydro-Übergänge	Hydro-Mull				
z.T. ungenügend nass				(anmoorig)				
ungenügend z.T. gesättigt			Anmoor					
anaerob gesättigt								
überschwemmt								
<p style="text-align: center;">Vermischung der organischen Substanz mit der Mineralerde</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Rudimentäre bis keine Durchmischung</td> <td style="width: 25%;">Unvollständige Durchmischung der organischen Substanz mit der Mineralerde (instabile Komplexe)</td> <td style="width: 25%;">Organische Substanz +/- in Mineralerde inkorporiert</td> <td style="width: 25%;">Organische Substanz, vollständig in Mineralerde inkorporiert (stabile Ton-Humus-Komplexe)</td> </tr> </table>					Rudimentäre bis keine Durchmischung	Unvollständige Durchmischung der organischen Substanz mit der Mineralerde (instabile Komplexe)	Organische Substanz +/- in Mineralerde inkorporiert	Organische Substanz, vollständig in Mineralerde inkorporiert (stabile Ton-Humus-Komplexe)
Rudimentäre bis keine Durchmischung	Unvollständige Durchmischung der organischen Substanz mit der Mineralerde (instabile Komplexe)	Organische Substanz +/- in Mineralerde inkorporiert	Organische Substanz, vollständig in Mineralerde inkorporiert (stabile Ton-Humus-Komplexe)					

Oeko-/Typogrammdarstellung der Humusformen als Übersicht

Als zusammenfassende Aufzeichnung der einzelnen Humusformen und zur besseren standortkundlichen Wertung der Bereiche Feuchtigkeit und biologische Bodenaktivität eignet sich das Oekogramm bzw. Typogramm. Mit der Feuchtigkeit wird das Abbaumilieu charakterisiert. Die biologische Bodenaktivität äussert sich in der Vermischung der organischen Substanz mit der Mineralerde und der Profildifferenzierung.

Unter besonderen klimatischen Voraussetzungen (z.B. inneralpine Trockentäler, Südexposition) ergeben sich trockene sogenannte **Xero-Varianten** (hauptsächlich Mull- und Moderformen). Sie sind durch eine klare Trennung der rein organischen Auflagehorizonte von einer meist wenig ausgeprägten Vermischungszone gekennzeichnet.

Im Bereich von Böden mit gehemmter Sickerung oder unter dem Einfluss von hohen Grund- oder Hangwasserständen entstehen Feucht- bzw. Hydrovarianten sowie der **Anmoor**.

Anhang zu 3.7.5: Karbonat der Feinerde

Karbonatgehalt und sichtbare bzw. hörbare Salzsäurereaktion:

Keine Reaktion, auch kein leises Knistern:	kein Karbonat vorhanden
Nur vereinzelt schwache Reaktion:	in einzelnen Sandkörnern wenig Karbonat
Sehr schwaches Brausen:	bis etwa 2 % Kalziumkarbonat vorhanden
Mässiges Brausen:	Karbonatgehalt etwa 2 - 10 %
Starkes, anhaltendes Brausen:	Karbonatgehalt über 10 %

Im Dolomit verläuft die Reaktion in kalter Salzsäure (HCl) sehr langsam.

Anhang zu 3.7.6: pH-Wert

Einteilung der pH-Werte des Bodens in pH-Wert-Klassen:

Beurteilung	pH-Wert (H ₂ O)	pH-Wert (CaCl ₂)
stark alkalisch	> 8,2	> 8.2
alkalisch	7,7 - 8,2	7.7 - 8.2
schwach alkalisch	7,3 - 7,6	6.8 - 7.6
neutral	6,8 - 7,2	6.2 - 6.7
schwach sauer	5,9 - 6,7	5.1 - 6.1
sauer	5,3 - 5,8	4.4 - 5.0
stark sauer	3,9 - 5,2	3.3 - 4.3
sehr stark sauer	< 3.9	< 3.3

Die pH-Messung erfolgt in CaCl₂- oder H₂O-Lösung (siehe Labormethode Anhang 9.2). Messungen im entsalzten Wasser ergeben um 0.1 bis 1.0 pH-Einheiten höhere Werte, vor allem im sauren Bereich.

Einen ergänzenden Kennwert zum pH-Wert stellt der Anteil der Ca- und Mg-Ionen in der **Austauschkapazität** dar (Basensättigung):

sehr hoch	100 %	(schwach alkalische Böden)
hoch	80 - 100 %	(neutrale Böden)
ziemlich hoch	50 - 80 %	(schwach saure Böden)
gering	15 - 50 %	(saure Böden)
sehr gering	< 15 %	(stark bis sehr stark saure Böden)

Anhang zu 3.8: Probenahme

Sackproben (vgl. Methoden AF-PN und AF-PA in (33))

Aus dem Zentrum jedes Profilhorizontes, der frisch abgestochen und gereinigt wurde, entnimmt man einige Teilproben Feinerdematerial und füllt sie in einen Probesack. Wenn eine komplette Laboruntersuchung vorgesehen ist, genügt etwa ein Kilogramm abgetrocknete Feinerde. Die Probenahme beginnt im allgemeinen am untersten Horizont. Das Material wird im Labor schonend getrocknet und auf dem 2 mm Sieb gerieben.

Zylinderproben (vgl. Methoden PYZYL-PN und PYZYL-PA in (33))

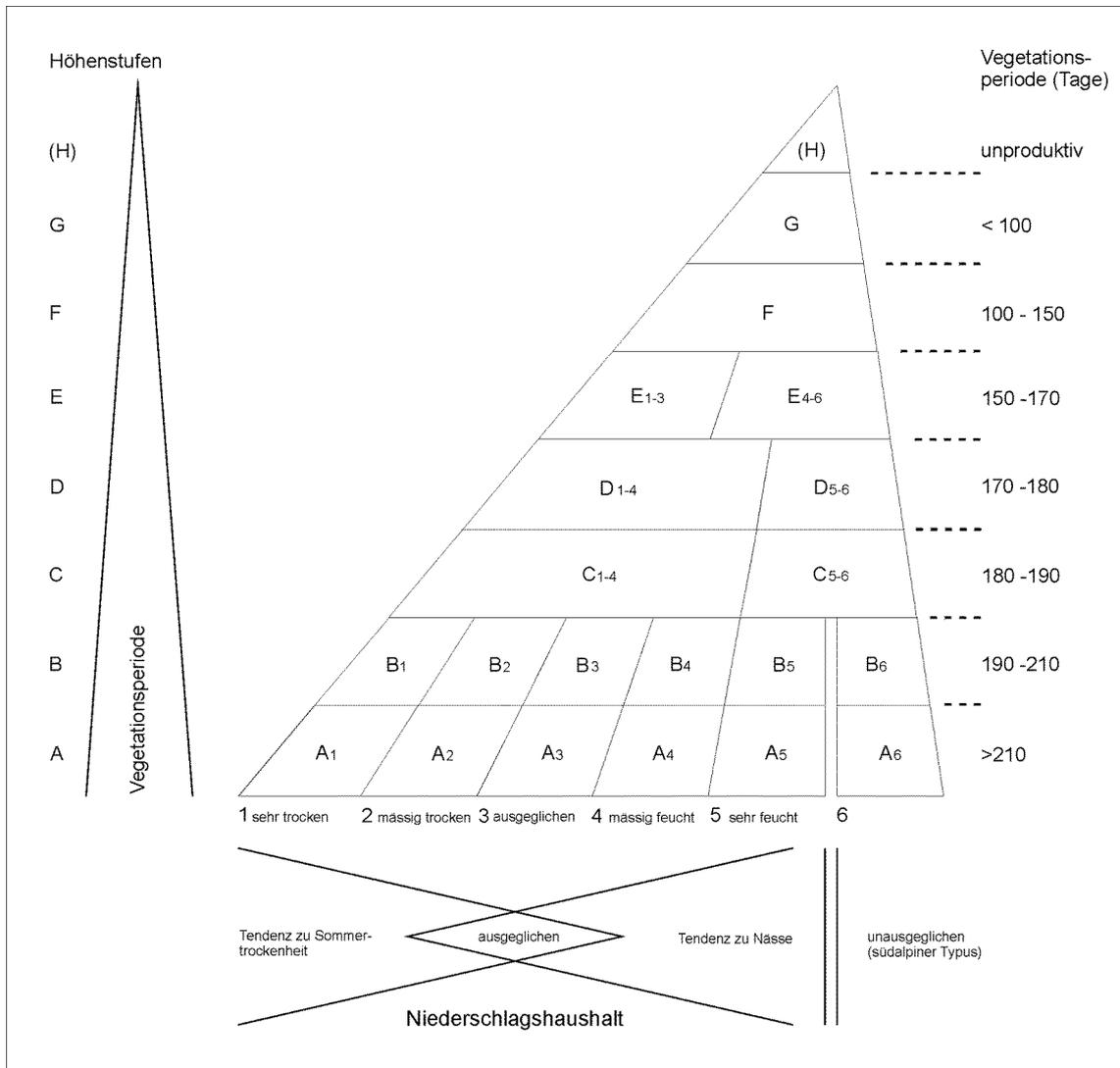
Zylinder aus rostfreiem Metall mit definiertem Volumen und gut schliessenden, aufsteckbaren Deckeln sind geeignet. Der Zylinder passt in eine Schneidehülse, mit der er vertikal in den Bodenhorizont gepresst wird. Da die Resultate später auf das Volumen des Zylinders bezogen werden, ist eine sehr sorgfältige Probenahme nötig. Von jedem Horizont sind mehrere Zylinderproben (Wiederholungen) zu entnehmen, um einen befriedigenden Durchschnitt der Ergebnisse zu erzielen.

Proben für Spezialuntersuchungen: Mikromorphologieproben

Ein Blechrahmen, der auf einer Seite geöffnet werden kann, wird mit einem Messer in den Boden eingeschnitten. Auf dem Rahmen ist die Orientierung der Probe im Profil vermerkt. Zwei Deckel verschliessen diesen Behälter zum Transport. Im Labor wird die Probe an der Luft oder im Gefriertrockner getrocknet.

Anhang zu 5.3.1: Geografisch-klimatische Bodenregion

Schematische Übersicht über den Aufbau der Klimaeignungskarte 1:200'000 (23).



9.2 Wichtige Labormethoden zur Bodenuntersuchung

Detaillierte Methodenbeschreibungen finden sich in den schweizerischen Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten (33).

Parameter	Bestimmungsmethode
pH-Messung	Referenzmethoden pH bzw. pH-C (33)
Kationenaustauschkapazität; tauschbare Kationen; Azidität/Basensättigung	Referenzmethoden KUK1-Ex, KUK1 und KUK1-H bzw. KUK2-Ex, KUK2 und KUK2-H in (33)
CaCO ₃ -Gehalt	Referenzmethode CaCO ₃ (33)
Elektrische Leitfähigkeit; Salzgehalt des Bodens	Im wässrigen Extrakt (1 Gew. Teil : 5 Vol. Teilen) wird die elektr. Leitfähigkeit bestimmt. Damit kann der Salzgehalt des Bodens als KCl-Äquivalent berechnet werden. <i>Resultatangabe:</i> ppm Gesamtsalz (KCl) oder elektr. Leitfähigkeit in Millisiemens (mS).
Org. C (Humus)	Referenzmethode Corg (33)
Ton- und Schluffgehalt	Referenzmethode KOM (33)
Bodenskelettgehalt	Ein möglichst genau definiertes Raumvolumen (Volumen des natürlich gelagerten Bodens) von ca. 4 dm ³ wird feldfrisch im Labor überstehend mit Wasser versetzt und über Nacht stehen gelassen. Dann wird die Feinerde in einem Siebsatz mit Maschenweiten von 20 und 50 mm nass gesiebt. Das Bodenskelett wird trocken zurückgewogen und daraus der Bodenskelettanteil berechnet. <i>Resultatangabe:</i> Vol.%, bezogen auf Raumvolumen
Gesamtporenvolumen	Referenzmethode PYZYL-V oder PYZYL-V, PYZYL-D und PY-DR (33)
Porenvolumen-Verteilung	Referenzmethode PYZYL-P (33)
Gesättigte Wasserleitfähigkeit	Referenzmethode PYZYL-WD (33)
Krümelstabilität	Probenahme und –aufbereitung: Referenzmethoden PY-AGR-PN und PYAGR-PA (33) Weiterverarbeitung durch die Nass-Siebung oder das Stampfvolumeter. Während die Nass-Siebung Hinweise zur Wasserstabilität der Krümel gibt, zeigt das Stampfvolumeter die Stabilität gegenüber mechanischer Belastung an.