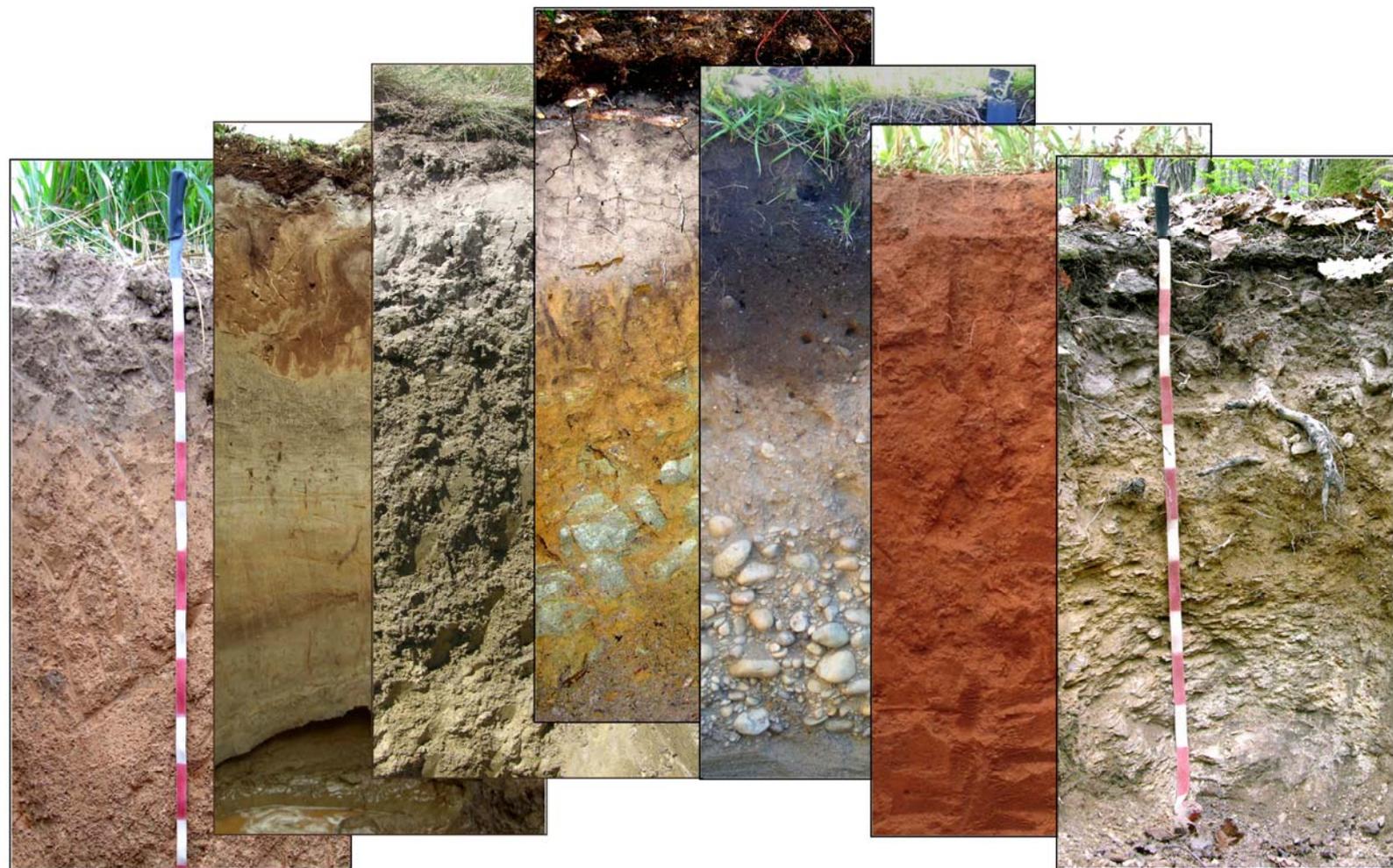


World Reference Base for Soil Resources 2006

Ein Rahmen für internationale Klassifikation,
Korrelation und Kommunikation

Erstes Update 2007

Deutsche Ausgabe



Titelbild:

Ferralsol (Ghana), Cryosol (Russian Federation), Solonetz (Hungary), Podzol (Austria), Phaeozem (United States of America), Lixisol (United Republic of Tanzania), Luvisol (Hungary). Zusammengestellt von Erika Michéli.

Kopien der deutschen Version sind verfügbar als

Download: <http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/>

oder bei der

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover, Deutschland

E-Mail: Info@bgr.de

Fax: (+49) 0511 643 2304

Copies of FAO publications can be requested from:

SALES AND MARKETING GROUP, Information Division
Food and Agriculture Organization of the United Nations
Viale delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italy

E-mail: publications-sales@fao.org

Fax: (+39) 06 57053360

Web site: <http://www.fao.org>

World Reference Base for Soil Resources 2006

Ein Rahmen für internationale Klassifikation,
Korrelation und Kommunikation

Erstes Update 2007

Deutsche Ausgabe

**Im Auftrage der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
übersetzt von Peter Schad**

**Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of the United Nations
by the
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Hannover 2008**

Diese Arbeit wurde als Original von der Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen (FAO) in englischer Sprache veröffentlicht als *World Reference Base for Soil Resources 2006 – World Soil Series Reports Nr. 103*. Die deutsche Übersetzung wurde von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) organisiert; sie trägt die Verantwortung für die Qualität der Übersetzung. Im Fall von Unstimmigkeiten gilt das englischsprachige Original.

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO in preference to others of a similar nature that are not mentioned. The views expressed herein are those of the authors and do not necessarily represent those of FAO.

Deutsche Ausgabe:

IUSS Working Group WRB (2007): World Reference Base for Soil Resources 2006. Erstes Update 2007. Deutsche Ausgabe. – Übersetzt von Peter Schad. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

ISBN 978-3-00-024824-5

Alle Rechte vorbehalten.

Für den sachlichen Inhalt sind die Autoren verantwortlich.

© BGR, Hannover 2008, German edition

Originalausgabe:

IUSS Working Group WRB. 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome.

ISBN 92-5-105511-4

All rights reserved. Reproduction and dissemination of material in this information product for educational or other non-commercial purposes are authorized without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged. Reproduction of material in this information product for resale or other commercial purposes is prohibited without written permission of the copyright holders. Applications for such permission should be addressed to:

Chief, Electronic Publishing Policy and Support Branch, Communication Division, FAO,
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy,
or by e-mail to: copyright@fao.org

© FAO, 2006, English edition

Inhaltsverzeichnis

VORWORT ZUR ORIGINALAUSGABE	vii
DANKSAGUNG ZUR ORIGINALAUSGABE	viii
VORWORT ZUR DEUTSCHEN AUSGABE	ix
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	x
1 WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES: HINTERGRUND	1
Geschichte	1
Von den Anfängen zur ersten Auflage 1998	1
Von der ersten Auflage 1998 zur zweiten Auflage 2006	2
Grundsätze	3
Aufbau	4
Schlüssel zu den Referenzbodengruppen (RSGs)	5
Qualifier	6
Verwendung der Qualifier in der WRB	7
Geographische Dimension der WRB-Qualifier	
– Bezug zum Kartenmaßstab	8
Gegenstand der WRB-Klassifikation	8
Die Regeln für die Klassifikation	9
Beispiel für eine Klassifikation nach WRB	10
2 DIAGNOSTISCHE HORIZONTE, EIGENSCHAFTEN UND MATERIALIEN	11
Diagnostische Horizonte	11
Albic Horizont	11
Anthraquic Horizont	12
Anthric Horizont	13
Argic Horizont	13
Calcic Horizont	15
Cambic Horizont	16
Cryic Horizont	17
Duric Horizont	18
Ferralic Horizont	19
Ferric Horizont	20
Folic Horizont	21
Fragic Horizont	21
Fulvic Horizont	22
Gypsic Horizont	23
Histic Horizont	24
Hortic Horizont	24
Hydragric Horizont	25
Irragric Horizont	25

Melanic Horizont	26
Mollic Horizont	26
Natric Horizont	28
Nitic Horizont	29
Petrocalcic Horizont	30
Petroduric Horizont	31
Petrogypsic Horizont	32
Petroplinthic Horizont	33
Pisoplinthic Horizont	33
Plaggic Horizont	34
Plinthic Horizont	35
Salic Horizont	36
Sombric Horizont	36
Spodic Horizont	37
Takyrlic Horizont	38
Terric Horizont	39
Thionic Horizont	40
Umbric Horizont	40
Vertic Horizont	41
Voronic Horizont	42
Yermic Horizont	43
Diagnostische Eigenschaften	44
Abrupter Bodenartenwechsel	44
Albeluvisc Tonguing	44
Andic Eigenschaften	44
Aridic Eigenschaften	46
Ferralic Eigenschaften	47
Geric Eigenschaften	47
Gleyic Farbmuster	47
Kontinuierlicher Fels	48
Reduzierende Verhältnisse	48
Sekundäre Carbonate	48
Stagnic Farbmuster	49
Vertic Eigenschaften	49
Vitric Eigenschaften	50
Wechsel des Ausgangsgesteins	50
Diagnostische Materialien	51
Artefakte	51
Calcaric Material	51
Colluvisc Material	51
Fluvisc Material	52
Gypsic Material	52
Limnic Material	52
Mineral Material	53
Organic Material	53
Ornithogenic Material	53
Sulphidic Material	54
Technisches Festgestein	54
Tephric Material	54

3 SCHLÜSSEL ZU DEN WRB-REFERENZBODENGRUPPEN MIT DEN LISTEN DER PRÄFIX- UND SUFFIX-QUALIFIER

4	DIE REFERENZBODENGRUPPEN: EIGENSCHAFTEN, VERBREITUNG, NUTZUNG UND MANAGEMENT	71
	Acrisole	71
	Albeluvisole	72
	Alisole	73
	Andosole	74
	Anthrosole	75
	Arenosole	76
	Calcisole	78
	Cambisole	79
	Chernozeme	80
	Cryosole	80
	Durisole	81
	Ferralsole	82
	Fluvisole	84
	Gleysole	85
	Gypsisole	86
	Histosole	86
	Kastanozeme	88
	Leptosole	88
	Lixisole	89
	Luvisole	90
	Nitisole	91
	Phaeozeme	92
	Planosole	93
	Plinthosole	94
	Podzole	95
	Regosole	96
	Solonchake	97
	Solonetze	98
	Stagnosole	100
	Technosole	100
	Umbrisole	101
	Vertisole	102
5	DEFINITIONEN DER BESTANDTEILE DER EINHEITEN DER ZWEITEN KLASSIFIKATIONSEBENE	105
	LITERATUR	123
	ANHANG	
1	ÜBERSICHT ÜBER DIE ANALYSEMETHODEN ZUR BODENCHARAKTERISIERUNG	125
2	EMPFOHLENE SYMBOLE FÜR DIE REFERENZBODENGRUPPEN, QUALIFIER UND SPECIFIER	129

Tabellenverzeichnis

- | | |
|--|---|
| 1. Vereinfachter Schlüssel zu den WRB-Referenzbodengruppen | 5 |
| 2. Präfix- und Suffix-Qualifier in der WRB – Beispiel Cryosole | 7 |

Vorwort zur Originalausgabe

The first official version of the World Reference Base for Soil Resources (WRB) was released at the 16th World Congress of Soil Science at Montpellier in 1998. At the same event, it was also endorsed and adopted as the system for soil correlation and international communication of the International Union of Soil Sciences (IUSS).

After eight years of intensive worldwide testing and data collection, the current state-of-the-art of the WRB is presented. This publication reflects the valuable work of the authors of the earlier drafts and the first version of the WRB, as well as the experiences and contributions of many soil scientists who participated in the work of the IUSS Working Group on the WRB.

Globalization and global environmental issues necessitate harmonization and correlation of technical languages, such as the one used in soil science. It is hoped that this publication will contribute to the understanding of soil science in the public debate and in the scientific community.

The publication has been made possible by the sustained efforts of a large group of expert authors, and the co operation and logistic support of the IUSS, the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Erika Michéli (Vorsitz), *Peter Schad* (Stellvertretender Vorsitz) and *Otto Spaargaren* (Sekretär)
IUSS Arbeitsgruppe WRB

David Dent
ISRIC – World Soil Information

Freddy Nachtergaele
Land and Water Development Division
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Danksagung zur Originalausgabe

The text of this publication is based on numerous valuable contributions from hundreds of soil scientists worldwide. They participated in field tours, workshops and conferences; they sent comments, and they tested the World Reference Base for Soil Resources (WRB) approach. This publication would not have been possible without the support of a number of international institutes and organizations, notably the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the National Resources Conservation Service of the United States of America, the European Soil Bureau hosted by the Joint Research Centre of the European Commission, the West and Central African Union of Soil Scientists Association, and the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) - World Soil Information, to name only the major ones. Last but not least, the Working Group World Reference Base of the International Union of Soil Sciences (IUSS) was supported by other IUSS working groups, in particular the Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas Working Group and the Cryosol Working Group of the IUSS/International Permafrost Association. National soil institutes in many countries assisted in WRB field tours, and organized conferences and WRB summer schools (listed in Chapter 1).

This edition has been edited by Erika Micheli (Szent Istvan University, Hungary), Peter Schad (Technische Universität München, Germany) and Otto Spaargaren (ISRIC – World Soil Information, Netherlands). Particular mention should go to Richard Arnold (United States of America), Hans-Peter Blume (Germany) and Rudi Dudal (Belgium). They were involved from the inception of the International Reference Base, more than 25 years ago, and have provided invaluable institutional memory for the objectives and approach.

The Working Group wishes to express its gratitude to FAO for its support and for making possible the printing and distribution of this publication.

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Seit die World Reference Base for Soil Resources (WRB) 1998 zum offiziellen Bodenklassifikationssystem der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS) wurde, hat sie ständig an Bedeutung gewonnen: Längst hat sie die akademischen Kreise der bodenkundlichen Institute verlassen und praktische Anwendung gefunden. Vor diesem Hintergrund wurde auch eine deutsche Fassung immer notwendiger, sodass die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Peter Schad (TU München) mit der Anfertigung einer deutschsprachigen WRB betraute. Folgende Grundlagen wurden für die vorliegende Übersetzung herangezogen:

- die Übersetzung der Revidierten Legende zur Weltbodenkarte von FAO und UNESCO (Bailly, Nieder 1997)
- die Übersetzung der 1. Auflage der WRB (Bailly, Mueller, Nieder, Schön 1998)
- Beiträge von Bailly und Nieder, veröffentlicht im Handbuch der Bodenkunde (Blume et al. 1996 ff.)

Schad hat sich im Wesentlichen an die dort beschriebenen Übersetzungsprinzipien gehalten. Gelegentlich hat er jedoch andere Wege beschritten, indem er z. B. die Bezeichnung World Reference Base for Soil Resources, seinerzeit das Ergebnis einer schwierigen Kompromissfindung, bewusst unübersetzt gelassen hat. Wie schon in den vorliegenden Übersetzungen war es in manchen Fällen erforderlich, ein und denselben englischen Fachbegriff je nach Kontext unterschiedlich ins Deutsche zu übersetzen. Zur Verdeutlichung wurde gelegentlich der englische Originalausdruck in Klammern beigelegt. Speziell im Kapitel 2 konnte Schad darüber hinaus deutsche Formulierungen aus den vorliegenden Übersetzungen übernehmen, wenn das englische Original gegenüber der ersten Auflage der WRB unverändert geblieben war. Geländemerkmale beziehen sich stets auf die Guidelines for Soil Description (FAO 2006). Die Labormethoden werden überblickshaft in Anhang 1 dargestellt.

Diese Übersetzung berücksichtigt bereits die 2007 in elektronischer Form auf der WRB-Homepage bei der FAO veröffentlichten Korrekturen und Ergänzungen (Update 2007). Relevant für die Klassifikation sind:

- Kapitel 1: Klarstellungen der Regeln für die Klassifikation
- Kapitel 2: kleinere Modifikationen der diagnostischen Kriterien einiger diagnostischer Horizonte (cambic, ferric, fragic, mollic, natric, petrocalcic, petroduric, petrogypsic, plaggic, plinthic, salic, spodic, takyric, umbric, voronic), Eigenschaften (andic, gleyic colour pattern, vitric) und Materialien (limnic, sulphidic, tephric)
- Kapitel 3: Änderungen der Kriterien bei Fluvisolen, Gleysolen und Calcisolen; klarere Formulierungen bei Chernozemen und Arenosolen; gelegentliche Streichungen, Ergänzungen oder Veränderungen der Reihenfolge in den Qualifier-Listen
- Kapitel 5: kleinere Modifikationen der Definitionen einiger Qualifier und Specifier sowie die Einführung der Qualifier Nudiargic und Pisocalcic

Bei einigen speziellen Übersetzungsproblemen konnte Schad auf die Unterstützung von H.-P. Blume, R. Jahn, A. Kölbl und W. Häusler zurückgreifen. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts sorgten R. Baritz und E. Eberhardt, für die textliche und formale Aufbereitung J. Behrens, K. Otremba und V. Schulze. Dank gebührt auch E. Michéli, und O. Spaargaren (zusammen mit Schad Leiter der WRB-Arbeitsgruppe) für langjährige Zusammenarbeit sowie D. Dent (ISRIC) und F. Nachtergaele (FAO) für deren Unterstützung bei der Anfertigung einer deutschsprachigen Version. Vor diesem Hintergrund übernimmt die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe gerne die Aufgabe der Herausgeberschaft einer deutschen Ausgabe der WRB.

Hannover, im Dezember 2007
Wolf Eckelmann

Abkürzungsverzeichnis

Al	Aluminium
Ca	Calcium
CaCO ₃	Calciumcarbonat
COLE	Koeffizient der linearen Ausdehnbarkeit (Coefficient of linear extensibility)
EC	Elektrische Leitfähigkeit (Electrical conductivity)
EC _e	Elektrische Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt
ESP	Sättigung an austauschbarem Natrium (Exchangeable sodium percentage)
FAO	Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
Fe	Eisen
GBR	Gesamtbasenreserve (Total reserve of bases)
HCl	Salzsäure
IRB	International Reference Base for Soil Classification
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
ISSS	Internationale Bodenkundliche Gesellschaft (International Society of Soil Science)
IUSS	Internationale Bodenkundliche Union (International Union of Soil Sciences)
K	Kalium
KAK	Kationenaustauschkapazität
KAK _{eff}	Effektive KAK
KOH	Kaliumhydroxid
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
N	Stickstoff
Na	Natrium
NaOH	Natriumhydroxid
ODOE	Optische Dichte im Oxalat-Extrakt (Optical density of the oxalate extract)
P	Phosphor
RSG	Referenzbodengruppe (Reference Soil Group)
S	Schwefel
SAR	Natriumadsorptionsverhältnis (Sodium adsorption ratio)
SiO ₂	Siliciumdioxid
SUITMA	Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (spezielle Arbeitsgruppe)
Ti	Titan
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme)
UNESCO	Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization)
USDA	US-Landwirtschaftsministerium (United States Department of Agriculture)
WRB	World Reference Base for Soil Resources
Zn	Zink

World Reference Base for Soil Resources: Hintergrund

GESCHICHTE

Von den Anfängen zur ersten Auflage 1998

Zu Beginn der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts nahm die gegenseitige Abhängigkeit der Länder der Erde bei der Versorgung mit Nahrungsmitteln und anderen Agrargütern immer stärker zu. Probleme der Landdegradation sowie der Ungleichverteilung von Produktionspotenzialen und der Fähigkeit zur Ernährung der Bevölkerung erregten weltweite Besorgnis und verlangten harmonisierte Bodeninformation. Vor diesem Hintergrund setzte sich die Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) dafür ein, einen Rahmen zu schaffen, mit dessen Hilfe die bestehenden Bodenklassifikationssysteme korreliert und harmonisiert werden konnten. Gleichzeitig sollte damit eine Grundlage für die internationale Kommunikation und den Erfahrungsaustausch über Böden gelegt werden. Die Erarbeitung eines solchen Rahmens erforderte eine aktivere Teilnahme der gesamten Gemeinschaft der Bodenkundler.

Auf Initiative der FAO, der Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO), des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) und der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (ISSS) kam 1980 eine Gruppe von Bodenkundlern in Sofia (Bulgarien) zusammen, die ein breites Spektrum bodenkundlicher Einrichtungen repräsentierten. Sie hatten das Ziel, die Weiterentwicklung der Weltbodenkarte (FAO–UNESCO, 1971–1981) zu einer internationalen Gemeinschaftsaufgabe zu machen. Gastgeber der Zusammenkunft war das Puschkarow-Institut für Bodenkunde und Ertragsplanung. Dabei wurde entschieden, eine International Reference Base for Soil Classification (IRB) zu entwickeln, für die eine Übereinkunft erzielt werden sollte über die wichtigsten im globalen Maßstab verwendeten Bodengruppen sowie über die Kriterien zu ihrer Definition und Unterscheidung. Dies war mit der Erwartung verbunden, solch eine Übereinkunft würde den Austausch von Information und Erfahrung erleichtern, eine gemeinsame wissenschaftliche Sprache schaffen, die angewandte Bodenkunde stärken und die Kommunikation mit anderen Disziplinen verbessern. Die Gruppe traf sich 1981 ein zweites Mal in Sofia und beschloss die allgemeinen Grundsätze für ein gemeinsames Programm zur Entwicklung einer IRB.

Der 12. Kongress der ISSS 1982 in Neu-Delhi (Indien) billigte dieses Programm. Zur Durchführung wurde die Arbeitsgruppe IRB gegründet mit E. Schlichting als Vorsitzendem und R. Dudal als Sekretär. Auf dem 13. Kongress der ISSS 1986 in Hamburg (Deutschland) wurde das Programm direkt der Kommission V übergeben, deren Vorsitzender A. Ruellan und deren Sekretär R. Dudal waren. Sie wurden auf dem 14. Kongress der IUSS 1990 in Kioto (Japan) in ihren Ämtern bestätigt.

1992 erfolgte die Umbenennung der IRB in World Reference Base for Soil Resources (WRB). Folgerichtig wurde 1994 auf dem 15. Kongress der ISSS in Acapulco, Mexiko, eine WRB-Arbeitsgruppe eingerichtet. J. Deckers wurde Vorsitzender, F. Nachtergaele sein Stellvertreter und O. Spaargaren Sekretär. Sie wurden auch 1998 auf dem 16. Kongress der ISSS in Montpellier (Frankreich) bestätigt. Auf dem 17. Bodenkundlichen Weltkongress 2002

in Bangkok (Thailand) wurde die Leitung des WRB-Programms an E. Michéli (Vorsitzende), P. Schad (Stellvertreter) und O. Spaargaren (Sekretär) übertragen.

Die IRB-Arbeitsgruppe fasste auf einem Treffen in Montpellier 1992 den Beschluss, dass die Revidierte FAO-UNESCO-Legende die Grundlage für die weitere Entwicklung der IRB sein sollte und dass die Anstrengungen beider Seiten nun gebündelt werden sollten. Es sollte die Aufgabe der IRB sein, die FAO-UNESCO-Bodeneinheiten gemäß den IRB-Prinzipien zu verfeinern und sie so mit der erforderlichen Tiefe und Plausibilität zu versehen.

Die Fortschritte bei der Vorbereitung der WRB wurden auf dem 15. Kongress der ISSS 1994 in Acapulco dargelegt (FAO, 1994). Zahlreiche Bodenkundler hatten eine Vielzahl von Beiträgen geliefert, und die WRB wurde auf Tagungen und Exkursionen diskutiert und getestet: Löwen (Belgien, 1995), Kiel (Deutschland, 1995), Moskau (Russland, 1996), Südafrika (1996), Argentinien (1997) und Wien (Österreich, 1997). Der erste offizielle Text der WRB wurde 1998 auf dem 16. Bodenkundlichen Weltkongress in drei Bänden vorgestellt:

1. World Reference Base for Soil Resources. An introduction.
2. World Reference Base for Soil Resources. Atlas.
3. World Reference Base for Soil Resources.

Der Rat der ISSS bestimmte daraufhin die WRB zur offiziell empfohlenen Terminologie für die Benennung und Klassifikation von Böden. Es wurde dann auf dem Konsenswege beschlossen, dass der Text mindestens acht Jahre lang unverändert bleiben sollte und in dieser Zeit genauestens getestet werden sollte. Eine Überarbeitung sollte dann auf dem 18. Bodenkundlichen Weltkongress 2006 vorgestellt werden.

Von der ersten Auflage 1998 zur zweiten Auflage 2006

In der Zeit von 1998 bis 2006 wurde die WRB zur offiziellen Referenznomenklatur für Böden und zur Bodenklassifikation der Europäischen Kommission. Die *West and Central African Soil Science Association* übernahm die WRB als bevorzugte Grundlage für Harmonisierung und Austausch von Bodeninformation in der Region. Der Haupttext wurde in 13 Sprachen übersetzt (Chinesisch, Deutsch, Französisch, Italienisch, Japanisch, Lettisch, Litauisch, Polnisch, Rumänisch, Russisch, Spanisch, Ungarisch und Vietnamesisch). In einigen Ländern wurde die WRB als oberste Hierarchieebene des nationalen Bodenklassifikationssystems eingeführt (z. B. Italien, Mexiko, Norwegen, Polen und Vietnam). Der Text wurde weiter erläutert durch ein Lehrbuch (*lecture notes*) und eine CD-ROM über die wichtigsten Böden der Welt (FAO, 2001a und 2001b) sowie im Jahre 2002 durch eine Karte der Weltbodenressourcen (World Soil Resources Map) im Maßstab 1:25.000.000, herausgegeben vom Joint Research Centre, der FAO und dem International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Eine Website wurde eingerichtet (<http://www.fao.org/landandwater/agll/wrb/default.stm>), und ein Newsletter wird seitdem unregelmäßig an Hunderte von Bodenkundlern versandt. Ein spezielles Augenmerk wurde auf die Nutzung von WRB-Informationen zu Landnutzung und Bodenmanagement auf Böden tropischer und arider Gebiete gelegt (FAO, 2003 und 2005). Eine Vielzahl von Artikeln mit Vorschlägen zur Verbesserung des Systems erschien in begutachteten bodenkundlichen Zeitschriften und Büchern. Außerdem fanden zwei Tagungen statt (einschl. Exkursionen): 2001 in Velenice (Ungarn, veranstaltet von der Szent-István-Universität in Gödöllő); und 2004 in Petrozavodsk (Russland, veranstaltet vom Institut für Biologie des Karelischen Forschungszentrums). Gleichzeitig wurde eine Reihe von Exkursionen durchgeführt, um das Konzept der WRB im Gelände zu testen und zu verbessern: Burkina Faso und Elfenbeinküste (1998); Vietnam und China (1998); Italien (1999); Georgien (2000); Ghana und Burkina Faso (2001); Ungarn (2001); Südafrika und Namibia (2003); Polen (2004); Italien (2004); Russland (2004); Mexiko (2005); Kenia und Tansania (2005); Ghana (2005).

Im Auftrag des Joint Research Centre der EU und koordiniert von E. Michéli (Ungarn) fanden Sommerschulen statt, in denen das WRB-System Studenten und Praktikern der Bodenkunde vermittelt wurde, und zwar 2003 und 2004 in Ispra (Italien) und 2005 in Gödöllő (Ungarn). Gleichzeitig gab die Europäische Kommission den *Soil Atlas of Europe* heraus, der auf der WRB basiert (European Soil Bureau Network/European Commission, 2005). Spezielle Anstrengungen wurden unternommen zur Harmonisierung der Nomenklatur mit der Soil Taxonomy des US-Landwirtschaftsministeriums (USDA) und anderen nationalen Bodenklassifikationssystemen. Einige nationale Klassifikationssysteme übernahmen Elemente der WRB, z. B. jene Chinas (CRGCST, 2001), Tschechiens (Němeček *et al.*, 2001), Litauens (Buivydaité *et al.*, 2001) und Russlands (Shishov *et al.*, 2001). 2005 wurde ein WRB-e-mail-Forum mit dem Ziel eingerichtet, die Vorschläge für die einzelnen Referenzbodengruppen zum Abschluss zu bringen. Davon unabhängig kamen Änderungsvorschläge auch von anderen Arbeitsgruppen der In-

ternationalen Bodenkundlichen Union (IUSS, früher ISSS), speziell von der Arbeitsgruppe Cryosole und der Arbeitsgruppe Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA). Einige dieser Vorschläge wurden im vorliegenden Text berücksichtigt.

Mit ihrer zweiten Auflage erfuhr die WRB eine umfangreiche Überarbeitung. Technosole und Stagnosole wurden eingeführt, wodurch sich die Zahl der Referenzbodengruppen (RSGs) von 30 auf 32 erhöhte. Technosole sind Böden mit einem bestimmten Anteil an Artefakten, einer künstlichen Geomembran oder technischem Festgestein. Die Stagnosole vereinigen bisherige Epistagnic-Untereinheiten zahlreicher RSGs. Auch in der Ordnung des Schlüssels gab es Veränderungen, wobei Anthrosole, Solonetze, Nitisole und Arenosole nach oben rückten. Die Definitionen zahlreicher diagnostischer Bodenhorizonte, Bodeneigenschaften und Materialien wurden angepasst. Die Qualifier sind nun in Präfix- und Suffix-Qualifier untergliedert. Präfix-Qualifier umfassen solche, die mit der betreffenden RSG typischerweise assoziiert sind (in der Reihenfolge ihrer Bedeutung), sowie Übergangsformen zu anderen RSGs (in der gleichen Reihenfolge wie im Schlüssel). Alle anderen Qualifier sind Suffix-Qualifier.

GRUNDSÄTZE

Die Grundsätze der WRB wurden schon bei den Treffen in Sofia 1980 und 1981 festgelegt und später von den zuständigen Arbeitsgruppen weiterentwickelt. Diese Grundsätze können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Die Bodenklassifikation basiert auf Bodenmerkmalen, die mit Hilfe von diagnostischen Horizonten, Eigenschaften und Materialien definiert sind und so weit als möglich messbar und im Gelände identifizierbar sein sollen.
- Die Auswahl diagnostischer Merkmale berücksichtigt deren Zusammenhang mit bodenbildenden Prozessen. Es wird anerkannt, dass das Verständnis bodenbildender Prozesse zu einer besseren Charakterisierung von Böden beiträgt, doch sollten die Prozesse nicht als solche als differenzierende Kriterien verwendet werden.
- So weit es auf einem hohen Niveau der Verallgemeinerung möglich ist, werden diagnostische Merkmale ausgewählt, die für das Bodenmanagement bedeutsam sind.
- Klimaparameter werden in der Bodenklassifikation nicht verwendet. Selbstverständlich werden sie für die Interpretation des Standorts gebraucht und dabei dynamisch mit Bodenparametern kombiniert, aber sie sollen nicht Teil der Definition von Bodeneigenschaften sein.
- Die WRB ist ein umfassendes Klassifikationssystem, unter dessen Schirm nationale Klassifikationssysteme eingegliedert werden können. Die WRB umfasst zwei Ebenen (Kategorien):
 - das **Referenzsystem (Reference Base)** als erste Ebene, das von 32 Referenzbodengruppen (Reference Soil Groups, RSGs) gebildet wird;
 - das **WRB-Klassifikationssystem**, das Kombinationen enthält, die jeweils aus einer Serie von klar definierten Präfix- und Suffix-Qualifiern und dem Namen der RSG bestehen, wodurch eine sehr präzise Charakterisierung und Klassifikation einzelner Bodenprofile möglich wird.
- Viele RSGs in der WRB repräsentieren größere Bodenregionen und ermöglichen so einen umfassenden Überblick über die Bodendecke der Erde.
- Das Referenzsystem ist nicht dazu gedacht, nationale Bodenklassifikationssysteme zu ersetzen, sondern soll eher als gemeinsamer Rahmen für die internationale Kommunikation dienen. Das heißt auch, dass die lokale Vielfalt auf Länderebene durch die unteren Ebenen (Kategorien), entsprechend einer dritten Ebene der WRB, dargestellt werden kann. Gegenwärtig behandeln die unteren Ebenen besonders solche Bodenmerkmale, die für Landnutzung und Landmanagement von Bedeutung sind.
- Die Revidierte Legende der FAO/UNESCO-Weltbodenkarte (FAO, 1988) war eine Grundlage für die Entwicklung der WRB. Die bei Erstellung der Legende und in deren

Umfeld erarbeiteten Korrelationen zwischen Bodeneinheiten verschiedener Systeme konnten auf diese Weise genutzt werden.

- Die erste Auflage der WRB, veröffentlicht 1998, umfasste 30 RSGs; die zweite Auflage, veröffentlicht 2006, hat 32 RSGs.
- Die Definitionen und Beschreibungen erfassen sowohl vertikale als auch laterale Variationen der Bodenmerkmale, wodurch auch räumliche Verknüpfungen innerhalb einer Landschaft berücksichtigt werden.
- Der Begriff *Referenzsystem* nimmt Bezug auf die von der WRB angestrebte Funktion eines gemeinsamen Rahmens. Seine Einheiten sind so weit gefasst, dass sie eine Harmonisierung und Korrelation zwischen bestehenden nationalen Systemen erlauben.
- Die WRB dient jedoch nicht nur der Verknüpfung bestehender Klassifikationssysteme, sondern auch als konsistentes Kommunikationswerkzeug zur Zusammenstellung globaler Bodendatenbanken sowie zur Inventur und zum Monitoring der Bodenressourcen der Welt.
- Die Nomenklatur zur Unterscheidung von Bodengruppen verwendet traditionelle Begriffe oder solche, die leicht in die zeitgenössische Sprache eingefügt werden können. Diese Begriffe sind präzise definiert, um Missverständnissen vorzubeugen, die bei der Verwendung von Namen mit verschiedenen Bedeutungen entstehen.

Der grundlegende Rahmen der FAO-Legende wurde zwar übernommen (mit zwei Ebenen (Kategorien) sowie Richtlinien für die Bildung von Einheiten in einer dritten Ebene), doch wurde die Zusammenfassung der unteren Ebenen beschlossen. Jede RSG der WRB erhielt eine Liste mit den möglichen Präfix- und Suffix-Qualifiern in der Reihenfolge ihrer Priorität, aus denen der Nutzer die Einheiten der zweiten Ebene bilden kann. Die wesentlichen Grundlagen zur Unterscheidung von Einheiten in der WRB sind:

- Auf der höheren Ebene sind die Einheiten vor allem nach dem beherrschenden bodenbildenden Prozess unterschieden, durch den die charakteristischen Bodenmerkmale entstanden sind, außer wo *spezielle Bodenausgangsmaterialien* von überragender Bedeutung sind.
- Auf der zweiten Ebene sind die Bodeneinheiten nach denjenigen untergeordneten bodenbildenden Prozessen unterschieden, welche die grundlegenden Bodenmerkmale deutlich verändert haben. In bestimmten Fällen werden Bodenmerkmale berücksichtigt, die einen prägenden Einfluss auf die Nutzung haben.

Es ist unbestritten, dass einige RSGs unter verschiedenen Klimabedingungen vorkommen können. Es wurde jedoch beschlossen, keine Unterscheidungen nach Klimamerkmale vorzunehmen, damit die Bodenklassifikation nicht von der Verfügbarkeit von Klimadaten abhängt.

AUFBAU

Die WRB umfasst gegenwärtig zwei Ebenen (Kategorien):

1. **Ebene 1: Die RSGs** mit 32 RSGs;
2. **Ebene 2: Die Kombinationen von RSG mit Qualifiern**, wodurch die Eigenschaften der jeweiligen RSG durch das Hinzufügen einer Serie von klar definierten Präfix- und Suffix-Qualifiern weiter spezifiziert werden.

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen (RSGs)

Der Schlüssel zu den RSGs in der WRB stammt von der Legende zur Weltbodenkarte. Wie deren Geschichte erkennen lässt, basiert der Schlüssel zu den Hauptbodeneinheiten der Legende zur Weltbodenkarte vor allem auf Funktionalität; der Schlüssel war so konzipiert, dass die korrekte Klassifizierung so effizient wie möglich hergeleitet werden konnte. Die Reihenfolge der Hauptbodeneinheiten war so gewählt, dass das zentrale Konzept der Hauptböden beinahe automatisch in Erscheinung trat, wenn man eine begrenzte Zahl von diagnostischen Horizonten, Eigenschaften und Materialien kurz überprüfte.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die RSGs und ihre logische Abfolge im WRB-Schlüssel. Die RSGs sind dabei auf der Basis derjenigen bodenbildenden Faktoren oder Prozesse zu Übergruppen zusammengefasst, die am deutlichsten die Bodenbildung bestimmen und hier *dominante Identifikatoren* genannt werden. Die Reihenfolge der RSGs ergibt sich aus folgenden Grundsätzen:

1. Zuerst gliedern die organischen Böden aus, die damit von den mineralischen Böden abgetrennt werden (*Histosole*).
2. Die zweite wichtige Entscheidung in der WRB ist die Berücksichtigung der *menschlichen Aktivität* als bodenbildender Faktor, woraus sich die Positionierung der *Anthrosole* und *Technosole* unmittelbar nach den *Histosolen* ergibt; die Aufnahme der neu eingeführten Technosole relativ am Anfang des Schlüssels erscheint auch aus folgenden Gründen konsequent:
 - man kann sehr früh diejenigen Böden ausgliedern, die man besser nicht berührt (toxische Böden, deren Untersuchung durch Spezialisten erfolgen sollte);
 - man erhält eine homogene Gruppe von Böden aus fremdartigen Materialien;
 - Politiker und Entscheidungsträger, die den Schlüssel benutzen, werden sofort mit diesen problematischen Böden konfrontiert.
3. Die nächstfolgenden Böden haben einen stark eingeschränkten Wurzelraum (*Cryosole* und *Leptosole*).
4. Dann kommen aktuell oder historisch stark von Wasser (mit der Ausnahme des Stauwassers) beeinflusste RSGs: *Vertisole*, *Fluvisole*, *Solonetze*, *Solonchake* und *Gleysole*.
5. Im folgenden Teil des Schlüssels sind RSGs zusammengefasst, bei denen die Chemie des Eisens (Fe) und/oder Aluminiums (Al) eine wesentliche Rolle in der Bodenbildung spielt: *Andosole*, *Podzole*, *Plinthosole*, *Nitrisole* und *Ferralsole*.
6. Als nächstes kommen Böden mit Stauwassereinfluss: *Planosole* und *Stagnosole*.
7. Die dann folgende Gruppierung umfasst Böden, die vornehmlich in Steppenregionen vorkommen und humusreiche Oberböden und hohe Basensättigungen aufweisen: *Chernoze-me*, *Kastanozeme* und *Phaeozeme*.
8. Als nächstes sind Böden trockenerer Regionen zusammengefasst mit Akkumulation von Gips (*Gypsisole*), Siliciumdioxid (*Durisole*) oder Calciumcarbonat (*Calcisole*).
9. Dann kommt eine Reihe von Böden mit tonreicherem Unterboden: *Albeluvisole*, *Alisole*, *Acrisole*, *Luvisole* und *Lixisole*.
10. Zum Schluss sind Böden zusammengestellt, die relativ jung sind, keine oder nur eine geringe Profildifferenzierung aufweisen oder aus sehr homogenen Sanden bestehen: *Umbri-sole*, *Arenosole*, *Cambisole* und *Regosole*.

TABELLE 1
Vereinfachter Schlüssel zu den WRB-Referenzbodengruppen

1. Böden mit mächtigen organischen Lagen:	Histosole
2. Böden mit starkem menschlichem Einfluss	
Böden mit langer und intensiver ackerbaulicher Nutzung:	Anthrosole
Böden mit vielen Artefakten:	Technosole
3. Böden mit eingeschränktem Wurzelraum durch flachgründig anstehenden Permafrost oder hohen Grobbodenanteil	
Durch Eis beeinflusste Böden:	Cryosole
Flachgründige oder extrem skelettreiche Böden:	Leptosole
4. Durch Wasser beeinflusste Böden	
Alternierende Nässe und Trockenheit, reich an quellfähigen Tonen	Vertisole
Flussauen, Gezeitenbereiche:	Fluvisole
Alkaliböden:	Solonetze
Salzanreicherung durch Evaporation:	Solonchake
Grundwasserbeeinflusste Böden:	Gleysole
5. Durch die Fe/Al-Chemie geprägte Böden	
Allophane oder Al-Humus-Komplexe:	Andosole
Cheluviation und Chilluviation:	Podzole
Akkumulation von Fe unter hydromorphen Bedingungen:	Plinthosole
Tonminerale geringer Aktivität, P-Fixierung, gut entwickeltes Bodengefüge:	Nitiosole
Dominanz von Kaolinit und Sesquioxiden:	Ferralsole
6. Böden mit Stauwassereinfluss	
Abrupter Bodenartenwechsel:	Planosole
Wechsel in der Struktur oder mäßiger Wechsel in der Bodenart:	Stagnosole
7. Akkumulation organischer Substanz, hoher Basenstatus	
Typischer mollic:	Chernozeme
Übergang zum trockeneren Klima:	Kastanozeme
Übergang zum feuchteren Klima:	Phaeozeme
8. Akkumulation von weniger leicht löslichen Salzen oder Nicht-Salzen	
Gips:	Gypsisole
Siliciumdioxid:	Durisole
Calciumcarbonat:	Calcisole
9. Böden mit tonreicherem Unterboden	
Albeluvisol Tonguing:	Albeluvisole
Niedriger Basenstatus, Tonminerale mit hoher KAK:	Alisole
Niedriger Basenstatus, Tonminerale mit geringer KAK:	Acrisole
Hoher Basenstatus, Tonminerale mit hoher KAK:	Luvisola
Hoher Basenstatus, Tonminerale mit geringer KAK:	Lixisola
10. Relativ junge Böden oder Böden mit geringer oder gar keiner Profildifferenzierung	
Mit saurem dunklem Oberboden:	Umbrisole
Sandige Böden:	Arenosole
Mäßig entwickelte Böden:	Cambisole
Böden ohne markante Profildifferenzierung:	Regosole

Qualifier

In der WRB unterscheidet man zwischen typischerweise assoziierten Qualifiern, Übergangs-Qualifiern und anderen Qualifiern. *Typischerweise assoziierte* Qualifier werden oft schon im Schlüssel als Kriterium zur Identifikation der betreffenden RSG verwendet, z. B. Hydragric oder Plaggic für die Anthrosole. *Übergangs*-Qualifier spiegeln wichtige diagnostische Kriterien einer anderen RSG wider. Der WRB-Schlüssel entscheidet zwar über die RSG, doch stellt in einem solchen Fall der Übergangs-Qualifier die Brücke zur anderen RSG her. *Andere Qualifier* sind weder typischerweise mit der betreffenden RSG assoziiert, noch stellen sie einen Übergang

zu anderen RSGs dar. Diese Gruppe behandelt Merkmale wie Farbe, Basenstatus und andere chemische und physikalische Eigenschaften – sofern sie für die betreffende Gruppe nicht als typischerweise assoziierte Qualifier betrachtet werden.

Verwendung der Qualifier in der WRB

Auf der Qualifier-Ebene wird ein zweistufiges System angewandt:

- **Präfix-Qualifier:** *typischerweise assoziierte Qualifier* und *Übergangs-Qualifier*. Die Reihenfolge der Übergangs-Qualifier folgt jener der RSGs im WRB-Schlüssel. Eine Ausnahme macht nur der den Übergang zu den Arenosolen kennzeichnende Qualifier, der wie die anderen die Bodenart behandelnden Qualifier als Suffix verwendet wird (s. unten). Haplic schließt die Liste der Präfix-Qualifier ab und gibt an, dass keiner der typischerweise assoziierten und keiner der Übergangs-Qualifier zutrifft.
- **Suffix-Qualifier:** *andere Qualifier*, wobei eine bestimmte Reihenfolge gilt: (1) Qualifier mit Bezug auf diagnostische Horizonte, Eigenschaften oder Materialien; (2) Qualifier mit Bezug auf chemische Merkmale; (3) Qualifier mit Bezug auf physikalische Merkmale; (4) Qualifier mit Bezug auf mineralogische Merkmale; (5) Qualifier mit Bezug auf Oberflächenmerkmale; (6) Qualifier mit Bezug auf die Bodenart, inklusive Skelettmerkmale; (7) Qualifier mit Bezug auf die Farbe; und (8) restliche Qualifier.
- Tabelle 2 gibt ein Beispiel für die Listen von Präfix- und Suffix-Qualifiern.

TABELLE 2

Präfix- und Suffix-Qualifier in der WRB – Beispiel Cryosole

Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Glacic	Gypsiric
Turbic	Calcaric
Folic	Ornithic*
Histic	Dystric
Technic	Eutric
Hyperskeletic	Reductaquic*
Leptic	Oxyaquic
Natric	Thixotropic
Salic	Aridic
Vitric	Skeletic
Spodic	Arenic
Mollic	Siltic
Calcic	Clayic*
Umbric	Drainic*
Cambic	Transportic*
Haplic	Novic*

* = neu eingeführte Qualifier

Beispiele:

1. Histic Turbic Cryosol (Reductaquic, Dystric).
2. Haplic Cryosol (Aridic, Skeletic).

Die Namen der **Präfix-Qualifier** werden immer vor den Namen der RSG gestellt; die Namen der **Suffix-Qualifier** werden immer in Klammern hinter den Namen der RSG angefügt. Nicht erlaubt sind Qualifier-Kombinationen, die ähnliche Merkmale oder Redundanzen ausdrücken, also Kombinationen wie Thionic und Dystric, Calcaric und Eutric oder Rhodic und Chromic.

Specifier wie Epi-, Endo-, Hyper-, Hypo-, Thapto-, Bathy-, Para-, Proto-, Cumuli- und Ortho- verwendet man zur Charakterisierung einer bestimmten Ausprägung eines Qualifiers.

Zur Klassifikation eines Bodenprofils müssen alle zutreffenden Qualifier aus der Liste angegeben werden. Für Kartenzwecke entscheidet der Maßstab über die Zahl der verwendeten Qualifier. Hierbei haben Präfix-Qualifier Priorität vor den Suffix-Qualifiern.

In den Qualifier-Listen sind die meisten Fälle für die jeweiligen RSGs berücksichtigt. Werden nicht aufgelistete Qualifier benötigt, so sollten diese Fälle dokumentiert und der WRB-Arbeitsgruppe berichtet werden.

Geographische Dimension der WRB-Qualifier – Bezug zum Kartenmaßstab

Die WRB war ursprünglich nicht für die Kartierung von Böden konzipiert, hat aber ihre Wurzeln in der Legende zur Weltbodenkarte. Schon bevor es die WRB gab, wurde die FAO-Legende auf verschiedenen Maßstabsebenen zur Bodenkartierung verwendet, und zwar durchaus erfolgreich (z. B. die Bodenkartierungen in Bangladesch, Botswana, Äthiopien, der Europäischen Union, Kenia und Tansania). Ob nun wünschenswert oder nicht, die WRB wird als Instrument zur Erstellung von Bodenkarten verwendet (z. B. bei der Bodenkarte Europas im Maßstab 1:1.000.000 oder bei der Bodenkarte des zentralen Hochlands von Vietnam im Maßstab 1:250.000).

Ein Grundsatz bei der Bodenkartierung ist, dass der Kartierer die Kartenlegende bestmöglich an den Zielen der Kartierung orientiert. Wenn die Konzeption der WRB speziell die Erstellung kleinmaßstäbiger Karten der globalen Bodenlandschaften erlaubt, wäre eine Struktur vorteilhaft, die sich für solche Übersichtskarten eignet. Aus diesem Grund sollten die Qualifier-Listen im Zusammenhang mit der Verwendung der WRB für Bodenübersichtskarten der Welt oder einzelner Kontinente diskutiert werden. Deshalb wird hier vorgeschlagen¹, die WRB-Qualifier bei kleinmaßstäbigen Karten folgendermaßen zu berücksichtigen:

- nur Präfix-Qualifier für Karten im Maßstab 1:5 Mio. bis 1:1 Mio.
- zusätzlich Suffix-Qualifier für Karten im Maßstab 1:1 Mio. bis 1:250.000.

Für größere Maßstäbe wird vorgeschlagen, zusätzlich nationale oder lokale Bodenklassifikationssysteme zu verwenden. Sie sind gerade für die Erfassung lokaler Bodenvariabilität konzipiert, was eine World Reference Base niemals leisten kann.

GEGENSTAND DER WRB-KLASSIFIKATION

Wie viele Wörter der Alltagssprache, so hat auch das Wort Boden verschiedene Bedeutungen. In seiner traditionellen Bedeutung ist Boden das natürliche Medium für Pflanzenwachstum, unabhängig davon, ob es erkennbare Bodenhorizonte gibt (Soil Survey Staff, 1999). In der WRB von 1998 wurde Boden definiert als:

“... ein kontinuierlicher Naturkörper, der drei räumliche und eine zeitliche Dimension hat. Die drei Hauptmerkmale sind:

- Er ist aus **mineralischen und organischen Bestandteilen** aufgebaut und umfasst eine feste, eine flüssige und eine gasförmige Phase.
- Die Bestandteile weisen **Strukturen** auf, die spezifisch sind für das Medium Boden. Diese Strukturen bilden den morphologischen Aspekt des Bodens, entsprechend der Anatomie von Lebewesen. Sie ergeben sich aus der Geschichte des Bodens sowie aus dessen gegenwärtiger Dynamik und dessen gegenwärtigen Eigenschaften. Das Studium der Bodenstruktur erleichtert die Wahrnehmung der physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften; es erlaubt das Verständnis der Vergangenheit und Gegenwart des Bodens und die Vorhersage seiner Zukunft.
- Der Boden befindet sich in **dauernder Entwicklung**, woraus sich als vierte Dimension die Zeit ergibt.”

Obwohl es gute Gründe gibt, die Ansprache und Kartierung von Böden auf identifizierbare stabile Bodenareale mit einer bestimmten Mächtigkeit zu beschränken, hat die WRB einen umfassenderen Ansatz gewählt und benennt jedes Objekt, das Teil der *Epidermis der Erde* ist

¹ Dieser Vorschlag wurde nach Veröffentlichung der WRB 2006 als unklug kritisiert, da für viele anwendungsbezogene Karten bestimmte Suffix-Qualifier von weit größerer Bedeutung sind als einige der Präfix-Qualifier (Anm. d. Übersetzers).

(Nachtergaele, 2005). Dieser Ansatz hat eine Reihe von Vorteilen, insbesondere ermöglicht er, Umweltprobleme in einer systematischen und ganzheitlichen Weise anzugehen, und vermeidet unfruchtbare Diskussionen über eine allgemein akzeptierte Definition von Boden sowie über deren Kriterien für Mächtigkeit und Stabilität. Deshalb ist der in der WRB klassifizierte Gegenstand: jedes Material innerhalb von 2 m unter der Erdoberfläche, das in Kontakt mit der Erdatmosphäre steht, mit Ausnahme von lebenden Organismen, dauernd durch Eis bedeckten Bereichen, in denen das Eis nicht wiederum von anderem Material bedeckt ist, und Wasserkörper, die tiefer als 2 m sind¹.

Die Definition umfasst auch kontinuierlichen Fels, asphaltierte Stadtböden, Böden in Industriearealen, Höhlenböden und Unterwasserböden. Böden unter kontinuierlichem Fels sind, ausgenommen jene in Höhlen, im Allgemeinen nicht zur Klassifikation vorgesehen. In speziellen Fällen kann die WRB jedoch zur Klassifikation von Böden unter Fels verwendet werden, z. B. zur paläobodenkundlichen Rekonstruktion von vergangenen Umweltzuständen.

Die horizontale Dimension des klassifizierten Gegenstands sollte so groß sein, dass jeder mögliche Horizont und jede mögliche Variabilität dargestellt werden kann. Die minimale horizontale Fläche kann dabei zwischen 1 und 10 m² betragen, abhängig von der Variabilität des Bodens.

DIE REGELN FÜR DIE KLASSIFIKATION

Die Klassifikation erfolgt in drei Schritten.

Schritt eins

Die Ausprägung, Mächtigkeit und Tiefe von Bodenlagen wird abgeglichen mit den Kriterien der diagnostischen Horizonte, Eigenschaften und Materialien der WRB, die über Morphologie und/oder analytische Kriterien definiert sind (Kapitel 2). Wo eine Bodenlage die Kriterien von mehreren diagnostischen Horizonten, Eigenschaften oder Materialien erfüllt, werden diese als überlappend oder zusammenfallend betrachtet.

Schritt zwei

Die ermittelte Kombination von diagnostischen Horizonten, Eigenschaften und Materialien wird abgeglichen mit dem WRB-Schlüssel (Kapitel 3), wodurch die RSG bestimmt und damit die erste Ebene der WRB-Klassifikation erreicht wird. Der Nutzer sollte den Schlüssel systematisch durchgehen, d. h. am Anfang beginnen und eine RSG nach der anderen ausschließen, deren Kriterien nicht komplett erfüllt sind. Der Boden wird der - in der Reihenfolge des Schlüssels - ersten RSG zugerechnet, deren Kriterien vollständig erfüllt sind.

Schritt drei

Für die zweite Ebene der WRB-Klassifikation werden Qualifier verwendet. Die Qualifier sind im Schlüssel bei der jeweiligen RSG aufgelistet, und zwar getrennt nach Präfix- und Suffix-Qualifiern. **Präfix-Qualifier** umfassen die mit der betreffenden RSG **typischerweise assoziierten Qualifier** und die **Übergangs-Qualifier** zu anderen RSGs. Alle anderen Qualifier sind als Suffix-Qualifier aufgeführt. Für die Klassifikation auf der zweiten Ebene müssen alle zutreffenden Qualifier zum Namen der RSG hinzugefügt werden. Redundante Qualifier (deren Merkmale inbegriffen sind in einem bereits hinzugefügten Qualifier) werden weggelassen. Die Präfix-Qualifier werden ohne Klammern und ohne Kommas vor den Namen der RSG gestellt. Die Reihenfolge ist von rechts nach links, d. h. der Qualifier, der in der Liste am weitesten oben steht, steht dem Namen der RSG am nächsten. Die Suffix-Qualifier werden in einer Klammer hinter den Namen der RSG gestellt und durch Kommas voneinander getrennt. Die Reihenfolge ist von links nach rechts, entsprechend der Qualifier-Liste von oben nach unten. Weiter unten folgt ein Beispiel.

¹ In Gezeitenbereichen gilt die Wassertiefe von 2 m bei Niedrigwasser.

Den Grad der Ausprägung eines Qualifiers kann man durch Zusatz eines **Specifiers** angeben. Qualifier, die begrabene Bodenlagen charakterisieren und Bezug nehmen auf diagnostische Horizonte, Eigenschaften und Materialien, können mit dem Thapto-Specifier gekennzeichnet werden, der mit allen entsprechenden Qualifiern aus Kapitel 5 verwendet werden kann, selbst wenn der Qualifier in der individuellen Qualifier-Liste der betreffenden RSG in Kapitel 3 nicht enthalten ist. Im letztgenannten Falle wird der mit Thapto- kombinierte Qualifier als letzter Suffix-Qualifier angefügt.

Ist ein Boden unter neuerem Material begraben, so gelten folgende Regeln:

1. Das aufgelagerte neue Material und der begrabene Boden werden wie ein einziger Boden klassifiziert, wenn sie zusammengenommen die Kriterien der RSGs Histosol, Technosol, Cryosol, Leptosol, Vertisol, Fluvisol, Gleysol, Andosol, Planosol, Stagnosol oder Arenosol erfüllen.
2. Trifft dies nicht zu, wird das neue Material auf der ersten Ebene der WRB klassifiziert, wenn es mindestens 50 cm mächtig ist oder für sich allein betrachtet die Kriterien einer RSG erfüllt, die im Schlüssel vor dem Regosol kommt.
3. In allen anderen Fällen wird der begrabene Boden auf der ersten Ebene klassifiziert.
4. Wenn der Boden aus dem aufgelagerten Material auf der ersten Ebene klassifiziert wird, wird der Name des begrabenen Bodens mit dem Wort „over“ hinter dem Namen des aufgelagerten Bodens angefügt, z. B. Technic Umbrisol (Greyic) over Rustic Podzol (Skeletal). Wird hingegen der begrabene Boden auf der ersten Ebene klassifiziert, so wird das aufgelagerte Material durch den Qualifier Novic gekennzeichnet.

Zur Beschreibung des Bodens und seiner Merkmale wird die Verwendung der *Guidelines for Soil Description* (FAO, 2006) empfohlen. Dabei ist es zweckmäßig, Vorkommen und Tiefe der identifizierten diagnostischen Horizonte, Eigenschaften und Materialien zu notieren.

Die Klassifikation im Gelände ermöglicht eine vorläufige Erfassung aller beobachtbaren oder leicht messbaren Eigenschaften und Merkmale eines Bodens und der ihn umgebenden Landschaft. Die endgültige Klassifikation erfolgt, wenn die Analysendaten verfügbar sind. Zur Bestimmung der chemischen und physikalischen Merkmale werden die *Procedures for Soil Analysis* (Van Reeuwijk, 2006) empfohlen. Eine Zusammenfassung der dort dargestellten Methoden ist in Anhang 1 beigegeben.

Beispiel für eine Klassifikation nach WRB

Ein Boden hat einen ferralic Horizont; im oberen Teil des ferralic Horizonts ändert sich innerhalb von 15 cm die Bodenart von sandigem Lehm zu sandigem Ton. Der pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 6 und zeigt damit mäßige bis hohe Basensättigung an. Der B-Horizont ist dunkelrot; unterhalb von 50 cm taucht eine bestimmte Fleckung (mottling) auf. Die Klassifikation dieses Bodens im Gelände ist: **Lixic Ferralsol (Ferric, Rhodic)**. Wenn die nachfolgende Laboranalyse zeigt, dass die Kationenaustauschkapazität (KAK) des ferralic Horizont unter $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Ton liegt, lautet die endgültige Klassifikation: **Lixic Vetic Ferralsol (Ferric, Rhodic)**.

Diagnostische Horizonte, Eigenschaften und Materialien

Vorbemerkungen des Übersetzers:

Der Bereich “unter der Bodenoberfläche” bezieht H-, Of- und Oh-Horizonte mit ein, der Bereich “unter der Mineralbodenoberfläche” schließt diese Horizonte hingegen aus.

Die Bodenarten werden gemäß FAO (2006) angegeben und sind damit nicht identisch mit jenen der Ad-hoc-AG Boden (2005).

Diagnostische Horizonte und *Eigenschaften* sind durch eine Kombination von Attributen gekennzeichnet, die weit verbreitete und typische Ergebnisse bodenbildender Prozesse widerspiegeln (Bridges, 1997) oder spezifische Bedingungen der Bodenbildung anzeigen. Ihre Merkmale können im Gelände oder im Labor beobachtet oder gemessen werden. Um als diagnostisch zu gelten, müssen sie eine minimale oder maximale Ausprägung aufweisen. *Diagnostische Horizonte* müssen zusätzlich eine bestimmte Mächtigkeit haben und sind somit als Lage im Boden erkennbar.

Diagnostische Materialien sind Materialien, die bodenbildende Prozesse nachdrücklich beeinflussen.

DIAGNOSTISCHE HORIZONTE

Albic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der albic Horizont (von lat. *albus*, weiß) ist ein hell gefärbter Unterbodenhorizont, aus dem Ton und freie Eisenoxide abgeführt wurden oder in welchem die Oxide so weitgehend von den übrigen Mineralpartikeln isoliert vorliegen, dass die Farbe des Horizonts durch die der Sand- und Schluffpartikel bestimmt ist und nicht durch die der Überzüge auf diesen Partikeln. Der Horizont besitzt im Allgemeinen ein schwach ausgeprägtes Aggregatgefüge, oder die Aggregatentwicklung fehlt völlig. Die Ober- und Untergrenzen sind normalerweise scharf oder deutlich. Die Form dieser Grenzen ist unterschiedlich, und in manchen Fällen ist ein *albeluvic Tonguing* ausgebildet. Albic Horizonte sind meist von gröberer Bodenart als die darüber oder darunter liegenden Horizonte, wobei die Unterschiede zu einem eventuell darunter liegenden *spodic* Horizont auch nur schwach ausgeprägt sein können. Viele albic Horizonte treten unter feuchten Bedingungen auf und sind durch *reduzierende Verhältnisse* geprägt.

Diagnostische Kriterien

Ein albic Horizont hat:

1. eine Munsell-Farbe (trocken) mit **entweder**:
 - a. einer Helligkeit (value) 7 oder 8 und einer Sättigung (chroma) höchstens 3; **oder**
 - b. einer Helligkeit 5 oder 6 und einer Sättigung höchstens 2; **und**
2. eine Munsell-Farbe (feucht) mit **entweder**:
 - a. einer Helligkeit 6, 7 oder 8 und einer Sättigung höchstens 4; **oder**
 - b. einer Helligkeit 5 und einer Sättigung höchstens 3; **oder**
 - c. einer Helligkeit 4 und einer Sättigung höchstens 2¹. Eine Sättigung 3 ist erlaubt, wenn die Ausgangsmaterialien den Farbton (hue) 5 YR oder stärker rot besitzen und die Sättigung durch nicht umhüllte Schluff- oder Sandkörner hervorgerufen ist; **und**
3. eine Mindestmächtigkeit von 1 cm.

¹ Die Farbkriterien wurden gegenüber den Definitionen in FAO–UNESCO–ISRIC (FAO, 1988) und Soil Survey Staff (1999) leicht verändert, damit auch albic Horizonte erfasst werden können, die einen deutlichen Sättigungswechsel beim Anfeuchten zeigen. Solche albic Horizonte kommen z. B. häufig im südlichen Afrika vor.

Identifikation im Gelände

Die Identifikation im Gelände beruht auf den Bodenfarben. Zusätzlich kann mit einer Lupe (10fach) überprüft werden, ob die Überzüge auf Sand- und Schluffkörnern fehlen.

Zusätzliche Merkmale

Das Auftreten von Überzügen auf Sand- und Schluffkörnern kann mikroskopisch an Dünnschliffen ermittelt werden. Nicht umhüllte Körner zeigen üblicherweise eine sehr dünne Grenzlinie entlang ihrer Oberfläche. Die Überzüge können aus organischen Verbindungen, Eisenoxiden oder beidem bestehen und sind im Durchlicht dunkel gefärbt. Im Auflicht zeigen Eisenoxid-Überzüge rötliche Farben, während organische Überzüge bräunlichschwarz bleiben.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Albic Horizonte befinden sich normalerweise unter humusreicheren Oberbodenhorizonten, können aber auch durch Erosion oder künstlichen Abtrag des Oberbodens an der Oberfläche auftreten. Albic Horizonte können als Extremfälle von Auswaschungshorizonten angesehen werden, weshalb sie meistens vorkommen in Verbindung mit darunter befindlichen Einwaschungshorizonten wie *argic*, *natric* oder *spodic* Horizonten. In sandigen Materialien können albic Horizonte beträchtliche Mächtigkeiten erreichen, und zwar bis zu mehreren Metern, vor allem in humiden tropischen Gebieten. Dort kann es schwierig werden, die in größerer Tiefe auftretenden diagnostischen Einwaschungshorizonte zu finden.

Anthraquic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

Ein anthraquic Horizont (von gr. *anthropos*, Mensch, und lat. *aqua*, Wasser) ist ein vom Menschen überprägter Oberbodenhorizont, der aus einer Durchmischungslage (puddled layer) und einer Pflugsohle (plough pan) besteht.

Diagnostische Kriterien

Ein anthraquic Horizont ist ein Oberbodenhorizont und hat:

1. eine Durchmischungslage mit den beiden folgenden Merkmalen:
 - a. ein Munsell-Farbtone 7.5 YR oder stärker gelb oder GY, B oder BG; eine Helligkeit (feucht) höchstens 4; eine Sättigung (feucht) höchstens 2¹; **und**
 - b. eingeregelter Aggregate und blasenförmige Poren; **und**
2. eine Pflugsohle unter der Durchmischungslage mit allen folgenden Merkmalen:
 - a. Plattengefüge; **und**
 - b. eine Lagerungsdichte um mindestens 20 Prozent (relativ) höher als die der Durchmischungslage; **und**
 - c. gelblichbraune, braune oder rötlichbraune Eisen-Mangan-Flecken (mottles) oder -Überzüge (coatings); **und**
3. eine Mindestmächtigkeit von 20 cm.

Identifikation im Gelände

Die Durchmischungslage zeigt Reduktions- und Oxidationsmerkmale, weil sie Teile des Jahres unter Wasser steht. Wenn sie nicht unter Wasser steht, so ist sie sehr brüchig und hat eingeregelter kleine Aggregate von offener Lagerungsart². Die Pflugsohle ist kompakt, zeigt ein Plattengefüge, lässt nur sehr langsame Infiltration zu und weist entlang von Rissen und Wurzelröhren gelblichbraune, braune oder rötlichbraune Rostflecken auf.

¹ Die Farbkriterien wurden von der Chinese Soil Taxonomy (CRGCST, 2001) übernommen.

² Die englische Fassung bezieht diesen Satz irrtümlicherweise auf den gesamten anthraquic Horizont (Anm. d. Übersetzers).

Anthric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein anthric Horizont (von gr. *anthropos*, Mensch) ist ein mäßig mächtiger, dunkel gefärbter Oberbodenhorizont, der durch langdauernde Nutzung (Pflügen, Kalken, Düngen etc.) entstanden ist.

Diagnostische Kriterien

Ein anthric Horizont¹ ist ein mineralischer Oberbodenhorizont und:

1. erfüllt alle Kriterien eines *mollic* oder *umbric* Horizonts bezüglich Farbe, Gefüge und Gehalt an organischem Material; **und**
2. zeigt menschliche Störung durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. eine scharfe Untergrenze in Pflugtiefe (Pflugsohle); **oder**
 - b. Klumpen aufgetragenen Kalks; **oder**
 - c. eine Durchmischung der Bodenlagen durch Bearbeitung; **oder**
 - d. mindestens $1,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, löslich in 1%iger Citronensäure; **und**
3. hat unterhalb der Pflugtiefe weniger als 5 Volumenprozent Tierröhren, Losung oder andere Spuren von Bodentieraktivität; **und**
4. hat eine Mindestmächtigkeit von 20 cm.

Identifikation im Gelände

Anthric Horizonte finden sich in altem Kulturland, das seit Jahrhunderten unter dem Pflug steht. Kennzeichen der Durchmischung oder Bearbeitung, der Kalkung (z. B. Reste von aufgebrauchten Kalkbröckchen) und die dunkle Farbe sind die Hauptkriterien zu ihrer Erkennung.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Anthric Horizonte können *mollic* oder *umbric* Horizonten ähneln oder sich mit ihnen überlappen. Anthric Horizonte können sich aus *umbric* Horizonten durch menschliche Einflüsse entwickelt haben. Da sie eine beachtliche Zeit gekalkt wurden, ist ihre Basensättigung hoch. Das unterscheidet sie von *umbric* Horizonten. Die üblicherweise niedrige Tieraktivität unterhalb der Pflugtiefe ist ungewöhnlich in Böden mit *mollic* Horizonten.

Argic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der argic Horizont (von lat. *argilla*, weißer Ton) ist ein Unterbodenhorizont, der deutlich höhere Tongehalte aufweist als der darüber liegende Horizont. Die Bodenartenunterschiede können hervorgerufen worden sein durch:

- illuviale Tonanreicherung;
- bevorzugte pedogenetische Tonneubildung im Unterboden;
- Tonzerstörung im Oberboden;
- selektive Erosion der Tonfraktion an der Oberfläche;
- Aufwärtsbewegung von größeren Partikeln durch Schwellung und Schrumpfung;
- biologische Aktivität;
- eine Kombination von zwei oder mehr dieser Prozesse.

Eine oberflächliche Sedimentation von Materialien, die gröber sind als der darunter liegende Horizont, mag einen pedogenetischen Bodenartenunterschied verstärken. Allerdings qualifiziert ein bloßer *Wechsel des Ausgangsgesteins*, wie er z. B. in alluvialen Ablagerungen vorkommt, nicht als argic Horizont.

Böden mit argic Horizonten haben oft zusätzlich zur bloßen Tongehaltszunahme bestimmte morphologische, physiko-chemische und mineralogische Eigenschaften. Diese Eigenschaften

¹ Nach Krogh und Greve (1999), verändert.

erlauben es, unterschiedliche Typen von argic Horizonten zu unterscheiden und ihre Entstehungswege zurückzuverfolgen (Sombroek, 1986).

Diagnostische Kriterien

Ein argic Horizont:

1. hat die Bodenart lehmiger Sand oder feiner und mindestens 8 Prozent Ton im Feinboden; **und**
2. hat mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. wenn ein Horizont mit gröberer Bodenart darüber liegt, der nicht gepflügt ist und sich vom argic Horizont nicht durch einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* unterscheidet, mehr Gesamtton als dieser darüber liegende Horizont, und zwar:
 - i. mindestens 3 Prozent mehr Ton, wenn der darüber liegende Horizont in der Feinerde weniger als 15 Prozent Ton enthält; **oder**
 - ii. mindestens 1,2-mal so viel Ton, wenn der darüber liegende Horizont in der Feinerde mindestens 15 Prozent aber weniger als 40 Prozent Ton enthält; **oder**
 - iii. mindestens 8 Prozent mehr Ton, wenn der darüber liegende Horizont in der Feinerde mindestens 40 Prozent Ton enthält; **oder**
 - b. eine durch mindestens eines der folgenden Merkmale erkennbare Toneinwaschung:
 - i. Brücken aus eingeregelterm Ton zwischen Sandkörnern; **oder**
 - ii. Tonhäute an den Porenwandungen; **oder**
 - iii. Tonhäute sowohl an vertikalen als auch horizontalen Aggregatoberflächen; **oder**
 - iv. eingeregelte Tonkörperchen, die im Dünnschliff mindestens 1 Prozent des Querschnitts einnehmen; **oder**
 - v. einen Koeffizienten der linearen Ausdehnbarkeit (coefficient of linear extensibility - COLE) von mindestens 0,04 und ein Verhältnis von Feinton¹ zu Gesamtton, das im argic Horizont mindestens 1,2-mal so groß ist wie im darüber liegenden Horizont mit gröberer Bodenart; **und**
3. hat, wenn ein Horizont mit gröberer Bodenart darüber liegt, der nicht gepflügt ist und sich vom argic Horizont nicht durch einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* unterscheidet, eine Zunahme des Tongehalts innerhalb der folgenden vertikalen Distanzen:
 - a. 30 cm, wenn Toneinwaschung erkennbar ist; **oder**
 - b. 15 cm; **und**
4. ist nicht Teil eines *natric* Horizonts; **und**
5. hat eine Mächtigkeit von mindestens einem Zehntel der Gesamtmächtigkeit aller darüber liegenden Horizonte, sofern vorhanden, und ist:
 - a. mindestens 7,5 cm mächtig, wenn er nicht ausschließlich aus Tonbändern (lamellae) besteht (die mindestens 0,5 cm mächtig sind) und seine Bodenart feiner als lehmiger Sand ist; **oder**
 - b. mindestens 15 cm mächtig (kumulative Mächtigkeit für den Fall, dass er ausschließlich aus mindestens 0,5 cm mächtigen Tonbändern besteht).

Identifikation im Gelände

Die Bodenartenunterschiede sind das wichtigste Merkmal zum Erkennen von argic Horizonten. Toneinwaschung kann mit einer Lupe (10fach) nachgewiesen werden, wenn Tonhäute an Aggregatoberflächen oder in Rissen, Poren und Röhren auftreten – illuviale argic Horizonte sollten Tonhäute auf mindestens 5 Prozent sowohl der horizontalen wie auch der vertikalen Aggregatoberflächen und in den Poren aufweisen.

Tonhäute sind in Böden mit starker Quellung und Schrumpfung oft schwierig auszumachen. Das Auftreten von Tonhäuten in geschützten Bereichen, z. B. in Poren, erfüllt die Erfordernisse für einen illuvialen argic Horizont.

¹ Feinton: < 0,2 µm Äquivalentdurchmesser

Zusätzliche Merkmale

Der illuviale Charakter eines argic Horizonts kann am besten mit Hilfe von Dünnschliffen nachgewiesen werden. In diagnostischen *illuvialen* argic Horizonten müssen die Bereiche mit eingeregelmtem Ton durchschnittlich mindestens 1 Prozent des Querschnitts einnehmen. Andere Verfahren umfassen die Korngrößenbestimmung, mit der die Tongehaltszunahme über eine bestimmte Tiefe nachgewiesen wird, und die Bestimmung des Feinton/Gesamtton-Verhältnisses. Da der Feinton besonders leicht wandert, ist in illuvialen argic Horizonten das Feinton/Gesamtton-Verhältnis weiter als in den darüber liegenden Horizonten.

Falls der Boden oberhalb oder innerhalb des argic Horizonts einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* aufweist, oder falls der Oberboden durch Erosion abgetragen wurde oder falls sich lediglich ein Pflughorizont oberhalb des argic Horizonts befindet, muss die Toneinwaschung eindeutig nachgewiesen sein.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Argic Horizonte stehen normalerweise im Zusammenhang mit darüber liegenden Eluvialhorizonten, aus denen Ton und Eisen abgeführt wurden. Auch wenn sie ursprünglich als Unterbodenhorizonte entstanden sind, können sie infolge von Erosion oder Abtrag der darüber liegenden Horizonte an der Oberfläche auftreten.

Einige Tonanreicherungshorizonte können die Merkmalskombination eines *ferralic* Horizonts besitzen, d. h. niedrige KAK (in 1 M NH₄-Acetat) und niedrige effektive KAK, einen geringen Gehalt an wasserdispergierbarem Ton sowie niedrige Gehalte an verwitterbaren Mineralen. (Einige argic Horizonte zeigen diese Merkmale sogar über einen Tiefenbereich von 50 cm.) Normalerweise hat dann der *ferralic* Horizont für die Klassifikation Priorität vor dem argic Horizont. Ein argic Horizont hat jedoch Vorrang¹, wenn er in seinen obersten 30 cm einerseits mindestens 10 Prozent wasserdispergierbaren Ton enthält, andererseits jedoch weder *geric* Eigenschaften besitzt noch Gehalte an organischem Kohlenstoff von 1,4 Prozent oder mehr aufweist.

Argic Horizonte fehlen die Merkmale der Natriumsättigung, wie sie in den *natric* Horizonten vorkommen.

Argic Horizonte in kühlen und feuchten, frei drainierten Böden tropischer und subtropischer Hochplateaus und Berglagen können in Vergesellschaftung mit *sombric* Horizonten auftreten.

Calcic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

In einem calcic Horizont (von lat. *calx*, Kalk) hat sich sekundäres Calciumcarbonat (CaCO₃) angereichert, entweder in diffuser Form (Calciumcarbonat nur fein verteilt in der Matrix in Form feiner Partikel von höchstens 1 mm Größe) oder als nicht zusammenhängende Anreicherungen (Pseudomycelien, Cutane, weiche und harte Knollen (nodules) oder Adern).

Die Akkumulation kann im Ausgangsmaterial oder in Unterbodenhorizonten, aber auch in Oberbodenhorizonten erfolgen. Wenn weiche Carbonate sich so stark anreichern, dass Boden- oder Gesteinsstrukturen gar nicht oder kaum mehr erkennbar sind und kontinuierliche Anreicherungen von Calciumcarbonat vorherrschen, wird dies durch den Qualifier Hypercalcic ausgedrückt.

Diagnostische Kriterien

Ein calcic Horizont hat:

1. Carbonatgehalte in der Feinerde, die mindestens 15 Massenprozent reinem Calciumcarbonat (calcium carbonate equivalent) entsprechen; **und**

¹ Die englische Fassung fordert hier irrtümlicherweise als zusätzliches Kriterium, dass der argic Horizont über dem *ferralic* Horizont liegen müsse (Anm. d. Übersetzers).

2. mindestens 5 Volumenprozent *sekundäre Carbonate* oder Carbonatgehalte, die mindestens 5 Massenprozent (absolut) höher sind als in einer darunter befindlichen Lage (berechnet als reines Calciumcarbonat); **und**
3. eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Identifikation im Gelände

Calciumcarbonat kann im Gelände mit 1 M Salzsäure (HCl) nachgewiesen werden. Die Stärke des Aufbrausens (nur hörbar, sichtbar in Form einzelner Bläschen, Aufschäumen) dient als Hinweis auf die Kalkmenge. Der Test ist wichtig, wenn die Anreicherung nur in fein verteilter Form vorliegt. Aufschäumen nach Zugabe von 1 M HCl zeigt einen Carbonatgehalt an, der mindestens ungefähr 15 Massenprozent reinem Calciumcarbonat entspricht.

Andere Hinweise auf einen calcic Horizont sind:

- weiße, rosafarbene bis rötliche oder graue Farben (sofern sie nicht mit Horizonten überlappen, die reich an organischem Kohlenstoff sind);
- geringe Porosität (das Interaggregat-Porenvolumen ist meist geringer als das des unmittelbar darüber befindlichen und möglicherweise auch als das des unmittelbar darunter liegenden Horizonts).

Zur Tiefe hin kann der Calciumcarbonatgehalt wieder abnehmen, doch ist der Nachweis hierfür manchmal umständlich, vor allem wenn der calcic Horizont im tieferen Unterboden auftritt. Daher geht man in diesem Falle von einem calcic Horizont aus, sobald die Akkumulation sekundärer Carbonate nachgewiesen ist.

Zusätzliche Merkmale

Die Bestimmung des Gehaltes an Calciumcarbonat und von dessen Änderungen innerhalb des Profils sind die wesentlichsten analytischen Kriterien zum Nachweis eines calcic Horizonts. Die Bestimmung des pH-Wertes (H₂O) erlaubt die Unterscheidung zwischen Anreicherungen basischen (calcic) Charakters (pH 8,0-8,7), hervorgerufen durch CaCO₃, und solchen ultrabasischen (non-calcic) Charakters (pH > 8,7), hervorgerufen durch MgCO₃ und Na₂CO₃.

Zusätzlich können auf mikroskopischem Wege durch Dünnschliffuntersuchungen auch Auflösungserscheinungen in Horizonten oberhalb oder unterhalb eines calcic Horizonts nachgewiesen werden, ferner Silikatepigenesen (Pseudomorphosen von Calciten nach Silikaten) oder andere Strukturen der Anreicherung von Calciumcarbonat. Tonmineralogische Untersuchungen in calcic Horizonten liefern oft Hinweise auf Tonminerale, die charakteristisch sind für spezielle Bildungsbedingungen, z. B. Smekтите, Palygorskite und Sepiolite.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Wenn calcic Horizonte aushärten, gehen sie in *petrocalcic* Horizonte über, die massiv oder plattig ausgebildet sein können.

In trockenen Regionen und bei Anwesenheit sulfathaltigen Boden- oder Grundwassers treten calcic Horizonte vergesellschaftet mit *gypsic* Horizonten auf. Infolge der unterschiedlichen Löslichkeit von Calciumcarbonat und Gips sind typischerweise (aber nicht immer) calcic und *gypsic* Horizonte im Bodenprofil in unterschiedlichen Tiefen zu finden. Sie können im Allgemeinen morphologisch klar voneinander unterschieden werden. Gipskristalle sind meist nadelförmig und mit bloßem Auge erkennbar, während pedogene Calciumcarbonatkristalle viel kleiner sind.

Cambic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der cambic Horizont (von ital. *cambiare*, ändern) ist ein Unterbodenhorizont, der im Vergleich zu den darunter liegenden Horizonten Verwitterungsmerkmale aufweist.

Diagnostische Kriterien

Ein cambic Horizont:

1. hat eine Feinbodenart sehr feiner Sand, lehmiger sehr feiner Sand¹ oder feiner; **und**
2. weist in mindestens der Hälfte des Feinerdevolumens ein Aggregatgefüge **oder** ein Fehlen der Gesteinsstruktur² auf; **und**
3. gibt Hinweis auf seine Verwitterung durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. höhere Munsell-Sättigung (feucht), größere Helligkeit (feucht), stärker roter Farbton oder höheren Tongehalt als in der darunter befindlichen oder einer darüber befindlichen Lage; **oder**
 - b. Hinweise auf eine Abfuhr von Carbonaten³ oder Gips; **oder**
 - c. ein Aggregatgefüge **und** die Abwesenheit einer Gesteinsstruktur in der gesamten Feinerde, wenn Carbonate und Gips im Ausgangsmaterial und im auf den Boden fallenden Staub fehlen; **und**
4. ist nicht Teil eines Pflughorizonts, besteht nicht aus *organischem* Material und ist nicht Teil eines *anthraquic, argic, calcic, duric, ferralic, fragic, gypsic, hortie, hydragric, irragric, mollic, natric, nitic, petrocalcic, petroduric, petrogypsic, petroplinthic, pisoplinthic, plaggic, plinthic, salic, sombric, spodic, umbric, terric, vertic* oder *voronic* Horizonts; **und**
5. hat eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Der cambic Horizont kann als Vorläufer vieler anderer diagnostischer Horizonte betrachtet werden. Alle diese Horizonte haben spezifische Eigenschaften wie illuviale oder residuale Anreicherungen, die Abfuhr bestimmter Substanzen (zu denen Carbonate und Gips nicht gerechnet werden, da sie im cambic Horizont schon abgeführt sein können), Anreicherungen von löslichen Komponenten oder die Entwicklung eines spezifischen Bodengefüges, die allesamt für den cambic Horizont nicht charakteristisch sind.

Cambic Horizonte in kühlen und feuchten, frei drainierten Böden tropischer und subtropischer Hochplateaus und Berglagen können in Vergesellschaftung mit *sombric* Horizonten auftreten.

Cryic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

Der cryic Horizont (von griech. *kryos*, Kälte, Eis) ist ein ständig gefrorener Bodenhorizont in *mineralischen* oder *organischen* Materialien.

Diagnostische Kriterien

Ein cryic Horizont hat:

1. kontinuierlich über mindestens zwei aufeinanderfolgende Jahre eines der beiden folgenden Merkmale:
 - a. massives Eis, Verhärtung durch Eis oder leicht sichtbare Eiskristalle; **oder**
 - b. eine Bodentemperatur von höchstens 0 °C und zu wenig Wasser für die Ausbildung leicht sichtbarer Eiskristalle; **und**
2. eine Mindestmächtigkeit von 5 cm.

¹ *Sehr feiner Sand* und *lehmiger sehr feiner Sand*: mindestens 50 Prozent gehören zur Fraktion von 63 bis 125 µm.

² Der Begriff Gesteinsstruktur umfasst auch Lockersedimente, in denen die Stratifizierung noch sichtbar ist.

³ Ein cambic Horizont hat immer weniger Carbonat als ein darunter befindlicher carbonatreicherer Horizont. Allerdings müssen nicht alle primären Carbonate aus einem Horizont ausgewaschen sein, damit er als cambic Horizont qualifiziert ist. Sofern im darunter befindlichen Horizont alle groben Skelettpartikel eine vollständige Kalkumhüllung besitzen, müssen im cambic Horizont einige solche Skelettpartikel teilweise frei von Umhüllungen sein. Sofern die groben Skelettpartikel im darunter befindlichen carbonatreicheren Horizont nur an ihrer Unterseite Überzüge besitzen, müssen sie im cambic Horizont völlig frei von solchen Überzügen sein.

Identifikation im Gelände

Cryic Horizonte kommen in Gebieten mit Permafrost¹ vor und zeigen Merkmale dauernder Eisabsonderung, oft in Zusammenhang mit oberhalb des cryic Horizonts oder an der Bodenoberfläche stattfindenden kryogenen Prozessen (Durchmischung von Bodenmaterial, Unterbrechung des Verlaufs von Bodenhorizonten, Verwürgungen, Einmischung organischen Materials, Frosthübel, Sortierung in grobes und feines Bodenmaterial, Rissbildung, Bildung von Mustern an der Oberfläche, wie Erdbülten, Frosthügeln, Steinringen, -streifen, -netzen und -polygonen).

Böden mit salzhaltigem Wasser gefrieren nicht bei 0 °C. Nur wenn sie so kalt sind, dass sie gefrieren, bilden sie einen cryic Horizont aus.

In Frostmusterböden sollte ein Bodenprofil mindestens so groß angelegt werden, dass es die verschiedenen Muster zeigt, mindestens jedoch breiter als 2 m. Dies erleichtert das Auffinden von Kryoturbationsmerkmalen wie Materialsortierung oder thermischer Kontraktion.

Ingenieure unterscheiden zwischen *warmem* und *kaltem* Permafrost. *Warmer* Permafrost hat eine Temperatur oberhalb von -2 °C und muss als instabil angesehen werden. *Kalter* Permafrost hat eine Temperatur von höchstens -2 °C und kann mit höherer Sicherheit als Baugrund verwendet werden, sofern die Temperatur unter Kontrolle bleibt.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

In den cryic Horizonten können Merkmale von *histic*, *folic* oder *spodic* Horizonten auftreten. Sie können mit *salic*, *calcic*, *mollic* oder *umbric* Horizonten vergesellschaftet sein, in ariden Kälteregeonen auch mit *vermic* Horizonten.

Duric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der duric Horizont (von lat. *durus*, hart) ist ein Unterbodenhorizont mit schwach bis stark durch SiO₂ verhärteten Knollen oder Konkretionen (nodules or concretions), die vermutlich in Form von Opal und mikrokristallinen SiO₂-Formen vorliegen (*durinodes*). Durinodes haben oft Überzüge aus Carbonaten, die mit HCl abgelöst werden müssen, bevor man die Durinodes mit Kalilauge (KOH) auflösen kann.

Diagnostische Kriterien

Ein duric Horizont hat:

1. mindestens 10 Volumenprozent schwach bis stark verhärtete, mit SiO₂ angereicherte Knollen (*durinodes*) oder Fragmente eines zerbrochenen *petroduric* Horizonts, die alle folgenden Merkmale aufweisen:
 - a. sie zerfallen in lufttrockenem Zustand zu weniger als 50 Prozent in 1 M HCl, auch bei längerem Einweichen, aber zu mindestens 50 Prozent in konzentrierter KOH, konzentrierter NaOH oder bei abwechselnder Behandlung mit den genannten Säuren und Basen; **und**
 - b. sie sind in feuchtem Zustand fest oder sehr fest und brüchig, sowohl vor als auch nach einer Säurebehandlung; **und**
 - c. sie haben einem Durchmesser von mindestens 1 cm; **und**
2. eine Mindestmächtigkeit von 10 cm.

Zusätzliche Merkmale

Trockene Durinodes zerfallen kaum in Wasser, aber bei längerem Einweichen kann ein Absplittern sehr dünner Plättchen und ein begrenztes Zerfallen erfolgen. Im Querschnitt sind die meis-

¹ Permafrost: Boden- oder Gesteinslage in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche, in der die Temperatur kontinuierlich über mindestens einige Jahre unter 0 °C war. Er kommt dort vor, wo die sommerliche Erwärmung die Basis des gefrorenen Untergrunds nicht erreichen kann (Arctic Climatology and Meteorology Glossary, National Snow and Ice Data Center, Boulder, USA (<http://nsidc.org>)).

ten Durinodes annähernd konzentrisch aufgebaut; unter der Lupe können konzentrisch angeordnete Opal-Bildungen erkannt werden.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

In ariden Regionen, sind duric Horizonte mit *gypsic*, *petrogypsic*, *calcic* und *petrocalcic* Horizonten vergesellschaftet. In feuchteren Klimaten, können duric Horizonte in *fragic* Horizonte übergehen.

Ferralic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der ferralic Horizont (von lat. *ferrum*, Eisen, und *alumen*, Alaun) ist ein Unterbodenhorizont, der durch langanhaltende und intensive Verwitterung entstanden ist. Die Tonfraktion wird von austauschschwachen Tonmineralen beherrscht, die Schluff- und Sandfraktionen von sehr verwitterungsresistenten Mineralen wie Fe-, Al-, Mn- und Ti-(Hydr-)Oxiden.

Diagnostische Kriterien

Ein ferralic Horizont hat:

1. eine Bodenart sandiger Lehm oder feiner und weniger als 80 Volumenprozent Skelett (gravel, stones), pisoplinthische Konkretionen (pisoplinthic nodules) oder Bruchstücke von Petroplinthen; **und**
2. eine KAK (in 1 M NH₄-Acetat) kleiner als 16 cmol_c kg⁻¹ Ton¹ und eine effektive KAK (Summe der austauschbaren Basen plus der in 1 M KCl extrahierbaren austauschbaren Acidität) kleiner als 12 cmol_c kg⁻¹ Ton; **und**
3. weniger als 10 Prozent wasserdispergierbaren Ton, es sei denn der Horizont hat mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. *geric* Eigenschaften; **oder**
 - b. mindestens 1,4 Prozent organischen Kohlenstoff; **und**
4. weniger als 10 Prozent (Partikelzahl) verwitterbare Minerale² in der Fraktion 0,05–0,2 mm; **und**
5. keine *andic* oder *vitric* Eigenschaften; **und**
6. eine Mindestmächtigkeit von 30 cm.

Identifikation im Gelände

Ferralic Horizonte kommen in alten und stabilen Landformen vor. Das Makrogefüge wirkt auf den ersten Blick mäßig bis schwach entwickelt, doch haben typische ferralic Horizonte ein stark ausgebildetes Mikrogefüge. Die Konsistenz ist gewöhnlich brüchig; das zerdrückte trockene Bodenmaterial rinnt wie Mehl durch die Finger. Klumpen aus ferralic Horizonten sind üblicherweise wegen der niedrigen Lagerungsdichte relativ leicht; viele ferralic Horizonte klingen beim Beklopfen hohl, was die hohe Porosität anzeigt.

Im Allgemeinen fehlen Einlagerungs- oder Schermerkmale wie Tonhäutchen und Stresscutane. Die Grenzen eines ferralic Horizonts sind normalerweise diffus, und innerhalb des Horizonts zeigen Farbe und Bodenart nur geringfügige Unterschiede. Die Feinbodenart ist sandiger Lehm oder feiner; der Anteil an Skelett, pisoplinthischen Konkretionen und Bruchstücken von Petroplinthen beträgt weniger als 80 Volumenprozent.

¹ Siehe Anhang 1.

² Beispiele für *verwitterbare Minerale* sind alle Dreischichtsilikate, Chlorite, Sepiolite, Palygorskite, Allophane, trioktaedrische Zweischichtsilikate (Serpentine), Feldspäte, Feldspatvertreter, ferromagnetische Minerale, Glas, Zeolite, Dolomite und Apatite. Der Begriff *verwitterbare Minerale* soll diejenigen Minerale zusammenfassen, die in humiden Klimaten instabil sind im Vergleich zu Mineralen wie Quarz und Zweischichttonmineralen, andererseits jedoch verwitterungsresistenter sind als Calcit (Soil Survey Staff 2003).

Zusätzliche Merkmale

Als Alternative zur Ermittlung des Anteils an verwitterbaren Mineralen kann die Bestimmung der Gesamtbasenreserve (GBR) dienen, wobei eine GBR (austauschbares plus mineralisch gebundenes Calcium [Ca], Magnesium [Mg], Kalium [K] und Natrium [Na]) von unter $25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Boden charakteristisch ist.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Ferralic Horizonte können die Kriterien eines *argic* Horizonts hinsichtlich der Tongehaltszunahme erfüllen. Falls in den obersten 30 cm desjenigen Horizonts, der die Tongehaltszunahme aufweist, mindestens 10% in Wasser dispergierbarer Ton vorhanden ist, hat der *argic* Horizont in der Klassifikation Vorrang vor dem ferralic Horizont, es sei denn, das Bodenmaterial hat *geric* Eigenschaften oder mindestens 1,4 Prozent organischen Kohlenstoff.

Die Gehalte an Fe, Al und Si im sauren (pH 3) Ammoniumoxalat-Extrakt (Al_{ox} , Fe_{ox} , Si_{ox}) sind in ferralic Horizonten sehr niedrig, wodurch sie sich von *nitic* Horizonten und Bodenlagen mit *andic* oder *vitric* Eigenschaften unterscheiden. *Nitic* Horizonte besitzen beträchtliche Anteile an aktiven Eisenoxiden: mindestens 0,2 Prozent Fe im sauren (pH 3) Oxalat-Extrakt der Feinerde, was außerdem mindestens 5 Prozent des in Dithionit-Citrat extrahierbaren Fe ausmacht. *Vitric* Eigenschaften erfordern Gehalte an $\text{Al}_{\text{ox}} + \frac{1}{2}\text{Fe}_{\text{ox}}$ von mindestens 0,4 Prozent und *andic* Eigenschaften von mindestens 2 Prozent.

Die Grenze zum *cambic* Horizont ergibt sich aus den Anforderungen für KAK (in 1 M NH_4 -Acetat), effektive KAK und verwitterbare Minerale. Einige *cambic* Horizonte haben zwar eine niedrige KAK, doch ist der Anteil verwitterbarer Minerale (oder alternativ die Gesamtbasenreserve) zu hoch für einen ferralic Horizont. Derartige Horizonte stellen ein fortgeschrittenes Stadium der Verwitterung und den Übergang zwischen *cambic* und ferralic Horizont dar.

Ferralic Horizonte in kühlen und feuchten, frei drainierten Böden tropischer und subtropischer Hochplateaus und Berglagen können in Vergesellschaftung mit *sombric* Horizonten auftreten.

Ferric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Im ferric Horizont (von lat. *ferrum*, Eisen) hat eine so starke Umverteilung von Fe (und in manchen Fällen zusätzlich von Mn) stattgefunden, dass sich große Überzüge (Flecken) oder diskrete Konkretionen gebildet haben und die Matrix zwischen den Überzügen oder den Konkretionen weitgehend an Fe verarmt ist. Allgemein führt eine solche Umverteilung zu einer schlechten Aggregation der Bodenteilchen innerhalb der an Fe verarmten Bereiche und zur Verdichtung des Horizonts.

Diagnostische Kriterien

Ein ferric Horizont:

1. hat mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. auf mindestens 15 Prozent der freigelegten Fläche große Überzüge (große Flecken, coarse mottles¹) mit einem Munsell-Farbton stärker rot als 7.5 YR und einer Sättigung höher als 5 (feucht); **oder**
 - b. in mindestens 5 Volumenprozent diskrete rötliche bis schwärzliche Konkretionen (nodules) mit einem Durchmesser von mindestens 2 mm, wobei mindestens die äußeren Bereiche der Konkretionen mindestens schwach verkittet oder verhärtet sind und die äußeren Bereiche einen stärker roten Farbton oder eine intensivere Sättigung aufweisen als die inneren Bereiche; **und**
2. ist nicht Teil eines *petroplinthic*, *pisoplinthic* oder *plinthic* Horizonts; **und**
3. hat eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

¹ Mehr als 20 mm Durchmesser nach FAO (2006) (Anm. d. Übers).

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Wenn die schwach verkitteten Konkretionen oder Überzüge (Flecken) einen Anteil von mindestens 15 Volumenprozent erreichen und sich bei wiederholter Durchfeuchtung und Austrocknung mit freier Sauerstoffzufuhr irreversibel zu harten Konkretionen, einer harten Platte oder unregelmäßig geformten Bruchstücken umwandeln, handelt es sich um einen *plinthic* Horizont. Daher können ferric Horizonte in tropischen oder subtropischen Gebieten lateral in *plinthic* Horizonte übergehen. Wenn der Anteil an harten Konkretionen mindestens 40 Prozent erreicht, ist es ein *pisoplinthic* Horizont.

Folic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der folic Horizont (von lat. *folium*, Blatt) ist ein an der Bodenoberfläche oder nahe darunter liegender Horizont, der aus gut durchlüftetem *organic* Material besteht.

Diagnostische Kriterien

Ein folic Horizont besteht aus *organic* Material, das:

1. in den meisten Jahren weniger als 30 aufeinanderfolgende Tage wassergesättigt ist; **und**
2. eine Mindestmächtigkeit von 10 cm hat.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Histic Horizonte haben ähnliche Eigenschaften wie folic Horizonte, jedoch sind diese in den meisten Jahren mindestens einen Monat lang wassergesättigt. Da die Vegetationsdecke oftmals anders ist, unterscheidet sich auch die Zusammensetzung des *histic* Horizonts in der Regel von der des folic Horizonts.

Fragic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der fragic Horizont (von lat. *frangere*, brechen) ist ein natürlicher, nicht-verkitteter Unterbodenhorizont, dessen Aggregierung und Porensystem das Eindringen von Wurzeln und Sickerwasser nur entlang der Aggregatoberflächen erlaubt. Der fragic Horizont ist auf natürliche Weise entstanden, sodass Pflugsohlen und durch Befahren entstandene Verdichtungshorizonte nicht dazugehören.

Diagnostische Kriterien

Ein fragic Horizont:

1. zeigt Verwitterungsmerkmale¹, zumindest an den Oberflächen der Aggregate, wobei Zwischenräume, die das Eindringen von Wurzeln ermöglichen, einen mittleren horizontalen Abstand von mindestens 10 cm haben; **und**
2. hat weniger als 0,5 Massenprozent organischen Kohlenstoff; **und**
3. zeigt in mindestens 50 Prozent des Volumens Zerfall oder Rissbildung, wenn ein 5–10 cm großes lufttrockenes Bruchstück maximal 10 Minuten in Wasser gelegt wird; **und**
4. zeigt keine Verkittung, wenn er wiederholter Befeuchtung und Austrocknung ausgesetzt wird; **und**
5. hat einen Eindringwiderstand bei Feldkapazität von mindestens 4 MPa in mindestens 90 Prozent des Volumens; **und**
6. zeigt kein Aufbrausen bei Zugabe 1 M HCl; **und**
7. hat eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

¹ wie beim cambic Horizont definiert.

Identifikation im Gelände

Ein fragic Horizont besitzt prismatisches und/oder polyedrisches Gefüge. Im Innern der Aggregate kann das Gesamtporenvolumen relativ hoch sein, es gibt jedoch wegen einer dichten äußeren Schicht keine Kontinuität der Poren innerhalb der Aggregate mit den Poren und Rissen außerhalb. Dieses Closed-box-System hat zur Folge, dass mindestens 90 Prozent des Bodenvolumens nicht von Wurzeln durchdrungen werden kann und nicht von der Sickerwasserbewegung erfasst wird.

Die volumenbezogenen Kriterien müssen sowohl an vertikalen als auch an horizontalen Schnitten überprüft werden; horizontale Schnitte zeigen oft eine polygonale Struktur. Drei oder vier solcher Polygone (oder ein Schnitt von 1 m²) sind ausreichend, um die volumenbezogenen Teile der Definition des fragic Horizonts zu überprüfen.

Die Aggregatoberflächen können die Farbe sowie die mineralogischen und chemischen Merkmale eines eluvialen oder eines *albic* Horizonts haben oder die Anforderungen des *albeluvic Tonguing* erfüllen. Bei wechselnder Wassersättigung ist dieser Teil des Bodens an Fe und Mn verarmt. Dabei können eine gleichzeitige Fe-Anreicherung in der Nähe der Aggregatoberflächen sowie Mn-Anreicherungen weiter im Aggregatinnern beobachtet werden (*stagnic Farbmuster*).

Fragic Horizonte sind normalerweise lehmig, aber lehmiger Sand und tonige Bodenarten sind nicht ausgeschlossen. Bei letzteren überwiegen kaolinitische Tonminerale.

Trockene Bruchstücke sind hart bis extrem hart; feuchte Bruchstücke sind fest bis sehr fest und können eine zerbrechliche Konsistenz aufweisen. Ein Aggregat oder Bruchstück eines fragic Horizonts neigt dazu, unter Druck plötzlich zu zerbrechen, statt eine langsame Verformung zu durchlaufen.

In fragic Horizonten gibt es nur wenig Aktivität von Bodentieren, höchstens gelegentlich zwischen den Aggregaten.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Ein fragic Horizont kann – wenn auch nicht notwendigerweise direkt - unter einem *albic*, *cambic*, *spodic* oder *argic* Horizont vorkommen, sofern der Oberboden nicht erodiert ist. Er kann teilweise oder ganz mit einem *argic* Horizont überlappen. In trockenen Regionen können fragic Horizonte in (*petro-*)*duric* Horizonte übergehen. Darüber hinaus können fragic Horizonte *reduzierende Verhältnisse* und ein *stagnic Farbmuster* aufweisen.

Fulvic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der fulvic Horizont (von lat. *fulvus*, dunkelgelb) ist ein mächtiger, dunkel gefärbter Horizont an oder nahe der Bodenoberfläche, der typischerweise Minerale mit Nahordnung (meist Allophan) oder Aluminium-Humus-Komplexe enthält. Er hat eine niedrige Lagerungsdichte und enthält stark humifiziertes organisches Material, das im Vergleich zum *melanic* Horizont niedrigere Verhältnisse von Huminsäuren zu Fulvosäuren aufweist.

Diagnostische Kriterien

Ein fulvic Horizont hat:

1. *andic* Eigenschaften; **und**
2. mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. eine Munsell-Helligkeit oder -Sättigung (feucht) mehr als 2; **oder**
 - b. einen Melanic Index¹ von mindestens 1,7; **und**
3. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff als gewichtetes Mittel von mindestens 6 Prozent und in allen Teilen von mindestens 4 Prozent; **und**

¹ siehe Anhang 1.

4. eine kumulative Mindestmächtigkeit von 30 cm mit weniger als 10 cm nicht-fulvic Material dazwischen.

Identifikation im Gelände

Dunkelbraune fulvic Horizonte sind leicht zu identifizieren durch ihre Farbe, ihre Mächtigkeit und durch ihre typische, allerdings nicht ausschließliche¹ Bindung an pyroklastische Ablagerungen. Schwarze fulvic Horizonte werden von den ebenfalls schwarzen melanic Horizonten durch den im Labor zu bestimmenden Melanic Index unterschieden.

Gypsic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der gypsic Horizont (von griech. *gypos*) ist ein im Allgemeinen nicht-verkitteter Horizont, der sekundäre Anreicherungen von Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) in verschiedenen Formen enthält. Wenn Gips sich so stark anreichert, dass Boden- oder Gesteinsstrukturen gar nicht oder kaum mehr erkennbar sind und eine kontinuierliche Gipsanreicherung vorherrscht, wird dies durch den Qualifier Hypergypsic ausgedrückt.

Diagnostische Kriterien

Ein gypsic Horizont hat:

1. mindestens 5 Prozent² Gips und mindestens 1 Volumenprozent als sekundär erkennbaren Gips; **und**
2. ein Produkt aus Mächtigkeit (in Zentimetern) und Gipsgehalt (in Prozent) von mindestens 150; **und**
3. eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Identifikation im Gelände

Gips kann in Form von Pseudomycelien, groben Kristallen, Nestern, Bärten oder Überzügen, länglichen Ansammlungen fibrillärer Kristalle oder pulverigen Anreicherungen auftreten. Letztere verleihen dem gypsic Horizont ein kohärentes Gefüge. Die Unterscheidung von kompakten pulverigen Anreicherungen und den anderen Formen ist von Bedeutung für das Nutzungspotential.

Gipskristalle können mit Quarz verwechselt werden. Gips ist weich und kann leicht zwischen Daumnagel und Zeigefinger zerdrückt werden. Quarz ist hart und kann nur mit dem Hammer zerbrochen werden.

Gypsic Horizonte können mit *calcic* Horizonten vergesellschaftet sein, doch nehmen sie wegen der im Vergleich zum Kalk höheren Löslichkeit des Gipses normalerweise einen anderen Tiefenbereich im Bodenprofil ein.

Zusätzliche Merkmale

Zur Überprüfung der für einen gypsic Horizont erforderlichen Gehalte bzw. Anreicherungen sind neben der Bestimmung der Gipsgehalte im Boden auch Dünnschliffuntersuchungen hilfreich. Dabei kann auch die Verteilung des Gipses im Boden ermittelt werden.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Wenn gypsic Horizonte aushärten, gehen sie in *petrogypsic* Horizonte über, die eine massive oder plattige Struktur aufweisen.

In trockenen Regionen sind gypsic Horizonte mit *calcic* oder *salic* Horizonten vergesellschaftet. *Calcic* und gypsic Horizonte nehmen innerhalb des Bodenprofils in der Regel unterschiedliche Tiefen ein, da sich die Löslichkeit von Calciumcarbonat von der des Gipses unterscheidet. Sie lassen sich normalerweise morphologisch klar voneinander unterscheiden (siehe *calcic* Ho-

¹ Fulvic Horizonte können auch in aluandischen Böden gefunden werden, die nicht aus Pyroklastiten entstanden sind.

² Der Gipsanteil kann auch als in Prozent umgerechnetes Produkt aus dem Gipsgehalt in $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Boden und der Äquivalentmasse für Gips (86) ermittelt werden.

rizont). *Salic* und gypsic Horizonte belegen aus den gleichen Gründen ebenfalls unterschiedliche Positionen.

Histic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der histic Horizont (von griech. *histos*, Gewebe) ist ein an der Bodenoberfläche oder nahe darunter liegender Horizont, der aus schwach durchlüftetem *organic* Material besteht.

Diagnostische Kriterien

Ein histic Horizont besteht aus *organic* Material das:

1. in den meisten Jahren mindestens 30 aufeinanderfolgende Tage wassergesättigt ist (außer bei künstlicher Drainage); **und**
2. eine Mindestmächtigkeit von 10 cm hat. Wenn die Lage mit *organic* Material weniger als 20 cm mächtig ist, müssen die obersten 20 cm nach Durchmischen oder, wenn innerhalb von 20 cm kontinuierlicher Fels ansteht, der gesamte darüber liegende Boden nach Durchmischen mindestens 20 Prozent organischen Kohlenstoff enthalten.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Folic Horizonte haben ähnliche Eigenschaften wie histic Horizonte, jedoch sind diese in den meisten Jahren weniger als einen Monat lang wassergesättigt. Da die Vegetationsdecke oftmals anders ist, unterscheidet sich auch die Zusammensetzung des histic Horizonts in der Regel von der des *folic* Horizonts.

Die Untergrenze für die Gehalte an organischem Kohlenstoff von 12 Prozent (20 Prozent organische Substanz) bis 18 Prozent (30 Prozent organische Substanz) unterscheidet den histic Horizont von *mollic* und *umbric* Horizonten, für welche diese Gehalte die Obergrenzen sind.

Histic Horizonte mit weniger als 25 Prozent organischem Kohlenstoff können *andic* oder *vitric* Eigenschaften haben.

Hortic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein hortic Horizont (von lat. *hortus*, Garten) ist ein vom Menschen überprägter mineralischer Horizont an der Bodenoberfläche, der durch tiefes Pflügen, intensive Düngung und/oder langdauernden Auftrag von menschlichen und tierischen Abfällen und anderen organischen Stoffen (z. B. Wirtschaftsdünger, Küchenabfälle, Kompost und menschliche Exkremente) entstanden ist.

Diagnostische Kriterien

Ein hortic Horizont ist mineralischer Horizont an der Bodenoberfläche und hat:

1. eine Munsell-Helligkeit und -Sättigung (feucht) höchstens 3; **und**
2. mindestens 1 Prozent organischen Kohlenstoff als gewichteten Mittelwert; **und**
3. einen P_2O_5 -Gehalt (in 0,5 M $NaHCO_3$)¹ von mindestens 100 mg kg⁻¹ Feinerde in den obersten 25 cm²; **und**
4. mindestens 50 Prozent Basensättigung (in 1 M NH_4 -Acetat); **und**
5. mindestens 25 Volumenprozent Tierröhren, Losung oder andere Spuren von Bodentieraktivität; **und**
6. eine Mindestmächtigkeit von 20 cm.

Identifikation im Gelände

Der hortic Horizont ist gründlich durchmischte. Keramik und andere Artefakte sind häufig, oft als Bruchstücke. Pflugmerkmale oder Merkmale der Durchmischung können erkennbar sein.

¹ Bekannt als Routinemethode nach Olsen (Olsen *et al.*, 1954).

² Gong *et al.*, 1997.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Hortic Horizonte ähneln stark den *mollic* Horizonten. Die Abgrenzung der beiden diagnostischen Horizonte voneinander basiert auf der klaren Erkennbarkeit des menschlichen Einflusses.

Hydragric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein hydragric Horizont (von griech. *hydor*, Wasser, und lat. *ager*, Acker) ist ein vom Menschen überprägter Unterbodenhorizont, der bei Anbau unter Wasserüberstau entstanden ist.

Diagnostische Kriterien

Ein hydragric Horizont ist entstanden durch Anbau unter Wasserüberstau und hat:

1. mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. Überzüge (coatings) oder Konkretionen (concretions) aus Fe oder Mn; **oder**
 - b. im Dithionit-Citrat-Extrakt Fe-Gehalte, die mindestens zweimal so hoch sind, oder Mn-Gehalte, die mindestens viermal so hoch sind wie im Horizont an der Oberfläche; **oder**
 - c. reduzierte Bereiche in den Makroporen mit einer Munsell-Helligkeit mindestens 4 und einer -Sättigung höchstens 2 (beides feucht); **und**
2. einer Mindestmächtigkeit von 10 cm.

Identifikation im Gelände

Der hydragric Horizont liegt unter der Durchmischungslage und der Pflugsohle eines *anthraquic* Horizonts. Er hat Reduktionsmerkmale in den Poren, z. B. Überzüge oder Halos mit einem Farbton 2.5Y oder stärker gelb und einer Sättigung (feucht) höchstens 2, oder Fe- und/oder Mn-Akkumulationen in der Matrix durch oxidierende Verhältnisse. Auf den Aggregaten hat er normalerweise graue Überzüge aus Ton und (Fein-)Schluff mit Humus.

Irragric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der irrigric Horizont (von lat. *irrigare*, bewässern, und *ager*, Acker) ist ein vom Menschen überprägter mineralischer Horizont an der Bodenoberfläche, der allmählich durch kontinuierliche Aufbringung von sedimentreichem Bewässerungswasser entsteht, das auch Dünger, lösliche Salze, organisches Material etc. enthalten kann.

Diagnostische Kriterien

Ein irrigric Horizont ist ein mineralischer Horizont an der Bodenoberfläche und hat:

1. im oberen Teil eine Lage mit einheitlichem Gefüge; **und**
2. einen höheren Gehalt an Ton, insbesondere Feinton, als der darunter liegende ursprüngliche Boden; **und**
3. innerhalb des Horizonts relative Unterschiede von weniger als 20 Prozent bei den Gehalten an Mittelsand, Feinsand, Feinstsand, Ton und Carbonaten; **und**
4. mindestens 0,5 Prozent organischen Kohlenstoff als gewichteten Mittelwert, wobei die Gehalte nach unten abnehmen, aber auch an der Untergrenze des irrigric Horizonts noch mindestens 0,3 Prozent betragen; **und**
5. mindestens 25 Volumenprozent Tierröhren, Losung oder andere Spuren von Bodentieraktivität; **und**
6. eine Mindestmächtigkeit von 20 cm.

Identifikation im Gelände

Böden mit einem irrigric Horizont zeigen eine Anhebung der Bodenoberfläche, was im Gelände oder aus historischen Dokumenten ableitbar sein kann. Im irrigric Horizont gibt es Anzeichen

einer markanten biologischen Aktivität. Seine Untergrenze ist deutlich, und darunter kann es andere Bewässerungsablagerungen oder begrabene Böden geben.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

In irrigierten Horizonten kann man im Gegensatz zu *fluvic* Materialien wegen des kontinuierlichen Pflügens keine Schichtung erkennen.

Melanic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der melanic Horizont (von griech. *melas*, schwarz) ist ein dicker, schwarzer Horizont an oder nahe der Bodenoberfläche, der typischerweise Minerale mit Nahordnung (meist Allophan) oder Aluminium-Humus-Komplexe enthält. Er hat eine niedrige Lagerungsdichte und enthält stark humifiziertes organisches Material, das im Vergleich zum *fulvic* Horizont niedrigere Verhältnisse von Fulvosäuren zu Huminsäuren aufweist.

Diagnostische Kriterien

Ein melanic Horizont hat:

1. *andic* Eigenschaften; **und**
2. eine Munsell-Helligkeit und -Sättigung (beide feucht) höchstens 2; **und**
3. einen Melanic Index¹ kleiner als 1,7; **und**
4. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff als gewichtetes Mittel von mindestens 6 Prozent und in allen Teilen von mindestens 4 Prozent; **und**
5. eine kumulative Mindestmächtigkeit von 30 cm mit weniger als 10 cm nicht-melanic Material dazwischen.

Identifikation im Gelände

Ihre intensiv schwarze Farbe, ihre Mächtigkeit und ihre typische Kopplung an pyroklastische Ablagerungen ermöglichen die Identifikation eines melanic Horizonts im Gelände. Für die zweifelsfreie Identifikation des melanic Horizonts braucht man allerdings Laboranalysen zur Ermittlung der Art des organischen Materials.

Mollic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der mollic Horizont (von lat. *mollis*, weich) ist ein mächtiger, dunkel gefärbter Oberbodenhorizont mit gut ausgebildetem Gefüge, hoher Basensättigung und mittleren bis hohen Gehalten an organischer Substanz.

Diagnostische Kriterien

Ein mollic Horizont hat, nach Durchmischung entweder der obersten 20 cm Mineralboden oder, wenn *kontinuierlicher Fels*, ein *cryic*, *petrocalcic*, *petroduric*, *petrogypsic* oder *petroplinthic* Horizont innerhalb von 20 cm unter der Mineralbodenoberfläche auftritt, des gesamten darüber liegenden Mineralbodens:

1. ein Bodengefüge, das so gut ausgebildet ist, dass der Horizont im trockenen Zustand nicht sowohl kohärent als auch hart oder sehr hart ist, und zwar sowohl im durchmischten Bereich als auch im darunter liegenden undurchmischten Bereich, falls die Mindestmächtigkeit mehr als 20 cm beträgt (Prismen mit einem Durchmesser über 30 cm werden als kohärent angesehen, wenn innerhalb der Prismen kein Sekundärgefüge vorhanden ist); **und**
2. in aufgebrochenen Bodenproben Munsell-Farben mit einer Sättigung (chroma) höchstens 3 (feucht) und einer Helligkeit (value) höchstens 3 (feucht) und höchstens 5 (trocken), und zwar sowohl im durchmischten Bereich als auch im darunter liegenden undurch-

¹ Siehe Anhang 1.

mischten Bereich, falls die Mindestmächtigkeit mehr als 20 cm beträgt. Wenn mindestens 40 Prozent fein verteilter Kalk vorhanden ist, so entfallen die Anforderungen an die Helligkeit im trockenen Zustand, und die Helligkeit (feucht) ist höchstens 5. Die Helligkeit ist mindestens eine Einheit dunkler als im Ausgangsgestein (sowohl feucht als auch trocken), wobei jedoch dieses Kriterium entfällt, wenn die Helligkeit des Ausgangsgesteins 4 oder weniger beträgt. Wenn das Ausgangsgestein nicht auszumachen ist, muss der Vergleich mit derjenigen Lage gemacht werden, die sich unmittelbar unter dem Oberboden befindet; **und**

3. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von mindestens 0,6 Prozent, und zwar sowohl im durchmischten Bereich als auch im darunter liegenden undurchmischten Bereich, falls die Mindestmächtigkeit mehr als 20 cm beträgt. Wenn Farbanforderungen wegen fein verteilten Kalks entfallen, so beträgt der Gehalt an organischem Kohlenstoff mindestens 2,5 Prozent, und wenn Farbanforderungen wegen eines dunklen Ausgangsgesteins entfallen, so ist der Gehalt an organischem Kohlenstoff mindestens 0,6 Prozent höher als im Ausgangsgestein; **und**
4. eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent als über den ganzen Horizont gewichteter Mittelwert; **und**
5. eine der folgenden Mächtigkeiten:
 - a. mindestens 10 cm, wenn er direkt kontinuierlichem Fels oder einem *crylic*, *petrocalcic*, *petroduric*, *petrogypsic* oder *petroplinthic* Horizont aufliegt; **oder**
 - b. mindestens 20 cm und mindestens ein Drittel des Abstands zwischen der Mineralbodenoberfläche und der Obergrenze von *kontinuierlichem Fels* oder eines *calcic*, *crylic*, *gypsic*, *petrocalcic*, *petroduric*, *petrogypsic*, *petroplinthic* oder *salic* Horizonts oder eines *calcaric*, *fluvic* oder *gypsic* Materials, sofern diese Obergrenze innerhalb von 75 cm auftritt; **oder**
 - c. mindestens 20 cm und mindestens ein Drittel des Abstands zwischen der Mineralbodenoberfläche und der Untergrenze des tiefsten diagnostischen Horizonts, die innerhalb von 75 cm auftritt und nicht unterhalb eines der unter b. aufgelisteten diagnostischen Horizonte oder Materialien liegt; **oder**
 - d. mindestens 25 cm.

Identifikation im Gelände

Ein mollic Horizont kann leicht identifiziert werden durch seine dunkle Farbe, die durch Akkumulation organischen Materials hervorgerufen wird, sein gut ausgebildetes Gefüge (meist krümelig oder fein subpolyedrisch), Hinweise auf hohe Basensättigung (z. B. $\text{pH}_{\text{Wasser}} > 6$) und seine Mächtigkeit.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Die Basensättigung von 50 Prozent trennt den mollic Horizont vom ansonsten ähnlichen *umbric* Horizont. Die Obergrenze des Gehalts an organischem Kohlenstoff liegt bei 12 Prozent (20 Prozent organische Substanz) bis 18 Prozent (30 Prozent organische Substanz), was die Untergrenze für den *histic* Horizont darstellt, bzw. bei 20 Prozent, was der Untergrenze für den *follic* Horizont entspricht.

Ein Spezialfall des mollic Horizonts ist der *voronic* Horizont. Er besitzt einen höheren Gehalt an organischem Kohlenstoff (mindestens 1,5 Prozent), ein spezifisches Gefüge (krümelig oder fein subpolyedrisch), eine sehr dunkle Farbe in seinem oberen Teil, eine hohe biologische Aktivität und eine Mindestmächtigkeit von 35 cm.

Natric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der natric Horizont (von arabisch *natrun*, Salz) ist ein dichter Unterbodenhorizont mit einem deutlich höheren Tongehalt als in dem oder den darüber befindlichen Horizonten. Er besitzt hohe Gehalte an austauschbarem Na und/oder Mg.

Diagnostische Kriterien

Ein natric Horizont:

1. hat die Bodenart lehmiger Sand oder feiner und mindestens 8 Prozent Ton im Feinboden; **und**
2. hat mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. wenn ein Horizont mit gröberer Bodenart darüber liegt, der nicht gepflügt ist und sich vom natric Horizont nicht durch einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* unterscheidet, mehr Gesamtton als dieser darüber liegende Horizont, und zwar:
 - i. mindestens 3 Prozent mehr Ton, wenn der darüber liegende Horizont in der Feinerde weniger als 15 Prozent Ton hat; **oder**
 - ii. mindestens 1,2mal so viel Ton, wenn der darüber liegende Horizont in der Feinerde mindestens 15 Prozent aber weniger als 40 Prozent Ton hat; **oder**
 - iii. mindestens 8 Prozent mehr Ton, wenn der darüber liegende Horizont in der Feinerde mindestens 40 Prozent Ton hat; **oder**
 - b. eine durch mindestens eines der folgenden Merkmale erkennbare Toneinwaschung:
 - i. Brücken aus eingeregelter Ton zwischen den Sandkörnern; **oder**
 - ii. Tonhäute an den Porenwandungen; **oder**
 - iii. Tonhäute sowohl an vertikalen als auch horizontalen Aggregatoberflächen; **oder**
 - iv. eingeregelter Tonkörperchen, die in Dünnschliffen mindestens 1 Prozent des Querschnitts einnehmen; **oder**
 - v. einen Koeffizienten der linearen Ausdehnbarkeit (coefficient of linear extensibility - COLE) von mindestens 0,04 und ein Verhältnis von Feinton¹ zu Gesamtton, das im natric Horizont mindestens 1,2-mal so groß ist wie im darüber liegenden Horizont mit gröberer Bodenart; **und**
3. hat eine Zunahme des Tongehalts innerhalb einer vertikalen Distanz von 30 cm, wenn ein Horizont mit gröberer Bodenart darüber liegt, der nicht gepflügt ist und sich vom natric Horizont nicht durch einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* unterscheidet; **und**
4. hat mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. in einem Teil des Horizonts ein Säulen- oder Prismengefüge; **oder**
 - b. ein Polyeder- oder Subpolyedergefüge und Zungen eines darüber liegenden Horizonts mit gröberer Bodenart, die gebleichte Schluff- oder Sandkörner enthalten und mindestens 2,5 cm tief in den natric Horizont hineinragen; **oder**
 - c. ein Kohärentgefüge; **und**
5. hat eine Sättigung an austauschbarem Na (ESP²) von mindestens 15 Prozent innerhalb der obersten 40 cm oder mehr austauschbares Mg plus Na als Ca plus austauschbare Acidität (bei pH 8.2) innerhalb der obersten 40 cm und eine Sättigung mit austauschbarem Na von mindestens 15 Prozent in einem beliebigen Teilhorizont innerhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche; **und**
6. hat eine Mächtigkeit von mindestens einem Zehntel der Gesamtmächtigkeit aller darüber liegenden mineralischen Horizonte, sofern vorhanden, und ist:
 - a. mindestens 7,5 cm mächtig, wenn er nicht ausschließlich aus Tonbändern (lamellae) besteht (die mindestens 0,5 cm mächtig sind) und seine Bodenart feiner als lehmiger Sand ist; **oder**

¹ Feinton: < 0,2 µm Äquivalentdurchmesser

² ESP = austauschbares Na × 100/KAK (bei pH 7).

- b. mindestens 15 cm mächtig (kumulative Mächtigkeit für den Fall, dass er ausschließlich aus mindestens 0,5 cm mächtigen Tonbändern besteht).

Identifikation im Gelände

Die Farben im natric Horizont reichen von braun bis schwarz, letzteres v. a. im oberen Teil. Er hat ein grobes Säulen- oder Prismengefüge, manchmal auch ein Polyeder- oder Kohärentgefüge. Charakteristisch sind gerundete Aggregate mit oft weißlichen Kappen.

Farbe und Gefüge hängen von der Zusammensetzung der austauschbaren Kationen ab sowie vom Gehalt an löslichen Salzen in den darunter befindlichen Lagen. Oft treten dicke und dunkel gefärbte Tonhäute auf, speziell im oberen Teil des Horizonts. Natric Horizonte verfügen über eine geringe Aggregatstabilität und im feuchten Zustand über eine sehr niedrige Wasserdurchlässigkeit. Im trockenen Zustand wird der Horizont hart bis sehr hart. Die Bodenreaktion ist stark alkalisch; der pH-Wert (H₂O) liegt oberhalb von 8,5.

Zusätzliche Merkmale

Natric Horizonte sind durch hohe pH-Werte (H₂O) gekennzeichnet, oft oberhalb von 9. Ein anderer Parameter zur Charakterisierung von natric Horizonten ist das Natrium-Adsorptionsverhältnis (SAR), das mindestens 13 sein muss. Das SAR lässt sich aus den Konzentrationen der Basenkationen in der Bodenlösung errechnen (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ in mmol_c L⁻¹): $SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5}$.

Mikromorphologisch zeigen natric Horizonte ein charakteristisches Gefüge. Die peptisierte Matrix (plasma) weist eine ausgeprägte, mosaikartige oder parallel-streifige Orientierung auf. Die Matrix-Untereinheiten enthalten auch viel assoziierten Humus. Wenn der natric Horizont undurchlässig ist, treten Mikrokrusten, Cutane, Bläschen und Verfüllungen auf.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Normalerweise liegt über dem natric Horizont ein humusreicher Oberbodenhorizont, dessen Mächtigkeit von wenigen cm bis über 25 cm variiert und der ein *mollic* Horizont sein kann. Zwischen diesem Oberbodenhorizont und dem natric Horizont kann ein *albic* Horizont liegen.

Häufig befindet sich unter dem natric Horizont eine durch Salz beeinflusste Lage. Der Einfluss dieser Salze kann sich bis in den natric Horizont erstrecken, der dann nicht nur durch austauschbares Natrium, sondern auch durch freie Salze geprägt ist. Bei den Salzen kann es sich um Chloride, Sulfate oder (Hydrogen-)Carbonate handeln.

Der durch Einwaschung von Ton und Humus gekennzeichnete Teil der natric Horizonte hat eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent, wodurch sie sich von den *sombria* Horizonten unterscheiden.

Nitic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der nitic Horizont (von lat. *nitidus*, glänzend) ist ein tonreicher Unterbodenhorizont. Er hat ein mittel bis stark ausgeprägtes Gefüge aus Polyedern, die in abgeflachte oder nussförmige (nutty) Elemente mit zahlreichen glänzenden Oberflächen zerfallen, die nicht oder höchstens teilweise durch Toneinwaschung entstanden sind.

Diagnostische Kriterien

Ein nitic Horizont hat:

1. weniger als 20 Prozent relative Tongehaltsunterschiede über eine vertikale Distanz von 12 cm zu den unmittelbar darüber und darunter befindlichen Lagen; **und**
2. alle folgenden Merkmale:
 - a. mindestens 30 Prozent Ton; **und**
 - b. ein Verhältnis wasserlöslicher Ton zu Gesamtton von weniger als 0,10; **und**
 - c. ein Schluff/Ton-Verhältnis von weniger als 0,40; **und**

3. mittel bis stark ausgeprägte Polyeder, die in abgeflachte oder nussförmige Elemente mit glänzenden Oberflächen zerfallen; die glänzenden Oberflächen gehören nicht oder nur teilweise zu Tonhäuten; **und**
4. alle folgenden Merkmale:
 - a. mindestens 4 Prozent Fe im Dithionit-Citrat-Extrakt des Feinbodens (*freies Eisen*); **und**
 - b. mindestens 0,20 Prozent Fe im sauren Oxalat-Extrakt (pH 3) des Feinbodens (*aktives Eisen*); **und**
 - c. ein Verhältnis von *aktivem* zu *freiem* Eisen von mindestens 0,05; **und**
5. eine Mindestmächtigkeit von 30 cm.

Identifikation im Gelände

Der nitic Horizont hat die Bodenart toniger Lehm oder feiner, fühlt sich jedoch lehmig an. Der Wechsel in Tongehalt und Farbe zu den darüber- und darunter liegenden Horizonten ist gleitend. Die Farben zeigen niedrige Werte hinsichtlich Helligkeit (value) und Sättigung (chroma). Die Farbtöne (hues) liegen oft bei 2.5 YR, sind manchmal aber auch stärker rot oder stärker gelb. Das Gefüge besteht aus mittel bis stark ausgeprägten Polyedern, die in abgeflachte oder nussförmige Elemente mit glänzenden Oberflächen zerfallen.

Zusätzliche Merkmale

In vielen nitic Horizonten liegt die KAK (in 1 M NH₄-Acetat) unter 36 cmol_c kg⁻¹ Ton oder sogar unter 24 cmol_c kg⁻¹ Ton¹. Die effektive KAK (Summe der austauschbaren Basen plus in 1 M KCl extrahierbare austauschbare Acidität) macht etwa die Hälfte der KAK (in 1 M NH₄-Acetat) aus. In den mittleren bis geringen Werten der KAK und der effektiven KAK spiegelt sich die Dominanz von Zweischichttonmineralen wider (Kaolinit und/oder (Meta-)Halloysit).

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Ein nitic Horizont kann als spezieller *argic* Horizont oder als weit entwickelter *cambic* Horizont angesehen werden, geprägt durch besondere Eigenschaften wie geringe Gehalte an wasserdispergierbarem Ton und hohe Gehalte an aktivem Eisen. In der Klassifikation hat der nitic Horizont Vorrang gegenüber beiden genannten diagnostischen Horizonten. Mineralogisch (Kaolinit, (Meta-)Halloysit) unterscheidet er sich von den meisten *vertic* Horizonten, die von Smektiten dominiert werden. Nitic Horizonte können allerdings lateral in *vertic* Horizonte übergehen, wobei letztere die tiefer gelegenen Landschaftspositionen einnehmen. Von den *ferralic* Horizonten unterscheiden sich die nitic Horizonte durch ihr gut ausgebildetes Gefüge, ihre hohen Gehalte an aktivem Eisen und ihre oft mittlere Werte erreichende KAK.

Nitic Horizonte in kühlen und feuchten, frei drainierten Böden tropischer und subtropischer Hochplateaus und Berglagen können in Vergesellschaftung mit *sombric* Horizonten auftreten.

Petrocalcic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein petrocalcic Horizont (von griech. *petros*, Fels, und lat. *calx*, Kalk) ist ein verhärteter *calcic* Horizont, der durch Calciumcarbonat, teilweise mit etwas Magnesiumcarbonat, verkittet ist. Er ist kohärent oder plattig und extrem hart.

Diagnostische Kriterien

Ein petrocalcic Horizont:

1. zeigt ein sehr starkes Aufschäumen nach Zugabe von 1 M HCl-Lösung; **und**
2. ist verhärtet oder verkittet, zumindest teilweise durch sekundäre Carbonate, sodass lufttrockene Bruchstücke in Wasser nicht zerfallen und Wurzeln nicht eindringen können, außer entlang vertikaler Risse (die einen mittleren horizontalen Mindestabstand von 10 cm haben und weniger als 20 Volumenprozent einnehmen); **und**

¹ Siehe Anhang 1.

3. hat im trockenen Zustand eine extrem harte Konsistenz, sodass er mit Spaten oder Bohrer nicht durchdrungen werden kann; **und**
4. hat eine Mindestmächtigkeit von 10 cm oder, falls er laminar ausgebildet ist und direkt kontinuierlichem Fels aufliegt, von 1 cm.

Identifikation im Gelände

Petrocalcic Horizonte erscheinen als Kalkkrusten (Calcrete) mit plattigem oder nicht-plattigem (kohärentem oder knolligem) Gefüge. Die häufigsten plattigen Formen sind:

- *Bänderartiger Calcret*: einzelne übereinander befindliche versteinerte Lagen mit einer Mächtigkeit von wenigen mm bis zu mehreren cm. Die Farbe ist gewöhnlich weiß oder rosa.
- *Versteinerter bänderartiger Calcret*: ein oder mehrere extrem harte Lagen, die grau oder rosa gefärbt sind. Sie sind meist stärker verkittet als die bänderartigen Calcrete und deutlich kohärent (keine feingebänderte Struktur; eine grobgebänderte Struktur ist jedoch möglich).

Nicht-kapillare Poren sind in petrocalcic Horizonten verfüllt, und die hydraulische Leitfähigkeit ist mäßig bis sehr gering.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

In ariden Gebieten können petrocalcic Horizonte mit (*petro-*)*duric* Horizonten vergesellschaftet sein und lateral in sie übergehen. Petrocalcic und *duric* Horizonte unterscheiden sich durch das verkittende Material. In petrocalcic Horizonten ist das in erster Linie Calcium- und etwas Magnesiumcarbonat, wobei Siliciumdioxid auch eine Rolle spielen kann. In *duric* Horizonten ist Siliciumdioxid das wichtigste verkittende Material, mit oder ohne Calciumcarbonat.

Petrocalcic Horizonte treten auch in Vergesellschaftung mit *gypsic* oder *petrogypsic* Horizonten auf.

Petroduric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein petroduric Horizont (von griech. *petros*, Fels, und lat. *durus*, hart), auch bezeichnet als duripan oder dorbank (Südafrika), ist ein Unterbodenhorizont von meist rötlicher oder rötlich-brauner Farbe, der vorwiegend durch sekundäres Siliciumdioxid verkittet ist (SiO₂, vermutlich Opal und mikrokristalline Siliciumdioxid-Formen). Lufttrockene Bruchstücke von petroduric Horizonten zerfallen nicht in Wasser, auch nicht nach lang anhaltender Wässerung. Calciumcarbonat mag darüber hinaus zur Verkittung beitragen.

Diagnostische Kriterien

Ein petroduric Horizont:

1. ist mindestens in einem Teilhorizont in mindestens 50 Volumenprozent verhärtet oder verkittet; **und**
2. zeigt Hinweise auf Siliciumdioxid-Anreicherung (Opal oder andere Formen von Siliciumdioxid), z. B. als Überzüge (coatings) auf einem Teil der Porenwände oder Aggregatoberflächen oder als Brücken zwischen Sandkörnern; **und**
3. zerfällt in lufttrockenem Zustand zu weniger als 50 Volumenprozent in 1 M HCl, auch bei längerem Einweichen, aber zu mindestens 50 Volumenprozent in konzentrierter KOH, konzentrierter NaOH oder bei abwechselnder Behandlung mit den genannten Säuren und Basen; **und**
4. zeigt eine laterale Kontinuität, sodass Wurzeln nicht durchdringen können, außer entlang vertikaler Risse (die einen mittleren horizontalen Mindestabstand von 10 cm haben und weniger als 20 Volumenprozent einnehmen); **und**
5. hat eine Mindestmächtigkeit von 1 cm.

Identifikation im Gelände

Ein petroduric Horizont besitzt in feuchtem Zustand eine sehr feste bis extrem feste Konsistenz und ist in trockenem Zustand sehr hart bis extrem hart. Eine Reaktion mit 1 M HCl ist möglich, aber meist nicht so heftig wie in den ähnlich aussehenden *petrocalcic* Horizonten. Petroduric Horizonte können allerdings mit *petrocalcic* Horizonten vergesellschaftet sein.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

In trockenen und ariden Klimagebieten können petroduric Horizonte mit *petrocalcic* Horizonten vergesellschaftet sein, in die sie lateral übergehen können, und/oder mit *calcic* oder *gypsic* Horizonten, die im Profil normalerweise unter dem petroduric Horizont liegen. In feuchteren Klimaten können petroduric Horizonte lateral in *fragile* Horizonte übergehen.

Petrogypsic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

Ein petrogypsic Horizont (von griech. *petros*, Fels, und *gypsos*) ist ein verkitteter Horizont mit sekundären Gipsanreicherungen ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Diagnostische Kriterien

Ein petrogypsic Horizont:

1. hat mindestens 5 Prozent¹ Gips und mindestens 1 Volumenprozent als sekundär erkennbaren Gips; **und**
2. ist verhärtet oder verkittet, zumindest teilweise durch sekundären Gips, sodass lufttrockene Bruchstücke in Wasser nicht zerfallen und Wurzeln nicht durchdringen können, außer entlang vertikaler Risse (die einen mittleren horizontalen Mindestabstand von 10 cm haben und weniger als 20 Volumenprozent einnehmen); **und**
3. hat eine Mindestmächtigkeit von 10 cm.

Identifikation im Gelände

Petrogypsic Horizonte sind hart, weißlich und bestehen vornehmlich aus Gips. Alte petrogypsic Horizonte können von einer dünnen, etwa 1 cm mächtigen, laminar aufgebauten Kappe aus frisch ausgefälltem Gips überzogen sein.

Zusätzliche Merkmale

Dünnschliffe sind hilfreich beim Nachweis eines petrogypsic Horizonts sowie der Gipsverteilung im Boden.

In Dünnschliffen zeigt der petrogypsic Horizont eine verdichtete Mikrostruktur mit nur wenigen Hohlräumen. Die Matrix besteht aus dicht gepackten, linsenförmigen Gipskristallen, vermischt mit kleinen Mengen Detritus. Im Durchlicht hat die Matrix eine fahlgelbe Farbe. Unregelmäßige Knollen (nodules) aus farblosen, durchsichtigen Bereichen bestehen aus kohärenten Kristallaggregaten mit schlecht oder gar nicht ausgebildeten Kristallflächen (hypidiotop oder xenotop) und stehen meist im Zusammenhang mit (ehemaligen) Poren. Manchmal sind Spuren biologischer Aktivität (pedotubules) sichtbar.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Da sich petrogypsic Horizonte aus *gypsic* Horizonten entwickeln, sind beide eng miteinander verbunden. Petrogypsic Horizonte sind häufig auch mit *calcic* Horizonten vergesellschaftet. Calcic und *gypsic* Anreicherungen nehmen wegen der unterschiedlichen Löslichkeit von Calciumcarbonat und Gips normalerweise unterschiedliche Tiefen im Bodenprofil ein. Sie lassen sich normalerweise durch ihre Morphologie klar voneinander unterscheiden (siehe *calcic* Horizont).

¹ Der Gipsanteil kann auch als in Prozent umgerechnetes Produkt aus dem Gipsgehalt in $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Boden und der Äquivalentmasse für Gips (86) ermittelt werden.

Petroplinthic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein petroplinthic Horizont (von griech. *petros*, Fels, und *plinthos*, Ziegelstein) ist eine kontinuierliche, rissige oder auseinandergebrochene Platte aus verhärtetem Material, in dem vorwiegend Fe (und in manchen Fällen zusätzlich Mn) verkittend wirkt, organisches Material hingegen nicht oder nur in Spuren vorkommt.

Diagnostische Kriterien

Ein petroplinthic Horizont:

1. ist eine kontinuierliche, rissige oder auseinandergebrochene Platte aus miteinander verbundenen, stark verkitteten oder verhärteten
 - a. rötlichen bis schwärzlichen Konkretionen (nodules); **oder**
 - b. rötlichen, gelblichen bis schwärzlichen, plattigen, polygonalen oder netzartigen Überzügen (Flecken, mottles); **und**
2. hat einen Eindringwiderstand¹ von mindestens 4,5 MPa in mindestens 50 Prozent seines Volumens; **und**
3. hat ein Verhältnis von Eisen im Oxalat-Extrakt (pH 3) zu Eisen im Dithionit-Citrat-Extrakt von weniger als 0,10²; **und**
4. hat eine Mindestmächtigkeit von 10 cm.

Identifikation im Gelände

Petroplinthic Horizonte sind extrem hart und typischerweise rostbraun bis gelblichbraun. Sie sind entweder massiv oder bestehen aus miteinander verbundenen Konkretionen oder aus einem netzartigen, plattigen oder säulenartigen Gerüst unter Einschluss von nicht ausgehärtetem Material. Sie können rissig oder auseinandergebrochen sein.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Petroplinthic Horizonte sind eng mit *plinthic* Horizonten assoziiert, aus denen sie entstehen. Mancherorts kann man *plinthic* Horizonte finden, wenn man petroplinthic Lagen horizontal weiterverfolgt, die sich zum Beispiel an Straßenanschnitten gebildet haben.

Das niedrige Verhältnis von Eisen im Oxalat-Extrakt (pH 3) zu Eisen im Dithionit-Citrat-Extrakt unterscheidet den petroplinthic Horizont von dünnen Eisenbändern, Raseneisenerz und verhärteten *spodic* Horizonten, wie sie z. B. in *Podzolen* vorkommen, die außerdem noch einen beachtlichen Gehalt an organischem Material aufweisen.

Pisoplinthic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein pisoplinthic Horizont (von lat. *pisum*, Erbse, und griech. *plinthos*, Ziegelstein) enthält Konkretionen (nodules), die durch Fe (und in manchen Fällen zusätzlich durch Mn) stark verkittet oder verhärtet sind.

Diagnostische Kriterien

Ein pisoplinthic Horizont hat:

1. mindestens 40 Volumenprozent diskrete, stark verkittete oder verhärtete, rötliche bis schwärzliche Konkretionen (nodules) mit einem Durchmesser von mindestens 2 mm; **und**
2. eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

¹ Asiamah (2000). Bei Werten unterhalb von 4,5 MPa kann ein trockenzeitlich ausgehärteter Horizont in der Regenzeit wieder aufweichen.

² Abgeschätzt aus Daten von Varghese und Byju (1993).

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Ein pisoplinthic Horizont entsteht, wenn ein *plinthic* Horizont in Form diskreter Konkretionen aushärtet. In Härtegrad und Anteil der Konkretionen unterscheidet er sich auch vom *ferric* Horizont.

Plaggic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

Ein plaggic Horizont (von niederdt. *Plaggen*, Soden) ist ein schwarzer oder brauner, vom Menschen geprägter mineralischer Oberbodenhorizont, der durch lang andauernden Auftrag von Plaggendüngung geprägt ist. Im Mittelalter wurden Soden und andere Materialien häufig als Einstreu in Ställen verwendet und zusammen mit dem Kot und Harn der Tiere auf die Felder gebracht. Durch diese Art der Düngung entstand allmählich ein mineralischer Horizont von beachtlicher Mächtigkeit (teilweise 100 cm oder mehr) und hohen Gehalten an organischem Kohlenstoff. Die Basensättigung ist typischerweise niedrig.

Diagnostische Kriterien

Ein plaggic Horizont ist ein mineralischer Oberbodenhorizont und:

1. hat die Bodenarten Sand, lehmiger Sand, sandiger Lehm oder Lehm oder eine Kombination dieser Bodenarten; **und**
2. enthält *Artefakte*, jedoch weniger als 20 Prozent, oder zeigt unterhalb von 30 cm Tiefe Spatenstiche oder andere Spuren landwirtschaftlicher Bearbeitung; **und**
3. hat Munsell-Farben mit einer Helligkeit (value) höchstens 4 (feucht) und höchstens 5 (trocken) und einer Sättigung (chroma) höchstens 2 (feucht); **und**
4. hat einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von mindestens 0,6 Prozent; **und**
5. ist gekennzeichnet durch eine lokale Anhebung der Geländeoberfläche; **und**
6. hat eine Mindestmächtigkeit von 20 cm.

Identifikation im Gelände

Je nach Herkunft des Plaggenmaterials ist der plaggic Horizont von bräunlicher oder schwärzlicher Farbe. Seine Reaktion ist schwach bis stark sauer. Man erkennt die Feldbearbeitung z. B. an Spatenstichen oder alten Pflugsohlen. Plaggic Horizonte überlagern normalerweise begrabene Böden, wobei der alte Oberboden mit dem aufgetragenen Material vermischt worden sein kann. Die Untergrenze ist typischerweise deutlich.

Zusätzliche Merkmale

Die Bodenart ist meistens Sand oder lehmiger Sand. Sandiger Lehm oder Lehm sind selten. Die Gehalte an P_2O_5 (extrahiert in 1prozentiger Citronensäure) können hoch sein, oft über 0,25 Prozent in den obersten 20 cm und häufig sogar über 1 Prozent. Da die Praxis der Plaggendüngung aufgegeben wurde, können die Phosphatgehalte mittlerweile auch stark gesunken sein, weshalb sie nicht mehr als diagnostisch für plaggic Horizonte angesehen werden können. An der Untergrenze des Horizonts können begrabene Böden auftreten, aber Durchmischung kann den Übergang unkenntlich machen.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Nur wenige Bodenmerkmale unterscheiden *terríc* und plaggic Horizonte. *Terríc* Horizonte weisen meist eine hohe biologische Aktivität auf, haben eine neutrale bis schwach alkalische Bodenreaktion (der pH-Wert in Wasser liegt normalerweise über 7) und können freies Carbonat enthalten.

Plaggic Horizonte haben viele gemeinsame Merkmale mit *umbric* Horizonten. Oft können sie nur durch den offensichtlichen menschlichen Einfluss wie Spatenstiche oder die Anhebung der Bodenoberfläche voneinander unterschieden werden.

Plinthic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein plinthic Horizont (von griech. *plinthos*, Ziegelstein) ist ein Unterbodenhorizont, der aus einer Fe-reichen (in manchen Fällen zusätzlich Mn-reichen), humusarmen Mischung aus kaolinitischem Ton (und anderen Produkten fortgeschrittener Verwitterung wie z.B. Gibbsit) mit Quarz und anderen Komponenten besteht. Wird er der wiederholten Durchfeuchtung und Austrocknung (mit freier Sauerstoffzufuhr) ausgesetzt, so wandelt er sich irreversibel um in eine Lage mit harten Konkretionen (nodules), in eine harte Platte (hardpan) oder in eine Lage mit unregelmäßig geformten harten Bruchstücken (irregular fragments).

Diagnostische Kriterien

Ein plinthic Horizont:

1. hat folgende Merkmale, die eines allein oder beide in Kombination mindestens 15 Volumenprozent einnehmen:
 - a. diskrete, feste oder schwach verkittete Konkretionen (nodules), die einen stärker roten Farbton oder eine intensivere Sättigung als das umgebende Material haben und die sich unter wiederholter Durchfeuchtung und Austrocknung (mit freier Sauerstoffzufuhr) irreversibel in stark verkittete oder verhärtete Konkretionen umwandeln; **oder**
 - b. feste oder schwach verkittete, plattige, polygonale oder netzartige Überzüge (Flecken, mottles), die einen stärker roten Farbton oder eine intensivere Sättigung als das umgebende Material haben und die sich unter wiederholter Durchfeuchtung und Austrocknung (mit freier Sauerstoffzufuhr) irreversibel in stark verkittete oder verhärtete Überzüge umwandeln; **und**
2. ist nicht Teil eines *petroplinthic* oder *pisoplinthic* Horizonts; **und**
3. hat
 - a. Fe-Gehalte im Dithionit-Citrat-Extrakt von mindestens 2,5 Massenprozent in der Feinbodenfraktion oder mindestens 10 Massenprozent in den Konkretionen oder Überzügen; **und**
 - b. ein Verhältnis von Eisen im Oxalat-Extrakt (pH 3) zu Eisen im Dithionit-Citrat-Extrakt von kleiner 0,1¹; **und**
4. hat eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Identifikation im Gelände

Ein plinthic Horizont besitzt deutliche Konkretionen oder plattige, polygonale oder netzartige Überzüge (Flecken). In einem ständig feuchten Boden sind viele Konkretionen oder Überzüge nicht hart, sondern fest oder sehr fest und können mit einem Spaten durchstoßen werden. Nach einem lediglich einmaligen Zyklus von Durchfeuchtung und Austrocknung erfolgt noch keine irreversible Verhärtung. Nur wiederholtes Durchfeuchten und Austrocknen führt irreversibel zur Bildung harter Konkretionen, einer harten Platte (hardpan, ironstone) oder unregelmäßig geformten Bruchstücken, besonders bei zusätzlicher Erwärmung durch Sonneneinstrahlung.

Zusätzliche Merkmale

Mikromorphologische Untersuchungen können Hinweise geben auf das Ausmaß lokaler Eisenanreicherungen im Boden. Ein plinthic Horizont mit Konkretionen entstand unter redoximorphen Bedingungen unter zeitweiligem Stauwassereinfluss und zeigt ein *stagnic Farbmuster*. Ein plinthic Horizont mit plattigen, polygonalen oder netzartigen Überzügen (Flecken) entstand unter oximorphen Bedingungen in einem Grundwasser-Kapillarsaum. In diesem Fall zeigt der plinthic Horizont ein *gleyic Farbmuster* mit oximorphen Farben, und unter ihm liegt in vielen Fällen ein weißlicher Horizont. In vielen plinthic Horizonten gibt es jedoch aktuell keine länger anhaltenden *reduzierenden Verhältnisse*.

¹ Abgeschätzt aus Daten von Varghese und Byju (1993).

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Wenn ein plinthic Horizont zu einer kontinuierlichen Platte aushärtet (die später rissig werden oder auseinanderbrechen kann), wird er zum *petroplinthic* Horizont. Wenn Konkretionen mindestens 40 Volumenprozent erreichen und einzeln aushärten, wird er zum *pisoplinthic* Horizont.

Wenn die Konkretionen und Überzüge (Flecken), die unter wiederholter Durchfeuchtung und Austrocknung aushärten, weniger als 15 Volumenprozent ausmachen, kann ein *ferric* Horizont vorliegen, sofern er mindestens 5 Prozent Konkretionen oder 15 Prozent Überzüge aufweist und diese noch einige weitere Bedingungen erfüllen.

Salic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der salic Horizont (von lat. *sal*, Salz) ist ein an oder nahe der Bodenoberfläche liegender Horizont, der sekundäre Anreicherungen löslicher Salze enthält, also Salze, die stärker löslich sind als Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\log K_s = -4,85$ bei 25°C).

Diagnostische Kriterien

Ein salic Horizont hat:

1. zu einem beliebigen Zeitpunkt im Jahresverlauf als Mittelwert über die vertikale Horizontausdehnung eine elektrische Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt (EC_e) von mindestens 15 dS m^{-1} bei 25°C **oder**, wenn der pH-Wert (H_2O) des Sättigungsextrakts bei mindestens 8,5 liegt, eine EC_e von mindestens 8 dS m^{-1} bei 25°C ; **und**
2. zu einem beliebigen Zeitpunkt im Jahresverlauf als Mittelwert über die vertikale Horizontausdehnung ein Produkt von Mächtigkeit (in cm) und EC_e (in dS m^{-1}) von mindestens 450; **und**
3. eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Identifikation im Gelände

Salicornia, *Tamarix* oder andere Halophyten sowie salztolerante Kulturpflanzen sind erste Indikatoren. Böden zeigen unter Salzeinfluss oft eine aufgebläht-lockere Struktur (puffy). Salze fällen erst aus, nachdem ein Großteil der Bodenfeuchte verdunstet ist; wenn der Boden feucht ist, kann man die Salze oft nicht erkennen.

Salze können an der Oberfläche ausfallen (externe *Solonchake*) oder etwas tiefer (interne *Solonchake*). Eine Salzkruste ist als Teil des salic Horizont anzusehen.

Zusätzliche Merkmale

In Alkalicarbonatböden finden sich sehr häufig eine EC_e von mindestens 8 dS m^{-1} und ein pH-Wert (H_2O) von 8,5 oder darüber.

Sombric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein sombric Horizont (von frz. *sombre*, dunkel) ist ein dunkel gefärbter Unterbodenhorizont mit eingewaschenem Humus, mit dem zusammen weder Al noch Na verlagert wurde.

Diagnostische Kriterien

Ein sombric Horizont:

1. hat eine niedrigere Munsell-Helligkeit oder Munsell-Sättigung als der darüber liegende Horizont; **und**
2. hat eine Basensättigung (in 1 M NH_4 -Acetat) von weniger als 50 Prozent; **und**
3. hat einen höheren Humusgehalt als der darüber liegende Horizont oder einen an Dünnschliffen sichtbaren eingewaschenen Humus auf Aggregatoberflächen oder in Poren; **und**
4. liegt nicht unter einem *albic* Horizont; **und**
5. hat eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Identifikation im Gelände

Man findet sombric Horizonte in dunkel gefärbten Unterböden in kühlen und feuchten, frei drainierten Böden tropischer und subtropischer Hochplateaus und Berglagen. Sie ähneln begrabenen Horizonten. Anders als die meisten begrabenen Horizonte folgen die sombric Horizonte jedoch mehr oder weniger dem Oberflächenrelief.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Sombric Horizonte können mit *argic*, *cambic*, *ferralic* oder *nitic* Horizonten überlappen. Sombric Horizonte können *umbric*, *melanic* und *fulvic* Horizonten ähneln. *Spodic* Horizonte zeigen eine deutlich höhere KAK der Tonfraktion als sombric Horizonte. Der Teil der *natric* Horizonte, der eine Humuseinwaschung aufweist, hat, anders als die sombric Horizonte, eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von über 50 Prozent.

Spodic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

Der spodic Horizont (von griech. *spodos*, Holzasche) ist ein Unterbodenhorizont mit illuvialen amorphen Substanzen, bestehend aus organischem Material und Al oder illuvialem Fe. Das eingewaschene Material hat eine hohe pH-abhängige Ladung, eine relativ große Oberfläche und eine hohe Wasserretention.

Diagnostische Kriterien

Ein spodic Horizont:

1. hat einen pH-Wert (1:1 in Wasser) von weniger als 5,9 in mindestens 85 Prozent des Horizonts, es sei denn der pH-Wert ist durch Bodennutzung erhöht; **und**
2. hat einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von mindestens 0,5 Prozent **oder** eine optische Dichte im Oxalat-Extrakt (ODOE-Wert) von mindestens 0,25, zumindest in einem Teil des Horizonts; **und**
3. hat mindestens eine der folgenden Merkmalskombinationen:
 - a. einen *albic* Horizont direkt über dem spodic Horizont sowie direkt unter dem *albic* Horizont eine der folgenden Munsell-Farben (feucht; zusammengedrückte und geglättete Probe):
 - i. einen Farbton (hue) 5 YR oder stärker rot; **oder**
 - ii. einen Farbton 7.5 YR mit einer Helligkeit (value) höchstens 5 und einer Sättigung (chroma) höchstens 4; **oder**
 - iii. einen Farbton 10 YR **oder** neutral und Helligkeit und Sättigung höchstens 2; **oder**
 - iv. die Farbe 10 YR 3/1; **oder**
 - b. unabhängig vom Vorhandensein oder Fehlen eines *albic* Horizonts eine der oben aufgelisteten Farben oder einen Farbton 7.5 YR mit einer Helligkeit höchstens 5 und einer Sättigung 5 oder 6 (jeweils feucht; zusammengedrückte und geglättete Probe), **und** mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - i. eine Verkittung durch organisches Material und Al, mit oder ohne Beteiligung von Fe, in mindestens 50 Volumenprozent sowie eine mindestens feste Konsistenz im verkitteten Teil; **oder**
 - ii. rissige Überzüge (cracked coatings) auf mindestens 10 Prozent der Sandkörner; **oder**
 - iii. mindestens 0,5 Prozent $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ ¹ und einen darüber liegenden mineralischen Horizont, der weniger als die Hälfte dieses Wertes aufweist; **oder**
 - iv. einen ODOE-Wert von mindestens 0,25 und einen darüber liegenden mineralischen Horizont, der weniger als die Hälfte dieses Wertes aufweist; **oder**

¹ Al_{ox} und Fe_{ox}: Aluminium und Eisen im sauren Oxalat-Extrakt (Blakemore, Searle und Daly, 1981), angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

- v. mindestens 10 Volumenprozent Eisenbändchen¹ in einer mindestens 25 cm mächtigen Lage; **und**
- 4. ist nicht Teil eines *natric* Horizonts; **und**
- 5. hat, falls darüber *tephric* Material liegt, das die Bedingungen eines *albic* Horizonts erfüllt, einen C_{py}/OC - und einen C_f/C_{py} -Wert² von jeweils mindestens 0,5; **und**
- 6. hat eine Mindestmächtigkeit von 2,5 cm.

Identifikation im Gelände

Ein spodic Horizont liegt normalerweise unter einem *albic* Horizont und hat bräunlichschwarze bis rötlichbraune Farben. Spodic Horizonte können auch charakterisiert sein durch ein Eisenschwartenbändchen (thin iron pan) durch Fe-Anreicherung in Bändchen oder, wenn sie nur schwach entwickelt sind, durch organische Knollen (pellets).

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Oberhalb von spodic Horizonten treten häufig *albic* Horizonte auf; darüber kann noch - mit oder ohne *albic* Horizont - ein *anthric*, *hortic*, *plaggic*, *terric* oder *umbric* Horizont liegen.

Spodic Horizonte in vulkanischen Materialien können auch *andic* Eigenschaften besitzen. In anderen Materialien ausgebildete spodic Horizonte können einige Merkmale der *andic* Eigenschaften aufweisen, haben aber normalerweise eine höhere Lagerungsdichte. Für die Klassifikation hat die Gegenwart eines spodic Horizonts Vorrang vor dem Auftreten von *andic* Eigenschaften, außer wenn es sich um einen in mehr als 50 cm Tiefe begrabenen spodic Horizont handelt. Einige Lagen mit *andic* Eigenschaften sind von hell gefärbten vulkanischen Auswurfprodukten bedeckt, die die Kriterien eines *albic* Horizonts erfüllen. In solchen Fällen braucht man daher weitere analytische Tests zum Nachweis der Ausbildung von spodic Horizonten, insbesondere die Bestimmung der C_{py}/OC - und C_f/C_{py} -Verhältnisse.

Ähnlich vielen spodic Horizonten enthalten auch *sombric* Horizonte mehr organisches Material als eine darüber befindliche Lage. Man kann sie am Tonmineralspektrum unterscheiden (während Kaolinit üblicherweise die *sombric* Horizonte dominiert, enthält die Tonfraktion der spodic Horizonte meist beachtliche Anteile an Vermiculit und sekundärem Chlorit) sowie durch die deutlich höhere KAK der Tonfraktion in spodic Horizonten.

In ähnlicher Weise sind auch *plinthic* Horizonte, in denen größere Mengen an Fe akkumuliert sind, durch kaolinitische Tonminerale dominiert und haben daher eine deutlich geringere KAK der Tonfraktion als die spodic Horizonte.

Takyric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein takyric Horizont (von turksprachig *takyr*, Ödland) ist ein Oberbodenhorizont mit schwerer Bodenart, der eine oberflächliche Kruste und darunter einen Bereich mit plattigem Gefüge besitzt. Er tritt unter ariden Bedingungen in periodisch überfluteten Böden auf.

Diagnostische Kriterien

Ein takyric Horizont hat:

- 1. *aridic* Eigenschaften; **und**
- 2. ein plattiges oder kohärentes Gefüge; **und**
- 3. eine oberflächliche Kruste mit allen folgenden Merkmalen:
 - a. einer Mächtigkeit, die so groß ist, dass beim Austrocknen nicht die ganze Kruste wellig wird; **und**
 - b. mindestens 2 cm tiefen polygonalen Rissen beim Austrocknen; **und**
 - c. einer Bodenart toniger Lehm, schluffig-toniger Lehm oder feiner; **und**

¹ Eisenbändchen sind nicht-verkittete Bändchen aus eingewaschenem Eisen mit weniger als 2,5 cm Mächtigkeit.

² C_{py} , C_f und OC sind C im Pyrophosphat-Extrakt, C in Fulvosäuren und organischer C (Ito *et al.*, 1991), angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

- d. sehr harter Konsistenz im trockenen Zustand und plastischer bis sehr plastischer und klebriger bis sehr klebriger Konsistenz im feuchten Zustand; **und**
- e. einer elektrischen Leitfähigkeit (EC_e) im Sättigungsextrakt geringer als 4 dS m^{-1} oder geringer als in der unmittelbar unter dem takyric Horizont befindlichen Lage.

Identifikation im Gelände

Takyric Horizonte treten in Senken der ariden Regionen auf, wo sich ton- und schluffreiches, aber relativ salzarmes Oberflächenwasser sammelt und die oberen Horizonte auswäscht. Periodisches Auswaschen der Salze führt zur Dispergierung des Tons und zur Bildung einer mächtigen, kompakten Kruste mit feiner Bodenart, in der beim Austrocknen deutliche polygonale Risse entstehen. Die Krusten enthalten oft über 80 Prozent Ton und Schluff.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Takyric Horizonte können mit zahlreichen anderen diagnostischen Horizonten vergesellschaftet sein, v. a. mit *salic*, *gypsic*, *calcic* und *cambic* Horizonten. Die niedrige elektrische Leitfähigkeit und der geringe Gehalt an löslichen Salzen unterscheiden die takyric Horizonte von den *salic* Horizonten.

Terric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Ein terric Horizont (von lat. *terra*, Erde) ist ein vom Menschen geprägter mineralischer Oberbodenhorizont, der über einen langen Zeitraum entstanden ist durch Zufuhr von mineralbodenhaltigem Dünger, Kompost, Küstensanden oder Schlamm. Er entsteht nach und nach und kann Steine enthalten, die unterschiedlich groß und zufällig über den Horizont verteilt sind.

Diagnostische Kriterien

Ein terric Horizont ist ein mineralischer Oberbodenhorizont und:

1. hat eine durch das Herkunftsmaterial geprägte Farbe; **und**
2. enthält höchstens 20 Volumenprozent *Artefakte*; **und**
3. hat eine Basensättigung (in 1 M NH_4 -Acetat) von mindestens 50 Prozent; **und**
4. ist gekennzeichnet durch eine lokale Anhebung der Geländeoberfläche; **und**
5. ist ungeschichtet, hat aber eine unregelmäßige Bodenartenverteilung; **und**
6. hat einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* an seiner Untergrenze; **und**
7. hat eine Mindestmächtigkeit von 20 cm.

Identifikation im Gelände

Böden mit einem terric Horizont sind durch eine Anhebung der Geländeoberfläche gekennzeichnet, was durch Geländebeobachtung oder aus historischen Dokumenten nachweisbar ist. Ein terric Horizont ist nicht homogen, doch sind seine Teilhorizonte intensiv durchmischt. Er enthält normalerweise *Artefakte* wie Tonscherben oder andere Reste menschlicher Kulturtätigkeit, die typischerweise sehr klein sind (weniger als 1 cm Durchmesser) und stark abgerundet.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Nur wenige Bodenmerkmale unterscheiden terric und *plaggic* Horizonte. Terric Horizonte weisen meist eine hohe biologische Aktivität auf, haben eine neutrale bis schwach alkalische Bodenreaktion (der pH-Wert in Wasser liegt normalerweise über 7) und können freies Carbonat enthalten, wohingegen *plaggic* Horizonte eine saure Bodenreaktion zeigen. Die Farbe der terric Horizonte ist geprägt durch das Herkunftsmaterial. An ihrer Untergrenze können begrabene Böden auftreten, aber Durchmischung kann den Übergang unkenntlich machen.

Thionic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der thionic Horizont (von griech. *theion*, Schwefel) ist ein extrem saurer Unterbodenhorizont, in dem durch Oxidation von Sulfiden Schwefelsäure gebildet wird.

Diagnostische Kriterien

Ein thionic Horizont:

1. hat einen pH-Wert (1:1 in Wasser) niedriger als 4; **und**
2. zeigt mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. hat Flecken (mottles) oder Überzüge (coatings) aus gelbem Jarosit oder gelblich-braunem Schwertmannit; **oder**
 - b. hat Konzentrationen mit einem Munsell-Farbtönen (hue) 2.5 Y oder stärker gelb und einer Sättigung (chroma) mindestens 6 (feucht); **oder**
 - c. liegt direkt auf *sulfidic* Material; **oder**
 - d. hat einen Gehalt an wasserlöslichen Sulfaten von mindestens 0,05 Prozent; **und**
3. hat eine Mindestmächtigkeit von 15 cm.

Identifikation im Gelände

Thionic Horizonte besitzen im Allgemeinen Flecken oder Überzüge aus blassgelbem Jarosit oder gelblich-braunem Schwertmannit. Die Bodenreaktion ist extrem sauer; pH-Werte (H_2O) von 3,5 sind nicht selten.

Zwar entwickeln sich thionic Horizonte meist aus jungen sulfidischen Küstensedimenten, doch können sie sich auch im Inland aus *sulfidic* Materialien entwickeln, die durch Aushub oder Erosion an die Oberfläche gelangten.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Thionic Horizonte liegen oft unterhalb sehr fleckenreicher Horizonte mit ausgeprägten redoximorphen Merkmalen (rötliche bis rötlich-braune Eisenhydroxid-Flecken und eine hellgefärbte, an Eisen verarmte Matrix).

Umbric Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der umbric Horizont (von lat. *umbra*, Schatten) ist ein mächtiger, dunkel gefärbter Oberbodenhorizont mit niedriger Basensättigung und mittleren bis hohen Gehalten an organischer Substanz.

Diagnostische Kriterien

Ein umbric Horizont hat, nach Durchmischung entweder der obersten 20 cm Mineralboden oder, wenn *kontinuierlicher Fels*, ein *cryic*, *petroduric* oder *petroplinthic* Horizont innerhalb von 20 cm unter der Mineralbodenoberfläche auftritt, des gesamten darüber liegenden Mineralbodens:

1. ein Bodengefüge, das so gut ausgebildet ist, dass der Horizont im trockenen Zustand nicht sowohl kohärent als auch hart oder sehr hart ist, und zwar sowohl im durchmischten Bereich als auch im darunter liegenden undurchmischten Bereich, falls die Mindestmächtigkeit mehr als 20 cm beträgt (Prismen mit einem Durchmesser über 30 cm werden als kohärent angesehen, wenn innerhalb der Prismen kein Sekundärgefüge vorhanden ist); **und**
2. in aufgebrochenen Bodenproben Munsell-Farben mit einer Sättigung (chroma) höchstens 3 (feucht) und einer Helligkeit (value) höchstens 3 (feucht) und höchstens 5 (trocken), und zwar sowohl im durchmischten Bereich als auch im darunter liegenden undurchmischten Bereich, falls die Mindestmächtigkeit mehr als 20 cm beträgt. Die Helligkeit ist mindestens eine Einheit dunkler als im Ausgangsgestein (sowohl feucht als auch trocken), wobei jedoch dieses Kriterium entfällt, wenn die Helligkeit des Ausgangsgesteins 4 oder weniger beträgt. Wenn das Ausgangsgestein nicht auszumachen ist, muss der Vergleich

mit derjenigen Lage gemacht werden, die sich unmittelbar unter dem Oberboden befindet; **und**

3. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von mindestens 0,6 Prozent, und zwar sowohl im durchmischten Bereich als auch im darunter liegenden undurchmischten Bereich, falls die Mindestmächtigkeit mehr als 20 cm beträgt. Wenn Farbanforderungen wegen eines dunklen Ausgangsgesteins entfallen, so ist der Gehalt an organischem Kohlenstoff mindestens 0,6 Prozent höher als im Ausgangsgestein; **und**
4. eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von unter 50 Prozent als über den ganzen Horizont gewichteter Mittelwert; **und**
5. eine der folgenden Mächtigkeiten:
 - a. mindestens 10 cm, wenn er direkt *kontinuierlichem Fels* oder einem *cryic*, *petroduric*, oder *petroplinthic* Horizont aufliegt; **oder**
 - b. mindestens 20 cm und mindestens ein Drittel des Abstands zwischen der Mineralbodenoberfläche und der Obergrenze von *kontinuierlichem Fels* oder eines *cryic*, *petroduric*, *petroplinthic* oder *salic* Horizonts oder eines *fluvic* Materials, sofern diese Obergrenze innerhalb von 75 cm auftritt; **oder**
 - c. mindestens 20 cm und mindestens ein Drittel des Abstands zwischen der Mineralbodenoberfläche und der Untergrenze des tiefsten diagnostischen Horizonts, die innerhalb von 75 cm auftritt und nicht unterhalb eines der unter b. aufgelisteten diagnostischen Horizonte oder Materialien liegt; **oder**
 - d. mindestens 25 cm.

Identifikation im Gelände

Die wichtigsten Geländemerkmale eines umbric Horizonts sind die dunkle Farbe und das Gefüge. Im Allgemeinen ist das Gefüge in umbric Horizonten weniger deutlich ausgeprägt als in *mollic* Horizonten.

Die meisten umbric Horizonte haben eine saure Reaktion (pH [H₂O, 1:2.5] unter etwa 5,5), was einer Basensättigung von weniger als 50 Prozent entspricht. Ein weiterer Hinweis auf den sauren Charakter ist ein flaches, horizontales Wurzelsystem bei gleichzeitigem Fehlen physikalischer Durchwurzelungshindernisse.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Die Basensättigung unterscheidet die umbric Horizonte von den im Übrigen sehr ähnlichen *mollic* Horizonten. Die Obergrenze für den Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt zwischen 12 Prozent (20 Prozent organische Substanz) und 18 Prozent (30 Prozent organische Substanz), entsprechend der Untergrenze für den *histic* Horizont, oder bei 20 Prozent, entsprechend der Untergrenze für den *follic* Horizont.

Mächtige, dunkel gefärbte, humusreiche, basenverarmte Oberbodenhorizonte treten auch als Folge menschlicher Aktivitäten auf, wie etwa tiefgründiges Pflügen und Düngen, Zufuhr organischen Düngers, alte Siedlungstätigkeit oder Deponieren von Küchenabfällen. Im Gelände können derartige Horizonte meist erkannt werden an *Artefakten*, Spatenstichen, Einschlüssen von andersartigen Mineralen, einer durch diskontinuierliche Zufuhr von Düngermaterial verursachten Schichtung, einer relativ höheren Position in der Landschaft oder aus der lokalen Landwirtschaftsgeschichte.

Vertic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der vertic Horizont (von lat. *vertere*, wenden) ist ein toniger Unterbodenhorizont, der infolge von Quellung und Schrumpfung Slickensides und keilförmige Aggregate aufweist.

Diagnostische Kriterien

Ein vertic Horizont hat:

1. durchgängig einen Tongehalt von mindestens 30 Prozent; **und**
2. keilförmige Aggregate, deren Längsachse um 10° bis 60° zur Horizontalen geneigt ist; **und**
3. Slickensides¹; **und**
4. eine Mindestmächtigkeit von 25 cm.

Identifikation im Gelände

Vertic Horizonte sind tonreich und besitzen eine harte bis sehr harte Konsistenz. Im trockenen Zustand weisen sie Risse von 1 cm Breite oder mehr auf. Unverwechselbar sind die polierten, glänzenden Aggregatoberflächen (*Slickensides*), die oft an spitzwinkligen Aggregatkanten zu finden sind.

Zusätzliche Merkmale

Der Koeffizient der linearen Ausdehnbarkeit (coefficient of linear extensibility - COLE) ist ein Maß für das Quellungs- und Schrumpfungsvermögen eines Bodenbruchstücks. Er ist definiert als Verhältnis der Differenz der Längen im feuchten und trockenen Zustand zur Länge im trockenen Zustand: $(L_f - L_t)/L_t$, wobei L_f die Länge bei 33 kPa Saugspannung ist und L_t die Länge im trockenen Zustand. In vertic Horizonten liegt der COLE über 0,06.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Mehrere andere diagnostische Horizonte können ebenfalls hohe Tongehalte aufweisen, nämlich der *argic*, *natric* und *nitic* Horizont. Diesen Horizonten fehlen die für den vertic Horizont typischen Merkmale. Sie können jedoch in der Landschaft lateral mit vertic Horizonten vergesellschaftet sein, wobei letztere im Allgemeinen die tiefsten Positionen einnehmen.

Voronic Horizont**Allgemeine Beschreibung**

Der voronic Horizont (von russ. *voronoi*, schwarz) ist ein Spezialfall des *mollic* Horizont. Er ist ein mächtiger, weitgehend schwarzer Oberbodenhorizont mit gut ausgebildetem Aggregatgefüge, hoher Basensättigung, hohem Gehalt an organischer Substanz und hoher biologischer Aktivität.

Diagnostische Kriterien

Ein voronic Horizont ist ein mineralischer Oberbodenhorizont und hat:

1. ein krümeliges oder fein-subpolyedrisches Gefüge; **und**
2. in aufgebrochenen Bodenproben Munsell-Farben mit einer Sättigung (chroma) weniger als 2 (feucht), einer Helligkeit (value) weniger als 2 (feucht) und weniger als 3 (trocken). Wenn mindestens 40 Prozent fein verteilter Kalk vorhanden ist oder eine Bodenart lehmiger Sand oder gröber vorliegt, so entfallen die Anforderungen an die Helligkeit im trockenen Zustand, und die Helligkeit feucht ist höchstens 3. Die Helligkeit ist mindestens eine Einheit dunkler als im Ausgangsgestein (sowohl feucht als auch trocken), wobei jedoch dieses Kriterium entfällt, wenn die Helligkeit des Ausgangsgesteins im feuchten Zustand unter 4 liegt. Wenn das Ausgangsgestein nicht auszumachen ist, muss der Vergleich mit derjenigen Lage gemacht werden, die sich unmittelbar unter dem Oberboden befindet. Diese Farbkriterien sind bereits erfüllt, wenn sie für die obersten 15 cm des voronic Horizonts zutreffen oder für einen Bereich unmittelbar unter einer gepflügten Lage; **und**
3. mindestens 50 Volumenprozent Wurmgänge, Wurm Kot und ausgefüllte Tiergänge; **und**

¹ Slickensides sind polierte und geriefte Aggregatoberflächen, die dadurch entstehen, dass Aggregate aneinander vorbeigleiten.

4. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von mindestens 1,5 Prozent. Wenn Farbanforderungen wegen fein verteilten Kalks entfallen, so beträgt der Gehalt an organischem Kohlenstoff mindestens 6 Prozent, und wenn Farbanforderungen wegen eines dunklen Ausgangsgesteins entfallen, so ist der Gehalt an organischem Kohlenstoff mindestens 1,5 Prozent höher als im Ausgangsgestein; **und**
5. eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 80 Prozent; **und**
6. eine Mindestmächtigkeit von 35 cm.

Identifikation im Gelände

Der voronic Horizont ist erkennbar an der weitgehend schwarzen Farbe, dem gut entwickelten Aggregatgefüge (meist krümelig), der hohen Aktivität von Würmern und anderen grabenden Tieren und der Mächtigkeit.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Der voronic Horizont ist ein Spezialfall des *mollic* Horizonts mit höheren Anforderungen an den Gehalt an organischem Kohlenstoff, die Dunkelheit der Farben, den Beitrag der Organismen zum Bodengefüge und die Mindestmächtigkeit.

Yermic Horizont

Allgemeine Beschreibung

Der yermic Horizont (von span. *yermo*, Wüste) ist ein Oberbodenhorizont, der üblicherweise (aber nicht immer) aus einer oberflächlichen Akkumulation von Skelettbestandteilen (Wüstenpflaster) besteht, die in eine lehmige Lage mit Schaumgefüge (vesicular layer) eingebettet sind, die ihrerseits von einer dünnen Lage aus Flugsand oder Löss bedeckt sein kann.

Diagnostische Kriterien

Ein yermic Horizont hat:

1. *aridic* Eigenschaften; **und**
2. mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. ein Pflaster, das Wüstenlacküberzüge aufweist (varnished) oder durch Windschliff geformte Kiese oder Steine (Windkanter - ventifacts) enthält; **oder**
 - b. ein Pflaster und eine Lage mit Schaumgefüge; **oder**
 - c. eine Lage mit Schaumgefüge unter einer plattigen Oberflächenlage.

Identifikation im Gelände

Ein yermic Horizont umfasst ein Pflaster und/oder eine lehmige Lage mit Schaumgefüge. Die Lage mit Schaumgefüge weist ein polygonales Netz von Trockenrissen auf, die oft mit eingewehtem Material ausgefüllt sind und auch in die darunter befindlichen Lagen vordringen. Die Oberflächenlagen haben ein schwach bis mäßig ausgebildetes Plattengefüge.

Beziehungen zu anderen diagnostischen Horizonten

Yermic Horizonte sind oft mit anderen diagnostischen Horizonten vergesellschaftet, die für Wüstenbedingungen charakteristisch sind (*salic*, *gypsic*, *duric*, *calcic* und *cambic* Horizonte). In sehr kalten Wüsten (z. B. Antarktis) können sie zusammen mit *cryic* Horizonten auftreten. Unter derartigen Bedingungen dominiert kryoklastisch gebildetes grobes Material, und durch den Wind kann nur wenig Staub abgetragen und andernorts wieder abgelagert werden. Hier kann direkt auf lockeren Ablagerungen und ohne Lage mit Schaumgefüge ein dichtes Pflaster entstehen mit Lacküberzügen, Windkantern, Lagen äolischer Sande und Anreicherungen löslicher Salze.

DIAGNOSTISCHE EIGENSCHAFTEN

Abrupter Bodenartenwechsel (abrupt textural change)

Allgemeine Beschreibung

Ein abrupter Bodenartenwechsel (von lat. *abruptus*) ist eine sehr starke Tongehaltssteigerung binnen einer geringen Tiefenzunahme.

Diagnostische Kriterien

Ein abrupter Bodenartenwechsel erfordert mindestens 8 Prozent Ton in der unteren Lage **und**:

1. binnen 7,5 cm eine Verdoppelung des Tongehalts, wenn die obere Lage weniger als 20 Prozent Ton besitzt; **oder**
2. binnen 7,5 cm eine Tongehaltszunahme von 20 Prozent (absolut), wenn die obere Lage mindestens 20 Prozent Ton besitzt.

Albeluvic Tonguing

Allgemeine Beschreibung

Unter albeluvic Tonguing (von lat. *albus*, weiß, und *eluere*, auswaschen) versteht man das zungenförmige Hineinragen von an Ton und Fe verarmtem Material in einen argic Horizont. In Gegenwart von Aggregaten treten die albeluvic Zungen entlang der Aggregatoberflächen auf.

Diagnostische Kriterien

Albeluvic Zungen:

1. haben die Farbe eines *albic* Horizonts; **und**
2. haben eine größere Tiefe als Breite mit folgenden horizontalen Abmessungen:
 - a. mindestens 5 mm in *argic* Horizonten mit toniger Bodenart; **oder**
 - b. mindestens 10 mm in *argic* Horizonten mit tonigem Lehm oder schluffiger Bodenart; **oder**
 - c. mindestens 15 mm in *argic* Horizonten mit gröberer Bodenart (schluffiger Lehm, Lehm oder sandiger Lehm); **und**
3. nehmen mindestens 10 Volumenprozent in den obersten 10 cm des *argic* Horizonts ein, gemessen sowohl an vertikalen als auch an horizontalen Anschnitten; **und**
4. haben eine Korngrößenzusammensetzung entsprechend dem Horizont mit gröberer Bodenart, der über dem *argic* Horizont liegt.

Andic Eigenschaften

Allgemeine Beschreibung

Andic Eigenschaften (von jap. *an*, dunkel, und *do*, Boden) entstehen durch mäßige Verwitterung vorwiegend pyroklastischer Ablagerungen. In einigen Böden jedoch entstehen andic Eigenschaften aus nicht-vulkanischen Materialien (z. B. Löss, tonreiche Gesteine, ferralitische Verwitterungsprodukte). Charakteristisch für andic Eigenschaften sind Minerale mit Nahordnung (short-range-order minerals) und/oder organo-metallische Komplexe. Diese Minerale und Komplexe sind häufig Stufen der Verwitterungsfolge in pyroklastischen Ablagerungen (*tephric* Material → *vitric* Eigenschaften → *andic* Eigenschaften).

Andic Eigenschaften können sowohl an der Bodenoberfläche als auch im Unterboden auftreten, und zwar üblicherweise in Lagen. Viele oberflächennahe Lagen mit andic Eigenschaften haben hohe Gehalte an organischer Substanz (über 5 Prozent), sind üblicherweise sehr dunkel gefärbt (Munsell-Helligkeit (value) und -Sättigung (chroma) (feucht) höchstens 3), besitzen ein sehr lockeres Makrogefüge und in einigen Fällen eine schmierige Konsistenz. Ihre Lagerungsdichte ist gering, und ihre Bodenart ist meist schluffiger Lehm oder feiner. Oberflächennahe

Lagen mit andic Eigenschaften und hohen Anteilen an organischer Substanz können sehr mächtig sein, in manchen Böden 50 cm oder mehr (Merkmal *pachic*). Unterbodenlagen mit andic Eigenschaften sind normalerweise etwas heller gefärbt.

Je nach Art der auf das Bodenmaterial einwirkenden dominanten Verwitterungsprozesse können andic Lagen unterschiedliche Merkmale haben. Sie können Thixotropie aufweisen, d. h. unter Druck oder beim Zerreiben wechselt das Bodenmaterial vom plastisch-festen Zustand in einen verflüssigten Zustand und zurück. In perhumiden Klimaten können humusreiche andic Lagen mehr als doppelt so viel Wasser enthalten, als in einer Bodenprobe zu finden ist, die bei 105° C getrocknet und anschließend wiederbefeuchtet wurde (Merkmal *hydric*).

Es gibt zwei Haupttypen der andic Eigenschaften: in einen dominieren Allophan und ähnliche Minerale (der *sil-andic* Typ); im anderen herrschen Komplexe aus organischen Säuren und Al vor (der *alu-andic* Typ). Die sil-andic Eigenschaften gehen typischerweise einher mit einer stark sauren bis neutralen Bodenreaktion, während bei alu-andic Eigenschaften eine extrem saure bis saure Bodenreaktion vorherrscht.

Diagnostische Kriterien

Andic Eigenschaften¹ erfordern:

1. einen $(Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox})$ -Gehalt² von mindestens 2 Prozent; **und**
2. eine Lagerungsdichte³ von höchstens 0,9 kg dm⁻³; **und**
3. eine Phosphatretention von mindestens 85 Prozent; **und**
4. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von weniger als 25 Prozent.

Andic Eigenschaften können untergliedert werden in sil-andic und alu-andic Eigenschaften. Sil-andic Eigenschaften sind charakterisiert durch Siliciumgehalte im Oxalat-Extrakt (pH 3) von mindestens 0,6 Prozent oder durch Al_{py}^4/Al_{ox} -Verhältnisse kleiner 0,5; bei alu-andic Eigenschaften sind die Si_{ox} -Gehalte kleiner 0,6 Prozent und die Al_{py}/Al_{ox} -Verhältnisse mindestens 0,5. Es gibt auch Übergänge, die alu-sil-andic Eigenschaften, die Si_{ox} -Gehalte zwischen 0,6 und 0,9 Prozent und Al_{py}/Al_{ox} -Verhältnisse zwischen 0,3 und 0,5 aufweisen (Poulenard und Herbillon, 2000).

Identifikation im Gelände

Andic Eigenschaften lassen sich durch den Natriumfluorid-Feldtest nach Fieldes und Perrott (1966) identifizieren. pH-Werte in NaF von über 9,5 weisen auf Allophan und/oder Aluminium-Humus-Komplexe hin. Der Test ist für die meisten Lagen mit andic Eigenschaften anwendbar, außer bei solchen mit sehr hohen Gehalten an organischer Substanz. Die gleiche Reaktion erfolgt allerdings auch in *spodic* Horizonten und in manchen sauren Tonböden, die viele Tonminerale mit Al-Zwischenschichten enthalten.

Unbearbeitete humusreiche Oberbodenlagen mit sil-andic Eigenschaften haben typischerweise einen pH-Wert (H₂O) von mindestens 4,5, mit alu-andic Eigenschaften dagegen meist unter 4,5. Der pH-Wert (H₂O) in sil-andic Unterbodenlagen liegt gemeinhin über 5.

Beziehungen zu einigen diagnostischen Horizonten und Eigenschaften

Vitric Eigenschaften unterscheiden sich von andic Eigenschaften durch einen geringeren Verwitterungsgrad. Dies spiegelt sich typischerweise in geringeren Gehalten an nicht oder schlecht kristallisierten pedogenen Mineralen wider. Lagen mit *vitric* Eigenschaften haben deshalb nur mäßige Gehalte an Al und Fe im Oxalat-Extrakt (pH 3) ($Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox} = 0,4\text{--}2$ Prozent), höhere Lagerungsdichten (> 0,9 kg dm⁻³) oder eine geringere Phosphatretention (25 – 85 Prozent).

¹ Shoji *et al.*, 1996; Takahashi, Nanzyo und Shoji, 2004.

² Al_{ox} und Fe_{ox} sind Aluminium und Eisen im sauren Oxalat-Extrakt (Blakemore, Searle und Daly, 1981), angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

³ Zur Bestimmung des Volumens wird die Bodenprobe (ohne vorherige Trocknung) auf 33 kPa eingestellt, die Masse wird nach anschließender Trocknung im Ofen (105 °C) ermittelt. (siehe Anhang 1).

⁴ Al_{py} : Aluminium im Pyrophosphat-Extrakt, angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

Histic oder *folic* Horizonte mit weniger als 25 Prozent organischem Kohlenstoff können andic Eigenschaften haben. In organischen Lagen mit darüber liegenden Gehalten an organischem Kohlenstoff spricht man nicht von andic Eigenschaften.

Spodic Horizonte, die ebenfalls Komplexverbindungen von Sesquioxiden mit organischer Substanz enthalten, können auch andic Eigenschaften aufweisen.

Aridic Eigenschaften

Allgemeine Beschreibung

Der Begriff aridic Eigenschaften (von lat. *aridus*, trocken) fasst eine Reihe von Merkmalen zusammen, die in Oberbodenhorizonten unter ariden Bedingungen verbreitet sind, wenn die Bodenbildung schneller abläuft als eine Zufuhr von äolischem oder alluvialem Material an der Bodenoberfläche.

Diagnostische Kriterien

Aridic Eigenschaften erfordern:

1. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von weniger als 0,6 Prozent¹, wenn die Bodenart sandiger Lehm oder feiner ist, und weniger als 0,2 Prozent, wenn die Bodenart gröber als sandiger Lehm ist, jeweils als gewichteter Mittelwert über die obersten 20 cm des Bodens oder von der Bodenoberfläche bis zur Obergrenze eines diagnostischen Unterbodenhorizonts, einer verkitteten Lage oder von *kontinuierlichem Fels* (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt); **und**
2. Hinweise auf äolische Prozesse durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
 - a. in einer beliebigen Lage oder in einem in Risse eingewehten Material gerundete oder subpolyedrische Sandpartikel mit mattierter Oberfläche (unter der Lupe, 10fach), die mindestens 10 Prozent der Fraktion des mittleren und groben Quarzsands ausmachen; **oder**
 - b. durch Wind geformte Gesteinsfragmente an der Bodenoberfläche (Windkanter); **oder**
 - c. windbedingte Sedimentationsstrukturen (Aeroturbation), z. B. Diagonalschichtung (Kreuzschichtung); **oder**
 - d. Hinweise auf Winderosion oder auf äolische Ablagerungen; **und**
3. bei Proben, die aufgebrochen und zusammengedrückt wurden, eine Munsell-Helligkeit (value) mindestens 3 (feucht) und mindestens 4,5 (trocken) und eine Sättigung (chroma) mindestens 2 (feucht); **und**
4. eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 75 Prozent.

Zusätzliche Merkmale

Das Auftreten nadelförmiger Tonminerale in Böden (z. B. Sepiolith und Palygorskit) wird im Zusammenhang mit Wüsten-Bedingungen gesehen, doch sind sie nicht von allen Wüstenböden bekannt. Das könnte zum einen daran liegen, dass sich diese Minerale unter ariden Klimabedingungen nicht bilden, sondern lediglich erhalten bleiben, wenn sie im Ausgangsmaterial oder in dem auf den Boden abgelagerten Staub vorkommen. Zum anderen könnte in einigen Wüsten die Verwitterung so gering gewesen sein, dass sich keine erkennbaren Mengen sekundärer Tonminerale gebildet haben.

¹ Der Gehalt an organischem Kohlenstoff kann höher sein, wenn der Boden periodisch überflutet wird oder an einer beliebigen Stelle innerhalb der obersten 100 cm eine EC_c von mindestens 4 dS m⁻¹ hat.

Ferralic Eigenschaften

Allgemeine Beschreibung

Ferralic Eigenschaften (von lat. *ferrum*, Eisen, und *alumen*, Alaun) beziehen sich auf mineralisches Bodenmaterial mit einer relativ niedrigen KAK. Dazu gehören auch Bodenmaterialien, die, mit Ausnahme der Bodenart, die Bedingungen eines *ferralic* Horizonts erfüllen.

Diagnostische Kriterien

Ferralic Eigenschaften erfordern in einer Unterbodenlage:

1. eine KAK (in 1 M NH_4 -Acetat) kleiner als $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}^1$; **oder**
2. eine KAK (in 1 M NH_4 -Acetat) kleiner als $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Boden und eine Munsell-Sättigung (chroma) mindestens 5 (feucht).

Geric Eigenschaften

Allgemeine Beschreibung

Geric Eigenschaften (von griech. *geraios*, alt) beziehen sich auf mineralisches Bodenmaterial, das eine sehr geringe effektive KAK hat oder sogar als Anionenaustauscher fungiert.

Diagnostische Kriterien

Geric Eigenschaften erfordern:

1. eine effektive KAK (Summe der austauschbaren Basen plus in 1 M KCl extrahierbare austauschbare Acidität) kleiner als $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}^2$; **oder**
2. einen Delta-pH-Wert (pH_{KCl} minus $\text{pH}_{\text{Wasser}}$) von $+0,1$ oder höher.

Gleyic Farbmuster (gleyic colour pattern)

Allgemeine Beschreibung

Bodenmaterialien entwickeln ein gleyic Farbmuster (von russ. *gley*, sumpfiges Bodenmaterial), wenn sie so lange mit Grundwasser gesättigt sind (oder in der Vergangenheit gesättigt waren, wenn sie inzwischen drainiert sind), dass *reduzierende Verhältnisse* auftreten (das können in den Tropen ein paar Tage sein und in anderen Gegenden ein paar Wochen).

Diagnostische Kriterien

Ein gleyic Farbmuster zeigt mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. mindestens 90 Flächenprozent Reduktionsfarben, also neutral weiß bis schwarz (Munsell-Farbtöne N1/ bis N8/) oder bläulich bis grünlich (Munsell-Farbtöne 2,5 Y, 5 Y, 5 G, 5 B); **oder**
2. mindestens 5 Flächenprozent Flecken (mottles) aus Oxidationsfarben, zu denen alle Farben gehören mit Ausnahme der Reduktionsfarben.

Identifikation im Gelände

Ein gleyic Farbmuster entsteht durch Redoxgradienten zwischen Grundwasser und Kapillarsaum, die eine ungleiche Verteilung von Eisen- und Mangan(hydr)oxiden verursachen. Im unteren Teil des Bodens und/oder im Innern von Aggregaten sind die Oxide entweder in unlösliche Fe/Mn(II)-Verbindungen überführt oder aber abtransportiert; beide Prozesse bewirken ein Fehlen von Farbtönen (hue) stärker rot als 2.5Y. Die verlagerten Fe- und Mn-Verbindungen können in oxidierte Form (Fe[III], Mn[IV]) angereichert werden auf Aggregatoberflächen oder in Bioporen (rostrote Wurzelbahnen) und zur Bodenoberfläche hin auch in der Matrix. Mangananreicherungen können durch starkes Aufbrausen bei Zugabe einer 10prozentigen H_2O_2 -Lösung nachgewiesen werden.

¹ Siehe Anhang 1.

² Siehe Anhang 1.

Reduktionsfarben weisen auf ständig nasse Bedingungen hin. In lehmigem und tonigem Material dominieren die blaugrünen Farben der Fe(II,III)-Hydroxo-Salze (grüner Rost). Wenn das Material viel Schwefel enthält, treten vorwiegend die schwärzlichen Farben kolloidaler Eisensulfide wie Greigit oder Mackinawit auf (nach Zugabe von 1 M HCl leicht am Geruch zu erkennen). In kalkhaltigem Material dominieren die weißlichen Farben von Calcit und/oder Siderit. Sande sind meist grau bis weiß und oft ebenfalls an Fe und Mn verarmt. Bläulich-grüne und schwarze Farben sind instabil, und wenn sie an die Luft gelangen, oxidieren sie oft binnen weniger Stunden zu einem rötlichen Braun.

Der obere Teil einer reduzierten Lage kann bis zu 10 Prozent Rostfarben aufweisen, v. a. an den Wänden von Tiergängen oder Wurzelröhren.

Oxidationsfarben weisen auf den Wechsel von reduzierenden und oxidierenden Verhältnissen hin, wie er im Kapillarsaum vorkommt sowie in den Oberbodenhorizonten von Böden mit schwankendem Grundwasserspiegel. Spezielle Farben verweisen auf Ferrihydrit (rötlichbraun), Goethit (hell gelblichbraun), Lepidokrokit (orange) und Jarosit (blassgelb). In lehmigen und tonigen Böden sind die Eisenoxide/-hydroxide konzentriert auf die Aggregatoberflächen und die Wandungen der größeren Poren (z. B. alte Wurzelkanäle).

Kontinuierlicher Fels (continuous rock)

Definition

Kontinuierlicher Fels ist ein festes Material unter dem Boden, ausgenommen verkittete pedogene Horizonte wie *petrocalcic*, *petroduric*, *petrogypsic* und *petroplinthic* Horizonte. Kontinuierlicher Fels ist so fest, dass er intakt bleibt, wenn ein luftgetrocknetes Teilstück von 25–30 mm Kantenlänge eine Stunde lang in Wasser getaucht wird. Das Material wird als kontinuierlich betrachtet, wenn Risse, in die Wurzeln eindringen können, im Mittel mindestens 10 cm voneinander entfernt sind und weniger als 20 Volumenprozent ausmachen und der Fels überdies nicht nennenswert transportiert wurde.

Reduzierende Verhältnisse (reducing conditions)

Definition

Reduzierende Verhältnisse (von lat. *reducere*) sind gekennzeichnet durch mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. einen negativen Logarithmus des Wasserstoffpartialdrucks (rH) kleiner als 20; **oder**
2. das Auftreten von freiem Fe²⁺, zu erkennen an einer intensiv roten Farbe auf frisch aufgetroffenen und geglätteten Oberflächen einer feldfrischen Bodenprobe nach Besprühen mit einer 0,2prozentigen α,α -Dipyridyl-Lösung in 10prozentiger Essigsäure¹; **oder**
3. das Auftreten von Eisensulfid; **oder**
4. das Auftreten von Methan.

Sekundäre Carbonate (secondary carbonates)

Allgemeine Beschreibung

Der Begriff sekundäre Carbonate (von lat. *carbo*, Kohle) bezieht sich auf Kalk, der an Ort und Stelle aus der Bodenlösung ausgefällt wurde und nicht vom Ausgangsmaterial ererbt ist. Um als diagnostische Eigenschaft zu dienen, sollte er in beachtlichen Mengen vorhanden sein.

¹ In Bodenmaterial mit neutraler oder alkalischer Reaktion kann es vorkommen, dass die Farbe nicht so intensiv rot ist.

Identifikation im Gelände

Einerseits können sekundäre Carbonate das Gesamtgefüge des Bodens unterbrechen und massige Ablagerungen, Knollen, Konkretionen oder rundliche Ansammlungen (Weißaugen) ausbilden, die im trockenen Zustand weich und pulverig sind. Andererseits können sie weiche Überzüge (coatings) in Poren, auf Aggregatoberflächen oder auf den Unterseiten von Skelettpartikeln oder von Bruchstücken verkitteter Strukturelemente bilden. Wenn sie als Überzüge auftreten, bedecken sie mindestens 50 Prozent der Aggregatoberfläche und sind so dick, dass sie auch im feuchten Zustand sichtbar sind. Wenn sie weiche Knollen ausbilden, nehmen sie mindestens 5 Prozent des Bodenvolumens ein.

Pseudomycelien werden nur zu den hier definierten sekundären Carbonaten gerechnet, wenn sie permanent vorhanden sind, also nicht mit wechselnder Feuchte erscheinen und wieder verschwinden. Dies kann durch Aufsprühen von etwas Wasser getestet werden.

Stagnic Farbmuster (stagnic colour pattern)

Allgemeine Beschreibung

Bodenmaterialien entwickeln ein stagnic Farbmuster (von lat. *stagnare*, stehen) wenn sie mit Oberflächenwasser gesättigt sind (oder in der Vergangenheit gesättigt waren, wenn sie inzwischen drainiert sind), zumindest zeitweilig und so lange, dass *reduzierende Verhältnisse* auftreten (das können in den Tropen ein paar Tage sein und in anderen Gegenden ein paar Wochen).

Diagnostische Kriterien

Ein stagnic Farbmuster zeichnet sich durch eine Fleckung (mottling) aus, bei der im Vergleich zu den nicht redoximorphen Teilen der betreffenden Lage oder zur Mischfarbe aus inneren und äußeren Aggregatanteilen folgende Farbverteilungen auftreten: die Aggregatoberflächen (oder entsprechende Teile der Bodenmatrix) sind heller (mindestens eine Munsell-Helligkeitsstufe (value) mehr) und fahler (mindestens eine Sättigungsstufe (chroma) weniger), während das Aggregatinnere (oder entsprechende Teile der Bodenmatrix) stärker rot ist (mindestens eine Farbtone (hue)) und leuchtender (mindestens eine Sättigungsstufe (chroma) höher).

Zusätzliche Merkmale

Wenn eine Bodenlage ein stagnic Farbmuster in 50 Prozent ihres Volumens hat, dann sind die anderen 50 Prozent nicht-redoximorph (also weder heller und fahler, noch stärker rot und leuchtender).

Vertic Eigenschaften

Diagnostische Kriterien

Bodenmaterial mit vertic Eigenschaften (von lat. *vertere*, wenden) hat mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. mindestens 30 Prozent Ton über eine Mächtigkeit von mindestens 15 cm hinweg und eines oder beide der folgenden Merkmale:
 - a. Slickensides oder keilförmige Aggregate; **oder**
 - b. Risse, die sich regelmäßig öffnen und schließen und mindestens 1 cm breit sind; **oder**
2. einen Koeffizienten der linearen Ausdehnbarkeit (coefficient of linear extensibility - COLE) von mindestens 0,06 im Mittel über die ersten 100 cm unterhalb der Bodenoberfläche.

Vitric Eigenschaften

Allgemeine Beschreibung

Vitric Eigenschaften (von lat. *vitrum*, Glas) sind charakteristisch für Lagen, die vulkanische Gläser und andere Primärmaterialien aus vulkanischen Auswurfprodukten enthalten und mäßige Gehalte an Mineralen mit Nahordnung (short-range-order minerals) oder organo-metallischen Komplexen aufweisen.

Diagnostische Kriterien

Vitric Eigenschaften¹ erfordern:

1. mindestens 5 Prozent (bezogen auf die Partikelzahl) vulkanische Gläser, gläserne Materialien, Glasaggregate oder glasüberzogene primäre Minerale in der Fraktion von 0,05 bis 2 mm oder in der Fraktion von 0,02 bis 0,25 mm; **und**
2. einen $(Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox})$ -Gehalt² von mindestens 0,4 Prozent; **und**
3. eine Phosphatretention von mindestens 25 Prozent; **und**
4. das Verfehlen von mindestens einem der Kriterien der *andic* Eigenschaften; **und**
5. einen Gehalt an organischem Kohlenstoff von weniger als 25 Prozent.

Identifikation im Gelände

Vitric Eigenschaften können in Lagen an der Bodenoberfläche auftreten. Sie können jedoch auch unter einigen Dezimetern frischer pyroklastischer Ablagerungen zu finden sein. Lagen mit vitric Eigenschaften können beachtliche Gehalte an organischem Material aufweisen. Die Sand- und Grobschlufffraktion haben signifikante Anteile an unverwitterten oder nur teilweise verwitterten vulkanischen Gläsern, Glasaggregaten oder anderen glasüberzogenen primären Mineralen (größere Fraktionen können mit einer Lupe mit 10facher Vergrößerung untersucht werden, feinere Fraktionen mit einem Mikroskop).

Beziehungen zu einigen diagnostischen Horizonten, Eigenschaften und Materialien

Vitric Eigenschaften sind einerseits eng mit *andic* Eigenschaften verknüpft, zu denen sie sich im Laufe der Zeit entwickeln können. Andererseits entstehen Lagen mit vitric Eigenschaften aus *tephric* Materialien.

Mollic und *umbric* Horizonte können auch vitric Eigenschaften aufweisen.

Wechsel des Ausgangsgesteins (lithological discontinuity)

Allgemeine Beschreibung

Ein Wechsel des Ausgangsgesteins (lithological discontinuity, von griech. *lithos*, Stein, und lat. *continuaré*, weitergehen) ist charakterisiert durch signifikante Unterschiede in der Korngrößenverteilung oder Mineralogie, wodurch in einem Boden verschiedene Substrate offenbar werden. Ein Wechsel des Ausgangsgesteins kann auch einen Altersunterschied bedeuten.

Diagnostische Kriterien

Ein Wechsel des Ausgangsgesteins erfordert mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. einen abrupten Wechsel in der Korngrößenverteilung, der nicht vollständig durch eine pedogenetische Tongehaltsveränderung erklärbar ist; **oder**
2. einen relativen Unterschied von mindestens 20 Prozent in den Verhältnissen zwischen Grobsand, Mittelsand und Feinsand; **oder**
3. Skelettbestandteile mit einer anderen Lithologie als im darunter liegenden *kontinuierlichen Fels*; **oder**

¹ Gemäß Takahashi, Nanzyo und Shoji (2004) und den Ergebnissen der COST 622 Action.

² Al_{ox} und Fe_{ox} sind Aluminium und Eisen im sauren Oxalat-Extrakt (Blakemore, Searle und Daly, 1981), angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

4. eine Lage mit nicht angewitterten Skelettbestandteilen über einer Lage mit angewitterten Skelettbestandteilen; **oder**
5. Lagen mit kantigen Skelettbestandteilen oberhalb oder unterhalb von Lagen mit gerundeten Skelettbestandteilen; **oder**
6. einen abrupten Farbwechsel, der nicht von der Bodenbildung herrührt; **oder**
7. markante Unterschiede in Größe und Form von schwer verwitterbaren Mineralen in übereinander befindlichen Lagen (ermittelt durch mikromorphologische oder mineralogische Methoden).

Zusätzliche Merkmale

Manchmal deuten auch horizontale skelettreiche Lagen (Steinlagen, stone lines) auf einen Wechsel des Ausgangsgesteins hin, wenn sich darüber und darunter Lagen mit geringeren Skelettanteilen befinden. Auch ein mit der Tiefe abnehmender Skelettanteil kann ein solcher Hinweis sein. Allerdings können in einem ursprünglich lithologisch homogenen Ausgangsmaterial auch kleine Bodentiere wie Termiten durch Wühltätigkeit ähnliche Effekte hervorrufen.

DIAGNOSTISCHE MATERIALIEN

Artefakte

Definition

Artefakte (von lat. *ars*, Kunst, und *facere*, machen) sind feste oder flüssige Substanzen:

1. mit mindestens einem der folgenden Merkmale:
 - a. vom Menschen durch einen industriellen oder handwerklichen Herstellungsprozess geschaffen oder wesentlich verändert; **oder**
 - b. durch menschliche Aktivität an die Oberfläche gebracht aus einer Tiefe, in der sie nicht durch Oberflächenprozesse beeinflusst waren, und mit Eigenschaften, die völlig untypisch sind für die Umgebung, in die sie gebracht wurden.; **und**
2. mit noch wesentlich denselben Eigenschaften, die sie hatten, als sie hergestellt, verändert oder an die Oberfläche gebracht wurden.

Beispiele für Artefakte sind Ziegelsteine, Tongeschirr, Glas, zerkleinertes oder bearbeitetes Gestein, Industrieabfälle, Müll, Ölverarbeitungsprodukte, Minenabraum und Rohöl.

Calcaric Material

Definition

Calcaric Material (von lat. *calcarius*) zeigt starkes Schäumen bei Zugabe von 1 M HCl im größten Teil der Feinerde. Dazu gehören Materialien mit Carbonatgehalten, die einem Gehalt an reinem Calciumcarbonat von mindestens 2 Prozent entsprechen.

Colluvic Material

Allgemeine Beschreibung

Colluvic Material (von lat. *colluvio*, Gemisch) entsteht durch Sedimentation von Material, dessen Erosion vom Menschen ausgelöst wurde. Es akkumuliert sich normalerweise an Unterhängen, in Niederungen oder oberhalb von Schutzwällen. Die Erosion kann seit dem Neolithikum stattgefunden haben.

Identifikation im Gelände

Die Merkmale (Bodenart, Farbe, pH und Gehalt an organischem Kohlenstoff) im oberen Teil des colluvic Materials entsprechen jenen des Oberbodens im benachbarten Herkunftsgebiet.

Colluvic Materialien enthalten oft *Artefakte* wie Ziegelstücke, Keramik und Glas. Schichtung ist häufig, doch nicht immer leicht zu erkennen, und viele colluvic Materialien haben einen *Wechsel des Ausgangsgesteins* an ihrer Untergrenze.

Fluvic Material

Allgemeine Beschreibung

Fluvic Material (von lat. *fluvius*, Fluss) umfasst fluviatile, marine und lakustrine Sedimente, denen in regelmäßigen Abständen frisches Material zugeführt wird oder in jüngster Vergangenheit zugeführt wurde¹.

Diagnostische Kriterien

Fluvic Material ist fluviatilen, marinen oder lakustrinen Ursprungs und lässt über eine jeweils anzugebende Tiefe in mindestens 25 Prozent des Bodenvolumens Schichtung erkennen. Schichtung ist auch dann ausreichend nachgewiesen, wenn die Gehalte an organischem Kohlenstoff mit der Tiefe unregelmäßig abnehmen oder bis in 100 cm unter der Mineralbodenoberfläche über 0,2 Prozent bleiben. Dabei können dünne Sandschichten geringere Gehalte an organischem Kohlenstoff aufweisen, wenn feinere Sedimente darunter das genannte Kriterium wieder erfüllen.

Identifikation im Gelände

Schichtung mit einer Einschaltung dunklerer Bodenlagen geht einher mit einer unregelmäßigen Abnahme der Gehalte an organischem Kohlenstoff mit der Tiefe. Fluvic Material steht immer in Zusammenhang mit *Wasserkörpern* und sollte deswegen von kolluvialen Ablagerungen (Flächen, Fächer und Kegel) unterschieden werden, selbst wenn die beiden Sedimenttypen sehr ähnlich aussehen.

Gypsic Material

Definition

Gypsic Material (von griech. *gypsos*) ist ein *mineral* Material, das mindestens 5 Volumenprozent Gips enthält.

Limnic Material

Diagnostische Kriterien

Limnic Material (von griech. *limnae*, Teich) umfasst *organic* oder *mineral* Materialien:

1. die in Wasser abgelagert wurden durch Ausfällung oder durch Wasserorganismen wie Diatomeen oder andere Algen; **oder**
2. die von Unterwasser- und Schwimmpflanzen stammen und nachfolgend von Wassertieren verändert wurden.

Identifikation im Gelände

Limnic Material ist ein Unterwassersediment, das nach Wasserabsenkung auch an die terrestrische Oberfläche gelangen kann. Vier Typen von limnic Material werden unterschieden:

1. *Koprogene Erde und sedimentierter Torf*: vornehmlich organisch, erkennbar an zahlreichen Kotballen, Munsell-Helligkeit (value) (feucht) höchstens 4, in Wassersuspension leicht viskos, Konsistenz nicht oder nur leicht plastisch und nicht klebrig, schrumpft unter Austrocknung, nach Austrocknen Wiederbefeuchtung schwierig, horizontale Rissbildung.

¹ Die jüngste Vergangenheit umfasst den Zeitraum, in dem der Boden vor Überflutung geschützt war, z. B. durch Einpolderung, Eindeichung, Kanalisation oder künstliche Drainage, und in dem die Bodenbildung noch keine diagnostischen Unterbodenhorizonte hervorgebracht hat - mit Ausnahme eines *salic* oder *thionic* Horizonts.

2. *Diatomeenerde*: vornehmlich Diatomeen (kieselsäurehaltig), erkennbar an der irreversiblen Veränderung der Matrixfarbe (Munsell-Helligkeit (value) 3, 4 oder 5 in feldfeuchtem oder nassem Zustand) als Effekt der irreversiblen Schrumpfung der organischen Überzüge auf den Diatomeen (sichtbar im Mikroskop bei 440facher Vergrößerung)
3. *Mergel*: stark carbonathaltig, erkennbar an einer Munsell-Helligkeit (value) (feucht) mindestens 5 und einer Reaktion mit 1 M HCl. Die Farbe ändert sich beim Austrocknen normalerweise nicht.
4. *Gyttja*: kleine koprogene Aggregate aus stark humifiziertem organischem Material und Mineralen vornehmlich in Ton- und Schluffgröße, mindestens 0,5 Prozent organischer Kohlenstoff, ein Munsell-Farbtone (hue) 5 Y, GY oder G, starkes Schrumpfen nach Wasserabsenkung und ein rH-Wert von mindestens 13.

Mineral Material

Allgemeine Beschreibung

Im mineral Material (von keltisch *mine*, Erz) werden die Bodeneigenschaften von den mineralischen Komponenten dominiert.

Diagnostische Kriterien

Mineral Material hat mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. weniger als 20 Massenprozent organischen Kohlenstoff in der Feinerde, wenn das Material in den meisten Jahren (ohne künstliche Drainage) weniger als 30 aufeinanderfolgende Tage wassergesättigt ist; **oder**
2. eines oder beide der folgenden Merkmale:
 - a. weniger als $(12 + [\text{Prozentanteil Ton in der mineralischen Fraktion} \times 0,1])$ Massenprozent organischen Kohlenstoff in der Feinerde; **oder**
 - b. weniger als 18 Massenprozent organischen Kohlenstoff in der Feinerde, wenn die mineralische Fraktion mindestens 60 Prozent Ton aufweist.

Organic Material

Allgemeine Beschreibung

Organic Material (von griech. *organon*, Werkzeug) besteht zu einem hohen Anteil aus organischen Rückständen, die sich an der Oberfläche unter nassen oder trockenen Bedingungen anreichern, sodass die mineralische Komponente keinen wesentlichen Einfluss auf die Bodeneigenschaften hat.

Diagnostische Kriterien

Organic Material hat mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. mindestens 20 Massenprozent organischen Kohlenstoff in der Feinerde; **oder**
2. mindestens eines der folgenden Merkmale, wenn das Material in den meisten Jahren (außer bei künstlicher Drainage) mindestens 30 aufeinanderfolgende Tage wassergesättigt ist:
 - a. mindestens $(12 + [\text{Prozentanteil Ton in der mineralischen Fraktion} \times 0,1])$ Massenprozent organischen Kohlenstoff in der Feinerde; **oder**
 - b. mindestens 18 Massenprozent organischen Kohlenstoff in der Feinerde.

Ornithogenic Material

Allgemeine Beschreibung

Ornithogenic Material (von griech. *ornithos*, Vogel, und *genesis*, Erzeugung) ist ein Material, das wesentlich von Vogelexkrementen beeinflusst ist. Es hat oft einen hohen Anteil an Skelett, das von den Vögeln herbeigeschafft wurde.

Diagnostische Kriterien

Ornithogenic Material hat:

1. Überreste von Vogelpräsenz (Knochen, Federn und Skelettpartikel einheitlicher Größe);
und
2. einen Gehalt an P₂O₅ (in 1prozentiger Citronensäure) von mindestens 0,25 Prozent.

Sulphidic Material**Allgemeine Beschreibung**

Sulphidic Material (von lat. *sulphur*) ist ein wassergesättigtes Sediment, das Schwefel enthält, vornehmlich in Form von Sulfiden, und höchstens mäßige Gehalte an Calciumcarbonat aufweist.

Diagnostische Kriterien

Sulphidic Material hat:

1. einen pH-Wert (1:1 in Wasser) von 4,0 oder höher und mindestens 0,75 Prozent S in der Trockenmasse und einen Carbonatgehalt, der einem Gehalt an reinen Calciumcarbonat entspricht, der höchstens dreimal so hoch ist wie der Schwefelgehalt; **oder**
2. einen pH-Wert (1:1 in Wasser) von 4,0 oder höher, der, wenn das Material als 1 cm mächtige Lage bei Feldkapazität und Zimmertemperatur inkubiert wird, innerhalb von 8 Wochen um mindestens 0,5 Einheiten auf einen pH-Wert (1:1 in Wasser) von 4,0 oder niedriger sinkt.

Identifikation im Gelände

Sulfidhaltige Ablagerungen zeigen im feuchten oder nassen Zustand oft einen goldenen Glanz, der auf Pyrit zurückführbar ist. Oxidation mit einer 30prozentigen Wasserstoffperoxidlösung senkt den pH-Wert auf 2,5 oder niedriger, wobei die Reaktion im Sonnenlicht oder bei Erhitzung sehr lebhaft sein kann. Folgende Munsell-Farben liegen vor: Farbtöne (hue) N, 5 Y, 5 GY, 5 BG oder 5 G; Helligkeiten (value) 2, 3 oder 4; Sättigung (chroma) 1. Die Farbe ist meist instabil und wird bei Luftexposition schwärzer. Sulfidischer Ton zeigt meist kaum eine Pedogenese in situ (is usually practically unripe). Wenn Bodenteile herausgenommen werden, entwickelt sich ein Geruch von faulen Eiern. Dieser kann durch die Anwendung von 1 M HCl noch verstärkt werden.

Technisches Festgestein (technic hard rock)**Definition**

Technisches Festgestein (von griech. *technikos*, kunstgemäß) ist festes Material, das von einem industriellen Prozess herrührt und andersartige Eigenschaften besitzt als natürliches Material.

Tephric Material**Allgemeine Beschreibung**

Tephric Material¹ (von griech. *tephra*, Asche) besteht entweder aus Tephra, also aus lockerem, nicht oder nur schwach verwittertem pyroklastischem Material aus Vulkanausbrüchen (u. a. Aschen, Schlacken, Lapilli, Bims, bimsähnliche schaumige Pyroklastite, Blöcke und Bomben), oder aus Tephra-haltigen Ablagerungen, in denen Tephra umgearbeitet und mit Material anderen Ursprungs gemischt wurde. Dazu gehören Tephra-haltige Lösser und Flugsande sowie vulkanogene Alluvien.

¹ Beschreibung und diagnostische Kriterien nach Hewitt (1992).

Diagnostische Kriterien

Tephric Material hat:

1. mindestens 30 Prozent (bezogen auf die Partikelzahl) vulkanische Gläser, gläserne Materialien, Glasaggregate oder glasüberzogene primäre Minerale in der Fraktion von 0,02 bis 2 mm; **und**
2. keine *andic* oder *vitric* Eigenschaften.

Beziehungen zu einigen diagnostischen Eigenschaften

Fortschreitende Verwitterung von tephric Material führt zur Ausbildung von *vitric* Eigenschaften, wodurch das Material nicht mehr als tephric Material angesprochen wird.

Schlüssel zu den WRB-Referenzbodengruppen mit den Listen der Präfix- und Suffix-Qualifier

Bitte lesen Sie vorab die Regeln für die Klassifikation am Schluss von Kapitel 1!

Vorbemerkungen des Übersetzers:

Der Bereich "unter der Bodenoberfläche" bezieht H-, Of- und Oh-Horizonte mit ein, der Bereich "unter der Mineralbodenoberfläche" schließt diese Horizonte hingegen aus.

Die Bodenarten werden gemäß FAO (2006) angegeben und sind damit nicht identisch mit jenen der Ad-hoc-AG Boden (2005).

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Böden mit <i>organic</i> Material, das <i>entweder</i>	Folic	Thionic
1. an der Bodenoberfläche beginnt, eine Mächtigkeit von mindestens 10 cm erreicht und direkt auf Eis, <i>kontinuierlichem Fels</i> oder Skelett liegt, wobei Hohlräume mit <i>organic</i> Material ausgefüllt sind; <i>oder</i>	Limnic	Ornithic
	Lignic	Calcaric
	Fibric	Sodic
	Hemic	Alcalic
	Sapric	Toxic
	Floatic	Dystric
2. innerhalb von 40 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche eine kumulative Mächtigkeit erreicht, entweder von mindestens 60 cm, wenn mindestens 75 Volumenprozent des Materials aus Moosfasern bestehen, <i>oder</i> von mindestens 40 cm bei anderen Materialien.	Subaquatic	Eutric
	Glacic	Turbic
	Ombric	Gelic
HISTOSOLE	Rheic	Petrogleyic
	Technic	Placic
	Cryic	Skeletic
	Leptic	Tidalic
	Vitric	Drainic
	Andic	Transportic
	Salic	Novic
	Calcic	
Andere Böden, die <i>entweder</i>	Hydragric	Sodic
1. einen <i>hortic</i> , <i>irragric</i> , <i>plaggic</i> oder <i>terric</i> Horizont haben mit einer Mächtigkeit von mindestens 50 cm; <i>oder</i>	Irragric	Alcalic
	Terric	Dystric
2. einen <i>anthraquic</i> Horizont und einen darunter liegenden <i>hydragric</i> Horizont haben mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 50 cm.	Plaggic	Eutric
	Hortic	Oxyaquic
	Escalic	Arenic
ANTHROSOLE	Technic	Siltic
	Fluvic	Clayic
	Salic	Novic
	Gleyic	
	Spodic	
	Ferralic	
	Stagnic	
	Regic	

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Ekranic	Calcaric
1. in den obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu <i>kontinuierlichem Fels</i> oder einer verhärteten oder verkitteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt) mindestens 20 Volumenprozent (gewichteter Mittelwert) <i>Artefakte</i> haben; <i>oder</i>	Linic	Toxic
	Urbic	Reductic
	Spolic	Humic
	Garbic	Oxyaquic
	Folic	Densic
2. eine kontinuierliche, sehr langsam oder gar nicht wasser-durchlässige, künstliche Geomembran beliebiger Mächtigkeit haben, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>oder</i>	Histic	Skeletic
	Cryic	Arenic
	Leptic	Siltic
	Fluvic	Clayic
3. <i>technisches Festgestein</i> haben, das innerhalb von 5 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und mindestens 95 Prozent der horizontalen Bodenfläche einnimmt.	Gleyic	Drainic
	Vitric	Novic
TECHNOSOLE ¹	Stagnic	
	Mollic	
	Alic	
	Acric	
	Luvic	
	Lixic	
	Umbric	
Andere Böden, die	Glacic	Gypsic
1. einen <i>cryic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>oder</i>	Turbic	Calcaric
	Folic	Ornithic
2. einen <i>cryic</i> Horizont haben, der innerhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche beginnt, <i>und</i> die in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche Kryoturbationsmerkmale ² besitzen.	Histic	Dystric
	Technic	Eutric
	Hyperskeletic	Reductaquic
	Leptic	Oxyaquic
	Natric	Thixotropic
	Salic	Aridic
	Vitric	Skeletic
	Spodic	Arenic
	Mollic	Siltic
	Calcic	Clayic
	Umbric	Drainic
	Cambic	Transportic
	Haplic	Novic
Andere Böden, die	Nudilithic	Brunic
1. mindestens eines der beiden folgenden Merkmale haben:	Lithic	Gypsic
a. eine Tiefenbegrenzung durch <i>kontinuierlichen Fels</i> innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche; <i>oder</i>	Hyperskeletic	Calcaric
	Rendzic	Ornithic
	Folic	Tephric
b. in den obersten 75 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu <i>kontinuierlichem Fels</i> (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt) im Mittel weniger als 20 Volumenprozent Fein-erde; <i>und</i>	Histic	Protothionic
	Technic	Humic
	Vertic	Sodic
	Salic	Dystric
	Gleyic	Eutric
2. keinen <i>calcic</i> , <i>gypsic</i> , <i>petrocalcic</i> , <i>petrogypsic</i> oder <i>spodic</i> Horizont haben.	Vitric	Oxyaquic
	Andic	Gelic
LEPTOSOLE	Stagnic	Placic
	Mollic	Greyic
	Umbric	Yermic
	Cambic	Aridic
	Haplic	Skeletic
		Drainic
		Novic

¹ Technosole haben häufig begrabene Lagen, die durch einen Qualifier mit vorangestelltem Thapto-Specifier gekennzeichnet werden können.

² Kryoturbationsmerkmale umfassen Frosthebung, kryogene Korngrößensortierung, Temperaturrisse, Eissegregation, Frostmuster etc.

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Grumic	Thionic
1. einen <i>vertic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i>	Mazic	Albic
2. mindestens 30 Prozent Ton durchgängig zwischen der Bodenoberfläche und dem <i>vertic</i> Horizont haben, nachdem die obersten 20 cm gemischt wurden; <i>und</i>	Technic	Manganiferic
3. Risse ¹ haben, die sich periodisch öffnen und schließen.	Endoleptic	Ferric
VERTISOLE	Salic	Gypsic
	Gleyic	Calcaric
	Sodic	Humic
	Stagnic	Hyposalic
	Mollic	Hyposodic
	Gypsic	Mesotrophic
	Duric	Hypereutric
	Calcic	Pellic
	Haplic	Chromic
		Novic
Andere Böden, die	Subaquatic	Thionic
1. <i>fluvic</i> Material haben, das innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und bis zu einer Tiefe von mindestens 50 cm reicht oder das an der Untergrenze einer gepflügten Lage beginnt und bis zu einer Tiefe von mindestens 50 cm reicht; <i>und</i>	Tidalic	Anthric
2. keinen <i>argic</i> , <i>cambic</i> , <i>natric</i> , <i>petroplinthic</i> oder <i>plinthic</i> Horizont haben, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i>	Limnic	Gypsic
3. keine Lagen mit <i>andic</i> oder <i>vitric</i> Eigenschaften haben, die innerhalb von 100 cm eine Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm erreichen und innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche beginnen.	Folic	Calcaric
FLUVISOLE ²	Histic	Tephric
	Technic	Petrogleyic
	Salic	Gelic
	Gleyic	Oxyaquic
	Stagnic	Humic
	Mollic	Sodic
	Gypsic	Dystric
	Calcic	Eutric
	Umbric	Greyic
	Haplic	Takyric
		Yermic
		Aridic
		Densic
		Skeletal
		Arenic
		Siltic
		Clayic
		Drainic
		Transportic

¹ Ein Riss ist eine Trennlinie zwischen groben Gefügeelementen. Wenn an der Bodenoberfläche Selbstmulchen stattfindet oder der Boden bei offenen Rissen bearbeitet wird, können die Risse angefüllt werden mit dem vornehmlich körnig-krümeligen Material der Bodenoberfläche, doch sind sie offen in dem Sinne, dass die Gefügeelemente voneinander getrennt sind und der Riss Infiltration und Perkolatation des Wasser reguliert. Wenn der Boden bewässert wird, haben die oberen 50 cm einen Koeffizienten der linearen Ausdehnbarkeit (coefficient of linear extensibility - COLE) vom mindestens 0,06.

² Fluvisole haben häufig begrabene Lagen, die durch einen Qualifier mit vorangestelltem Thapto-Specifier gekennzeichnet werden können.

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die einen <i>natric</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt. SOLONETZE	Technic Vertic Gleyic Salic Stagnic Mollic Gypsic Duric Petrocalcic Calcic Haplic	Glossalbic Albic Abruptic Colluvic Ruptic Magnesic Humic Oxyaquic Takyric Yermic Aridic Arenic Siltic Clayic Transportic Novic
Andere Böden, die 1. einen <i>salic</i> Horizont haben, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i> 2. keinen <i>thionic</i> Horizont haben, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt. SOLONCHAKE	Petrosalic Hypersalic Puffic Folic Histic Technic Vertic Gleyic Stagnic Mollic Gypsic Duric Calcic Haplic	Sodic Aceric Chloridic Sulphatic Carbonatic Gelic Oxyaquic Takyric Yermic Aridic Densic Arenic Siltic Clayic Drainic Transportic Novic
Andere Böden, die 1. innerhalb von 50 cm unter der Mineralbodenoberfläche eine mindestens 25 cm mächtige Lage haben, die an einer beliebigen Stelle <i>reduzierende Verhältnisse</i> und durchgängig ein <i>gleyic Farbmuster</i> aufweist; <i>und</i> 2. keine Lagen haben mit <i>andic</i> oder <i>vitric</i> Eigenschaften, die <i>entweder</i> a. innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm erreichen und innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche beginnen; <i>oder</i> b. zusammen mindestens 60 Prozent der Gesamtmächtigkeit des Bodens erreichen, wenn <i>kontinuierlicher Fels</i> oder eine verhärtete oder verkittete Lage innerhalb von 25 bis 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt. GLEYSOLE	Folic Histic Anthraquic Technic Fluvic Endosalic Vitric Andic Spodic Plinthic Mollic Gypsic Calcic Alic Acric Luvic Lixic Umbric Haplic	Thionic Abruptic Calcaric Tephric Colluvic Humic Sodic Alcalic Alumic Toxic Dystric Eutric Petrogleyic Turbic Gelic Greyic Takyric Arenic Siltic Clayic Drainic Novic

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Vitric	Anthric
1. eine oder mehrere Lagen haben mit <i>andic</i> oder <i>vitric</i> Eigenschaften, die <i>entweder</i>	Aluandic	Fragic
a. innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm erreichen und innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche beginnen; <i>oder</i>	Eutrosilic	Calcaric
	Silandic	Colluvic
	Melanic	Acroxic
	Fulvic	Sodic
	Hydric	Dystric
b. zusammen mindestens 60 Prozent der Gesamtmächtigkeit des Bodens erreichen, wenn <i>kontinuierlicher Fels</i> oder eine verhärtete oder verkittete Lage innerhalb von 25 bis 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i>	Folic	Eutric
	Histic	Turbic
	Technic	Gelic
	Leptic	Oxyaquic
	Gleyic	Placic
	Mollic	Greyic
	Gypsic	Thixotropic
2. keinen <i>argic</i> , <i>ferralic</i> , <i>petroplinthic</i> , <i>pisoplinthic</i> , <i>plinthic</i> oder <i>spodic</i> Horizont haben (es sei denn, diese Horizonte sind in mehr als 50 cm Tiefe begraben).	Petroduric	Skeletal
ANDOSOLE ¹	Duric	Arenic
	Calcic	Siltic
	Umbric	Clayic
	Haplic	Drainic
		Transportic
		Novic
Andere Böden, die einen <i>spodic</i> Horizont haben, der innerhalb von 200 cm unter der Mineralbodenoberfläche beginnt.	Placic	Hortic
PODZOLE	Ortsteinic	Plaggic
	Carbic	Terric
	Rustic	Anthric
	Entic	Ornithic
	Albic	Fragic
	Folic	Ruptic
	Histic	Turbic
	Technic	Gelic
	Hyperskeletal	Oxyaquic
	Leptic	Lamellic
	Gleyic	Densic
	Vitric	Skeletal
	Andic	Drainic
	Stagnic	Transportic
	Umbric	Novic
	Haplic	
Andere Böden, die <i>entweder</i>	Petric	Albic
1. einen <i>plinthic</i> , <i>petroplinthic</i> oder <i>pisoplinthic</i> Horizont haben, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>oder</i>	Fractipetric	Manganiferic
	Pisolithic	Ferric
	Gibbsic	Endoduric
2. einen <i>plinthic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt, und direkt darüber eine mindestens 10 cm mächtige Lage, die <i>reduzierende Verhältnisse</i> an einer beliebigen Stelle über einige Zeit des Jahres aufweist und die mindestens eines der beiden Merkmale	Posic	Abruptic
a. <i>stagnic Farbmuster</i> oder	Geric	Colluvic
b. <i>albic</i> Horizont	Vetic	Ruptic
besitzt, welche eines allein oder beide in Kombination mindestens die Hälfte ihres Bodenvolumens einnehmen.	Folic	Alumic
	Histic	Humic
	Technic	Dystric
	Stagnic	Eutric
	Acric	Oxyaquic
	Lixic	Pachic
PLINTHOSOLE	Umbric	Umbriglossic
	Haplic	Arenic
		Siltic
		Clayic
		Drainic
		Transportic
		Novic

¹ Andosole haben häufig begrabene Lagen, die durch einen Qualifier mit vorangestelltem Thapto-Specifier gekennzeichnet werden können.

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Vetic	Humic
1. einen <i>nitic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i>	Technic	Alumic
	Andic	Dystric
2. zwischen der Bodenoberfläche und dem <i>nitic</i> Horizont nur diffuse ¹ Horizontübergänge aufweisen; <i>und</i>	Ferralic	Eutric
	Mollic	Oxyaquic
3. keinen <i>ferric</i> , <i>petroplinthic</i> , <i>pisoplinthic</i> , <i>plinthic</i> oder <i>vertic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i>	Alic	Colluvic
	Acric	Densic
	Luvic	Rhodic
4. kein <i>gleyic</i> oder <i>stagnic Farbmuster</i> haben, das innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.	Lixic	Transportic
	Umbric	Novic
	Haplic	
NITISOLE		
Andere Böden, die	Gibbsic	Sombric
1. einen <i>ferralic</i> Horizont haben, der innerhalb von 150 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>und</i>	Posic	Manganiferric
	Geric	Ferric
2. keinen <i>argic</i> Horizont haben, der in seinen obersten 30 cm mindestens 10 Prozent wasserdispergierbaren Ton aufweist, es sei denn die obersten 30 cm des <i>argic</i> Horizont verfügen über mindestens eines der folgenden Merkmale:	Vetic	Colluvic
	Folic	Humic
a. <i>geric</i> Eigenschaften; <i>oder</i>	Technic	Alumic
	Andic	Dystric
b. mindestens 1,4 Prozent organischen Kohlenstoff.	Fractiplinthic	Eutric
	Petroplinthic	Ruptic
	Pisoplinthic	Oxyaquic
	Plinthic	Densic
	Mollic	Arenic
	Acric	Siltic
	Lixic	Clayic
	Umbric	Rhodic
	Haplic	Xanthic
		Transportic
		Novic
Andere Böden, die	Solodic	Thionic
1. innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche einen <i>abrupten Bodenartenwechsel</i> haben und direkt darüber oder darunter eine mindestens 5 cm mächtige Lage, die <i>reduzierende Verhältnisse</i> an einer beliebigen Stelle über einige Zeit des Jahres aufweist und die mindestens eines der beiden Merkmale	Folic	Albic
	Histic	Manganiferric
a. <i>stagnic Farbmuster</i> oder	Technic	Ferric
	Vertic	Geric
b. <i>albic</i> Horizont	Endosalic	Ruptic
besitzt, welche eines allein oder beide in Kombination mindestens die Hälfte ihres Bodenvolumens einnehmen, <i>und</i>	Plinthic	Calcaric
	Endogleyic	Sodic
	Mollic	Alcalic
	Gypsic	Alumic
	Petrocalcic	Dystric
2. kein <i>albeluvic Tonguing</i> haben, das innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.	Calcic	Eutric
	Alic	Gelic
	Acric	Greyic
	Luvic	Arenic
	Lixic	Siltic
	Umbric	Clayic
	Haplic	Chromic
		Drainic
		Transportic
PLANOSOLE		

¹ Horizontübergänge von mindestens 5 cm, "gradual to diffuse" nach FAO (2006), "diffus" nach Ad-hoc-AG Boden (2005) (Anm. d. Übers.).

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Folic	Thionic
1. im Bereich von 50 cm unter der Mineralbodenoberfläche <i>reduzierende Verhältnisse</i> an einer beliebigen Stelle über einige Zeit des Jahres aufweisen und mindestens eines der beiden Merkmale	Histic	Albic
a. <i>stagnic Farbmuster</i> oder	Technic	Manganiferic
b. <i>albic</i> Horizont	Vertic	Ferric
besitzen, welche eines allein oder beide in Kombination mindestens die Hälfte des Bodenvolumens einnehmen, <i>und</i>	Endosalic	Ruptic
2. kein <i>albeluvisc Tonguing</i> haben, das innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.	Plinthic	Geric
STAGNOSOLE	Endogleyic	Calcaric
	Mollic	Ornithic
	Gypsic	Sodic
	Petrocalcic	Alcalic
	Calcic	Alumic
	Alic	Dystric
	Acric	Eutric
	Luvic	Gelic
	Lixic	Greyic
	Umbric	Placic
	Haplic	Arenic
		Siltic
		Clayic
		Rhodic
		Chromic
		Drainic
Andere Böden, die	Voronic	Anthric
1. einen <i>mollic</i> Horizont haben; <i>und</i>	Vermic	Glossic
2. eine Munsell-Sättigung (chroma) (feucht) 2 oder weniger haben in einem Bereich von der Bodenoberfläche bis in 20 cm Tiefe oder direkt unter einer mindestens 20 cm mächtigen gepflügten Lage; <i>und</i>	Technic	Tephric
3. einen <i>calcic</i> Horizont oder Anreicherungen <i>sekundärer Carbonate</i> haben, die innerhalb von 50 cm unter der Untergrenze des <i>mollic</i> Horizont und, falls vorhanden, oberhalb einer verkitteten oder verhärteten Lage beginnen; <i>und</i>	Leptic	Sodic
4. von der Bodenoberfläche bis zum <i>calcic</i> Horizont oder den Anreicherungen <i>sekundärer Carbonate</i> durchgängig eine Basensättigung (in 1 M NH ₄ -Acetat) von mindestens 50 Prozent haben.	Vertic	Pachic
CHERNOZEME	Endofluvic	Oxyaquic
	Endosalic	Greyic
	Gleyic	Densic
	Vitric	Skeletal
	Andic	Arenic
	Stagnic	Siltic
	Petrogypsic	Clayic
	Gypsic	Novic
	Petroduric	
	Duric	
	Petrocalcic	
	Calcic	
	Luvic	
	Haplic	
Andere Böden, die	Vermic	Anthric
1. einen <i>mollic</i> Horizont haben; <i>und</i>	Technic	Glossic
2. einen <i>calcic</i> Horizont oder Anreicherungen <i>sekundärer Carbonate</i> haben, die innerhalb von 50 cm unter der Untergrenze des <i>mollic</i> Horizont und, falls vorhanden, oberhalb einer verkitteten oder verhärteten Lage beginnen; <i>und</i>	Leptic	Tephric
3. von der Bodenoberfläche bis zum <i>calcic</i> Horizont oder den Anreicherungen <i>sekundärer Carbonate</i> durchgängig eine Basensättigung (in 1 M NH ₄ -Acetat) von mindestens 50 Prozent haben.	Vertic	Sodic
KASTANOZEME	Endosalic	Oxyaquic
	Gleyic	Greyic
	Vitric	Densic
	Andic	Skeletal
	Stagnic	Arenic
	Petrogypsic	Siltic
	Gypsic	Clayic
	Petroduric	Chromic
	Duric	Novic
	Petrocalcic	
	Calcic	
	Luvic	
	Haplic	

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Vermic	Anthric
1. einen <i>mollic</i> Horizont haben; <i>und</i>	Greyic	Albic
2. von der Bodenoberfläche bis 100 cm Tiefe oder bis zu	Technic	Abruptic
<i>kontinuierlichem Fels</i> oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt) durchgängig eine Basensättigung (in 1 M NH ₄ -Acetat) von mindestens 50 Prozent haben.	Rendzic	Glossic
	Leptic	Calcaric
	Vertic	Tephric
	Endosalic	Sodic
PHAEOZEME	Gleyic	Pachic
	Vitric	Oxyaquic
	Andic	Densic
	Ferralic	Skeletic
	Stagnic	Arenic
	Petrogypsic	Siltic
	Petroduric	Clayic
	Duric	Chromic
	Petrocalcic	Novic
	Calcic	
	Luvic	
	Haplic	
Andere Böden, die	Petric	Ruptic
1. einen <i>petrogypsic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>oder</i>	Hypergypsic	Sodic
2. einen <i>gypsic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt, <i>und</i> keinen <i>argic</i> Horizont, es sei denn, der <i>argic</i> Horizont enthält Gips oder Calciumcarbonat.	Hypogypsic	Hyperochric
	Arzic	Takyric
	Technic	Yermic
	Hyperskeletic	Aridic
	Leptic	Skeletic
	Vertic	Arenic
	Endosalic	Siltic
	Endogleyic	Clayic
	Petroduric	Transportic
	Duric	Novic
	Petrocalcic	
	Calcic	
	Luvic	
	Haplic	
Andere Böden, die einen <i>petroduric</i> oder <i>duric</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.	Petric	Ruptic
DURISOLE	Fractipetric	Sodic
	Technic	Takyric
	Leptic	Yermic
	Vertic	Aridic
	Endogleyic	Hyperochric
	Gypsic	Arenic
	Petrocalcic	Siltic
	Calcic	Clayic
	Luvic	Chromic
	Lixic	Transportic
	Haplic	Novic
Andere Böden, die	Petric	Ruptic
1. einen <i>petrocalcic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>oder</i>	Hypercalcic	Sodic
2. einen <i>calcic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt, <i>und</i> keinen <i>argic</i> Horizont haben, es sei denn, der <i>argic</i> Horizont enthält Calciumcarbonat.	Hypocalcic	Takyric
	Technic	Yermic
	Hyperskeletic	Aridic
	Leptic	Hyperochric
	Vertic	Densic
	Endosalic	Skeletic
	Endogleyic	Arenic
	Gypsic	Siltic
	Luvic	Clayic
	Lixic	Chromic
	Haplic	Transportic
		Novic

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die einen <i>argic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und an seiner Obergrenze <i>albeluvisc Tonguing</i> aufweist. ALBELUVISOLE	Fragic	Anthric
	Cutanic	Manganiferic
	Folic	Ferric
	Histic	Abruptic
	Technic	Ruptic
	Gleyic	Alumic
	Stagnic	Dystric
	Umbric	Eutric
	Cambic	Gelic
	Haplic	Oxyaquic
		Greyic
		Densic
		Arenic
		Siltic
		Clayic
	Drainic	
	Transportic	
	Novic	
Andere Böden, die 1. einen <i>argic</i> Horizont haben, der durchgängig oder in seinen obersten 50 cm (es gilt, was geringmächtiger ist) eine KAK (in 1 M NH ₄ -Acetat) von mindestens 24 cmol _c kg ⁻¹ Ton ¹ aufweist und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der <i>argic</i> Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder gröberen Bodenarten überlagert ist; <i>und</i> 2. im überwiegenden Teil zwischen 50 und 100 cm eine Basensättigung (in 1 M NH ₄ -Acetat) von weniger als 50 Prozent haben. ALISOLE	Hyperallic	Anthric
	Lamellic	Fragic
	Cutanic	Manganiferic
	Albic	Ferric
	Technic	Abruptic
	Leptic	Ruptic
	Vertic	Alumic
	Fractiplinthic	Humic
	Petroplinthic	Hyperdystric
	Pisoplinthic	Epieutric
	Plinthic	Turbic
	Gleyic	Gelic
	Vitric	Oxyaquic
	Andic	Greyic
	Nitic	Profondic
	Stagnic	Hyperochric
	Umbric	Nudiargic
	Haplic	Densic
		Skeletal
		Arenic
	Siltic	
	Clayic	
	Rhodic	
	Chromic	
	Transportic	
	Novic	

¹ Siehe Anhang 1.

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Vetic	Anthric
1. einen <i>argic</i> Horizont haben, der an einer beliebigen Stelle bis zu einer maximalen Tiefe von 50 cm unter seiner Obergrenze eine KAK (in 1 M NH ₄ -Acetat) von weniger als 24 cmol _c kg ⁻¹ Ton ¹ aufweist und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der <i>argic</i> Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder gröberen Bodenarten überlagert ist; <i>und</i>	Lamellic	Albic
	Cutanic	Fragic
	Technic	Sombric
	Leptic	Manganiferic
	Fractiplinthic	Ferric
	Petroplinthic	Abruptic
	Pisoplinthic	Ruptic
	Plinthic	Alumic
2. im überwiegenden Teil zwischen 50 und 100 cm eine Basensättigung (in 1 M NH ₄ -Acetat) von weniger als 50 Prozent haben.	Gleyic	Humic
	Vitric	Hyperdystric
	Andic	Epieutric
	Nitic	Oxyaquic
	Stagnic	Greyic
	Umbric	Profondic
	Haplic	Hyperochric
		Nudiargic
		Densic
		Skeletal
		Arenic
		Siltic
		Clayic
		Rhodic
		Chromic
		Transportic
		Novic
Andere Böden, die einen <i>argic</i> Horizont haben, der durchgängig oder in seinen obersten 50 cm (es gilt, was geringmächtiger ist) eine KAK (in 1 M NH ₄ -Acetat) von mindestens 24 cmol _c kg ⁻¹ Ton ¹ aufweist und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der <i>argic</i> Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder gröberen Bodenarten überlagert ist.	Lamellic	Anthric
	Cutanic	Fragic
	Albic	Manganiferic
	Escallic	Ferric
	Technic	Abruptic
	Leptic	Ruptic
	Vertic	Humic
	Gleyic	Sodic
	Vitric	Epidystric
	Andic	Hypereutric
	Nitic	Turbic
	Stagnic	Gelic
	Calcic	Oxyaquic
	Haplic	Greyic
		Profondic
		Hyperochric
		Nudiargic
		Densic
		Skeletal
		Arenic
		Siltic
		Clayic
		Rhodic
		Chromic
		Transportic
		Novic

¹ Siehe Anhang 1.

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die einen <i>argic</i> Horizont haben, der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der <i>argic</i> Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder größeren Bodenarten überlagert ist. LIXISOLE	Vetic	Anthric
	Lamellic	Albic
	Cutanic	Fragic
	Technic	Manganiferic
	Leptic	Ferric
	Gleyic	Abruptic
	Vitric	Ruptic
	Andic	Humic
	Fractiplinthic	Epidystric
	Petroplinthic	Hypereutric
	Pisoplinthic	Oxyaquic
	Plinthic	Greyic
	Nitic	Profondic
	Stagnic	Hyperochric
	Calcic	Nudiargic
	Haplic	Densic
		Skeletal
		Arenic
		Siltic
		Clayic
	Rhodic	
	Chromic	
	Transportic	
	Novic	
Andere Böden, die einen <i>umbric</i> oder <i>mollic</i> Horizont haben. UMBRISOLE	Folic	Anthric
	Histic	Albic
	Technic	Brunic
	Leptic	Ornithic
	Fluvic	Thionic
	Endogleyic	Glossic
	Vitric	Humic
	Andic	Alumic
	Ferralic	Hyperdystric
	Stagnic	Endoeutric
	Mollic	Pachic
	Cambic	Turbic
	Haplic	Gelic
		Oxyaquic
		Greyic
		Laxic
		Placic
		Densic
		Skeletal
		Arenic
	Siltic	
	Clayic	
	Chromic	
	Drainic	
	Novic	

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden, die	Lamellic	Ornithic
1. im gewichteten Mittel die Bodenart lehmiger Sand oder gröber haben, entweder bis 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu einem in 50 bis 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnenden <i>petroplinthic</i> , <i>pisoplinthic</i> , <i>plinthic</i> oder <i>salic</i> Horizont, wobei eventuell vorhandene Lagen mit feinerer Bodenart zusammen weniger als 15 cm mächtig sind; <i>und</i>	Hypoluvic Hyperalbic Albic Rubic Brunic Hydrophobic	Gypsic Calcaric Tephric Hyposalic Dystric Eutric
2. weniger als 40 Volumenprozent Skelett haben in allen Lagen innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu einem in 50 bis 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnenden <i>petroplinthic</i> , <i>pisoplinthic</i> , <i>plinthic</i> oder <i>salic</i> Horizont; <i>und</i>	Protic Folic Technic Endosalic Endogleyic	Petrogleyic Turbic Gelic Greyic Placic
3. keinen <i>fragic</i> , <i>irragric</i> , <i>hortic</i> , <i>plaggic</i> oder <i>terric</i> Horizont haben; <i>und</i>	Fractiplinthic Petroplinthic	Hyperochric Yermic
4. keine Lagen mit <i>andic</i> oder <i>vitric</i> Eigenschaften haben, die eine Mächtigkeit von zusammen mindestens 15 cm erreichen.	Pisoplinthic Plinthic Ferralic Endostagnic Haplic	Aridic Transportic Novic
ARENOSOLE		
Andere Böden, die	Folic	Manganiferic
1. einen <i>cambic</i> Horizont haben, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und seine Untergrenze mindestens 25 cm unter der Bodenoberfläche oder mindestens 15 cm unter einer gepflügten Lage hat; <i>oder</i>	Anthraquic Hortic Irragric Plaggic	Ferric Ornithic Colluvic Gypsic
2. einen <i>anthraquic</i> , <i>hortic</i> , <i>hydragric</i> , <i>irragric</i> , <i>plaggic</i> oder <i>terric</i> Horizont haben; <i>oder</i>	Terric Technic	Calcaric Tephric
3. einen <i>fragic</i> , <i>petroplinthic</i> , <i>pisoplinthic</i> , <i>plinthic</i> , <i>salic</i> , <i>thionic</i> oder <i>vertic</i> Horizont haben, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt; <i>oder</i>	Leptic Vertic Thionic	Alumic Sodic Alcalic
4. eine oder mehrere Lagen mit <i>andic</i> oder <i>vitric</i> Eigenschaften haben, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Mächtigkeit von zusammen mindestens 15 cm erreichen.	Fluvic Endosalic Endogleyic Vitric Andic Fractiplinthic Petroplinthic Pisoplinthic Plinthic Ferralic Fragic Gelistagnic Stagnic Haplic	Humic Dystric Eutric Laxic Turbic Gelic Oxyaquic Greyic Ruptic Pisocalcic Hyperochric Takyric Yermic Aridic Densic Skeletal Siltic Clayic Rhodic Chromic Escalic Transportic Novic
CAMBISOLE		

Schlüssel zu den Referenzbodengruppen	Präfix-Qualifier	Suffix-Qualifier
Andere Böden.	Folic	Brunic
REGOSOLE	Aric	Ornithic
	Colluvic	Gypsic
	Technic	Calcaric
	Leptic	Tephric
	Endogleyic	Humic
	Thaptovitric	Hyposalic
	Thaptandic	Sodic
	Gelistagnic	Dystric
	Stagnic	Eutric
	Haplic	Turbic
		Gelic
		Oxyaquic
		Vermic
		Hyperochric
		Takyric
		Yermic
		Aridic
		Densic
		Skeletal
		Arenic
		Siltic
		Clayic
		Escalic
		Transportic

Die Referenzbodengruppen: Eigenschaften, Verbreitung, Nutzung und Management

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über alle RSGs der WRB. Für jede RSG folgt nach einer Kurzbeschreibung sowie einer Auflistung von Namen vergleichbarer Böden in anderen wichtigen Bodenklassifikationssystemen die Darstellung ihrer regionalen Verbreitung. Landnutzung und -management schließen die Beschreibungen ab. Detailliertere Informationen über die einzelnen RSGs einschließlich ihrer morphologischen, chemischen und physikalischen Merkmale sowie ihrer Genese sind in FAO (2001a) sowie auf einer Reihe von CD-ROMs (FAO, 2001b, 2003 und 2005) zu finden. Alle genannten Publikationen erfolgten auf der Basis der ersten Auflage der WRB (FAO, 1998); neue Veröffentlichungen auf der Grundlage der hier vorliegenden zweiten Auflage sind für die nächste Zukunft geplant.

ACRISOLE

Acrisole sind Böden, die als Ergebnis bodenbildender Prozesse (v. a. Tonverlagerung) im Unterboden höhere Tongehalte aufweisen als im Oberboden. Das Ergebnis ist ein *argic* Unterbodenhorizont. Acrisole haben in bestimmten Tiefen eine niedrige Basensättigung und Tonminerale mit geringer KAK. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Acrisole mit: *Red Yellow Podzolic soils* (z. B. Indonesien), *Argissolos* (Brasilien), *sols ferralitiques fortement ou moyennement désaturés* (Frankreich), *Red and Yellow Earths* und *Ultisols* mit Tonmineralen von geringer KAK (USA).

Kurzbeschreibung der Acrisole

Bedeutung: Von lat. *acer*, sehr sauer. Stark verwitterte saure Böden mit niedriger Basensättigung in einer bestimmten Tiefe.

Ausgangsgestein: Aus zahlreichen Ausgangsgesteinen, am weitesten verbreitet aus der Verwitterung saurer Gesteine, häufig auch aus stark verwitterten Tonen, die mit fortschreitender Bodenentwicklung weiter verwittern.

Vorkommen: Meist alte Landoberflächen mit hügeligem oder welligem Relief, in Regionen mit feuchtem tropischem (auch Monsungebiete), subtropischem oder warm-gemäßigtem Klima. Wald ist die natürliche Vegetationsform.

Profilentwicklung: Pedogenetische Differenzierung der Tongehalte mit einem geringeren Gehalt im Oberboden und einem höheren im Unterboden; Auswaschung von Basenkationen wegen der feuchten Bedingungen und des fortgeschrittenen Verwitterungsgrades.

Verbreitung der Acrisole

Acrisole sind in feuchten tropischen, subtropischen und warm-gemäßigten Regionen zu finden und sind am weitesten verbreitet in Südostasien, den südlichen Randgebieten des Amazonasbeckens, dem Südosten der USA und in Ost- und Westafrika. Weltweit bedecken die Acrisole ca. 1 Milliarde ha.

Management und Nutzung der Acrisole

Der Erhalt des Oberbodens mit der besonders wichtigen organischen Substanz und die Vermeidung von Erosion sind die Voraussetzungen für Ackerbau auf Acrisolen. Mechanische Rodung natürlicher Wälder mit Entnahme der Wurzelballen und anschließender Verfüllung der Löcher mit umliegendem Oberboden hinterlässt einen weitgehend unfruchtbaren Boden, in dem die Al-Gehalte des bisherigen Unterbodens toxisches Niveau erreichen.

Angepasste Feldbausysteme mit umfassender Düngung und behutsamem Management sind erforderlich, wenn Dauerfeldbau auf Acrisolen praktiziert werden soll. Der weithin übliche Wanderfeldbau (*slash-and-burn* agriculture, shifting cultivation) mag primitiv erscheinen, doch ist er eine gut angepasste Landnutzungsform, die über Jahrhunderte durch Versuch und Irrtum entstanden ist. Wenn die Anbauperioden kurz (nur ein oder wenige Jahre) dauern und eine hinreichend lange Erholungsphase folgt (bis zu mehreren Jahrzehnten), erlaubt dieses System eine gute Ausnutzung der begrenzten Ressourcen der Acrisole. Agroforstwirtschaft wird als bodenschützende Alternative zum Wanderfeldbau empfohlen, die ohne kostspielige Maßnahmen höhere Erträge ermöglicht.

Eine Low-input-Landwirtschaft ist auf Acrisolen nicht sehr einträglich. Anspruchslose, säuretolerante Cash-Crops wie Ananas, Cashew, Tee und Gummi können mit gewissem Erfolg angebaut werden. Wachsende Acrisol-Flächen werden mit Ölpalmen bepflanzt (z. B. in Malaysia und auf Sumatra). Große Areale mit Acrisolen stehen unter Wald, der vom hohen dichten Regenwald bis zum offenen Waldland reicht. Die meisten Baumwurzeln sind im humosen Oberboden konzentriert, nur ein paar Pfahlwurzeln reichen bis in den Unterboden. In Südamerika treten Acrisole auch unter Savanne auf. Acrisole sind für intensive Produktion sowohl im Regen- wie im Bewässerungsfeldbau nur nach Kalkung und vollständiger Düngung geeignet. Die Rotation einjähriger Früchte mit Weidewirtschaft (bei Anwendung verbesserter Beweidungssysteme) erhält den Humusgehalt.

ALBELUVISOLE

Albeluvisole haben, beginnend innerhalb von 1 m unter der Bodenoberfläche, einen Toneinwaschungshorizont mit einer unregelmäßigen oder diskontinuierlichen Obergrenze, die durch zungenförmiges Eingreifen von gebleichtem Bodenmaterial in den Illuvialhorizont zustande kommt. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Albeluvisole mit: *Podzoluvisols* (FAO), *Sodpodzolic* oder *Podzolic* Böden (Russland), *Fahlerden* (Deutschland) und *Glossaqualfs*, *Glossocryalfs* und *Glossudalfs* (USA).

Kurzbeschreibung der Albeluvisole

Bedeutung: Von lat. *albus*, weiß, und lat. *eluere*, auswaschen.

Ausgangsgestein: Meist lockere glaziale Ablagerungen, Materialien von lakustriner oder fluviatiler Herkunft sowie äolische Ablagerungen (Löss).

Vorkommen: Flache bis leicht hügelige Ebenen unter Nadelwald (einschließlich der borealen Taiga) oder Mischwald. Das Klima ist gemäßigt bis boreal mit kalten Wintern, kurzen und kühlen Sommern und mittleren Jahresniederschlägen von 500 – 1000 mm. Die Niederschläge sind gleichmäßig über das Jahr verteilt oder haben, im kontinentalen Teil des Albeluvisol-Gürtels, ein Maximum im Frühsommer.

Profilentwicklung: Ein dünner, dunkler Horizont an der Oberfläche, darunter ein *albic* Horizont, der zungenförmig in den darunter liegenden braunen *argic* Horizont hineinreicht. Zeitweilige *reduzierende Verhältnisse* mit einem *stagnic Farbmuster* sind in borealen Albeluvisolen verbreitet.

Verbreitung der Albeluvisole

Albeluvisole bedecken ungefähr 320 Millionen ha in Europa sowie Nord- und Mittelasien mit kleineren Vorkommen in Nordamerika. Albeluvisole sind auf zwei Regionen konzentriert, jede verfügt über eine charakteristische Kombination klimatischer Bedingungen:

- die kontinentalen Regionen Nordosteuropas, Nordwestasiens und Südkanadas, in denen im Pleistozän Permafrost herrschte und die bei weitem die größten Areale der Albeluvisole ausmachen;
- die löss- und sandbedeckten Gebiete und alten Alluvialflächen in feucht-gemäßigten Regionen wie z. B. in Frankreich, Mittelbelgien, Südostniederlande und Westdeutschland.

Management und Nutzung der Albeluvisole

Die landwirtschaftliche Eignung der Albeluvisole ist eingeschränkt durch ihre Acidität, ihren niedrigen Nährstoffstatus, die Probleme beim Pflügen, die Drainageerfordernisse sowie wegen des Klimas mit seiner kurzen Vegetationszeit und den strengen Frösten während des langen Winters. Die Albeluvisole der nördlichen Taigazone stehen fast ausschließlich unter Wald; kleine Bereiche sind als Weide oder zur Heugewinnung genutzt. In der südlichen Taigazone werden weniger als 10 Prozent der waldfreien Fläche für den Ackerbau genutzt. Viehhaltung ist die gängigste landwirtschaftliche Nutzungsform auf Albeluvisolen (Rinderzucht und Milchproduktion); Ackerbau (Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben und Futtermais) spielt eine untergeordnete Rolle.

In Russland nimmt der Anteil des Ackerbaus nach Süden und Westen zu, speziell auf Albeluvisolen mit höheren Basensättigungen im Unterboden. Bei behutsamem Pflügen, Kalken und Düngen können Albeluvisole pro ha 25 – 30 Tonnen Kartoffeln, 2 – 5 Tonnen Winterweizen und 5 – 10 Tonnen Heu produzieren.

ALISOLE

Alisole sind Böden, die als Ergebnis bodenbildender Prozesse (v. a. Tonverlagerung) im Unterboden höhere Tongehalte haben als im Oberboden. Das Ergebnis ist ein *argic* Unterbodenhorizont. Alisole haben in einer bestimmten Tiefe eine niedrige Basensättigung und im gesamten *argic* Horizont Tonminerale mit hoher KAK. Ihnen fehlt das *albeluvisol Tonguing* der Albeluvisole. Sie finden sich bevorzugt in feuchten tropischen, subtropischen sowie warm-gemäßigten Regionen. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Alisole mit: *Alissolos* (Brasilien), *Ultisols* mit Tonmineralen von hoher KAK (USA), *Kurosols* (Australien) und *Fersialisols* und *sols fersialliques très lessivés* (Frankreich).

Kurzbeschreibung der Alisole

Bedeutung: Böden mit niedriger Basensättigung in einer bestimmten Tiefe; von lat. *alumen*, Alaun.

Ausgangsgestein: Aus zahlreichen Ausgangsgesteinen. Die häufigsten Vorkommen von Alisolen wurden bisher auf Verwitterungsprodukten basischer Fest- und Lockergesteine berichtet.

Vorkommen: Am weitesten verbreitet in hügeligem oder welligem Relief unter humiden tropischen und subtropischen Bedingungen und Monsunklimaten.

Profilentwicklung: Pedogenetische Differenzierung der Tongehalte mit einem geringeren Gehalt im Oberboden und einem höheren im Unterboden; Auswaschung von Basenkationen wegen der feuchten Bedingungen, jedoch ohne fortgeschrittene Verwitterung der Tonminerale mit hoher KAK; Alisole mit starker Tondurchschlammung können zwischen dem Horizont an der Bodenoberfläche und dem *argic* Horizont im Unterboden einen eluvialen *albic* Horizont haben, doch fehlt das *albeluvisol Tonguing* der Albeluvisole.

Verbreitung der Alisole

Größere Vorkommen an Alisolen gibt es in Lateinamerika (Ecuador, Nicaragua, Venezuela, Kolumbien, Peru und Brasilien), Westindien (Jamaika, Martinique und Saint Lucia), Westafrika, dem ostafrikanischen Hochland, Madagaskar, Südostasien und Nordaustralien. Die FAO (2001a) schätzt, dass etwa 100 Millionen ha dieser Böden in den Tropen landwirtschaftlich genutzt werden.

Alisole kommen auch in den Subtropen vor; sie sind zu finden in China, Japan und dem Südosten der USA sowie in kleineren Vorkommen auch um das Mittelmeer herum (Italien, Frankreich und Griechenland). Außerdem gibt es Alisole in feucht-gemäßigten Regionen.

Management und Nutzung der Alisole

Alisole kommen vornehmlich in hügeligem oder welligem Relief vor. Der unter Kultur meist instabile Oberboden macht die Alisole erosionsanfällig; geköpfte Böden sind recht häufig. To-

xische Al-Gehalte in geringer Tiefe und eine geringe natürliche Bodenfruchtbarkeit bedeuten weitere Nutzungseinschränkungen bei vielen Alisolen. Entsprechend erlauben Alisole häufig nur den Anbau flachwurzelnder Pflanzen, die dann in der Trockenzeit oftmals unter Trockenstress leiden. Ein beachtlicher Teil der Alisole ist für viele Kulturpflanzen unproduktiv. Gängig sind der Anbau von an saure Standorte angepassten Feldfrüchten oder extensive Beweidung. Bei Subsistenzlandwirtschaft ist die Produktivität von Alisolen im Allgemeinen niedrig, da sich diese Böden nur eingeschränkt von chemischer Auslaugung erholen können. Wo Alisole aber umfassend gekalkt und gedüngt werden (wodurch sie allmählich in Luvisole übergehen können), können die Kulturpflanzen von der relativ hohen KAK und der guten Wasserhaltekapazität profitieren. Auf Alisolen werden auch zunehmend Plantagen mit Al-toleranten Kulturen angelegt, darunter Tee und Kautschuk, aber auch Ölpalmen und mancherorts Kaffee und Zuckerrohr.

ANDOSOLE

Andosole umfassen Böden, die aus vulkanischen Auswurfprodukten oder Gläsern entstehen, und zwar unter fast allen Klimabedingungen (ausgenommen sehr aride Klimate). Andererseits können Andosole bei saurer Verwitterung in humiden und perhumiden Klimaten auch aus anderen silikatreichen Materialien entstehen. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Andosole mit: *Kuroboku* (Japan), *Andisols* (USA), *Andosols* und *Vitrisols* (Frankreich) und *volcanic ash soils*.

Kurzbeschreibung der Andosole

Bedeutung: Typischerweise schwarze Böden in vulkanischen Landschaften; von jap. *an*, schwarz, und *do*, Boden.

Ausgangsgestein: Vulkanische Gläser und Auswurfprodukte (vornehmlich Aschen, aber auch Tuffe, Bimssteine, Schlacken u. a.) oder andere silikatreiche Materialien.

Vorkommen: Hügelige bis gebirgige, humide Regionen, von den Polargebieten bis in die Tropen, mit einer großen Spannbreite von Vegetationstypen.

Profilentwicklung: Rasche Verwitterung von porösen vulkanischen Auswurfprodukten oder Gläsern führt zur Akkumulation von stabilen organo-mineralischen Komplexen oder von Mineralen mit Nahordnung wie Allophane, Imogolite und Ferrihydrite. Auch die saure Verwitterung von anderen silikatreichen Materialien in humiden und perhumiden Klimaten führt zur Bildung stabiler organo-mineralischer Komplexe.

Verbreitung der Andosole

Andosole gibt es in den Vulkanregionen auf der ganzen Welt. Bedeutendere Areale findet man rund um den Pazifik: an der Westküste Südamerikas, in Mittelamerika, Mexiko, den USA (Rocky Mountains, Alaska), Japan, den Philippinen, Indonesien, Papua-Neuguinea und Neuseeland. Sie sind auch bekannt von vielen Inseln im Pazifik: Fidschi, Vanuatu, Neukaledonien, Samoa und Hawaii. In Afrika finden sich Andosole vor allem entlang des ostafrikanischen Grabens in Kenia, Ruanda und Äthiopien sowie auf Madagaskar. In Europa gibt es Andosole in Italien, Frankreich, Deutschland und Island. Andosole werden auf insgesamt etwa 110 Millionen ha geschätzt, was weniger als 1 Prozent der globalen Landfläche ausmacht. Über die Hälfte davon liegt in den Tropen. Die Andosole, die aus anderen Materialien als vulkanischen Auswurfprodukten und Gläsern entstanden sind, finden sich in feuchten (oft gebirgigen) Regionen.

Management und Nutzung der Andosole

Andosole haben ein hohes Potential für landwirtschaftliche Produktion, das jedoch vielfach nicht umfassend genutzt wird. Andosole sind im Allgemeinen fruchtbare Böden, besonders jene aus intermediären oder basischen Vulkanaschen, wenn sie zudem nicht unter starker Auswaschung leiden. Die starke Phosphatbindung in Andosolen (ausgelöst durch aktives Al und Fe) wirkt sich jedoch negativ aus. Zur Melioration appliziert man unter anderem Kalk, Kieselsäure, organisches Material und Phosphatdünger.

Andosole sind leicht zu bearbeiten, gut durchwurzelbar und haben hohe Wasserspeicherkapazitäten. Stark durchfeuchtete Andosole sind schwierig zu pflügen wegen ihrer geringen Belastbarkeit und ihrer hohen Klebrigkeit.

Auf Andosolen wird eine Vielzahl von Kulturen angebaut, darunter Zuckerrohr, Tabak, Süßkartoffel (toleriert niedrige Phosphatverfügbarkeit), Tee, Gemüse, Weizen und Obst. Andosole an Steilhängen sollten vielleicht am besten unter Wald verbleiben. Nassreis ist eine bedeutsame Nutzungsform auf Andosolen in Niederungen mit hochstehendem Grundwasser.

ANTHROSOLE

Anthrosole umfassen Böden, die tiefgreifend verändert wurden durch menschliche Aktivitäten wie Zufuhr organischer Materialien, Zufuhr von Haushaltsabfällen, Bewässerung und Bearbeitungsmaßnahmen. Einige Untergruppen der Anthrosole korrelieren zu einem gewissen Teil mit: *Plaggen soils*, *Paddy soils*, *Oasis soils*, *Terra Preta do Indio* (Brasilien), *Agrozems* (Russland), *Terrestrische anthropogene Böden* (Deutschland), *Anthrosols* (Australien) und *Anthrosols* (China).

Kurzbeschreibung der Anthrosole

Bedeutung: Böden, deren herausragende Merkmale von menschlicher Aktivität herrühren; von griech. *anthropos*, Mensch.

Ausgangsgestein: Praktisch jedes beliebige Bodenmaterial, das durch langdauernde Kultivierung oder Materialzufuhr verändert wurde.

Vorkommen: In vielen Regionen, wo Menschen über einen langen Zeitraum hinweg Ackerbau praktiziert haben.

Profilentwicklung: Die menschliche Einflussnahme ist normalerweise auf den Oberboden beschränkt; die Horizontdifferenzierung eines begrabenen Bodens kann ab einer gewissen Tiefe noch intakt sein.

Verbreitung der Anthrosole

Anthrosole sind zu finden, wo immer Menschen über einen langen Zeitraum hinweg Ackerbau betrieben haben. In Nordwesteuropa sind Anthrosole mit plaggic Horizonten relativ häufig. Anthrosole mit plaggic und terric Horizont bedecken zusammen mehr als 500.000 ha.

Anthrosole mit irrigic Horizonten findet man in Bewässerungsgebieten der Trockenregionen, z. B. in Mesopotamien, in der Nähe von Wüstenoasen und in Teilen Indiens. Anthrosole mit einem anthraquic Horizont und einem darunter liegenden hydragric Horizont (*Reisböden*) bedecken große Flächen in China sowie Teile von Süd- und Südostasien (z. B. Sri Lanka, Vietnam, Thailand und Indonesien). Anthrosole mit horticultural Horizonten gibt es überall auf der Welt, wo Menschen Böden mit Haushaltsabfällen und Exkrementen gedüngt haben. Die *Terra Preta do Indio* in der Amazonasregion Brasiliens gehört in diese Gruppe.

Management und Nutzung der Anthrosole

Plaggic Horizonte haben vorteilhafte physikalische Eigenschaften (Porosität, Durchwurzelbarkeit und Wasserverfügbarkeit), aber die chemischen Eigenschaften sind oft weniger zufriedenstellend (Acidität und Nährstoffmängel). Roggen, Hafer, Gerste, Kartoffel sowie die anspruchsvolleren Kulturen Zuckerrübe und Sommerweizen werden auf europäischen Anthrosolen mit *plaggic* Horizont oft angebaut. Vor Aufkommen der chemischen Dünger lagen die Roggenerträge bei 700 – 1100 kg ha⁻¹, was dem 4- bis 5-fachen des ausgebrachten Saatguts entsprach. Heutzutage erhalten diese Böden großzügige Mengen an Mineraldünger, und die mittleren Hektarerträge liegen bei 5000 kg für Roggen, 4500 kg für Gerste und 5500 kg für Sommerweizen. Zuckerrübe und Kartoffel produzieren 40 – 50 t ha⁻¹. Neuerdings werden sie verstärkt für die Produktion von Silagemais und Heu verwendet; Hektarerträge von 12 – 13 t Silagemais (trocken) und 10 – 13 t Heu gelten als normal. Gelegentlich werden Anthrosole mit *plaggic* Horizonten auch für Baumschulen und Gartenbau verwendet. Die gute Drainage und die dunkle Far-

be des Oberbodens (frühes Erwärmen im Frühling) machen es möglich, zeitig im Frühjahr zu pflügen und zu säen oder zu pflanzen. Auf Böden mit mächtigen *plaggic* Horizonten in den Niederlanden wurde bis in die 50er Jahre des 20. Jahrhunderts auch Tabak angebaut.

Anthrosole mit einem *hortic* Horizont sind *Küchenböden*. Wohlbekannte Beispiele finden sich auf Flussterrassen im südlichen Maryland, USA, und entlang des Amazonas in Brasilien. Sie haben mächtige, schwarze Oberböden, die in Ablagerungen aus Küchenabfällen (z. B. Austernschalen, Fischknochen etc.) früher indianischer Siedlungen entstanden sind. Viele Länder besitzen kleine Areale mit Böden, die von frühen Bewohnern verändert wurden.

Langdauernder Nassreisbau führt zum Entstehen eines *anthraquic* Horizonts und eines darunter liegenden *hydragric* Horizonts. Die Bearbeitung überfluteter Reisfelder (einschließlich der Zerstörung des natürlichen Bodengefüges durch intensives Pflügen im wassergesättigten Zustand) geschieht absichtlich, unter anderem zur Reduktion von Versickerungsverlusten.

Anthrosole mit *irragric* Horizonten sind das Ergebnis langdauernder Ablagerungen aus Bewässerungswasser (vornehmlich Schluff). Ein besonderer Fall ist in Niederungen zu finden, wo Früchte des Trockenfeldbaus gewöhnlich auf künstlich aufgehäuften Dämmen angepflanzt werden, die sich mit Drainagegräben abwechseln. Der Originalboden in Gebieten mit solchen Dämmen ist unter einer dicken Lage aufgetragenen Bodenmaterials begraben. Dieses Damm- und-Graben-System ist aus ganz unterschiedlichen Regionen bekannt, wie etwa den Feuchtwäldern Westeuropas und den Sumpfwäldern an den Küsten Südostasiens. In letzteren sind die Dämme mit Früchten des Trockenfeldbaus bepflanzt, während in den flachen Gräben Reis wächst.

In Teilen Westeuropas, besonders in Irland und dem Vereinigten Königreich, wurden kalkhaltige Materialien (z. B. Küstensande) auf Flächen mit sauren Arenosolen, Podzolen, Albeluvisolen und Histosolen aufgetragen. Im Laufe der Zeit wurden aus diesen veränderten mineralischen Oberbodenlagen *terric* Horizonte, wodurch sich die Böden deutlich besser für Ackerbau eigneten als mit den ursprünglichen Oberböden. In Zentralmexiko wurden tiefgründige Böden aus humusreichen lakustrinen Sedimenten geformt, die zu einem System von künstlichen Inseln (*chinampas*) und Kanälen gehörten. Diese Böden haben einen *terric* Horizont und waren die produktivsten des Aztekenreichs; jetzt sind die meisten von ihnen versalzen.

ARENOSOLE

Arenosole sind sandige Böden. Sie umfassen sowohl Böden in residualen Sanden, die nach In-situ-Verwitterung von meist quarzreichen Sedimenten oder Festgesteinen entstanden sind, als auch Böden, die sich in jungen Sandablagerungen wie den Dünen der Wüsten oder entlang von Küsten gebildet haben. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Arenosole mit: *Psamments* (USA), *sols minéraux bruts* und *sols peu évolués* (CPCS, Frankreich, 1967), *Arenic Rudosols* (Australien), *Psammozems* (Russland) und *Neossolos* (Brasilien).

Kurzbeschreibung der Arenosole

Bedeutung: Sandige Böden; von lat. *arena*, Sand.

Ausgangsgestein: Lockeres, teilweise carbonathaltiges, transportiertes Material mit sandiger Bodenart; relativ kleine Flächen mit Arenosolen finden sich in extrem verwitterten kieselsäurereichen Gesteinen.

Vorkommen: Von arid bis humid und perhumid, und von extrem kalt bis extrem heiß; die Landformen variieren von rezenten Dünen, Küstenwällen und sandigen Ebenen bis zu sehr alten Plateaus; die Vegetation reicht von Wüste über schütterere Vegetation (meist Gräser) zu lichtem Wald.

Profilentwicklung: In trockenen Zonen gibt es wenig oder gar keine Bodenentwicklung. Arenosole in den perhumiden Tropen neigen zur Entwicklung mächtiger eluvialer *albic* Horizonte (mit einem *spodic* Horizont unterhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche), wohingegen die

meisten Arenosole der feucht-gemäßigten Zone Anzeichen der Verlagerung von Humus, Eisen oder Ton zeigen, die jedoch für die Einstufung als diagnostisch zu schwach ausgebildet sind.

Verbreitung der Arenosole

Arenosole sind eine der flächenmäßig bedeutsamsten RSGs der Welt; einschließlich mobiler Sande und aktiver Dünen bedecken sie rund 1,3 Milliarden ha oder 10 Prozent der Landoberfläche. Große Areale tiefgründiger äolischer Sande sind zu finden auf dem Zentralafrikanischen Plateau zwischen dem Äquator und 30° S. Diese *Kalahari-Sande* bilden den größten Sandkörper der Erde. Andere Arenosol-Areale gibt es in der Sahelzone sowie in verschiedenen Teilen der Sahara, Mittel- und Westaustraliens, des Nahen Ostens und Chinas. Sandige Küstenebenen und Küstendünen haben eine geringere geographische Ausdehnung.

Obwohl die meisten Arenosole in ariden und semi-ariden Regionen vorkommen, sind sie dennoch typische azonale Böden; sie umfassen die weitestmögliche Klimaspanne von sehr trocken bis zu sehr feucht und von kalt zu heiß. Arenosole sind weit verbreitet in äolischen Landschaften, kommen aber auch vor in marinen, litoralen und lakustrinen Sanden sowie in grobkörnigen Verwitterungsdecken von kieselsäurereichen Gesteinen, v. a. Sandstein, Quarzit und Granit. Ihr Auftreten ist nicht gebunden an ein bestimmtes Alter der Bodenentwicklung. Arenosole kommen auf sehr alten Landflächen genauso vor wie auf sehr jungen und können in Kombination mit beinahe jedweder Vegetationsform auftreten.

Management und Nutzung der Arenosole

Arenosole sind unter ganz verschiedenen Bedingungen zu finden, und die landwirtschaftlichen Möglichkeiten sind entsprechend unterschiedlich. Das gemeinsame Merkmal aller Arenosole ist ihre grobe Bodenart, verantwortlich für ihre im Allgemeinen hohe Permeabilität und geringe Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität. Andererseits ermöglichen Arenosole eine leichte Bearbeitung und Durchwurzelung sowie ein einfaches Ernten von Wurzel- und Knollenfrüchten.

Arenosole in **ariden Landschaften**, wo die Jahresniederschläge unter 300 mm liegen, werden vornehmlich zur extensiven (nomadischen) Beweidung genutzt. Trockenfeldbau mit Schwarzbrache wird möglich, wo die Jahresniederschläge 300 mm übersteigen. Geringe Bindigkeit, niedrige Nährstoffspeicherkapazität und hohe Erosionsanfälligkeit sind schwerwiegende Nutzungsbeschränkungen der Arenosole der Trockenzonen. Gute Erträge auf bewässerten Arenosolen werden mit Körnerfrüchten, Melonen, Hülsenfrüchten und Futterpflanzen erzielt, doch ist wegen der hohen Sickerverluste eine Bewässerung im Stauverfahren oft nicht praktikierbar. Tropfbewässerung, eventuell kombiniert mit vorsichtig dosierter Düngung, bietet eine Lösung für dieses Problem. Viele Gebiete mit Arenosolen in der Sahelzone (Jahresniederschlag 300–600 mm) liegen im Übergangsbereich zur Sahara, und ihre Böden sind mit spärlicher Vegetation bedeckt. Unkontrollierte Beweidung oder Rodung für Ackerbauzwecke ohne angemessene Bodenschutzmaßnahmen können diese Böden leicht destabilisieren und wieder in aktive Dünen verwandeln.

Für Arenosole in der **humiden und subhumiden gemäßigten Zone** gelten ähnliche Beschränkungen wie für jene der trockenen Zone, nur dass eben keine so großen Trockenheitsprobleme auftreten. Unter bestimmten Voraussetzungen, z. B. für den Gartenbau, wird die geringe Wasserspeicherung der Arenosole sogar zum Vorteil, weil die Böden im Frühjahr schneller erwärmen. In gemischten Anbausystemen (die hier sehr viel häufiger sind) mit Getreide, Futterpflanzen und Grünland wird während Trockenphasen eine ergänzende Beregnung durchgeführt. Ein großer Teil der Arenosole in der gemäßigten Zone liegt unter Wald, teils Wirtschaftswald, teils Naturwald in sorgsam geführten Naturreservaten.

Arenosolen in den **humiden Tropen** sollte ihre natürliche Vegetation belassen werden, besonders den tiefgründig verwitterten Arenosolen mit *albic* Horizont. Da alle Nährelemente in der Biomasse und der organischen Bodensubstanz konzentriert sind, entsteht durch Abholzung unweigerlich unfruchtbares Ödland ohne ökologischen oder ökonomischen Wert. Unter Wald kann das Land immerhin etwas Nutzholz bringen (z. B. *Agathis* spp.) sowie Holz für die Zellstoff- und Papierindustrie. Dauerfeldbau mit einjährigen Ackerfrüchten würde einen Aufwand

erfordern, der normalerweise ökonomisch nicht zu rechtfertigen ist. Gelegentlich wurden auf Arenosolen Dauerkulturen angelegt, z. B. Kautschuk oder Pfeffer; auf Küstensanden stehen verbreitet Plantagengüter wie Kokosnuss, Cashew, Casuarinen und Kiefern, besonders wo Grundwasser von guter Qualität im Wurzelraum verfügbar ist. Wurzel- und Knollenfrüchte lassen sich besonders einfach ernten, v. a. Maniok ist vorteilhaft wegen seiner Toleranz gegenüber niedrigen Nährstoffgehalten. Erdnuss und Bambara-Erdnuss finden sich auf den besseren Böden.

Arenosole und verwandte Böden, die an der Bodenoberfläche ebenfalls eine sandige Bodenart aufweisen, können in einigen Regionen (z. B. in Westaustralien und Teilen von Südafrika) wasserabweisende Eigenschaften entwickeln. Hierfür sind typischerweise hydrophobe Exsudate verantwortlich, die von Pilzen abgegeben werden, welche die Sandkörner umhüllen. Die wasserabweisenden Eigenschaften sind am stärksten nach längeren Phasen mit heißer und trockener Witterung und führen zu Unterschieden in der Wasserinfiltration. Dies dürfte insofern von ökologischer Bedeutung sein, als hierdurch die Diversität der Pflanzenarten erhöht wird (z. B. in Namaqualand). Zur Erzielung einer gleichmäßigeren Penetration werden bei Bewässerung gelegentlich Benetzungsmittel eingesetzt (Tenside wie Calciumlignosulfonat). Weizenfarmer in Trockengebieten Australiens bringen auf ihre sandigen Böden mit speziellen Maschinen Ton auf, der anderswo abgebaut wurde. Die Ergebnisse (einheitlicheres Keimverhalten und bessere Ausnutzung von Herbiziden) können sich wirtschaftlich lohnen, wenn eine Tonquelle in der Nähe verfügbar ist.

CALCISOLE

Zu den Calcisolen gehören Böden mit einer deutlichen sekundären Kalkanreicherung. Calcisole sind weit verbreitet in ariden und semi-ariden Regionen und entstehen oft auf stark carbonathaltigen Ausgangsgesteinen. Zu den früher verwendeten Bodennamen für einen Teil der Calcisole gehören *Desert soils* und *Takyrs*. In der US Soil Taxonomy gehören die meisten von ihnen zu den *Calcids*.

Kurzbeschreibung der Calcisole

Bedeutung: Böden mit deutlicher Akkumulation sekundären Kalks; von lat. *calx*, Kalk.

Ausgangsgestein: Vor allem alluviale, kolluviale und äolische Ablagerungen aus basenreichem Verwitterungsmaterial.

Vorkommen: Ebene bis hügelige Landschaften in ariden und semi-ariden Regionen. Die natürliche Vegetation ist schütter und wird dominiert von xerophytischen Sträuchern und Bäumen und/oder einjährigen Gräsern.

Profilentwicklung: Typische Calcisole haben einen fahlbraunen Oberboden; innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt eine deutliche Kalkakkumulation.

Verbreitung der Calcisole

Es ist schwierig, die weltweite Ausdehnung der Calcisole exakt zu bestimmen. Viele Calcisole kommen gemeinsam mit Solonchaken vor, die durch Akkumulation leichtlöslicher Salze in Calcisolen entstanden sind, und/oder mit anderen Böden, die auch Akkumulationen von sekundärem Kalk aufweisen, aber nicht als Calcisole ausgliedern. Die Gesamtfläche der Calcisole mag 1 Milliarde ha betragen, ein Großteil davon in den ariden und semi-ariden Tropen und Subtropen beider Hemisphären.

Management und Nutzung der Calcisole

Große Flächen der sogenannten natürlichen Calcisole liegen unter Sträuchern, Gräsern und Kräutern und werden durch extensive Beweidung genutzt. Trockenheitstolerante Kulturen, wie z. B. die Sonnenblume, mögen im Regenfeldbau angepflanzt werden, am besten nach ein oder mehreren Brachejahren, doch erreichen Calcisole ihre volle Produktionskapazität nur, wo sie sorgfältig bewässert werden. Große Calcisol-Flächen im Mittelmeergebiet werden bewässert für

den Anbau von Winterweizen, Melonen und Baumwolle. *Sorghum bicolor* und Futterpflanzen wie Rhodes-Gras und Luzerne tolerieren hohe Calciumgehalte. Rund zwanzig Gemüsearten wurden erfolgreich auf bewässerten Calcisolen angebaut, die mit Stickstoff, Phosphor und Spurenelementen (Eisen und Zink) gedüngt werden.

Auf Calcisolen mit schwach ausgebildetem Oberbodengefüge ist Furchenbewässerung der Flächenbewässerung überlegen, da bei ihr Verkrustung/Verbackung und Keimlingssterblichkeit geringer sind; besonders Hülsenfrüchte sind im Keimlingsstadium sehr gefährdet. Stellenweise wird durch einen hohen Steingehalt des Oberbodens und/oder einen in geringer Tiefe liegenden *petrocalcic* Horizont das Pflügen behindert.

CAMBISOLE

Die Cambisole umfassen Böden mit einer zumindest initialen Unterbodenentwicklung. Die Umwandlung des Ausgangsgesteins ist erkennbar an Gefügebildung, einer meist bräunlichen Verfärbung, höheren Tonanteilen und/oder Carbonatauflösung. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Cambisole mit: *Braunerden* (Deutschland), *Sols bruns* (Frankreich), *Brown soils/Brown Forest soils* (ältere US-Systeme) oder *Burozems* (Russland). Die FAO prägte den Namen *Cambisols*, der dann von Brasilien übernommen wurde (*Cambissolos*); die Soil Taxonomy der USA klassifiziert viele dieser Böden als *Inceptisols*.

Kurzbeschreibung der Cambisole

Bedeutung: Böden mit einer mindestens anfänglichen Horizontdifferenzierung im Unterboden, erkennbar an Änderungen von Gefüge, Farbe, Tongehalt oder Carbonatgehalt; von ital. *cambiare*, sich ändern.

Ausgangsgestein: Materialien mit mittlerer und feiner Bodenart aus einer großen Vielfalt von Gesteinen.

Profilentwicklung: Cambisole sind gekennzeichnet durch schwache oder mäßige Verwitterung des Ausgangsgesteins und durch das Fehlen größerer Mengen an eingewaschenem Ton, eingewaschener organischer Substanz sowie eingewaschenen Al- und/oder Fe-Verbindungen. Cambisole umfassen auch Böden, die typische Charakteristika anderer RSGs aufweisen, einschließlich RSGs mit stark fortgeschrittener Verwitterung, jedoch mindestens eines der Kriterien dieser RSGs verfehlen.

Vorkommen: Ebenes bis gebirgiges Gelände; große Bandbreite an Vegetationsformen.

Verbreitung der Cambisole

Cambisole bedecken weltweit etwa 1,5 Milliarden ha. Diese RSG ist besonders gut vertreten in gemäßigten und borealen Regionen, die im Pleistozän von Gletschern beeinflusst waren, zum einen weil das Ausgangsgestein des Bodens noch jung ist, zum anderen weil die Bodenentwicklung in kühleren Gebieten langsamer abläuft. Erosions- und Ablagerungsvorgänge erklären das Vorkommen der Cambisole in Gebirgsregionen. Cambisole gibt es auch in Trockengebieten, jedoch sind sie weniger häufig in den humiden Tropen und Subtropen, wo Verwitterung und Bodenentwicklung viel schneller voranschreiten als in den gemäßigten, borealen und trockenen Regionen. Die jungen alluvialen Ebenen und Terrassen des Ganges-Brahmaputra-Systems sind wahrscheinlich die größten zusammenhängenden Cambisol-Flächen in den Tropen. Cambisole sind auch häufig in Gebieten mit aktiver geologischer Erosion, wo sie auch neben ausgereiften tropischen Böden vorkommen können.

Management und Nutzung der Cambisole

Cambisole sind in der Regel gutes Ackerland und werden intensiv genutzt. Cambisole der gemäßigten Zone mit hoher Basensättigung gehören zu den produktivsten Böden der Erde. Saure Cambisole sind weniger fruchtbar und werden sowohl für Ackerbau als auch als Weide und Forst genutzt. Cambisole an Steilhängen lässt man am besten unter Wald, besonders im Hochgebirge.

Cambisole auf bewässerten alluvialen Ebenen in Trockengebieten werden zum intensiven Anbau von Grundnahrungsmitteln und Ölsaaten genutzt. Auf Cambisolen in welligem oder hügeligem Gelände wird eine Vielzahl ein- und mehrjähriger Kulturen angepflanzt, oder sie werden beweidet.

Cambisole in den feuchten Tropen sind typischerweise nährstoffarm, sind aber immer noch besser versorgt und verfügen über eine höhere KAK als benachbarte Acrisole oder Ferralsole. Cambisole mit Grundwassereinfluss in alluvialen Ebenen sind hochproduktive Nassreisstandorte.

CHERNOZEME

Chernozeme umfassen Böden mit mächtigen schwarzen Oberbodenhorizonten reich an organischer Substanz. Der russische Bodenkundler Dokutschajew prägte den Namen *Chernozem* 1883 zur Bezeichnung des typischen *zonalen* Bodens der Langgrassteppen im kontinentalen Russland. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Chernozeme mit: *Calcareous Black Soils* (ältere US-Systeme), *Kalktschernoseme* (Deutschland), *Chernosols* (Frankreich), *Eluviated Black Soils* (Kanada), verschiedene Unterordnungen (besonders *Udolls*) der *Mollisols* (USA) und *Chernosolos* (Brasilien).

Kurzbeschreibung der Chernozeme

Bedeutung: Schwarze Böden, reich an organischer Substanz; von russ. *chernij*, schwarz, und *zemlja*, Erde oder Land.

Ausgangsgestein: Meistens äolische Sedimente (Löss), teilweise durch Wasser umgelagert.

Vorkommen: Regionen mit einem kontinentalen Klima mit kalten Wintern und heißen Sommern, die zumindest im weiteren Verlauf des Jahres trocken sind; in flachen bis leicht hügeligen Ebenen mit Langgrasvegetation (Wald in der nördlichen Übergangszone).

Profilentwicklung: Dunkelbrauner bis schwarzer *mollic* Oberbodenhorizont, in vielen Fällen über einem *cambic* oder *argic* Unterbodenhorizont; mit *sekundären Carbonaten* oder einem *calcic* Horizont im Unterboden.

Verbreitung der Chernozeme

Chernozeme bedecken weltweit etwa 230 Millionen ha, meistens in den Steppen mittlerer Breitengrade in Eurasien und Nordamerika, nördlich der Zone mit Kastanozemen.

Management und Nutzung der Chernozeme

Russische Bodenkundler rechnen die tiefgründigen Chernozeme, die im Zentrum der Chernozem-Zone liegen, zu den besten Böden in der Welt. Da weniger als die Hälfte aller Chernozeme in Eurasien ackerbaulich genutzt werden, bilden diese Böden eine eindrucksvolle Ressource für die Zukunft. Die Erhaltung des vorteilhaften Bodengefüges durch termingerechte Bearbeitung und vorsichtige Bewässerung mit geringen Wassermengen verhindert Abtrag und Erosion. Für hohe Erträge sind P-Dünger notwendig. Weizen, Gerste und Mais sind die wichtigsten Feldfrüchte, hinzukommen andere Grundnahrungsmittel und Gemüse. Auf einem Teil des Chernozem-Gebiets wird Viehzucht betrieben. In der nördlichen gemäßigten Zone ist die Wachstumsperiode kurz, und die wichtigsten Kulturen sind Weizen und Gerste, mancherorts in Rotation mit Gemüse. Mais ist verbreitet in der warmen gemäßigten Zone. Die Maisproduktion ist in trockeneren Jahren gehemmt, es sei denn es wird adäquat bewässert.

CRYSOLE

Crysole umfassen Mineralböden, die unter Permafrost entstanden sind. Ist Wasser vorhanden, so liegt es vornehmlich in Form von Eis vor. Kryogene Prozesse sind die dominanten bodenbildenden Prozesse. Crysole werden weithin mit *Permafrostböden* assoziiert. Andere geläufige

Namen, die im Zusammenhang mit Cryosolen verwendet werden, sind: *Gelisols* (USA), *Cryozems* (Russland), *Cryomorphic soils* und *Polar desert soils*.

Kurzbeschreibung der Cryosole

Bedeutung: Frostüberprägte Böden; von griech. *kryos*, kalt.

Ausgangsgestein: Eine große Vielfalt von Materialien, darunter glaziale Ablagerungen sowie äolische, alluviale, kolluviale und residuale Materialien.

Vorkommen: Flache bis gebirgige Areale in Antarktis und Arktis sowie in subarktischen und borealen Regionen, die von Permafrost beeinflusst sind, besonders in Niederungen. Cryosole treten auf unter offener bis geschlossener Tundra, offenem flechtenreichem Nadelwald sowie geschlossenem Nadelwald, Mischwald und laubwerfendem Wald.

Profilentwicklung: Bei Vorhandensein von Wasser führen kryogene Prozesse zur Ausbildung von Horizontverwürgungen (kryoturbate Horizonte), Frosthebung, Temperaturrissen, Eissegregation und eines Mikroreliefs aus Frostmustern.

Verbreitung der Cryosole

Geographisch sind Cryosole zirkumpolar sowohl auf der Nord- wie auf der Südhemisphäre verbreitet. Sie bedecken etwa 1,8 Milliarden ha oder etwa 13 Prozent der globalen Landfläche. Cryosole kommen in den Permafrostregionen der Arktis vor und sind weit verbreitet in der subarktischen Zone, diskontinuierlich in der borealen Zone und sporadisch in gemäßigteren Gebirgsregionen. Größere Areale mit Cryosolen findet man in Russland (1 Milliarde ha), Kanada (250 Millionen ha), China (190 Millionen ha), Alaska (110 Millionen ha) und in Teilen der Mongolei. Kleinere Vorkommen wurden aus Nordeuropa, Grönland und den eisfreien Gebieten der Antarktis berichtet.

Management und Nutzung der Cryosole

Natürliche und vom Menschen ausgelöste biologische Aktivität beschränkt sich in Cryosolen auf die aktive Oberbodenlage, die sommerlich auftaut und den darunter liegenden Permafrost schützt. Die Entfernung der organischen Auflage oder der Vegetation und/oder eine Störung des Oberbodens führen oft zu Veränderungen in der Tiefe des Permafrosts und zu raschen und drastischen Umweltveränderungen mit möglichen Schäden an menschlichen Bauwerken.

Die meisten Cryosol-Areale in Nordamerika und Eurasien sind in naturnahem Zustand und tragen genügend Vegetation für Weidetiere wie Karibus, Rentiere und Moschusochsen. Große Karibuherden wandern nach wie vor dem Rhythmus der Jahreszeiten folgend in Nordamerika umher; Rentierhaltung ist ein wichtiger Wirtschaftszweig in den weiten nördlichen Landschaften, speziell in Nordeuropa. Überweidung führt rasch zu Erosion und anderen Umweltschäden.

Menschliche Aktivitäten, v. a. Landwirtschaft, Öl- und Gasförderung sowie Bergbau hatten weitreichende Auswirkungen auf diese Böden. Auf Flächen, die für Landwirtschaft gerodet wurden, traten schwerwiegende *Thermokarstphänomene* auf. Fehlerhafte Handhabung von Pipelines und Bergbaumaßnahmen kann großräumige Verschmutzungen mit Öl und anderen Chemikalien verursachen.

DURISOLE

Durisole kommen vornehmlich auf alten Landoberflächen in ariden und semi-ariden Gebieten vor, sind meist sehr flach- bis mäßig tiefgründig, haben mäßige bis gute Drainage und enthalten ausgehärtetes sekundäres Siliciumdioxid (SiO_2) innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche. Weitere Bezeichnungen im Zusammenhang mit Durisolen sind: *hardpan soils* (Australien), *dorbank* (Südafrika), *Durids* (USA) oder *duripan phase* verschiedener Böden, z. B. der *Calcisols* (FAO).

Kurzbeschreibung der Durisole

Bedeutung: Böden mit ausgehärtetem sekundärem Siliciumdioxid; von lat. *durus*, hart.

Ausgangsgestein: Silikatreiche Materialien, vornehmlich alluviale und kolluviale Ablagerungen beliebiger Bodenart.

Vorkommen: Flache und leicht geneigte alluviale Ebenen, Terrassen und leicht geneigte Piedmontflächen in ariden, semi-ariden und mediterranen Regionen.

Profilentwicklung: Stark verwitterte Böden mit einer harten Lage mit sekundärem Siliciumdioxid (*petroduric* Horizont) oder mit Knollen mit sekundärem Siliciumdioxid (*duric* Horizont); erodierte Durisole mit exponierten *petroduric* Horizonten sind in leicht hügeligem Gelände verbreitet.

Verbreitung der Durisole

Große Areale von Durisolen gibt es in Australien, Südafrika, Namibia und den USA (besonders: Nevada, Kalifornien und Arizona); kleinere Vorkommen wurden aus Mittel- und Südamerika sowie aus Kuwait berichtet. Durisole sind eine relativ neu eingeführte Gruppe in der internationalen Bodenklassifikation und wurden noch nicht oft als solche kartiert. Eine genaue Angabe der von ihnen eingenommenen Flächen ist noch nicht verfügbar.

Management und Nutzung der Durisole

Die landwirtschaftliche Nutzung der Durisole ist auf extensive Beweidung beschränkt. Durisole tragen im natürlichen Zustand im Allgemeinen ausreichend Vegetation zur Eindämmung von Erosion, doch ist ansonsten Oberflächenerosion weit verbreitet.

Wo in Trockenregionen Durisole hinunter bis zum widerstandsfähigen *Duripan* erodiert sind, entstehen stabile Landschaften. Durisole können mit gewissem Erfolg kultiviert werden, wenn ausreichende Bewässerung möglich ist. Wo ein *petroduric* Horizont eine Barriere für Wurzeln oder Sickerwasser darstellt, muss er möglicherweise aufgebrochen oder vollständig entfernt werden. In Niederungen können zu hohe Gehalte an löslichen Salzen ein Problem sein. Hartes *Duripan*-Material wird weithin zum Straßenbau verwendet.

FERRALSOLE

Ferralsole repräsentieren die klassischen, tiefgründig verwitterten, roten und gelben Böden der humiden Tropen. Diese Böden haben diffuse Horizontgrenzen, eine Tonfraktion, die von Tonmineralen niedriger KAK dominiert wird (v. a. Kaolinit), und hohe Gehalte an Sesquioxiden. Lokalnamen nehmen häufig Bezug auf die Bodenfarbe. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Ferralsole mit: *Oxisols* (USA), *Latossolos* (Brasilien), *Alítico*, *Ferrítico* und *Ferralítico* (Cuba); *Sols ferralitiques* (Frankreich) und *Ferralitische Böden* (Russland).

Kurzbeschreibung der Ferralsole

Bedeutung: Rote und gelbe tropische Böden mit hohen Gehalten an Sesquioxiden; von lat. *fer-rum*, Eisen, und *alumen*, Alaun.

Ausgangsgestein: Stark verwittertes Material auf alten, stabilen Landflächen; häufiger in Verwitterungsmaterial aus basischem als aus kieselsäurereichem Gestein.

Vorkommen: Typischerweise in ebenen bis leicht hügeligen Landschaften aus dem Pleistozän oder älter; weniger häufig auf jungen, leicht verwitterbaren Gesteinen. Perhumide oder humide Tropen; kleinere Vorkommen in anderen Gebieten werden als Relikte aus wärmeren und feuchteren Klimaphasen angesehen.

Profilentwicklung: Tiefgründige und intensive Verwitterung führte zu einer residualen Anreicherung resistenter primärer Minerale (z. B. Quarz) zusammen mit Sesquioxiden und Kaolinit. Diese Mineralogie und der relativ niedrige pH-Wert erklären das stabile Mikrogefüge (Pseudosand) sowie die gelbliche (Goethit) oder rötliche (Hämatit) Bodenfarbe.

Verbreitung der Ferralsole

Die weltweite von Ferralsole eingenommene Fläche wird auf 750 Millionen ha geschätzt. Sie befinden sich fast ausschließlich in den humiden Tropen auf den kontinentalen Schilden Südamerikas (besonders Brasilien) und Afrikas (besonders Kongo, Demokratische Republik Kongo, südliche Zentralafrikanische Republik, Angola, Guinea und östliches Madagaskar). Außerhalb der kontinentalen Schilde sind Ferralsole auf Regionen mit leichtverwitterbarem basischem Gestein und einem heißen und feuchten Klima beschränkt, z. B. Südostasien.

Management und Nutzung der Ferralsole

Die meisten Ferralsole haben gute physikalische Eigenschaften. Tiefgründigkeit, hohe Permeabilität und ein stabiles Mikrogefüge machen Ferralsole weniger erosionsanfällig als die meisten anderen intensiv verwitterten tropischen Böden. Die meisten Ferralsole haben ein brüchiges Makrogefüge und sind leicht zu bearbeiten. Sie sind gut drainiert, können aber wegen ihrer geringen nutzbaren Wasserspeicherkapazität unter zeitweiliger Trockenheit leiden.

Die chemische Fruchtbarkeit von Ferralsole ist gering; verwitterbare Minerale sind selten oder fehlen ganz, und die Kationenretention durch die mineralische Bodenfraktion ist schwach. Unter natürlicher Vegetation werden Nährelemente, die von den Wurzeln aufgenommen wurden, im Laufe der Zeit über fallende Blätter und andere Pflanzenstreu wieder dem Oberboden zugeführt. Ein großer Teil der im Kreislauf befindlichen Pflanzennährstoffe befindet sich in der Biomasse; verfügbare Pflanzennährstoffe im Boden sind in der organischen Substanz konzentriert. Wenn der ständige *Kreislauf der Nährstoffe* unterbrochen wird, z. B. durch Subsistenzlandwirtschaft im Low-input-Dauerfeldbau, kommt es zu einem raschen Nährstoffverlust im Wurzelraum.

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch Wirtschaftsdünger, Mulch und/oder adäquate (d. h. hinreichend lange) Brachezeiten oder Agroforstwirtschaft und ein Schutz vor Oberboden-erosion sind wichtige Voraussetzungen für Ackerbau.

Eine starke P-Fixierung ist ein charakteristisches Problem der Ferralsole (und einiger anderer Böden, z. B. Andosole). Ferralsole sind normalerweise auch schlecht ausgestattet mit N, K, sekundären Nährstoffen (Ca, Mg und S) sowie vielen Mikronährstoffen. Siliciummangel ist möglich bei Anbaugütern mit hohem Siliciumbedarf (z. B. Gräser). Auf Mauritius werden Böden auf verfügbares Silicium getestet und dann mit Silicium gedüngt. Mangan und Zink, die bei niedrigem pH-Wert sehr leicht löslich sind, können im Boden zeitweise toxische Gehalte erreichen oder aber durch intensive Auswaschung zu Mangel-elementen werden. Auch Bor- und Kupfermangel können vorkommen.

Kalkung dient der Erhöhung des pH-Werts im durchwurzelten Oberboden. Kalkung wirkt der Al-Toxizität entgegen und erhöht die KAKeff. Andererseits verringert Kalkung die Anionenaustauschkapazität, was zu Gefügezerstörung und Oberbodenverschlammung führen kann. Deshalb sind häufigere Anwendungen von geringeren Mengen Kalk oder basischer Asche einer einzigen massiven Applikation vorzuziehen; 0,5–2 t ha⁻¹ Kalk oder Dolomit sind normalerweise ausreichend, um Ca als Nährelement zuzuführen und den niedrigen pH-Wert vieler Ferralsole zu erhöhen. Zufuhr von Gips als mobiler Ca-Form auf die Bodenoberfläche kann die Entwicklungstiefe der Pflanzenwurzeln erhöhen (außerdem reagiert das Sulfat aus dem Gips mit Sesquioxiden und ruft so einen „Selbstkalkungseffekt“ hervor). Diese relativ neue Entdeckung wird inzwischen häufig angewandt, besonders in Brasilien.

Die Wahl der Dünger sowie Art und Zeitpunkt ihrer Anwendung bestimmen zum großen Teil den Erfolg von Ackerbau auf Ferralsole. Die Zufuhr von einigen Tonnen pro Hektar an langsam umsetzbaren Phosphaten (Rohphosphaten) überwindet den P-Mangel für einige Jahre. Für schnelle Verfügbarkeit werden die viel stärker löslichen Super- und Tripelsuperphosphate angewandt, die in viel kleineren Mengen benötigt werden, insbesondere wenn sie direkt an den Wurzeln appliziert werden. Rohphosphate sind wahrscheinlich nur wirtschaftlich, wenn sie örtlich verfügbar sind und andere P-Dünger nicht leicht erworben werden können.

Subsistenzbauern im Dauer- oder Wanderfeldbau kultivieren auf Ferralsolen eine Reihe ein- und mehrjähriger Feldfrüchte. Extensive Beweidung ist ebenfalls häufig, und beträchtliche Flächen mit Ferralsolen werden überhaupt nicht landwirtschaftlich genutzt. Die guten physikalischen Eigenschaften der Ferralsole und die oftmals ebene Topographie würden intensivere Formen der Landnutzung nahelegen, wenn die ungünstigen chemischen Eigenschaften überwunden werden könnten.

FLUVISOLE

Fluvisole umfassen genetisch junge, azonale Böden in alluvialen Ablagerungen. Der Name *Fluvisole* mag missverständlich sein, da diese Böden nicht beschränkt sind auf *Fluss*-Sedimente (lt. *fluvius*, Fluss); sie kommen auch in lakustrinen und marinen Ablagerungen vor. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Fluvisole mit: *Alluviale Böden* (Russland), *Hydrosols* (Australien), *Fluvents* und *Fluvaquents* (USA), *Auenböden*, *Marschen*, *Strandböden*, *Watten* und *Unterwasserböden* (Deutschland), *Neossolos* (Brasilien) und *Sols minéraux bruts d'apport alluvial ou colluvial* oder *Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial ou colluvial* (Frankreich).

Kurzbeschreibung der Fluvisole

Bedeutung: Böden, die sich in alluvialen Ablagerungen entwickelt haben; von lat. *fluvius*, Fluss.

Ausgangsgestein: Vornehmlich rezente fluviatile, lakustrine und marine Ablagerungen.

Vorkommen: Alluviale Ebenen, Flusssedimentkegel, Täler und Gezeitsedimente auf allen Kontinenten und in allen Klimazonen; viele Fluvisole sind unter natürlichen Bedingungen periodisch überflutet.

Profilentwicklung: Profile mit erkennbarer Schichtung; schwache Horizontdifferenzierung, lediglich ein gut ausgebildeter Oberbodenhorizont kann vorhanden sein. *Redox*merkmale sind häufig, besonders im unteren Teil des Profils.

Verbreitung der Fluvisole

Fluvisole sind auf allen Kontinenten und in allen Klimaten zu finden. Sie bedecken etwa 350 Millionen ha weltweit, wovon mehr als die Hälfte in den Tropen liegen. Größere Vorkommen gibt es:

- entlang von Flüssen und an Seen, z. B. im Amazonasbecken, im Gangesbecken in Indien, in den Niederungen am Tschadsee in Zentralafrika und in den Sümpfen in Brasilien, Paraguay und Nordargentinien;
- in Deltaregionen, z. B. den Deltas von Ganges und Brahmaputra, Indus, Mekong, Mississippi, Nil, Niger, Orinoco, La Plata, Po, Rhein und Sambesi;
- in Gebieten mit rezenten marinen Ablagerungen, z. B. den Küstenebenen auf Sumatra, Kalimantan und Neuguinea (Indonesien und Papua-Neuguinea).

Größere Areale von Fluvisolen mit einem *thionic* Horizont oder *sulfidic* Material (*Acid Sulphate Soils*) sind zu finden in den Küstenebenen Südostasiens (Indonesien, Vietnam und Thailand), Westafrikas (Senegal, Gambia, Guinea-Bissau, Sierra Leone und Liberia) sowie entlang der Nordküste Südamerikas (Französisch Guyana, Surinam, Guyana und Venezuela).

Management und Nutzung der Fluvisole

Die hohe natürliche Fruchtbarkeit der meisten Fluvisole und attraktive Siedlungsmöglichkeiten auf Uferböden und höhergelegenen Bereichen mariner Landschaften wurden schon in prähistorischer Zeit genutzt. Später entstanden große Hochkulturen in Flusslandschaften und auf Küstenebenen.

Nassreisbau ist auf tropischen Fluvisolen mit hinreichender Bewässerung und Drainage weit verbreitet. Die Anbauflächen sollten zumindest einige Wochen pro Jahr trocken sein. Dadurch wird verhindert, dass das Redoxpotential so niedrig wird, dass Nährstoffprobleme (Fe oder S) entstehen. Eine Trockenphase stimuliert auch die mikrobielle Aktivität und erleichtert die Mineralisation organischer Substanz. Viele an trockenere Standorte angepasste Feldfrüchte

werden auch auf Fluvisolen angebaut, meist jedoch mit einer gewissen Steuerung der Wasserzufuhr.

Stark salzhaltige Flächen im Gezeitenbereich belässt man am besten unter Mangroven oder anderer salztoleranter Vegetation. Solche Gebiete sind ökologisch wertvoll und können, mit aller Vorsicht, genutzt werden zu Fischfang, Jagd, Salzgewinnung oder Holzentnahme (Holzkohle oder Brennholz). Fluvisole mit einem *thionic* Horizont oder *sulfidic* Material sind geprägt durch stark saures Milieu und hohe Al-Toxizität.

GLEYSOLE

Gleysole sind Böden in Feuchtgebieten, die, wenn sie nicht drainiert sind, über so lange Perioden mit Grundwasser gesättigt sind, dass sie ein charakteristisches *gleyic Farbmuster* entwickeln. Dieses Muster besteht aus rötlichen, bräunlichen oder gelblichen Farben auf den Aggregatoberflächen und/oder im oberen Profilteil in Kombination mit gräulich-bläulichen Farben innerhalb der Aggregate und/oder im unteren Profilteil. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Gleysole mit: *Gley-* und *Wiesenböden* (frühere Sowjetunion); *Gleyzems* (Russland); *Gleye* (Deutschland); *Gleissolos* (Brasilien) und *Grundwasserböden*. Viele WRB-Gleysole korrelieren mit den aquic-Unterordnungen der US Soil Taxonomy (*Aqualfs*, *Aquents*, *Aquepts*, *Aquolls*, etc.).

Kurzbeschreibung der Gleysole

Bedeutung: Böden mit klaren Zeichen eines Grundwassereinflusses; von russ. *gley*, schlammige Masse.

Ausgangsgestein: Ein großes Spektrum von Lockermaterialien; vornehmlich fluviatile, marine und lakustrine Sedimente aus dem Pleistozän oder Holozän; basische bis saure Gesteine.

Vorkommen: Depressionen und tiefgelegene Landschaftsbereiche mit Grundwasser nahe der Bodenoberfläche.

Profilentwicklung: Merkmale von Reduktionsprozessen mit Segregation von Fe-Verbindungen innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Verbreitung der Gleysole

Gleysole umfassen weltweit etwa 720 Millionen ha. Sie sind azonale Böden und kommen in beinahe allen Klimaten vor, von perhumid bis arid. Die größten Gleysol-Flächen sind zu finden in den subarktischen Regionen (Nordrussland (besonders Sibirien), Kanada und Alaska) und in den humid-gemäßigten und subtropischen Tieflandsgebieten (z. B. in China und Bangladesch). Ungefähr 200 Millionen ha liegen in den Tropen, v. a. in der Amazonasregion, Äquatorialafrika und den Sumpfwäldern an der Küste Südostasiens.

Management und Nutzung der Gleysole

Das größte Hindernis für die Nutzung der Gleysole besteht darin, dass man ein Drainagesystem zur Absenkung des Grundwasserspiegels errichten muss. Angemessen drainierte Gleysole können für Ackerbau, Milchwirtschaft und Gartenbau genutzt werden. Werden die Böden in einem zu nassen Zustand bearbeitet, so wird das Bodengefüge langfristig zerstört. Aus diesem Grunde nutzt man Gleysole in Niederungen mit unzureichender Möglichkeit der Grundwasserabsenkung am besten als Dauergrünland oder belässt den natürlichen Sumpfwald. Drainierte Gleysole mit hohen Gehalten an organischer Substanz oder niedrigen pH-Werten werden häufig gekalkt zur Schaffung eines besseren Milieus für Mikro- und Mesoorganismen und zur Erhöhung der Abbauraten der organischen Bodensubstanz (und der Versorgung mit Pflanzennährstoffen).

Baumplantagen können auf Gleysolen nur angelegt werden, nachdem der Wasserspiegel mit tiefen Drainagegräben gesenkt wurde. Man kann aber auch Bäume auf Dämmen pflanzen, die mit flachen Depressionen abwechseln, in denen man Reis anbaut. Dieses *Sorjan*-System wird in den Waldsümpfen der Gezeitenbereiche an der südostasiatischen Küste verbreitet angewandt, in denen auch pyrithaltige Sedimente vorkommen. Gleysole eignen sich bei entsprechendem Kli-

ma gut zum Nassreisanbau. Gleysole mit einem *thionic* Horizont oder *sulfidic* Material sind geprägt durch stark saures Milieu und hohe Al-Toxizität.

GYPSSOLE

Gypsisole sind Böden mit einer deutlichen sekundären Gipsanreicherung ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Diese Böden sind in den trockensten Teilen der ariden Klimazonen zu finden. Damit erklärt sich die Benennung eines Teils der Gypsisole in führenden Bodenklassifikationssystemen als *Wüstenböden* (frühere Sowjetunion) und *Yermosols* oder *Xerosols* (FAO–UNESCO, 1971–1981). In der US Soil Taxonomy werden die meisten Gypsisole zu den *Gypsid*s gestellt.

Kurzbeschreibung der Gypsisole

Bedeutung: Böden mit einer deutlichen Anreicherung von sekundärem Calciumsulfat; von griech. *gypsos*, Gips.

Ausgangsgestein: Meist lockere alluviale, kolluviale oder äolische Ablagerungen aus basenreichem Verwitterungsmaterial.

Vorkommen: Vornehmlich ebene bis hügelige Lagen sowie Niederungen (z. B. ehemalige Binnenseen) in Regionen mit aridem Klima. Die natürliche Vegetation ist schütter und dominiert von xerophytischen Sträuchern und Bäumen und/oder einjährigen Gräsern. *Profilentwicklung:* Hell gefärbter Oberboden; Akkumulation von Calciumsulfat, mit oder ohne Carbonaten, vornehmlich im Unterboden.

Verbreitung der Gypsisole

Gypsisole sind beschränkt auf aride Regionen; ihre weltweite Ausdehnung beträgt ca. 100 Millionen ha. Größere Vorkommen gibt es in und um Mesopotamien, in den Wüstengebieten des Nahen Ostens und der angrenzenden mittelasiatischen Staaten, in der Libyschen Wüste und der Namib-Wüste, in Südost- und Mittelastralien und im Südwesten der USA.

Management und Nutzung der Gypsisole

Gypsisole mit nur einem geringen Gipsanteil in den obersten 30 cm können für die Produktion von Körnerfrüchten, Baumwolle sowie Luzerne etc. genutzt werden. Schwarzbrachesysteme auf tiefgründigen Gypsisolen nutzen Brachejahre und andere Techniken zum Auffüllen der Wasservorräte, sind aber wegen ungünstiger klimatischer Bedingungen nur selten einträglich. Gypsisole in jungen alluvialen und kolluvialen Ablagerungen zeigen relativ geringe Gipsgehalte. Wo Wasser verfügbar ist, können sie sehr produktiv sein, weshalb dort viele Bewässerungsprojekte im Gange sind. Unter intensiver Bewässerung bei gleichzeitiger Sicherstellung der Drainage können sogar Böden mit über 25 Prozent pulverförmigem Gips noch hervorragende Erträge erzielen bei Luzerne (10 Tonnen Heu pro ha), Weizen, Aprikosen, Datteln, Mais und Trauben. Bewässerungsfeldbau auf Gypsisolen führt zur raschen Auflösung des Gipses im Boden, was unregelmäßige Sackungen der Landoberfläche zur Folge hat mit Einbrüchen bei den Wällen der Bewässerungskanäle sowie Korrosion von Betonkonstruktionen. Große Gypsisol-Flächen werden für extensive Beweidung genutzt.

HISTOSOLE

Histosole umfassen Böden aus *organic Material*. Dazu gehören insbesondere Böden der borealen, arktischen und subarktischen Regionen, die vornehmlich aus Moostorfen bestehen, Moos-, Schilf- und Seggen-(Niedermoor-)Torfe sowie Waldtorfe der gemäßigten Regionen und Mangroventorfe und Sumpfwaldtorfe der feuchten Tropen. Histosole sind in allen Höhenlagen anzutreffen, in ihrer großen Mehrheit kommen sie jedoch im Tiefland vor. Geläufige Namen sind *Torfböden*, *Sumpfböden*, *Moorböden* und *organische Böden*. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Histosole mit: *Moore*, *Felshumusböden* und *Skeletthumusböden* (Deutschland), *Organo-*

sols (Australien), *Organossolos* (Brasilien), *Organic order* (Kanada) und *Histosols* und *Histels* (USA).

Kurzbeschreibung der Histosole

Bedeutung: Torf- und Moorböden; von griech. *histos*, Gewebe.

Ausgangsgestein: Unvollständig zersetzte Pflanzenstreu, mit oder ohne Beimengungen von Sand, Schluff oder Ton.

Vorkommen: Histosole bedecken große Areale in borealen, arktischen und subarktischen Regionen. Andernorts sind sie beschränkt auf schlecht drainierte Becken und Niederungen, Wald- und Graslandsümpfe mit flachgründig anstehendem Grundwasser sowie Hochlagen mit einem hohen Niederschlags-Evapotranspirations-Verhältnis.

Profilentwicklung: Die Mineralisation ist langsam, und die Umwandlung der Pflanzenstreu durch biochemische Zersetzung und Bildung von Huminstoffen erzeugt an der Oberfläche eine Humuslage, teils mit, teils ohne langdauernde Wassersättigung. Verлагertes *organic* Material kann sich in tieferen Lagen akkumulieren, wird jedoch häufiger aus dem Boden ausgewaschen.

Verbreitung der Histosole

Die Gesamtfläche der Histosole auf der Welt wird auf 325–375 Millionen ha geschätzt. Sie sind mehrheitlich in den borealen, subarktischen und arktischen Regionen der Nordhalbkugel zu finden. Die meisten der verbleibenden Histosole liegen in den Niederungen der gemäßigten Zone sowie in kühlen Gebirgsregionen; nur ein Zehntel aller Histosole gehört zu den Tropen. Große Histosol-Areale gibt es in den USA und Kanada, Westeuropa und Nordskandinavien sowie östlich des Nordural. Etwa 20 Millionen ha tropischer Waldmoore liegen entlang des Sundaschelfs in Südostasien. Kleinere Flächen tropischer Histosole findet man in Flussdeltas, z. B. im Orinoco- und im Mekong-Delta, sowie in Depressionen auf den Hochplateaus.

Management und Nutzung der Histosole

Die Eigenschaften des organischen Materials (botanische Zusammensetzung, Stratifizierung, Zersetzungsgrad, Packungsdichte, Holzgehalt, mineralische Beimengungen etc.) und der Torf-typ (Niedermoor, Hochmoor etc.) bestimmen die Erfordernisse und Möglichkeiten der Nutzung von Histosolen. Histosole ohne langdauernde Wassersättigung entstehen oft in einer Umgebung, die wegen ihrer Kälte für Landwirtschaft unattraktiv ist. Natürliche Moore müssen drainiert und in der Regel auch gekalkt und gedüngt werden, damit der Anbau normaler Feldfrüchte möglich ist. Organisierte Projekte zur Inkulturnahme von Mooren gab es fast nur in der gemäßigten Zone, wo Millionen von ha urbar gemacht wurden. Damit wurde in vielen Fällen eine allmähliche Degradation eingeleitet, die schließlich den Verlust der wertvollen Moore bedeutet. In den Tropen versuchen zunehmend Gruppen landloser Bauern die Moorflächen zu kultivieren, indem sie den Wald roden und dabei rasende Torfbrände verursachen. Viele von ihnen geben nach nur wenigen Jahren ihr Land wieder auf; Erfolge sind selten und beschränkt auf flache Niedermoo-re. In den letzten Jahrzehnten wurden wachsende Areale tropischer Moore mit Ölpalmen be-pflanzt sowie mit Bäumen wie *Acacia mangium*, *Acacia crassicarpa* und *Eucalyptus* spp., die zur Zellstoffgewinnung verwendet werden. Diese Praxis mag nicht ideal sein, ist aber weit we-niger destruktiv als Subsistenzackerbau.

Ein weiteres Problem, das bei der Drainage von Histosolen häufig auftritt, ist die Oxidation von sulfidischen Mineralen, die sich unter anaeroben Bedingungen insbesondere in Küstenregi-onen akkumuliert haben. Die dabei entstehende Schwefelsäure macht die Standorte unproduktiv, sofern nicht große Mengen an Kalk aufgebracht werden, wodurch aber die Kosten der Ur-barmachung untragbar werden.

Insgesamt ist es wünschenswert, fragile Mooregebiete zu schützen und zu bewahren, zum ei-nen wegen ihres Wertes an sich (besonders wegen ihrer Schwammwirkung bei der Regulation des Wasserhaushalts und wegen der in Feuchtgebieten vorkommenden einzigartigen Tierarten), und zum anderen wegen der mageren Aussichten auf eine langfristige ackerbauliche Nutzung. Wo ihre Nutzung unvermeidlich ist, sind sensible Formen der Forst- und Plantagenwirtschaft zu bevorzugen gegenüber Feldbau mit einjährigen Früchten, Gartenbau oder, der übelsten Option,

der Entnahme des Torfs zur Energiegewinnung oder zur Herstellung von gärtnerischen Substraten oder von *Aktivkohle* etc. Wenn auf Torf Ackerbau betrieben wird, so wird er sehr viel schneller mineralisiert als bisher, da er zur Erzielung eines zufriedenstellenden Pflanzenwachstums drainiert, gekalkt und gedüngt werden muss. Unter diesen Umständen sollte man die Drainagetiefe so gering wie möglich halten und bei der Anwendung von Kalk und Düngern Vorsicht walten lassen.

KASTANOZEME

Kastanozeme umfassen trockene Graslandböden, darunter die *zonalen* Böden des Kurzgrassteppengürtels südlich des eurasiatischen Langgrassteppengürtels mit Chernozemen. Kastanozeme haben einen ähnlichen Profilaufbau wie die Chernozeme, doch sind die humusreichen Oberbodenhorizonte geringmächtiger und nicht so dunkel wie jene der Chernozeme. Außerdem haben Kastanozeme markantere Anreicherungen von sekundären Carbonaten. Die kastanienbraune Farbe des Oberbodens spiegelt sich im Namen *Kastanozem* wider. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Kastanozeme mit: (*Dunkle*) *Kastanienböden* (Russland), *Kalktschernoseme* (Deutschland), (*Dark*) *Brown Soils* (Kanada) sowie *Ustolls* und *Xerolls* (USA).

Kurzbeschreibung der Kastanozeme

Bedeutung: Dunkelbraune Böden reich an organischer Substanz; von lat. *castanea* und russ. *kaschtan*, Kastanie, und *zemlja*, Erde oder Land.

Ausgangsgestein: Eine große Bandbreite an Lockermaterialien; ein großer Teil aller Kastanozeme ist aus Löss entstanden.

Vorkommen: Trocken und kontinental mit relativ kalten Wintern und heißen Sommern; flache bis leicht hügelige Grasländer, dominiert von einjährigen, kurzen Gräsern.

Profilentwicklung: Ein brauner *mollic* Horizont mittlerer Mächtigkeit, oft über einem braunen bis zimtfarbenen *cambic* oder *argic* Horizont; mit *sekundären Carbonaten* oder einem *calcic* Horizont im Unterboden, in einigen Fällen auch mit sekundärem Gips.

Verbreitung der Kastanozeme

Die Gesamtfläche der Kastanozeme wird auf etwa 465 Millionen ha geschätzt. Größere Areale liegen im eurasiatischen Kurzgrassteppengürtel (südliche Ukraine, Südrussland, Kasachstan und Mongolei), in den Great Plains der USA, Kanadas und Mexikos, und in der Pampa und dem Chaco Nordargentiniens, Paraguays und Südbolivians.

Management und Nutzung der Kastanozeme

Kastanozeme sind potentiell ertragreiche Böden; periodischer Mangel an Bodenfeuchte ist das Haupthindernis für hohe Erträge. Bewässerung ist daher für hohe Erträge fast immer erforderlich, wobei man sorgfältig eine sekundäre Versalzung des Oberbodens vermeiden muss. Phosphatdünger mögen für gute Ernten ebenfalls notwendig sein. Körnerfrüchte sowie (nur unter Bewässerung) andere Grundnahrungsmittel und Gemüse sind die wichtigsten Anbaugüter. Wind- und Wassererosion sind ein Problem auf Kastanozemen, besonders auf Bracheflächen.

Extensive Beweidung wird auf Kastanozemen ebenfalls häufig praktiziert. Allerdings sind die schütter bewachsenen Weideflächen den Langgrassteppen auf Chernozemen unterlegen, und Überweidung ist ein ernsthaftes Problem.

LEPTOSOLE

Zu den Leptosolen gehören sehr flachgründige Böden über kontinuierlichem Fels sowie extrem skelettreiche Böden. Leptosole sind azonale Böden und besonders häufig in Gebirgsregionen anzutreffen. Leptosole umfassen ganz oder teilweise: *Lithosols* der Weltbodenkarte (FAO–UNESCO, 1971–1981), *Lithic* Untergruppen der Ordnung *Entisol* (USA), *Leptic Rudosols* und

Tenosols (Australien) sowie *Petrozems* und *Litozems* (Russland). In vielen nationalen Systemen gehören Leptosole auf Kalksteinen im Wesentlichen zu den *Rendzinen* und jene auf anderen Gesteinen größtenteils zu den *Rankern*. An der Oberfläche anstehender kontinuierlicher Fels wird in vielen Bodenklassifikationssystemen nicht als Boden betrachtet.

Kurzbeschreibung der Leptosole

Bedeutung: Flachgründige Böden; von griech. *leptos*, dünn.

Ausgangsgestein: Verschiedene Arten von kontinuierlichem Fels oder von Lockermaterialien mit weniger als 20 Volumenprozent Feinerde.

Vorkommen: Meist Gebiete in großer oder mittlerer Höhe mit stark zerklüftetem Relief. Leptosole sind in allen Klimazonen zu finden (oft auch in heißen oder kalten Trockengebieten), besonders in Landschaften mit starker Erosion.

Profilentwicklung: Leptosole haben kontinuierlichen Fels an oder nahe der Oberfläche, oder sie sind extrem skelettreich. Leptosole in carbonathaltigem Verwitterungsmaterial können einen *mollic* Horizont haben.

Verbreitung der Leptosole

Leptosole sind diejenige RSG mit der größten Verbreitung auf der Erde und erstrecken sich über etwa 1,655 Milliarden ha. Leptosole sind von den Tropen bis zur kalten polaren Tundra und vom Meeresniveau bis in die höchsten Bergregionen zu finden. Leptosole sind besonders verbreitet in Gebirgsregionen, speziell in Asien und Südamerika, ferner in der Sahara und der Arabischen Wüste sowie auf der Ungava-Halbinsel in Nordkanada und in den Bergen Alaskas. Andernorts kommen Leptosole auf verwitterungsresistenten Felsen vor oder dort, wo die Erosion mit der Bodenbildung Schritt hält oder den Oberboden abgetragen hat. Leptosole der Gebirgsregionen mit *kontinuierlichem Fels* in weniger als 10 cm Tiefe sind am weitesten verbreitet.

Management und Nutzung der Leptosole

Leptosole eignen sich für Forstnutzung und in der feuchten Jahreszeit für Beweidung. Leptosole, auf die der Rendzic Qualifier zutrifft, sind in Südostasien mit Teak und Mahagoni bepflanzt. In der gemäßigten Zone tragen sie vornehmlich Laubmischwald, während auf den sauren Leptosolen meist Nadelwald stockt. Erosion ist die größte Bedrohung für Leptosol-Gebiete, besonders in den Gebirgsregionen der gemäßigten Zone, wo hoher Bevölkerungsdruck (Tourismus), Übernutzung und steigende Umweltverschmutzung die Wälder geschädigt haben und große Flächen mit fragilen Leptosolen bedroht sind. Leptosole an Hängen sind im Allgemeinen fruchtbarer als jene in ebenen Lagen. An solchen Hängen könnte ggf. hochwertiger Ackerbau betrieben werden, jedoch um den Preis massiver Erosion. Steile Hänge mit flachgründigen und steinigen Böden können mittels Terrassierung in Ackerland umgewandelt werden, wobei die Steine von Hand ausgelesen und an den Terrassenwällen aufgeschichtet werden. Agroforstwirtschaft (eine Kombination oder Rotation von Ackerfrüchten und Bäumen unter strikt kontrollierten Bedingungen) ist vielversprechend, doch immer noch weithin im Experimentierstadium. Die exzessive Drainage und die Flachgründigkeit vieler Leptosole kann sogar unter humiden Bedingungen Trockenheit hervorrufen.

LIXISOLE

Lixisole sind Böden, die als Ergebnis bodenbildender Prozesse (v. a. Tonverlagerung) im Unterboden höhere Tongehalte haben als im Oberboden. Das Ergebnis ist ein *argic* Unterbodenhorizont. Lixisole haben in bestimmten Tiefen eine hohe Basensättigung und Tonminerale mit geringer KAK. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Lixisole mit: *Red Yellow Podzolic soils* (z. B. Indonesien), *Argissolos* (Brasilien), *sols ferralitiques faiblement desaturés appauvris* (Frankreich) und *Red and Yellow Earths*, *Latosols* oder *Alfisols* mit Tonmineralen von geringer KAK (USA).

Kurzbeschreibung der Lixisole

Bedeutung: Böden mit pedogenetischer Tongehaltsdifferenzierung (v. a. Tonverlagerung) zwischen einem tonärmeren Oberboden und einem tonreicheren Unterboden, Tonminerale mit geringer KAK und hohe Basensättigung in bestimmten Tiefen; von lat. *lixivia*, ausgewaschene Substanzen.

Ausgangsgestein: In zahlreichen verschiedenen Ausgangsmaterialien, v. a. in lockeren, chemisch stark verwitterten Materialien mit feiner Bodenart.

Vorkommen: Regionen mit tropischem, subtropischem oder warm-gemäßigtem Klima mit einer ausgeprägten Trockenzeit, v. a. auf alten Erosions- oder Depositionsflächen. Von vielen Lixisolen nimmt man an, dass sie polygenetische Böden sind, deren Merkmale teilweise unter humiderem Klima in der Vergangenheit entstanden sind.

Profilentwicklung: Pedogenetische Differenzierung der Tongehalte mit einem geringeren Gehalt im Oberboden und einem höheren im Unterboden; Verwitterung fortgeschritten, jedoch ohne markante Auswaschung von Basenkationen.

Verbreitung der Lixisole

Lixisole finden sich in tropischen, subtropischen und warm-gemäßigten Regionen mit saisonaler Trockenheit auf Landflächen, die sich im Pleistozän oder früher gebildet haben. Diese Böden bedecken eine Fläche von insgesamt etwa 435 Millionen ha, wovon mehr als die Hälfte im subsahelischen und östlichen Afrika liegen, etwa ein Viertel in Süd- und Mittelamerika und der Rest auf dem indischen Subkontinent und in Südostasien und Australien.

Management und Nutzung der Lixisole

Lixisol-Flächen, auf denen noch natürliche Savanne oder offenes Waldland zu finden ist, werden vielfach extensiv beweidet. Der Schutz des Oberbodens mit seiner alles entscheidenden organischen Substanz ist von höchster Wichtigkeit. Degradierete Oberböden haben eine geringe Aggregatstabilität, und es besteht die Gefahr der Verschlammung und/oder Erosion, wenn sie dem direkten Aufprall der Regentropfen ausgesetzt sind. Pflügen bei Nässe oder der Einsatz von zu schweren Maschinen verdichten den Boden und verursachen schwerwiegende Gefügeschäden. Maßnahmen zur Kontrolle von Bodenbearbeitung und Erosion, z. B. Terrassierung, Konturpflügen, Mulchung und Anbau von Bodendeckern, tragen zum Schutz des Bodens bei. Wegen der niedrigen Gesamtgehalte an Pflanzennährstoffen und der geringen Kationenretention in Lixisolen sind wiederholte Düngergaben und/oder Kalkungen eine Voraussetzung für Dauerfeldbau. Chemisch und/oder physikalisch degradierte Lixisole regenerieren sich nur sehr langsam, wenn sie nicht aktiv melioriert werden.

Mehrjährige Kulturen sind gegenüber einjährigen zu bevorzugen, v. a. an Hängen. Der Anbau von Knollenfrüchten (Maniok und Süßkartoffel) oder Erdnüssen erhöht das Risiko von Boden-degradation und Erosion. Die Rotation von einjährigen Kulturen und Weidewirtschaft (bei Anwendung verbesserter Beweidungssysteme) wurde zum Erhalt oder zur Erhöhung der Gehalte an organischer Substanz empfohlen.

LUVISOLE

Luvisol sind Böden, die als Ergebnis bodenbildender Prozesse (v. a. Tonverlagerung) im Unterboden höhere Tongehalte haben als im Oberboden. Das Ergebnis ist ein *argic* Unterbodenhorizont. Luvisol haben in einer bestimmten Tiefe eine hohe Basensättigung und im gesamten *argic* Horizont Tonminerale mit hoher KAK. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Luvisol mit: *Verbraunte Böden mit schwacher Tondurchschlammung* (*Textural-metamorphic soils*, Russland), *sols lessivés* (Frankreich), *Parabraunerden* (Deutschland), *Chromosols* (Australien), *Luvissolos* (Brasilien), *Grey-Brown Podzolic soils* (frühere Terminologie der USA) und *Alfisols* mit Tonmineralen von geringer KAK (US Soil Taxonomy).

Kurzbeschreibung der Luvisole

Bedeutung: Böden mit pedogenetischer Tongehaltsdifferenzierung (v. a. Tonverlagerung) zwischen einem tonärmeren Oberboden und einem tonreicheren Unterboden, Tonminerale mit hoher KAK und hohe Basensättigung in bestimmten Tiefen; von lat. *luere*, waschen.

Ausgangsgestein: Eine große Bandbreite von Lockermaterialien, z. B. glaziale Sedimente und äolische, alluviale und kolluviale Ablagerungen.

Vorkommen: Am häufigsten in ebenem oder leicht hügeligem Gelände in kühl-gemäßigten Regionen sowie in warmen Regionen mit einer deutlichen Ausprägung trockener und feuchter Jahreszeiten (z. B. Mediterrangebieten).

Profilentwicklung: Pedogenetische Differenzierung der Tongehalte mit einem geringeren Gehalt im Oberboden und einem höheren im Unterboden ohne markante Auswaschung von Basenkationen und ohne fortgeschrittene Verwitterung der Tonminerale mit hoher KAK; Luvisole mit starker Tondurchschlammung können zwischen dem Horizont an der Bodenoberfläche und dem *argic* Horizont im Unterboden einen eluvialen *albic* Horizont besitzen, doch fehlt das *albeluvic Tonguing* der Albeluvisole.

Verbreitung der Luvisole

Luvisole umfassen weltweit 500–600 Millionen ha, v. a. in gemäßigten Regionen, z. B. in West- und Mittellusland, in den USA und in Mitteleuropa, aber auch im Mittelmeergebiet und in Südaustralien. In subtropischen und tropischen Regionen kommen Luvisole vor allem auf jungen Landoberflächen vor.

Management und Nutzung der Luvisole

Die meisten Luvisole sind fruchtbare Böden und für eine Vielzahl landwirtschaftlicher Nutzungsformen geeignet. Luvisole mit hohen Schluffgehalten sind empfindlich für Gefügeschädigung, wenn sie im feuchten Zustand oder mit schwerem Gerät gepflügt werden. Luvisole an Steilhängen erfordern Maßnahmen zur Erosionskontrolle.

Die Eluvialhorizonte einiger Luvisole sind so stark ausgeschlammmt, dass ein ungünstiges Plattengefüge entsteht. In manchen Fällen verursacht der dichte Unterboden zeitweilig auftretende *reduzierende Verhältnisse* mit einem *stagnic Farbmuster*. So kommt es, dass geköpfte Luvisole manchmal zu besseren Ackerböden werden als die ursprünglichen, nicht erodierten Böden.

Auf Luvisolen in der gemäßigten Zone werden verbreitet Körnerfrüchte, Zuckerrüben und Futterpflanzen angebaut; bei stärkerer Hangneigung werden sie für Obstbau sowie als Wald oder Weide genutzt. Im Mittelmeergebiet, wo Luvisole in den kolluvialen Ablagerungen aus Kalkverwitterungsprodukten häufig anzutreffen sind (viele mit dem Chromic, Calcic oder Vertic Qualifier), stehen auf den Unterhängen häufig Weizen und/oder Zuckerrüben, wohingegen die oft erodierten Oberhänge zur extensiven Beweidung oder forstlich genutzt werden.

NITISOLE

Nitisole sind tiefgründige, gut drainierte, rote tropische Böden mit diffusen Horizontgrenzen. Sie haben einen Unterbodenhorizont mit mindestens 30 Prozent Ton und mittel bis stark ausgeprägten Polyedern, die leicht in charakteristische, glänzende, abgeflachte oder nussförmige Elemente zerfallen. Die Verwitterung ist relativ weit fortgeschritten, aber Nitisole sind weit produktiver als die meisten anderen roten tropischen Böden. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Nitisole mit: *Nitossolos* (Brasilien), kändic Great Groups der *Alfisols* und *Ultisols* sowie verschiedene Great Groups der *Inceptisols* und *Oxisols* (USA), *Sols Fersialitiques* oder *Ferrisols* (Frankreich) und *Roterden*.

Kurzbeschreibung der Nitisole

Bedeutung: Tiefgründige, gut drainierte, rote tropische Böden mit einem tonigen *nitic* Unterbodenhorizont, der typische abgeflachte oder nussförmige Aggregate mit glänzenden Oberflächen aufweist; von lat. *nitidus*, glänzend.

Ausgangsgestein: Feinkörnige Verwitterungsprodukte von intermediären bis basischen Ausgangsgesteinen, in einigen Regionen mit frischen Beimengungen vulkanischer Asche verjüngt.

Vorkommen: Nitisole sind vornehmlich in ebenen bis hügeligen Landschaften unter tropischem Regenwald oder Savanne zu finden.

Profilentwicklung: Rote oder rötlich-braune tonige Böden mit einem *nitic* Unterbodenhorizont von hoher Aggregatstabilität. Die Tonfraktion von Nitisolen wird dominiert von Kaolinit/ (Meta-)Halloysit. Nitisole sind reich an Fe und haben wenig wasserdispergierbaren Ton.

Verbreitung der Nitisole

Es gibt weltweit etwa 200 Millionen ha mit Nitisolen. Mehr als die Hälfte aller Nitisole liegt im tropischen Afrika, v. a. im Hochland (> 1.000 m) von Äthiopien, Kenia, Kongo und Kamerun. Andernorts sind Nitisole in geringeren Höhen vertreten, z. B. in den Tropen Asiens, Süd- und Mittelamerikas, Südostafrikas und Australiens.

Management und Nutzung der Nitisole

Nitisole gehören zu den produktivsten Böden der humiden Tropen. Das tiefgründige und porenreiche Solum und das stabile Gefüge der Nitisole erlauben eine tiefe Durchwurzelung und machen diese Böden ziemlich resistent gegen Erosion. Die gute Bearbeitbarkeit der Nitisole, ihre gute interne Drainage und ihre beachtliche Wasserspeicherkapazität werden abgerundet von einer im Vergleich zu den meisten anderen tropischen Böden vorteilhaften chemischen Fruchtbarkeit. Nitisole haben relativ hohe Gehalte an verwitterbaren Mineralen, und die Oberböden können etliche Prozent organische Substanz enthalten, besonders unter Wald oder Baumplantagen. Auf Nitisolen werden einerseits Plantagenfrüchte wie Kakao, Kaffee, Kautschuk und Ananas gepflanzt, andererseits dienen sie verbreitet den Kleinbauern zur Produktion von Grundnahrungsmitteln. Die hohe P-Sorption macht die Anwendung von P-Düngern erforderlich, die meist als niedrigerhaltige Rohphosphate mit langsamer P-Freisetzung verabreicht werden (einige Tonnen pro Hektar, gefolgt von jährlicher Erhaltungsdüngung) in Kombination mit kleineren Gaben leichter löslicher *Superphosphate* für eine rasche Reaktion der Pflanze.

PHAEOZEME

Phaeozeme umfassen Böden der relativ feuchten Grasland- und Waldregionen in gemäßigt-kontinentalen Klimaten. Phaeozeme sind den Chernozemen und Kastanozemen sehr ähnlich, haben jedoch stärkere Basenauswaschung. Folglich haben sie dunkle, humusreiche Oberbodenhorizonte, die im Vergleich zu Chernozemen und Kastanozemen weniger basenreich sind. Phaeozeme gibt es mit und ohne sekundäre Carbonate, jedoch haben sie stets eine hohe Basensättigung im obersten Meter. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Phaeozeme mit: *Brunizems* (Argentinien und Frankreich), *Dunkelgraue Waldböden* und *Ausgewaschene und podzolierte Chernozeme* (frühere Sowjetunion), *Tschernoseme* (Deutschland), *Dusky-red prairie soils* (ältere Klassifikation der USA), *Udolls* und *Albolls* (US Soil Taxonomy) und *Phaeozems* (einschließlich der meisten der früheren *Greyzems*) (FAO).

Kurzbeschreibung der Phaeozeme

Bedeutung: Dunkle Böden reich an organischer Substanz; von griech. *phaios*, dunkel, und russ. *zemlja*, Erde oder Land.

Ausgangsgestein: Äolische (Löss) und glaziale Ablagerungen sowie andere lockere, vornehmlich basische Materialien.

Vorkommen: Warme bis kühle (z. B. tropisches Hochland), gemäßigt kontinentale Regionen, in denen es feucht genug ist, dass in den meisten Jahren etwas Perkolations durch den Boden stattfindet; aber auch mit Phasen, in denen der Boden austrocknet; flache bis leicht hügelige Landschaften; die natürliche Vegetation ist Grasland, z. B. Langgrassteppe, und/oder Wald.

Profilentwicklung: Ein *mollic* Horizont (geringmächtiger und in vielen Böden weniger dunkel als in Chernozemen), meist über einem *cambic* oder *argic* Unterbodenhorizont.

Verbreitung der Phaeozeme

Phaeozeme bedecken weltweit etwa 190 Millionen ha. Etwa 70 Millionen ha finden sich in den USA, und zwar im humiden und subhumiden Mittelwesten sowie in den östlichsten Teilen der Great Plains. Weitere 50 Millionen ha liegen in der subtropischen Pampa Argentiniens und Uruguays. Das drittgrößte Phaeozem-Gebiet (18 Millionen ha) gehört zu Nordostchina, gefolgt von großen Arealen in Mittelfrussland. Kleinere, oftmals unzusammenhängende Flächen findet man in Mitteleuropa, besonders im Donaugebiet Ungarns und seiner Nachbarländer, sowie in tropischen Gebirgsregionen.

Management und Nutzung der Phaeozeme

Phaeozeme sind fruchtbare Böden mit hoher Porosität und hervorragend für Ackerbau geeignet. In den USA und Argentinien werden auf Phaeozemen Soja und Weizen (sowie andere Körnerfrüchte) angebaut. Phaeozeme auf dem texanischen Hochplateau ermöglichen unter Bewässerung gute Baumwollerträge. Weizen, Gerste und Gemüse (sowie andere Früchte) findet man auf den Phaeozemen der gemäßigten Breiten. Die Böden sind dabei stark durch Wind- und Wassererosion gefährdet. Auf großen Flächen mit Phaeozemen wird Rinderzucht betrieben (bei Anwendung verbesserter Beweidungssysteme).

PLANOSOLE

Planosole sind Böden mit hellen Oberbodenhorizonten, die Merkmale zeitweiligen Wasserstaus zeigen und abrupt über einem dichten, nur langsam durchlässigen Unterboden liegen, welcher deutlich mehr Ton aufweist als der Oberboden. Die Bodenklassifikation der USA prägte den Namen *Planosols* im Jahre 1938; ihr Nachfolgesystem, die US Soil Taxonomy, schlägt die meisten der ursprünglichen Planosols zu den Great Groups *Albaqualfs*, *Albaqualts* und *Argialbolls*. Der Name wurde jedoch in Brasilien übernommen (*Planossolos*).

Kurzbeschreibung der Planosole

Bedeutung: Böden mit einem Oberboden mit gröberer Bodenart, der abrupt über einem dichten Unterboden feinerer Bodenart liegt, typischerweise in Ebenen mit jahreszeitlichem Wasserstau; von lat. *planus*, eben.

Ausgangsgestein: Meist tonige alluviale und kolluviale Ablagerungen.

Vorkommen: Jahreszeitlich oder periodisch feuchte Ebenen (Plateaus), vornehmlich in subtropischen und gemäßigten, semi-ariden und subhumiden Regionen mit lichter Wald- oder Grasvegetation.

Profilentwicklung: Durch geologische Schichtung oder Pedogenese (Ton-Zerstörung und/oder Tonausschlammung) oder beides entsteht ein heller Oberboden mit relativ grober Bodenart, der abrupt über einem Unterboden mit feinerer Bodenart liegt; die Behinderung der Perkolation verursacht zeitweilig *reduzierende Verhältnisse* mit einem *stagnic Farbmuster*, zumindest in der Nähe des *abrupten Bodenartenwechsels*.

Verbreitung der Planosole

Die größten Planosol-Flächen der Welt liegen in den subtropischen und gemäßigten Regionen mit deutlichem Wechsel von Regen- und Trockenzeit, z. B. in Lateinamerika (Südbrasilien, Paraguay und Argentinien), Afrika (Sahelzone, östliches und südliches Afrika), dem Osten der USA, Südostasien (Bangladesch und Thailand) und Australien. Ihre Gesamtausdehnung wird auf etwa 130 Millionen ha geschätzt.

Management und Nutzung der Planosole

Natürliche Planosol-Gebiete tragen schütterere Grasvegetation, oft mit verstreut stehenden Sträuchern und Bäumen, die flache Wurzelsysteme haben und der zeitweiligen Wassersättigung standhalten können. Die Landnutzung auf Planosolen ist normalerweise weniger intensiv als auf den meisten anderen Böden unter denselben Klimabedingungen. Große Planosol-Flächen wer-

den für extensive Beweidung genutzt. Auch die Holzproduktion ist auf Planosolen viel geringer als auf anderen Böden unter ansonsten gleichen Bedingungen.

Planosole in der gemäßigten Zone werden vornehmlich als Grünland genutzt oder zum Anbau von Ackerfrüchten wie Weizen und Zuckerrüben. Die Erträge sind bescheiden, auch auf drainierten und tiefgründig gelockerten Böden. Die Wurzelentwicklung auf natürlichen, unmeliorierten Planosolen ist stark eingeschränkt durch Sauerstoffarmut in den Nässeperioden, dichten Unterboden und mancherorts auch durch toxische Al-Anteile im Wurzelbereich. Die geringe Wasserleitfähigkeit des dichten Unterbodens erfordert bei Drainagemaßnahmen kurze räumliche Abstände. Eine Oberflächenbearbeitung wie die Anlage von Dämmen und Furchen kann Ernteverluste durch Wasserstau abmildern.

Auf Planosolen in Südostasien wird weitgehend nur Nassreis angebaut, wobei die Felder eingedeicht und in der Regenzeit überflutet werden. Versuche, während der Trockenzeit auf denselben Flächen Trockenfeldbau zu betreiben, haben wenig Erfolg gezeitigt; die Böden scheinen eher dafür geeignet zu sein, mittels Bewässerung eine zweite Reisernte zu erzielen. Für gute Erträge sind Dünger erforderlich. Reisfelder sollten wenigstens einmal im Jahr austrocknen. Damit können Verluste an Mikronährelementen sowie toxische Niveaus bestimmter Ionen verhindert oder verringert werden, die bei langanhaltenden reduzierenden Verhältnissen auftreten können. Einige Planosole erfordern mehr Dünger als nur NPK, und ihre geringe Fruchtbarkeit ist oft schwierig auszugleichen. Wo die Temperatur Nassreisanbau ermöglicht, ist diese wohl jeder anderen Form der Landnutzung überlegen.

Grünland mit ergänzender Bewässerung während der Trockenzeit ist eine passende Landnutzungsform in Klimaten mit langen Trockenzeiten und kurzen, relativ seltenen Regenphasen. Planosole in stark fortgeschrittenem Entwicklungsstadium mit sehr schluffigen oder sandigen Oberböden sollten am besten unbewirtschaftet bleiben.

PLINTHOSOLE

Plinthosole sind Böden mit Plinthit, Petroplinthit oder Pisolithen. Plinthit ist eine Fe-reiche (in manchen Fällen zusätzlich Mn-reiche), humusarme Mischung aus kaolinitischem Ton (und anderen Produkten fortgeschrittener Verwitterung, wie etwa Gibbsit) mit Quarz und anderen Bestandteilen. Diese Mischung verwandelt sich bei wiederholter Durchfeuchtung und Austrocknung in eine Lage mit harten Konkretionen, eine harte Platte oder unregelmäßig geformte Bruchstücke. Petroplinthit ist eine kontinuierliche, rissige oder auseinandergebrochene Platte aus miteinander verbundenen, stark verkitteten oder verhärteten Konkretionen oder Überzügen. Pisolithe sind diskrete stark verkittete oder verhärtete Konkretionen. Sowohl Petroplinthit als auch Pisolithe entstehen durch Aushärtung aus Plinthit. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Plinthosole mit: *Grundwasserlateritböden*, *Stauwasserlateritböden* und *Plintossolos* (Brasilien), *Sols gris latéritiques* (Frankreich) sowie *Plinthaquox*, *Plinthaqualfs*, *Plinthoxeralfs*, *Plinthustalfs*, *Plinthaquults*, *Plinthohumults*, *Plinthudults* und *Plinthustults* (USA).

Kurzbeschreibung der Plinthosole

Bedeutung: Böden mit Plinthit, Petroplinthit oder Pisolithen; von griech. *plinthos*, Ziegelstein.

Ausgangsgestein: Plinthit findet sich häufiger im Verwitterungsmaterial basischer Gesteine und weniger bei sauren Gesteinen. Auf jeden Fall muss hinreichend Fe vorhanden sein, das entweder aus dem Ausgangsgestein selbst kommt oder über Hangzugwasser oder aufsteigendes Grundwasser eingezogen ist.

Vorkommen: Plinthit entsteht in ebenem bis leicht hügeligem Gelände mit schwankendem Grundwasserstand oder Stauwasser. Einer verbreiteten Ansicht zufolge kommt Plinthit eher in Regenwaldgebieten vor, während Petroplinthit und Pisolithe häufiger in der Savannenzone anzutreffen sind.

Profilentwicklung: Fortgeschrittene Verwitterung mit anschließender Ausdifferenzierung des Plinthits in der Tiefenstufe der Grundwasserschwankungen oder der Stauung des Oberflächen-

wassers. Die Aushärtung des Plinthits zu Pisolithen oder Petroplinthit erfolgt bei wiederholter Austrocknung und Wiederbefeuchtung. Dies ist möglich während der Rückzugsphasen des saisonalen Stauwassers, nach geologischer Hebung des Geländes, Oberbodenerosion, Absenkung des Grundwasserspiegels, Erhöhung der Drainagekapazität und/oder nach einer Klimaänderung in Richtung größerer Trockenheit. Petroplinthit kann auseinanderbrechen zu unregelmäßig geformten Bruchstücken, die transportiert werden und kolluviale oder alluviale Ablagerungen bilden können. Die Aushärtung erfordert einen gewissen Mindestgehalt an Eisenoxiden.

Verbreitung der Plinthosole

Die globale Verbreitung der Plinthosole wird auf etwa 60 Millionen ha geschätzt. Weicher Plinthit ist am weitesten verbreitet in den feuchten Tropen, besonders im östlichen Amazonasbecken, dem zentralen Kongobecken und Teilen von Südostasien. Große Flächen mit Pisolithen und Petroplinthit gibt es in der Sudan-Sahel-Zone, wo Petroplinthit harte Kappen auf herausgehobenen oder exponierten Landschaftselementen ausbildet. Ähnliche Böden findet man in den Savannen des südlichen Afrika, auf dem indischen Subkontinent und in den trockeneren Teilen Südostasiens und Nordaustraliens.

Management und Nutzung der Plinthosole

Die Nutzung der Plinthosole ist schwierig. Schwerwiegende Nutzungseinschränkungen ergeben sich aus der durch fortgeschrittene Verwitterung bedingten geringen natürlichen Fruchtbarkeit, ferner durch Wassersättigung in Niederungen oder Trockenheit bei Plinthosolen mit Petroplinthit, Pisolithen oder harten Bruchstücken. Viele Plinthosole außerhalb der feuchten Tropen haben flach anstehenden kontinuierlichen Petroplinthit, der den Wurzelraum so weit einschränkt, dass Ackerbau nicht möglich ist; solche Gebiete eignen sich besser für extensive Beweidung. Auch auf Böden mit hohem Pisolithgehalt (bis zu 80 Prozent) werden noch Grundnahrungsmittel angebaut sowie Plantagen angelegt (z. B. Kakao in Westafrika und Cashew in Indien), aber die Kulturen leiden in der Trockenzeit unter Wassermangel. In Westafrika werden vielfach Maßnahmen zum Boden- und Wasserschutz ergriffen mit dem Ziel, diese Böden besser für städtische und stadtnahe Landwirtschaft nutzbar zu machen.

Bauingenieure beurteilen Petroplinthit und Plinthit ganz anders als Landwirte. Für sie ist Plinthit ein wertvolles Material für die Ziegelherstellung. Massiver Petroplinthit bildet außerdem einen stabilen Baugrund oder kann in einzelne Bausteine zerhauen werden. Petroplinthit-Bruchstücke können in Fundamenten und zur Pflasterung von Straßen und Fughäfen Verwendung finden. Manche Petroplinthite sind ein wertvolles Erz für Fe, Al, Mn und/oder Ti.

PODZOLE

Podzole sind Böden mit einem typischen aschgrauen Oberbodenhorizont, der relativ knapp unter der Mineralbodenoberfläche beginnt, durch Abfuhr von organischer Substanz und Eisenoxiden gebleicht ist und unter dem ein Akkumulationshorizont folgt mit braunem, rötlichem oder schwarzem Illuvialhumus und/oder rötlichen Fe-Verbindungen. Podzole findet man in humiden Bereichen der borealen und gemäßigten Zonen und örtlich auch in den Tropen. Der Name *Podzol* wird in den meisten nationalen Bodenklassifikationssystemen verwendet; andere Namen für vergleichbare Böden sind: *Spodosols* (China und USA), *Espodossolos* (Brasilien) und *Podosols* (Australien).

Kurzbeschreibung der Podzole

Bedeutung: Böden mit einem illuvialen *spodic* Horizont unter einem knapp unter der Mineralbodenoberfläche liegenden Horizont, der wie Asche aussieht; organische Auflage vorhanden; von russ. *pod*, unterhalb, und *zola*, Asche.

Ausgangsgestein: Verwitterungsmaterial kieselsäurereicher Gesteine, wozu insbesondere glaziale, alluviale und äolische Ablagerungen quarzitischer Sande gehören. Podzole in der borealen Zone entwickeln sich auf fast jedem beliebigen Gestein.

Vorkommen: Vornehmlich in feucht-gemäßigten und borealen Regionen der Nordhalbkugel, in ebenen und hügeligen Landschaften unter Zwergstrauchvegetation und/oder Nadelwald; in den feuchten Tropen unter lichten Wäldern.

Profilentwicklung: Komplexe aus Al, Fe und organischen Komponenten werden mit dem Sickerwasser aus dem Oberboden ausgetragen. Die Metall-Humus-Komplexe fallen in einem illuvialen *spodic* Horizont aus; der darüber liegende Eluvialhorizont ist ausgewaschen und erfüllt in vielen Podzolen die Kriterien eines *albic* Horizont. Der Mineralboden ist von einer organischen Auflage bedeckt, wobei bei den meisten borealen Podzolen dunkle mineralische Oberbodenhorizonte fehlen.

Verbreitung der Podzole

Podzole bedecken weltweit schätzungsweise 485 Millionen ha, vor allem in den gemäßigten und borealen Regionen der Nordhalbkugel. Sie sind großflächig verbreitet in Skandinavien, Nordwestrussland und Kanada. Neben diesen *zonalen* Podzolen gibt es kleinere Vorkommen von *intrazonalen* Podzolen sowohl in der gemäßigten Zone als auch in den Tropen.

Tropische Podzole machen weniger als 10 Millionen ha aus und finden sich vor allem in Sandsteinverwitterungsresten der perhumiden Tropen und in alluvialen Quarzsanden, z. B. in angehobenen Küstenregionen. Die genaue Verbreitung tropischer Podzole ist unbekannt. Wichtige Vorkommen gibt es in Südamerika entlang des Rio Negro sowie in Französisch-Guyana, Guyana und Surinam, auf einigen südostasiatischen Inseln (Kalimantan, Sumatra und Neuguinea) sowie in Nord- und Südastralien. In Afrika scheinen sie weniger verbreitet zu sein.

Management und Nutzung der Podzole

Zonale Podzole liegen in Regionen, deren Klima für die meisten Ackerbauformen unattraktiv ist. Häufiger als die zonalen werden intrazonale Podzole für den Ackerbau urbar gemacht, vor allem jene in gemäßigten Klimaten. Der niedrige Nährstoffstatus, geringe nutzbare Wasserspeicherkapazitäten und der niedrige pH-Wert machen Podzole zu Böden, die für Ackerbau unattraktiv sind. Aluminiumtoxizität und P-Mangel sind häufige Probleme. Tiefes Pflügen (zur Verbesserung der Wasserspeicherkapazität des Bodens und/oder zum Aufbrechen eines dichten Illuvialhorizonts oder Ortsteins), Kalkung und Düngung sind die wichtigsten Meliorationsmaßnahmen. Zusammen mit den Metall-Humus-Komplexen können auch Spurenelemente nach unten verlagert werden. In der westlichen Kapregion Südafrikas z.B. leiden tiefwurzelnnde Obstbäume und Wein weniger an Spurenelementmangel als flachwurzelnendes Gemüse.

Die meisten zonalen Podzole sind mit Wald bestockt; intrazonale Podzole in gemäßigten Regionen tragen vornehmlich ebenfalls Wald oder Zwergstrauchheiden. Auf tropischen Podzolen stockt normalerweise ein lichter Wald, der sich nach Hieb oder Brand nur langsam wieder etabliert. Weit entwickelte Podzole nutzt man am besten für extensive Beweidung oder lässt sie ungenutzt unter ihrer natürlichen (Klimax-)Vegetation.

REGOSOLE

Regosole bilden taxonomisch die Restgruppe, zu der alle Böden gehören, die nicht bei einer anderen RSG ausgliedern. In der Praxis sind Regosole sehr schwach entwickelte mineralische Böden in Lockermaterialien, die weder einen *mollic* noch einen *umbric* Horizont haben, weder sehr flachgründig noch sehr skelettreich sind (*Leptosole*), nicht sandig sind (*Arenosole*) und kein *fluvic* Material haben (*Fluvisole*). Regosole sind in Erosionslandschaften weit verbreitet, v. a. in ariden und semi-ariden Gebieten und Gebirgsregionen. Viele Regosole entsprechen Bodentaxa, die durch initiale Bodenbildung gekennzeichnet sind wie z. B.: *Entisols* (USA), *Rudossols* (Australien), *Regosole* (Deutschland), *Sols peu évolués régolistiques d'érosion* oder sogar *Sols minéraux bruts d'apport éolien ou volcanique* (Frankreich) und *Neossolos* (Brasilien).

Kurzbeschreibung der Regosole

Bedeutung: Wenig entwickelte Böden in Lockermaterial; von griech. *rhegos*, Decke.

Ausgangsgestein: lockeres Feinmaterial.

Vorkommen: In allen Klimazonen ohne Permafrost und in allen Höhenlagen. Regosole sind besonders häufig in ariden Gebieten (einschließlich der trockenen Tropen) und in Gebirgsregionen.

Profilentwicklung: Keine diagnostischen Horizonte. Die Profilentwicklung ist gering als Folge des niedrigen Alters und/oder einer langsamen Bodenentwicklung, z. B. wegen Trockenheit.

Verbreitung der Regosole

Regosole bedecken weltweit etwa 260 Millionen ha, v. a. in trockenen Gebieten im Mittelwesten der USA, Nordafrika, dem Nahen Osten und Australien. Etwa 50 Millionen ha liegen in den trockenen Tropen und weitere 36 Millionen ha in Gebirgslagen. Die Ausdehnung der meisten Regosol-Gebiete ist eher begrenzt; folglich treten Regosole in den Legendeneinheiten kleinmaßstäbiger Karten typischerweise nur als Begleitböden auf.

Management und Nutzung der Regosole

Regosole in Wüstengegenden haben kaum landwirtschaftliche Bedeutung. Auch bei 500–1.000 mm Jahresniederschlag ist für eine zufriedenstellende Ernte Bewässerung nötig. Die geringe Wasserspeicherkapazität dieser Böden erfordert häufige Bewässerung; Beregnung oder Tropfbewässerung würden das Problem lösen, sind jedoch nur selten wirtschaftlich. Wo die Niederschläge über 750 mm pro Jahr liegen, wird zu Beginn der Regenzeit im ganzen Profil Feldkapazität erreicht; die Verbesserung von Schwarzbrachetechniken mag dann eine bessere Investition sein als die Installation kostspieliger Bewässerungsanlagen.

Viele Regosole werden extensiv beweidet. Regosole auf den kolluvialen Ablagerungen der Lössgürtel Europas und Nordamerikas werden meist intensiv bewirtschaftet, wobei Körnerfrüchte, Zuckerrüben und Obstbäume angepflanzt werden. Regosole in Gebirgsregionen sind gefährdet und bleiben am besten unter Wald.

SOLONCHAKE

Solonchake haben über eine gewisse Zeit des Jahres eine hohe Konzentration leichtlöslicher Salze. Sie sind im Wesentlichen begrenzt auf die ariden und semi-ariden Klimazonen; lediglich in Küstenregionen können sie in allen Klimaten vorkommen. Geläufige international verbreitete Namen sind *Salzböden* und *salt-affected soils*. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Solonchake mit: *Halomorphe Böden* (Russland), *Halosols* (China) und *Salids* (USA).

Kurzbeschreibung der Solonchake

Bedeutung: Salzböden; von russ. *sol*, Salz.

Ausgangsgestein: Beinahe jedes Lockermaterial.

Vorkommen: Aride und semi-aride Regionen, besonders in Gegenden, wo aufsteigendes Grundwasser das Solum erreicht oder wo etwas Oberflächenwasser auftritt, und in Gebieten mit unangepasster Bewässerung; mit Grasvegetation und/oder halophytischen Kräutern. In Küstengebieten gibt es Solonchake in allen Klimaten.

Profilentwicklung: Schwach bis stark verwittert; viele Solonchake weisen in einer bestimmten Tiefe ein *gleyic Farbmuster* auf. In Senkenlagen mit hochanstehendem Grundwasser ist die Salzzakkumulation an der Bodenoberfläche am stärksten ausgeprägt (*externe Solonchake*). Solonchake, bei denen das aufsteigende Grundwasser den Oberboden nicht erreicht (oder nicht einmal das Solum), haben die stärkste Salzzakkumulation etwas weiter unten (*interne Solonchake*).

Verbreitung der Solonchake

Die Gesamtfläche der Solonchake wird weltweit auf etwa 260 Millionen ha geschätzt. Solonchake sind auf der Nordhalbkugel am weitesten verbreitet, besonders in den ariden und semi-ariden Gebieten Nordafrikas, des Nahen Ostens, der ehemaligen Sowjetunion und Mittelasiens; sie sind auch häufig in Australien sowie Nord- und Südamerika.

Management und Nutzung der Solonchake

Die Akkumulation großer Salzmengen im Boden beeinträchtigt das Pflanzenwachstum in zweierlei Hinsicht:

- Die Salze verstärken den Trockenstress, da die gelösten Elektrolyte ein osmotisches Potential verursachen, das die Wasseraufnahme der Pflanzen beeinträchtigt. Zur Wasseraufnahme aus dem Boden müssen Pflanzen die kombinierten Kräfte des Matrixpotentials, d.h. der Kraft, mit der die Bodenmatrix Wasser festhält, und des osmotischen Potentials überwinden. Als Faustregel kann man annehmen, dass das osmotische Potential einer Bodenlösung (in Hektopascal) etwa $650 \cdot EC$ (in $dS m^{-1}$) beträgt. Das Potential, das insgesamt von einer Pflanze kompensiert werden kann (bekannt als *permanenten Welkepunkt*), variiert stark in Abhängigkeit von der Pflanzenart. Pflanzenarten, die aus den humiden Tropen stammen, haben einen vergleichsweise niedrigen permanenten Welkepunkt. Zum Beispiel kann Grüner Pfeffer ein Bodenwasserpotential (Matrixpotential plus osmotisches Potential) von lediglich 3 500 hPa überwinden, wohingegen Baumwolle, die sich in ariden und semi-ariden Klimaten entwickelt hat, ungefähr 25.000 hPa überlebt.
- Die Salze stören die Ionenbalance in der Bodenlösung, weshalb Nährstoffe im Verhältnis weniger verfügbar werden. Auch antagonistische Effekte sind bekannt, z. B. zwischen Na und K, zwischen Na und Ca und zwischen Mg und K. In höherer Konzentration können die Salze für Pflanzen auch direkt toxisch sein. Sehr schädlich sind z. B. Na- und Chlorid-Ionen (sie stören den N-Metabolismus).

Landwirte, die Solonchake bearbeiten, haben ihre Anbaumethoden den spezifischen Verhältnissen angepasst. Zum Beispiel werden auf Feldern mit Furchenbewässerung die Ackerfrüchte nicht oben auf den Dämmen gepflanzt, sondern auf halber Höhe. Dies stellt sicher, dass einerseits die Wurzeln das Bewässerungswasser erhalten, während andererseits die intensivste Salzakkumulation auf dem Kamm der Dämme, also weit weg von den Wurzelsystemen, zu finden ist. Stark von Salzen beeinträchtigte Böden haben geringen landwirtschaftlichen Wert. Sie werden zur extensiven Beweidung mit Schafen, Ziegen, Kamelen oder Rindern verwendet oder bleiben ungenutzt. Nur wenn die Salze aus dem Boden ausgewaschen wurden (der dann kein Solonchak mehr ist), können gute Erträge erhofft werden. Das aufgebrachte Bewässerungswasser muss nicht nur den Bedarf der Pflanzen erfüllen, sondern es muss zusätzliches Wasser eingesetzt werden, um eine abwärts gerichtete Wasserbewegung im Boden sicherzustellen und überschüssige Salze aus dem Wurzelraum auszuwaschen. Bewässerung in ariden und semi-ariden Regionen muss mit einer Drainage einhergehen, die sicherstellt, dass der Grundwasserspiegel unterhalb einer bestimmten kritischen Tiefe bleibt. Der Einsatz von Gips unterstützt die Aufrechterhaltung der hydraulischen Leitfähigkeit während des Auswaschens der Salze mit dem Bewässerungswasser.

SOLONETZE

Solonetze sind Böden mit einem dichten, tonigen Unterbodenhorizont mit gut ausgebildetem Gefüge und einem hohen Anteil sorbierter Na- und/oder Mg-Ionen. Solonetze, die freies Soda (Na_2CO_3) enthalten, sind stark alkalisch (pH-Wert im Gelände $> 8,5$). Geläufige internationale verbreitete Namen sind *Alkaliböden* und *Sodaböden*. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Solonetze mit: *Sodosols* (Australien), *Solonetzic order* (Kanada), verschiedene *Solonetz*-Typen (Russland) und *natric Great Groups* verschiedener Ordnungen (USA).

Kurzbeschreibung der Solonetze

Bedeutung: Böden mit hohen Gehalten an austauschbaren Na- und/oder Mg-Ionen; von russ. *sol*, Salz.

Ausgangsgestein: Lockermaterialien, v. a. Sedimente mit feiner Bodenart.

Vorkommen: Solonetze findet man normalerweise in ebenen Landschaften in einem Klima mit heißen, trockenen Sommern oder auf (ehemaligen) Küstensedimenten mit einem hohen Anteil an Na-Ionen. In flachen oder leicht hügeligen Grasländern mit Lehmen oder Tonen (oft aus Löss entstanden) in semi-ariden, gemäßigten und subtropischen Regionen kommen Solonetze häufiger vor.

Profilentwicklung: Ein schwarzer oder brauner Oberboden über einem *natric* Horizont mit gut ausgebildetem Gefüge aus Säulen mit gerundeten Kappen. Gut ausgebildete Solonetze können direkt über dem *natric* Horizont einen (beginnenden) *albic* Eluvialhorizont haben. Unter dem *natric* Horizont kann ein *calcic* oder *gypsic* Horizont sein. Viele Solonetze haben einen Gelände-pH-Wert von ungefähr 8,5, der freies Natriumcarbonat anzeigt.

Verbreitung der Solonetze

Solonetze gibt es vornehmlich in Gebieten mit Steppenklima (trockene (Spät-)Sommer und Jahresniederschläge von höchstens 400–500 mm), speziell in ebenen Landschaften mit eingeschränkter vertikaler und lateraler Drainage. Kleinere Vorkommen sind auf primär salzhaltigen Ausgangsgesteinen zu finden (z. B. marine Tone oder salzhaltige alluviale Ablagerungen). Weltweit bedecken Solonetze etwa 135 Millionen ha. Größere Gebiete mit Solonetzen liegen in der Ukraine, Russland, Kasachstan, Ungarn, Bulgarien, Rumänien, China, den USA, Kanada, Südafrika, Argentinien und Australien.

Management und Nutzung der Solonetze

Die landwirtschaftliche Eignung bislang ungenutzter Solonetze hängt fast ausschließlich von der Mächtigkeit und den Eigenschaften des Oberbodens ab. Für erfolgreiche Ackerproduktion ist ein mächtiger (> 25 cm) humusreicher Oberboden erforderlich. Die meisten Solonetze haben aber nur einen sehr viel flachgründigeren Oberboden, oder der gesamte Oberboden wurde bereits erodiert.

Eine Solonetz-Melioration verfolgt zwei Ziele:

- Verbesserung der Porosität des Ober- oder Unterbodens;
- Verringerung der Sättigung an austauschbarem Natrium (ESP).

Die meisten Versuche zur Urbarmachung beginnen mit dem Aufbringen von Gips oder, eher selten, von Calciumchlorid auf den Boden. Wo Kalk oder Gips in geringer Tiefe im Boden vorkommen, kann tiefes Pflügen (Mischen des carbonat- oder gipshaltigen Unterbodens mit dem Oberboden) den Zukauf teurer Substanzen erübrigen. Traditionelle Konzepte der Urbarmachung beginnen mit dem Anbau Na-resistenter Pflanzen, z. B. Rhodes-Gras, zur allmählichen Verbesserung der Permeabilität des Bodens. Wenn einmal ein funktionsfähiges Porensystem etabliert ist, werden die Na-Ionen mit *hochwertigem* Wasser (Ca-reich) vorsichtig ausgewaschen (relativ reines Wasser ist ungeeignet, weil es die Dispersion weiter begünstigt).

Eine extreme Methode der Urbarmachung (in Armenien entwickelt und im Arax-Tal auf Solonetze mit einem *calcic* oder *petrocalcic* Horizont erfolgreich angewandt) verwendet verdünnte Schwefelsäure (ein Abfallprodukt der Metallindustrie) zur Lösung des im Boden vorhandenen CaCO_3 . Dies bringt Ca-Ionen in die Bodenlösung, die das austauschbare Na verdrängen. Dadurch verbessern sich Aggregation und Permeabilität des Bodens. Das in der Bodenlösung entstehende Natriumsulfat wird anschließend aus dem Boden ausgewaschen. In Indien wurde auf Solonetze Pyrit aufgetragen, um durch die Bildung von Schwefelsäure extreme Alkalinität und Fe-Mangel zu überwinden. Auf meliorierten Solonetzen können bestimmte Grundnahrungsmittel und Futterpflanzen produziert werden. Die meisten Solonetze wurden allerdings nie melioriert und werden extensiv beweidet oder bleiben ungenutzt.

STAGNOSOLE

Stagnosole sind Böden mit Stauwasser und dadurch verursachten redoximorphen Merkmalen. Stagnosole sind jahreszeitlich durchnässt und zeigen Flecken im Ober- und Unterboden, mit oder ohne Konkretionen und/oder Bleichung. Für die meisten Stagnosole ist *Pseudogley* ein ge-läufiger Name in zahlreichen nationalen Klassifikationssystemen. In der US Soil Taxonomy gehören viele von ihnen zu den *Aqualfs*, *Aquults*, *Aquents*, *Aquepts* und *Aquolls*.

Kurzbeschreibung der Stagnosole

Bedeutung: Von lat. *stagnare*, stehen.

Ausgangsgestein: Eine Vielzahl von Lockermaterialien, u. a. glaziale Sedimente und lehmige äolische, alluviale und kolluviale Ablagerungen, aber auch physikalisch verwitterter Schluffstein.

Vorkommen: Am häufigsten in ebenem oder leicht hügeligem Gelände in kühl-gemäßigten bis subtropischen Regionen mit humiden bis perhumiden Klimabedingungen.

Profilentwicklung: Ausgeprägte Fleckung aufgrund von Redoxprozessen, die durch Stauwasser ausgelöst werden; der Oberboden kann auch vollständig gebleicht sein (albic Horizont).

Verbreitung der Stagnosole

Stagnosole bedecken weltweit 150–200 Millionen ha; die meisten von ihnen liegen in humiden bis perhumiden gemäßigten Regionen West- und Mitteleuropas, Nordamerikas, Südostaustraliens und Argentiniens, vergesellschaftet mit Luvisolen sowie schluffigen bis tonigen Cambisoln und Umbrisolen. Sie kommen auch in humiden bis perhumiden subtropischen Regionen vor, wo sie mit Acrisoln und Planosolen vergesellschaftet sind.

Management und Nutzung der Stagnosole

Die landwirtschaftliche Eignung der Stagnosole ist begrenzt durch ihren Sauerstoffmangel, hervorgerufen durch Stauwasser über einem dichten Unterboden. Sie müssen deshalb drainiert werden. Allerdings ist, anders als bei Gleysolen, eine Drainage mit Kanälen oder Rohren in vielen Fällen unzureichend. Man braucht zur Verbesserung der Wasserleitfähigkeit eine höhere Porosität im Unterboden, was durch tiefgründiges Lockern oder Pflügen erreicht werden kann. Drainierte Stagnosole können aufgrund ihres nur moderaten Auswaschungsgrades fruchtbare Böden sein.

TECHNOSOLE

Technosole bilden eine neue RSG und fassen Böden zusammen, bei denen Eigenschaften und Pedogenese durch ihren *technischen* Ursprung dominiert werden. Sie enthalten einen erheblichen Anteil an *Artefakten* (Bodenbestandteile, die erkennbar vom Menschen gemacht oder aus großer Tiefe heraufgeholt wurden) oder sind durch *technisches Festgestein* (vom Menschen hergestelltes hartes Material mit anderen Eigenschaften als natürlicher Fels) versiegelt. Dazu gehören Böden aus Abfall (Mülldeponien, Klärschlamm, Schlacken, Bergbauabraum und Aschen), Asphalt mit den darunter liegenden Lockermaterialien, Böden mit Geomembranen sowie künstliche Böden in vom Menschen hergestellten Materialien.

Technosole werden oft als *Stadt-* oder *Bergbauböden* bezeichnet. Im neuen russischen Klassifikationssystem wurden solche Böden unter dem Namen *Technogene Oberflächenformationen* berücksichtigt.

Kurzbeschreibung der Technosole

Bedeutung: Böden, die durch vom Menschen hergestellte oder an die Oberfläche gebrachte Materialien dominiert oder wesentlich beeinflusst sind; von griech. *technikos*, kunstgemäß.

Ausgangsgestein: Alle Arten von Materialien (mindestens anteilig), die durch menschliche Tätigkeit hergestellt oder exponiert wurden und die sonst nicht auf der Erdoberfläche vorkämen; die Pedogenese in diesen Böden ist stark von diesen Materialien und ihrer Lagerung geprägt.

Vorkommen: Vornehmlich in Stadt- und Industriegebieten, auf kleinen Flächen, jedoch in vielfältiger Vergesellschaftung mit anderen Bodengruppen.

Profilentwicklung: Im Allgemeinen ohne deutliche Profilentwicklung, wobei in alten Depo- nien (z. B. in Schutt aus der Römerzeit) eine *natürliche* Bodenbildung beobachtet werden kann, so z. B. Tonverlagerung. Braunkohlen- und Flugaschenablagerungen können im Laufe der Zeit *vitric* oder *andic* Eigenschaften entwickeln (Zikeli, Kastler und Jahn, 2004; Zevenbergen *et al.*, 1999). In kontaminierten natürlichen Böden kann die ursprüngliche Profilentwicklung nach wie vor stattfinden.

Verbreitung der Technosole

Technosole sind in allen Teilen der Welt zu finden, wo menschliche Tätigkeit zur Herstellung künstlicher Böden, zur Versiegelung natürlicher Böden oder zur Extraktion von Material geführt hat, das normalerweise nicht von Oberflächenprozessen beeinflusst wird. So werden Städte, Straßen, Bergwerke, Mülldeponien und Flächen mit ausgelaufenem Erdöl oder Ablagerungen von Kohleflugasche zu den Technosolen gezählt.

Management und Nutzung der Technosole

Technosole sind von der Art ihres Ausgangsmaterials geprägt. Sie sind mit höherer Wahrscheinlichkeit kontaminiert als Böden anderer RSGs. Sie müssen daher mit Vorsicht behandelt werden, da sie von industriellen Prozessen herrührende toxische Substanzen enthalten können.

Viele Technosole, besonders jene in Mülldeponien, sind gegenwärtig mit einer Lage aus *natürlichem* Bodenmaterial bedeckt, damit die Wiederansiedelung einer Pflanzendecke möglich wird. Der Boden ist dennoch ein Technosol, vorausgesetzt dass das folgende Kriterium der Technosol-Definition erfüllt ist: *in den obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu kontinuierlichem Fels oder einer verhärteten oder verkitteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt) mindestens 20 Volumenprozent (gewichteter Mittelwert) Artefakte.*

UMBRISOLE

Umbrisole umfassen Böden, in deren mineralischem Oberboden (in den meisten Fällen mit niedriger Basensättigung) sich so viel organische Substanz akkumuliert hat, dass diese einen bedeutenden Einfluss auf Verhalten und Nutzung des Bodens hat. Umbrisole sind der logische Counterpart zu Böden mit einem *mollic* Horizont und einer durchgängig hohen Basensättigung (Chernozeme, Kastanozeme und Phaeozeme). Sie wurden in der WRB noch bis vor kurzem auf einem niedrigeren taxonomischen Niveau angesiedelt. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Umbrisole mit: mehrere Great Groups der *Entisols* und *Inceptisols* (USA), *Humic Cambisols* und *Umbric Regosols* (FAO), *Sombric Brunisols* und *Humic Regosols* (Frankreich), *Sehr dunkel-humose Böden* (Russland); *Brown Podzolic soils* (z. B. Indonesien) und *Umbrisols* (Rumänien).

Kurzbeschreibung der Umbrisole

Bedeutung: Böden mit dunklem Oberboden; von lat. *umbra*, Schatten.

Ausgangsgestein: Verwitterungsmaterial aus Silikatgestein.

Vorkommen: Humide Klimate; verbreitet in Gebirgsregionen mit höchstens geringem Wassermangel, in meist kühlen Gebieten einschließlich tropischer und subtropischer Gebirge.

Profilentwicklung: Dunkelbrauner *umbric* (selten: *mollic*) Oberbodenhorizont, in vielen Fällen über einem *cambic* Unterbodenhorizont mit niedriger Basensättigung.

Verbreitung der Umbrisole

Umbrisole kommen in kühlen, feuchten, meist gebirgigen Regionen vor, wo es kaum oder nur wenig Wassermangel im Boden gibt. Sie bedecken weltweit etwa 100 Millionen ha. Umbrisole

sind häufig in den südamerikanischen Anden, v. a. in Kolumbien und Ecuador, sowie, mit geringerer Ausdehnung, in Venezuela, Bolivien und Peru. Sie kommen auch in Brasilien vor, z. B. in der Serra do Mar, und in Lesotho und Südafrika, z. B. in den Drakensbergen. Umbrisole in Nordamerika sind weitgehend auf die nordwestpazifische Küstenregion beschränkt. In Europa gibt es Umbrisole entlang der Küste des Nordwestatlantik, z. B. in Island, den Britischen Inseln sowie im Nordwesten Portugals und Spaniens. In Asien sind sie in den Gebirgsregionen östlich und westlich des Baikalsees zu finden sowie in den Randzonen des Himalaya, v. a. in Indien, Nepal, China und Myanmar. Umbrisole kommen auch in den unteren Höhenstufen vor, z. B. in Manipur (östliches Indien), den Chin-Hügeln (westliches Myanmar) und in Sumatra (Barisan-Gebiet). In Ozeanien findet man Umbrisole in den Gebirgsregionen Papua-Neuguineas und Südostaustraliens sowie in den östlichen Teilen der neuseeländischen Südinsel.

Management und Nutzung der Umbrisole

Viele Umbrisole liegen unter natürlicher oder naturnaher Vegetation. Umbrisole oberhalb der aktuellen Baumgrenze in den Anden, dem Himalaya und den zentralasiatischen Gebirgen sowie in geringeren Höhen in Nord- und Westeuropa, wo die bisherige Waldvegetation weithin beseitigt wurde, tragen eine Kurzgrasvegetation mit geringem Nährwert. Nadelwald dominiert in Brasilien (z. B. *Araucaria* spp.) und den USA (v. a. *Thuja*, *Tsuga* und *Pseudotsuga* spp.). Umbrisole in tropischen Gebirgsregionen in Südasien und Ozeanien liegen unter immergrünem Bergwald. In den Gebirgen Südmexikos variiert die Vegetation vom tropischen halbbimmergrünen Wald zum viel kühleren Bergnebelwald.

Die Dominanz größerer Hangneigungen sowie feuchter und kühler Klimabedingungen beschränkt die Nutzung vieler Umbrisole auf extensive Beweidung. Ihr Management konzentriert sich auf die Einführung verbesserter Grassorten und eine Korrektur des Boden-pH-Werts mittels Kalkung. Viele Umbrisole sind erosionsgefährdet. Mehrjährige Kulturen sowie Bank- oder Standardterrassen ermöglichen Dauerfeldbau auf Hängen mit mäßiger Neigung. Wo möglich, können auch Cash-Crops angebaut werden, z. B. Getreide oder Wurzelfrüchte in den USA, Europa und Südamerika oder Tee und Chinarinde in Südasien (Indonesien). Hochlandkaffee erfordert auf Umbrisolen einen hohen Input wegen seines hohen Nährstoffbedarfs. In Neuseeland wurden aus Umbrisolen hochproduktive Böden, die für intensive Schafhaltung und Milchwirtschaft genutzt werden, aber auch für die Produktion von Cash-Crops.

VERTISOLE

Vertisole sind tonreiche Böden mit einem hohen Anteil an quellfähigen Tonen und intensiver Peloturbation. Wenn sie austrocknen, was in den meisten Jahren vorkommt, entwickeln sie von der Oberfläche nach unten tiefe und breite Schrumpfrisse. Der Name Vertisol (von lat. *vertere*, sich drehen) bezieht sich auf die ständige interne Umlagerung von Bodenmaterial. Zu einem gewissen Teil korrelieren die Vertisole mit: *Black cotton soils*, *Regur* (Indien), *Black turf soils* (Südafrika), *Margalites* (Indonesien), *Vertosols* (Australien), *Vertissolos* (Brasilien) und *Vertisols* (USA).

Kurzbeschreibung der Vertisole

Bedeutung: Tonreiche Böden mit intensiver Peloturbation; von lat. *vertere*, sich drehen.

Ausgangsgestein: Sedimente mit hohen Anteilen an quellfähigen Tonen oder quellfähige Tone, die durch Verwitterung gebildet wurden.

Vorkommen: Niederungen und ebene bis leicht hügelige Landschaften, v. a. in tropischen und subtropischen, semi-ariden bis subhumiden und humiden Klimaten mit einem Wechsel ausgeprägter Regen- und Trockenzeiten. Die Klimaxvegetation ist Savanne, natürliches Grasland und/oder Wald.

Profilentwicklung: Abwechselndes Quellen und Schrumpfen stark quellfähiger Tone führt zu tiefen Rissen in der Trockenzeit und zur Ausbildung von *Slickensides* und keilförmigen Aggre-

gaten im Unterboden. Ein *Gilgai*-Mikrorelief ist eine Besonderheit von Vertisolen, kommt aber nicht bei allen Vertisolen vor.

Verbreitung der Vertisole

Vertisole bedecken weltweit 335 Million ha. Schätzungsweise 150 Millionen ha davon sind potentiell Ackerland. Vertisole in den Tropen machen etwa 200 Millionen ha aus; ein Viertel davon wird als wertvolles Land angesehen. Die meisten Vertisole liegen in den semi-ariden Tropen mit mittleren Jahresniederschlägen von 500 bis 1.000 mm, jedoch sind Vertisole auch in den feuchten Tropen zu finden, z. B. in Trinidad (mit 3.000 mm Jahresniederschlag). Die größten Vertisol-Gebiete liegen auf Sedimenten, die hohe Gehalte an smektitischen Tonen aufweisen oder in denen sich solche Tone nach der Sedimentation im Laufe der Verwitterung bilden (z. B. im Sudan), sowie auf großen Basaltplateaus (z. B. in Indien und Äthiopien). Vertisole sind auch bedeutend in Südafrika, Australien, dem Südwesten der USA (Texas), Uruguay, Paraguay und Argentinien. Vertisole sind typischerweise in tiefer gelegenen Landschaftspositionen zu finden, z. B. ausgetrockneten Seen, Flussbecken, niederen Flussterrassen und anderen Tieflandsflächen, die unter natürlichen Bedingungen jahreszeitlich feucht sind.

Management und Nutzung der Vertisole

Große Vertisol-Flächen in den semi-ariden Tropen sind immer noch ungenutzt oder werden nur verwendet für extensive Beweidung, Holzfällung, Köhlerei u. ä. Diese Böden haben ein beachtliches landwirtschaftliches Potential, doch ist eine nachhaltige Produktion nur bei angepasster Nutzung möglich. Ihre vergleichsweise gute chemische Fruchtbarkeit und ihre Lage auf großen ebenen Flächen, wo Urbarmachung und mechanische Bearbeitung möglich sind, sind die wesentlichen Vorteile der Vertisole. Ihre physikalischen Eigenschaften und vor allem ihr schwieriges Wassermanagement verursachen allerdings Probleme. Häuser und andere Bauwerke sind auf Vertisolen instabil, und Ingenieure müssen zur Vermeidung von Schäden spezielle Vorichtsmaßnahmen ergreifen.

Die landwirtschaftliche Nutzung von Vertisolen reicht von sehr extensiv (Beweidung, Brennholzsammlung und Köhlerei) über kleinbäuerlichen Feldbau nach der Regenzeit (Hirsens, Sorghum, Baumwolle und Kichererbse) zu kleinflächigem (Reis) und großflächigem Bewässerungsfeldbau (Baumwolle, Weizen, Gerste, Sorghum, Kichererbse, Flachs, *Guzotia abyssinica* (noug) und Zuckerrohr). Baumwolle ist dafür bekannt, auf Vertisolen gut zu gedeihen, angeblich wegen ihres vertikalen Wurzelsystems, das beim Schrumpfen des Bodens keinen größeren Schaden nimmt. Bäume sind im Allgemeinen weniger erfolgreich, weil Baumwurzeln den Unterboden nur schwer erschließen können und beim Quellen und Schrumpfen Schaden nehmen. Bei der Ackerproduktion sollte man primär auf die Kontrolle des Wasserhaushalts achten und gleichzeitig auf Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit.

Die physikalischen Eigenschaften und der Wasserhaushalt von Vertisolen bewirken schwerwiegende Nutzungseinschränkungen. Wegen der tonigen Bodenart und der Dominanz quellfähiger Tonminerale ist der Feuchtebereich zwischen Trockenstress und Wasserüberschuss nur klein. Das Pflügen ist im nassen Zustand durch Klebrigkeit und im trockenen Zustand durch Härte behindert. Die Anfälligkeit für Wasserstau mag auf Vertisolen der wichtigste Faktor sein, der die effektive Wachstumsperiode verringert. Auf Vertisolen mit sehr geringen Infiltrationsraten muss Überschusswasser aus der Regenzeit gespeichert werden für eine Nutzung im Anschluss an die Regenzeit (*water harvesting*).

Eine Kompensation für die Quellungs- und Schrumpfungseigenschaften ist das Phänomen der Selbstmulchung, das bei vielen Vertisolen zu beobachten ist. Große Klumpen, die zunächst beim Pflügen entstanden sind, zerfallen mit dem allmählichen Trocknen in feine Aggregate, die bei minimalem Aufwand ein passables Saatbett ermöglichen. Aus dem gleichen Grund ist Gullyerosion auf überweideten Vertisolen selten schwerwiegend, da sich an den Gullywänden rasch ein flacher Böschungswinkel einstellt, der einen schnelleren Wiederbewuchs mit Gräsern ermöglicht.

Definitionen der Bestandteile der Einheiten der zweiten Klassifikationsebene

Vorbemerkungen des Übersetzers:

Der Bereich "unter der Bodenoberfläche" bezieht H-, Of- und Oh-Horizonte mit ein, der Bereich "unter der Mineralbodenoberfläche" schließt diese Horizonte hingegen aus.

Die Bodenarten werden gemäß FAO (2006) angegeben und sind damit nicht identisch mit jenen der Ad-hoc-AG Boden (2005).

Im englischen Original beginnen die meisten Definitionen mit dem Wort "having". Im Deutschen jedoch müsste der vom Hilfsverb "hat" abhängige Satzteil im Akkusativ formuliert werden, was die Lesbarkeit deutlich erschweren würde. Deshalb wurde das Verb weggelassen.

Die Definitionen der Bestandteile der Einheiten der zweiten Klassifikationsebene nehmen Bezug auf Referenzbodengruppen (RSG), diagnostische Horizonte, Eigenschaften und Materialien sowie auf Merkmale wie Farbe, chemischer Status, Bodenart etc. Die Bezugnahmen auf die RSG, die in Kapitel 3 definiert sind, sowie auf die in Kapitel 2 definierten Diagnostika sind kurz.

Normalerweise wird nur eine begrenzte Zahl von Kombinationen möglich sein; viele Definitionen schließen sich gegenseitig aus.

Abruptic (ap): ein *abrupter Bodenartenwechsel* innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Aceric (ae): ein pH-Wert (1:1 in Wasser) zwischen 3,5 und 5 und Jarositflecken in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche (*nur Solonchake*).

Acric (ac): ein *argic* Horizont, der an einer beliebigen Stelle bis zu einer maximalen Tiefe von 50 cm unter seiner Obergrenze eine KAK (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 24 cmol_c kg⁻¹ Ton aufweist und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der *argic* Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder größeren Bodenarten überlagert ist, und im überwiegenden Teil zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent.

Acroxic (ao): weniger als 2 cmol_c kg⁻¹ Feinerde an austauschbaren Basen plus in 1 M KCl austauschbarem Al³⁺ in einer oder mehreren Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche (*nur Andosole*).

Albic (ab): ein *albic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Hyperalbic (ha): ein *albic* Horizont, der innerhalb von 50 cm beginnt und der seine Untergrenze in mindestens 100 cm unter der Bodenoberfläche hat.

Glossalbic (gb): Zungen eines *albic* Horizonts, die in einen *argic* oder *natric* Horizont hineinragen.

Alcalic (ax): ein pH-Wert (1:1 in Wasser) von mindestens 8,5 durchgängig innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Alic (al): ein *argic* Horizont, der durchgängig oder in seinen obersten 50 cm (es gilt, was geringmächtiger ist) eine KAK (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 24 cmol_c kg⁻¹ Ton aufweist

und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der *argic* Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder größeren Bodenarten überlagert ist, und im überwiegenden Teil zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent.

Aluandic (aa): *andic* Eigenschaften mit einem Si-Gehalt im sauren (pH 3) Ammoniumoxalat-Extrakt von weniger als 0,6 Prozent und einem Al_{py}¹/Al_{ox}²-Verhältnis von mindestens 0,5 in einer oder mehreren Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 15 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche (*nur Andosole*).

Thaptaluandic (aab): *andic* Eigenschaften mit einem Si-Gehalt im sauren (pH 3) Ammoniumoxalat-Extrakt von weniger als 0,6 Prozent und einem Al_{py}¹/Al_{ox}²-Verhältnis von mindestens 0,5 in einer oder mehreren begrabenen Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 15 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Alumic (au): eine Al-Sättigung (effektiv) von mindestens 50 Prozent in einer beliebigen Lage zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Andic (an): *andic* oder *vitric* Eigenschaften in einer oder mehreren Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm (in Cambisolen: mindestens 15 cm) innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche, von denen mindestens 15 cm (in Cambisolen: mindestens 7,5 cm) *andic* Eigenschaften aufweisen.

Thaptandic (ba): *andic* oder *vitric* Eigenschaften in einer oder mehreren begrabenen Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm (in Cambisolen: mindestens 15 cm) innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche, von denen mindestens 15 cm (in Cambisolen: mindestens 7,5 cm) *andic* Eigenschaften aufweisen.

Anthraquic (aq): ein *anthraquic* Horizont.

Anthric (am): ein *anthric* Horizont.

Arenic (ar): die Bodenart lehmiger Feinsand oder gröber in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Epiarenic (arp): die Bodenart lehmiger Feinsand oder gröber in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Endoarenic (arn): die Bodenart lehmiger Feinsand oder gröber in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Aric (ai): nur Reste diagnostischer Horizonte – durch Tiefpflügen zerstört.

Aridic (ad): *aridic* Eigenschaften, jedoch ohne *takyric* oder *yermic* Horizont.

Arzic (az): sulfatreiches Grundwasser über zumindest einige Zeit in den meisten Jahren in einer beliebigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche, und mindestens 15 Prozent Gips im Mittel über die obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt) (*nur Gypsisole*).

¹ Al_{py}: Aluminium im Pyrophosphat-Extrakt, angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

² Al_{ox}: Aluminium im sauren Oxalat-Extrakt (Blakemore, Searle and Daly, 1981), angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

Brunic (br): eine mindestens 15 cm mächtige Lage, die die Kriterien 2 – 4 des *cambic* Horizonts erfüllt, Kriterium 1 jedoch verfehlt, nicht Teil eines *albic* Horizonts ist und innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Calcaric (ca): *calcaric* Material zwischen 20 und 50 cm unterhalb der Bodenoberfläche oder zwischen 20 cm und *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Calcic (cc): ein *calcic* Horizont oder Anreicherungen *sekundärer Carbonate*, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnen.

Pisocalcic (cp): lediglich Anreicherungen *sekundärer Carbonate*, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnen.

Cambic (cm): ein *cambic* Horizont, der nicht Teil eines *albic* Horizonts ist und innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Carbic (cb): ein *spodic* Horizont, der beim Glühen über seine gesamte Mächtigkeit hinweg nicht stärker rot wird (*nur Podzole*).

Carbonatic (cn): ein *salic* Horizont, in dessen Lösung (1:1 in Wasser) ein pH-Wert von mindestens 8,5 sowie folgende Ionenverhältnisse vorliegen: $[\text{HCO}_3^-] > [\text{SO}_4^{2-}] \gg [\text{Cl}^-]$ (*nur Solonchake*).

Chloridic (cl): ein *salic* Horizont, in dessen Lösung (1:1 in Wasser) folgende Ionenverhältnisse vorliegen $[\text{Cl}^-] \gg [\text{SO}_4^{2-}] > [\text{HCO}_3^-]$ (*nur Solonchake*).

Chromic (cr): innerhalb von 150 cm unter der Bodenoberfläche in einer mindestens 30 cm mächtigen Unterbodenlage ein Munsell-Farbtone (hue) 7.5 YR mit einer Sättigung (chroma) (feucht) höher als 4 oder ein Munsell-Farbtone stärker rot als 7.5 YR.

Clayic (ce): die Bodenart Ton in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Epiclayic (cep): die Bodenart Ton in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Endoclayic (cen): die Bodenart Ton in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Colluvic (co): *colluvic* Material, mindestens 20 cm mächtig, entstanden durch eine vom Menschen verursachte laterale Massenbewegung.

Cryic (cy): ein *cryic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt, oder ein *cryic* Horizont, der innerhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und über dem innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche in einer beliebigen Lage Kryoturbationsmerkmale auftreten.

Cutanic (ct): Tonhäutchen in Teilen eines *argic* Horizont, der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der *argic* Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder größeren Bodenarten überlagert ist.

Densic (dn): natürliche oder künstliche Verdichtung innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche, sodass Wurzeln nicht durchdringen können.

Drainic (dr): ein *histic* Horizont, der künstlich drainiert ist und innerhalb von 40 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Duric (du): ein *duric* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Endoduric (nd): ein *duric* Horizont, der zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Hyperduric (duh): ein *duric* Horizont, der zu mindestens 50 Volumenprozent aus mit SiO₂ angereicherten Knollen (*durinodes*) oder Fragmenten eines zerbrochenen *petroduric* Horizonts besteht und der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Dystric (dy): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent im überwiegenden Teil zwischen 20 und 100 cm unter der Bodenoberfläche oder zwischen 20 cm und *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage oder in einer mindestens 5 cm mächtigen Lage direkt über *kontinuierlichem Fels*, wenn der *kontinuierliche Fels* innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Endodystric (ny): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent durchgängig zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Epidystric (ed): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent durchgängig zwischen 20 und 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Hyperdystric (hd): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent durchgängig zwischen 20 und 100 cm unter der Bodenoberfläche und weniger als 20 Prozent in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Orthodystric (dyo): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 50 Prozent durchgängig zwischen 20 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Ekranic (ek): *technisches Festgestein*, das innerhalb von 5 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und mindestens 95 Prozent der horizontalen Ausdehnung des Bodens einnimmt (*nur Technosole*).

Endoduric (nd): *siehe Duric.*

Endodystric (ny): *siehe Dystric.*

Endoeutric (ne): *siehe Eutric.*

Endofluvic (nf): *siehe Fluvic.*

Endogleyic (ng): *siehe Gleyic.*

Endoleptic (nl): *siehe Leptic.*

Endosalic (ns): *siehe Salic.*

Entic (et): keinen *albic* Horizont und einen lockeren *spodic* Horizont (*nur Podzole*).

Epidystric (ed): *siehe Dystric*.

Epieutric (ee): *siehe Eutric*.

Epileptic (el): *siehe Leptic*.

Episalic (ea): *siehe Salic*.

Escalic (ec): mit anthropogener Terrassierung.

Eutric (eu): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent im überwiegenden Teil zwischen 20 und 100 cm unter der Bodenoberfläche oder zwischen 20 cm und *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage oder in einer mindestens 5 cm mächtigen Lage direkt über *kontinuierlichem Fels*, wenn der *kontinuierliche Fels* innerhalb von 25 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Endoeutric (ne): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent durchgängig zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Epieutric (ee): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent durchgängig zwischen 20 und 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Hypereutric (he): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent durchgängig zwischen 20 und 100 cm unter der Bodenoberfläche und mindestens 80 Prozent in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Orthoeutric (euo): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent durchgängig zwischen 20 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Eutrosilic (es): *andic* Eigenschaften mit einer Summe an austauschbaren Basen von 15 cmol_c kg⁻¹ Feinerde in einer oder mehreren Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche (*nur Andosole*).

Ferralic (fl): ein *ferralic* Horizont, der innerhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Anthrosole*), oder *ferralic* Eigenschaften in einer beliebigen Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*andere Böden*).

Hyperferralic (flh): *ferralic* Eigenschaften und eine KAK¹ (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 16 cmol_c kg⁻¹ Ton in einer beliebigen Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Hypoferralic (flw): in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt, eine KAK (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 4 cmol_c kg⁻¹ Feinerde mit einer Munsell-Sättigung (chroma) (feucht) mindestens 5 oder einem Farbton (hue) stärker rot als 10 YR (*nur Arenosole*).

Ferric (fr): ein *ferric* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

¹ Siehe Anhang 1.

Hyperferric (frh): ein *ferric* Horizont mit mindestens 40 Volumenprozent diskreten rötlichen bis schwärzlichen Konkretionen, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Fibric (fi): nach Reiben besteht das *organic* Material in den obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche zu mindestens zwei Dritteln (volumenbezogen) aus erkennbarem Pflanzengewebe (*nur Histosole*).

Floatic (ft): *organic* Material, das auf Wasser schwimmt (*nur Histosole*).

Fluvis (fv): *fluvis* Material in einer mindestens 25 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Endofluvis (nf): *fluvis* Material in einer mindestens 25 cm mächtigen Lage zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Folic (fo): ein *folic* Horizont, der innerhalb von 40 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Thaptofolic (fob): ein begrabener *folic* Horizont, der zwischen 40 und 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Fractipetric (fp): ein stark verkitteter oder verhärteter Horizont, der aus ganz oder teilweise auseinander gebrochenen Brocken mit einer mittleren horizontalen Länge von weniger als 10 cm besteht und innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Fractiplinthic (fa): ein *petroplinthic* Horizont, der aus ganz oder teilweise auseinander gebrochenen Brocken mit einer mittleren horizontalen Länge von weniger als 10 cm besteht und innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Fragic (fg): ein *fragic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Fulvic (fu): ein *fulvic* Horizont, der innerhalb von 30 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Garbic (ga): in einer mindestens 20 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche mindestens 20 Volumenprozent *Artefakte* (gewichteter Mittelwert), die ihrerseits zu mindestens 35 Volumenprozent aus organischen Abfällen bestehen (*nur Technosole*).

Gelic (ge): eine Bodentemperatur von höchstens 0 °C über mindestens 2 aufeinanderfolgende Jahre in einer Lage, die innerhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Gelistagnic (gt): vorübergehende Wassersättigung an der Bodenoberfläche, verursacht durch einen gefrorenen Unterboden.

Geric (gr): *geric* Eigenschaften in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Gibbsic (gi): mindestens 25 Prozent Gibbsit in der Feinerde in einer mindestens 20 cm mächtigen Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Glacic (gc): mindestens 75 Volumenprozent Eis in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Gleyic (gl): innerhalb von 100 cm unter der Mineralbodenoberfläche eine mindestens 25 cm mächtige Lage, die an einer beliebigen Stelle *reduzierende Verhältnisse* und durchgängig ein *gleyic Farbmuster* aufweist.

Endogleyic (ng): zwischen 50 und 100 cm unter der Mineralbodenoberfläche eine mindestens 25 cm mächtige Lage, die an einer beliebigen Stelle *reduzierende Verhältnisse* und durchgängig ein *gleyic Farbmuster* aufweist.

Epigleyic (glp): innerhalb von 50 cm unter der Mineralbodenoberfläche eine mindestens 25 cm mächtige Lage, die an einer beliebigen Stelle *reduzierende Verhältnisse* und durchgängig ein *gleyic Farbmuster* aufweist.

Glossalbic (gb): *siehe Albic.*

Glossic (gs): Zungen eines *mollic* oder *umbric* Horizonts, die in die darunter befindliche Lage hineinragen.

Molliglossic (mi): Zungen eines *mollic* Horizonts, die in die darunter befindliche Lage hineinragen.

Umbriglossic (ug): Zungen eines *umbric* Horizonts, die in die darunter befindliche Lage hineinragen.

Greyic (gz): Munsell-Farben mit einer Sättigung (chroma) 3 oder weniger (feucht), einer Helligkeit (value) 3 oder weniger (feucht) und 5 oder weniger (trocken) und gebleichte Schluff- und Sandkörner an den Oberflächen von Gefügeelementen innerhalb von 5 cm unter der Mineralbodenoberfläche.

Grumic (gm): eine mindestens 3 cm mächtige Lage an der Bodenoberfläche mit einem stark ausgebildeten Krümelgefüge mit Krümeldurchmessern von höchstens 10 mm (finer than very coarse granular) (*nur Vertisole*).

Gypsic (gy): ein *gypsic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Gypsiric (gp): *gypsiric* Material zwischen 20 und 50 cm unter der Bodenoberfläche oder zwischen 20 cm und *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Haplic (ha): typische Ausprägung bestimmter Merkmale (typisch in dem Sinne, dass sich keine weitergehende oder bedeutungsvolle Charakterisierung anbietet); dieser Qualifier wird nur verwendet, wenn keiner der in der Liste voranstehenden Qualifier zutrifft.

Hemic (hm): nach Reiben besteht das *organic* Material in den obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche zu einem Sechstel bis zwei Dritteln (volumenbezogen) aus erkennbarem Pflanzengewebe (*nur Histosole*).

Histic (hi): ein *histic* Horizont, der innerhalb von 40 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Thaptohistic (hib): ein begrabener *histic* Horizont, der zwischen 40 und 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Hortic (ht): ein *hortic* Horizont.

Humic (hu): die folgenden Gehalte an organischem Kohlenstoff in der Feinerde als gewichteter Mittelwert: in *Ferralsolen* und *Nitisolen* mindestens 1,4 Prozent über die obersten 100 cm unter der Mineralbodenoberfläche; in *Leptosolen*, auf die der *Hyperskeletic* Qualifier zutrifft, mindestens 2 Prozent über die obersten 25 cm unter der Mineralbodenoberfläche; in anderen Böden mindestens 1 Prozent über die obersten 50 cm unter der Mineralbodenoberfläche.

Hyperhumic (huh): ein Gehalt an organischem Kohlenstoff in der Feinerde von mindestens 5 Prozent als gewichteter Mittelwert über die obersten 50 cm unter der Mineralbodenoberfläche.

Hydragric (hg): ein *anthraquic* Horizont und ein darunter liegender *hydragric* Horizont, wobei letzterer innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Hydric (hy): eine oder mehrere Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 35 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche mit mindestens 100 Prozent Wasserretention bei 1 500 kPa (in ungetrockneten Proben) (*nur Andosole*).

Hydrophobic (hf): wasserabweisend, d. h. Wasser bleibt auf einem trockenen Boden mindestens 60 Sekunden lang stehen (*nur Arenosole*).

Hyperalbic (hb): *siehe Albic*.

Hyperallic (hl): ein *argic* Horizont, der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der *argic* Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder größeren Bodenarten überlagert ist, und der durchgängig oder in seinen obersten 50 cm (es gilt, was geringmächtiger ist) ein Schluff/Ton-Verhältnis von kleiner 0,6 und eine Al-Sättigung (effektiv) von mindestens 50 Prozent hat (*nur Alisole*).

Hypercalcic (hc): ein *calcic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und einen Carbonatgehalt aufweist, der mindestens 50 Massenprozent reinem Calciumcarbonat entspricht (*nur Calcisole*).

Hyperdystric (hd): *siehe Dystric*.

Hypereutric (he): *siehe Eutric*.

Hypergypsic (hp): ein *gypsic* Horizont mit mindestens 50 Massenprozent Gips, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Gypsisole*).

Hyperochric (ho): eine mindestens 5 cm mächtige Oberbodenlage mit einer Munsell-Helligkeit (value) mindestens 5,5, die bei Befeuchtung dunkler wird, einem Gehalt an organischem Kohlenstoff von weniger als 0,4 Prozent und einem plattigen Gefüge in mindestens 50 Prozent des Volumens sowie eine Oberflächenkruste.

Hypersalic (hs): *siehe Salic*.

Hyperskeletic (hk): weniger als 20 Volumenprozent Feinerde im Mittel über die obersten 75 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Hypocalcic (wc): ein *calcic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und einen Carbonatgehalt aufweist, der weniger als 25 Massenprozent reinem Calciumcarbonat entspricht (*nur Calcisole*).

Hypogypsic (wg): ein *gypsic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und weniger als 25 Massenprozent Gips aufweist (*nur Gypsisole*).

Hypoluvic (wl): eine absolute Tongehaltszunahme von mindestens 3 Prozent innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche (*nur Arenosole*).

Hyposalic (ws): *siehe Salic*.

Hyposodic (wn): *siehe Sodic*.

Irragric (ir): ein *irragric* Horizont.

Lamellic (ll): Tonbänder mit einer kumulativen Mindestmächtigkeit von 15 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Laxic (la): eine Lagerungsdichte kleiner als $0,9 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ in einer mindestens 20 cm mächtigen Mineralbodenlage, die innerhalb von 75 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Leptic (le): *kontinuierlicher Fels*, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Endoleptic (nl): *kontinuierlicher Fels*, der zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Epileptic (el): *kontinuierlicher Fels*, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Lignic (lg): Einschlüsse intakter Holzfragmente, die mindestens ein Viertel des Bodenvolumens in den obersten 50 cm unter der Bodenoberfläche ausmachen (*nur Histosole*).

Limnic (lm): *limnic* Material mit einer kumulativen Mindestmächtigkeit von 10 cm innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Linic (lc): eine kontinuierliche, sehr langsam oder gar nicht permeable, künstliche Geomembran beliebiger Mächtigkeit, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Lithic (li): *kontinuierlicher Fels*, der innerhalb von 10 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Leptosole*).

Nudilithic (nt): *kontinuierlicher Fels* an der Bodenoberfläche (*nur Leptosole*).

Lixic (lx): ein *argic* Horizont, der an einer beliebigen Stelle bis zu einer maximalen Tiefe von 50 cm unter seiner Obergrenze eine KAK (in 1 M NH_4 -Acetat) von weniger als $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Ton aufweist und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der *argic* Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder größeren Bodenarten überlagert ist, und im überwiegenden Teil zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Basensättigung (in 1 M NH_4 -Acetat) von mindestens 50 Prozent.

Luvic (lv): ein *argic* Horizont, der durchgängig oder in seinen obersten 50 cm (es gilt, was geringmächtiger ist) eine KAK (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 24 cmol_c kg⁻¹ Ton aufweist und der entweder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt oder innerhalb von 200 cm, wenn der *argic* Horizont ausschließlich von lehmigem Sand oder gröberem Bodenarten überlagert ist, und im überwiegenden Teil zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von mindestens 50 Prozent.

Magnesianic (mg): ein Verhältnis von austauschbarem Ca zu Mg kleiner 1 im überwiegenden Teil innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Manganiferrous (mf): ein *ferric* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und in dem mindestens die Hälfte der Konkretionen oder Überzüge schwarz ist.

Mazic (mz): kohärent und hart oder sehr hart in den obersten 20 cm des Bodens (*nur Vertisole*).

Melanic (ml): ein *melanic* Horizont, der innerhalb von 30 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Andosole*).

Mesotrophic (ms): eine Basensättigung (in 1 M NH₄-Acetat) von weniger als 75 Prozent in einer Tiefe von 20 cm unter der Bodenoberfläche (*in Vertisole*).

Mollic (mo): ein *mollic* Horizont.

Molliglossic (mi): *siehe Glossic*.

Natric (na): ein *natric* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Nitic (ni): ein *nitic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Novic (nv): eine 5 bis 50 cm mächtige Lage mit rezenten Sedimenten (neues Material), die den Boden begräbt, der auf der Klassifikationsebene der Referenzbodengruppe (Reference Soil Group) klassifiziert wird.

Areninovic (anv): eine 5 bis 50 cm mächtige Lage mit rezenten Sedimenten (neues Material), die im überwiegenden Teil die Bodenart lehmiger Feinsand oder gröber hat und die den Boden begräbt, der auf der Klassifikationsebene der Referenzbodengruppe klassifiziert wird.

Clayinovic (cnv): eine 5 bis 50 cm mächtige Lage mit rezenten Sedimenten (neues Material), die im überwiegenden Teil die Bodenart Ton hat und die den Boden begräbt, der auf der Klassifikationsebene der Referenzbodengruppe klassifiziert wird.

Siltinovic (snv): eine 5 bis 50 cm mächtige Lage mit rezenten Sedimenten (neues Material), die im überwiegenden Teil die Bodenart Schluff, schluffiger Lehm, schluffig-toniger Lehm oder schluffiger Ton hat und die den Boden begräbt, der auf der Klassifikationsebene der Referenzbodengruppe klassifiziert wird.

Nudiargic (ng): ein *argic* Horizont, der an der Mineralbodenoberfläche beginnt.

Nudilithic (nt): *siehe Lithic*.

Ombric (om): ein *histic* Horizont, der vornehmlich mit Regenwasser gesättigt ist und innerhalb von 40 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Histosole*).

Ornithic (oc): eine mindestens 15 cm mächtige Lage mit *ornithogenic* Material, die innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Ortsteinic (os): ein verkitteter *spodic* Horizont (*Ortstein*) (*nur Podzole*).

Oxyaquic (oa): mindestens 20 aufeinanderfolgende Tage Sättigung mit sauerstoffreichem Wasser ohne *gleyic* oder *stagnic Farbmuster* in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Pachic (ph): ein mindestens 50 cm mächtiger *mollic* oder *umbric* Horizont.

Pellic (pe): eine Munsell-Helligkeit (value) höchstens 3.5 (feucht) und eine Sättigung höchstens 1.5 (feucht) in den obersten 30 cm des Bodens (*nur Vertisole*).

Petric (pt): eine stark verkittete oder verhärtete Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Endopetric (ptn): eine stark verkittete oder verhärtete Lage, die zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Epipetric (ptp): eine stark verkittete oder verhärtete Lage, die innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Petrocalcic (pc): ein *petrocalcic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Petroduric (pd): ein *petroduric* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Petrogleyic (py): ein oximorphic Farbmuster¹, von dem mindestens 15 Volumenprozent verkittet sind (*Raseneisenstein*), in einer mindestens 10 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Petrogypsic (pg): ein *petrogypsic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Petroplinthic (pp): ein *petroplinthic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Petrosalic (ps): eine mindestens 10 cm mächtige Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche, die durch Salze verkittet ist, die leichter löslich sind als Gips.

Pisocalcic (cp): *siehe Calcic*.

Pisoplinthic (px): ein *pisoplinthic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

¹ Definiert beim *gleyic Farbmuster*.

Placic (pi): innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche ein Eisenbändchen mit 1 bis 25 mm Mächtigkeit, das durchgängig verkittet ist durch eine Kombination aus organischer Substanz, Fe und/oder Al (Eisenschwartenkruste).

Plaggic (pa): ein *plaggic* Horizont.

Plinthic (pl): ein *plinthic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Posic (po): eine neutrale oder positive Ladung ($\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{Wasser}} \geq 0$, beide in 1:1) in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Plinthosole und Ferralsole*).

Profondic (pf): ein *argic* Horizont, in dem der Tongehalt innerhalb von 150 cm unter der Bodenoberfläche um höchstens 20 Prozent (relativ) unter seinem Maximum liegt.

Protic (pr): ohne Entwicklung von Bodenhorizonten (*nur Arenosole*).

Puffic (pu): eine Kruste, die durch Salzkristalle aufgeblasen wurde (*nur Solonchake*).

Reductaquic (ra): oberhalb eines *cryic* Horizonts und innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche während der Auftauperiode wassergesättigt und über einige Zeit des Jahres *reduzierende Verhältnisse* (*nur Cryosole*).

Reductic (rd): *reduzierende Verhältnisse* in mindestens 25 Prozent des Bodenvolumens innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche, ausgelöst durch Gasemissionen, z. B. Methan oder Kohlendioxid (*nur Technosole*).

Regic (rg): keine begrabenen Horizonte (*nur Anthrosole*).

Rendzic (rz): ein *mollic* Horizont und darin oder unmittelbar darunter *calcaric* Material oder kalkhaltiges Gestein mit einem Carbonatgehalt, der mindestens 40 Prozent reinem Calciumcarbonat entspricht.

Rheic (rh): ein *histic* Horizont, der vornehmlich mit Grundwasser oder fließendem Oberflächenwasser gesättigt ist und innerhalb von 40 cm unter der Bodenoberfläche beginnt (*nur Histo-sole*).

Rhodic (ro): innerhalb von 150 cm unter der Bodenoberfläche in einer mindestens 30 cm mächtigen Unterbodenlage ein Munsell-Farbtone (hue) 2.5 YR oder stärker rot, eine Helligkeit (value) (feucht) weniger als 3.5 und eine Helligkeit (trocken) höchstens eine Einheit über der in feuchtem Zustand.

Rubic (ru): innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche in einer mindestens 30 cm mächtigen Unterbodenlage ein Munsell-Farbtone (hue) stärker rot als 10 YR oder eine Sättigung (chroma) (feucht) mindestens 5 (*nur Arenosole*).

Ruptic (rp): ein *Wechsel des Ausgangsgesteins* innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Rustic (rs): ein *spodic* Horizont, in dem das Verhältnis von Fe im sauren (pH 3) Ammoniumoxalat-Extrakt (in Prozent) zum Gehalt an organischem Kohlenstoff (in Prozent) durchgängig mindestens 6 ist (*nur Podzole*).

Salic (sz): ein *salic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Endosalic (ns): ein *salic* Horizont, der zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Episalic (ea): ein *salic* Horizont, der innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Hypersalic (hs): eine EC_e von mindestens 30 dS m^{-1} bei 25 °C in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Hyposalic (ws): eine EC_e von mindestens 4 dS m^{-1} bei 25 °C in einer beliebigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Sapric (sa): nach Reiben besteht das *organic* Material in den obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche zu weniger als einem Sechstel (volumenbezogen) aus erkennbarem Pflanzengewebe (*nur Histosole*).

Silandic (sn): *andic* Eigenschaften mit einem Si-Gehalt im sauren (pH 3) Ammoniumoxalat-Extrakt von mindestens 0,6 Prozent oder einem Al_{py}^1/Al_{ox}^2 -Verhältnis kleiner 0,5 in einer oder mehreren Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 15 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche (*nur Andosole*).

Thaptosilandic (snb): *andic* Eigenschaften mit einem Si-Gehalt im sauren (pH 3) Ammoniumoxalat-Extrakt von mindestens 0,6 Prozent oder einem Al_{py}^1/Al_{ox}^2 -Verhältnis kleiner 0,5 in einer oder mehreren begrabenen Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 15 cm innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Siltic (sl): die Bodenarten Schluff, schluffiger Lehm, schluffig-toniger Lehm oder schluffiger Ton in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Endosiltic (sln): die Bodenarten Schluff, schluffiger Lehm, schluffig-toniger Lehm oder schluffiger Ton in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Episiltic (slp): die Bodenarten Schluff, schluffiger Lehm, schluffig-toniger Lehm oder schluffiger Ton in einer mindestens 30 cm mächtigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Skeletal (sk): mindestens 40 Volumenprozent Skelett im Mittel über die obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

¹ Al_{py} : Aluminium im Pyrophosphat-Extrakt, angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

² Al_{ox} : Aluminium im sauren Oxalat-Extrakt (Blakemore, Searle and Daly, 1981), angegeben in Prozent der ofentrockenen (105 °C) Feinerde (0–2 mm).

Endoskeletal (skn): mindestens 40 Volumenprozent Skelett im Mittel über eine Tiefe von 50 bis 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Episkeletic (skp): mindestens 40 Volumenprozent Skelett im Mittel über die obersten 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Sodic (so): mindestens 15 Prozent austauschbares Na plus Mg am Austauscherkomplex durchgängig innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche.

Endosodic (son): mindestens 15 Prozent austauschbares Na plus Mg am Austauscherkomplex durchgängig zwischen 50 und 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Hyposodic (sow): mindestens 6 Prozent austauschbares Na am Austauscherkomplex in einer mindestens 20 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Solodic (sc): innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche eine mindestens 15 cm mächtige Lage mit dem Säulen- oder Prismengefüge des *natric* Horizonts, aber ohne die für diesen verlangten Na-Sättigungen.

Sombric (sm): ein *sombric* Horizont, der innerhalb von 15 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Spodic (sd): ein *spodic* Horizont, der innerhalb von 200 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Spolic (sp): in einer mindestens 20 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche mindestens 20 Volumenprozent *Artefakte* (gewichteter Mittelwert), die ihrerseits zu mindestens 35 Volumenprozent aus Industrieabfällen (Bergbauabraum, Verkippungen, Schutt etc.) bestehen (*nur Technosole*).

Stagnic (st): im Bereich von 100 cm unter der Mineralbodenoberfläche *reduzierende Verhältnisse* an einer beliebigen Stelle über einige Zeit des Jahres und mindestens eines der beiden Merkmale *stagnic Farbmuster* oder *albic* Horizont, welche eines allein oder beide in Kombination mindestens 25 Prozent des Bodenvolumens einnehmen.

Endostagnic (stn): im Bereich von 50 bis 100 cm unter der Mineralbodenoberfläche *reduzierende Verhältnisse* an einer beliebigen Stelle über einige Zeit des Jahres und mindestens eines der beiden Merkmale *stagnic Farbmuster* oder *albic* Horizont, welche eines allein oder beide in Kombination mindestens 25 Prozent des Bodenvolumens einnehmen.

Epistagnic (stn): im Bereich von 50 cm unter der Mineralbodenoberfläche *reduzierende Verhältnisse* an einer beliebigen Stelle über einige Zeit des Jahres und mindestens eines der beiden Merkmale *stagnic Farbmuster* oder *albic* Horizont, welche eines allein oder beide in Kombination mindestens 25 Prozent des Bodenvolumens einnehmen.

Subaquatic (sq): ständig unter Wasser, jedoch nicht tiefer als 200 cm.

Sulphatic (su): ein *salic* Horizont, in dessen Lösung (1:1 in Wasser) folgende Ionenverhältnisse vorliegen: $[\text{SO}_4^{2-}] \gg [\text{HCO}_3^-] > [\text{Cl}^-]$ (*nur Solonchake*).

Takyric (ty): ein *takyric* Horizont.

Technic (te): mindestens 10 Volumenprozent (gewichteter Mittelwert) *Artefakte* in den obersten 100 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Tephric (tf): *tephric* Material bis zu einer Tiefe von mindestens 30 cm unter der Bodenoberfläche oder bis zu *kontinuierlichem Fels* (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Terric (tr): ein *terrific* Horizont.

Thaptandic (ba): *siehe Andic*.

Thaptovitric (bv): *siehe Vitric*.

Thionic (ti): ein *thionic* Horizont oder eine mindestens 15 mächtige Lage mit *sulfidic* Material, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnen.

Hyperthionic (tih): ein *thionic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und einen pH-Wert (1:1 in Wasser) < 3,5 hat.

Orthothionic (tio): ein *thionic* Horizont, der innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und einen pH-Wert (1:1 in Wasser) zwischen 3,5 und 4,0 hat.

Protothionic (tip): eine mindestens 15 mächtige Lage mit *sulfidic* Material, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt.

Thixotropic (tp): innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche in einer beliebigen Lage ein Material, das unter Druck oder Kneten von einem plastisch-festen zunächst in einen zähflüssigen Zustand übergeht und dann wieder zurück in die feste Zustandsform.

Tidalic (td): im Gezeitenbereich, bei Hochwasser geflutet, jedoch nicht bei mittleren Niedrigwasser.

Toxic (tx): in einer beliebigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche toxische Gehalte an organischen oder anorganischen Stoffen, ausgenommen Al-, Fe-, Na-, Ca- oder Mg-Ionen.

Anthrotoxic (atx): in einer beliebigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche Gehalte an organischen oder anorganischen Stoffen, die so hoch und persistent sind, dass sie die menschliche Gesundheit merklich beeinträchtigen, wenn Menschen in regelmäßigen Kontakt mit dem Boden kommen.

Ecotoxic (etx): in einer beliebigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche Gehalte an organischen oder anorganischen Stoffen, die so hoch und persistent sind, dass sie die Bodenökologie merklich beeinträchtigen, insbesondere die Populationen der Mesofauna.

Phytotoxic (ptx): in einer beliebigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche Gehalte an Ionen (ausgenommen Al, Fe, Na, Ca und Mg), die so hoch oder niedrig sind, dass sie das Pflanzenwachstum merklich beeinträchtigen.

Zootoxic (ztx): in einer beliebigen Lage innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche Gehalte an organischen oder anorganischen Stoffen, die so hoch und persistent sind, dass sie die Gesundheit von Tieren, einschließlich des Menschen, merklich beeinträchtigen, wenn diese sich von Pflanzen ernähren, die auf diesem Boden gewachsen sind.

Transportic (tn): an der Bodenoberfläche eine mindestens 30 cm mächtige Lage mit festem oder flüssigem Material, das aus einem Gebiet außerhalb der unmittelbaren Umgebung des Bodens herbeigeschafft wurde durch absichtliche menschliche Aktivität, meist mit Hilfe von Maschinen, und das durch Naturkräfte weder substantiell umgearbeitet noch transportiert wurde.

Turbic (tu): Kryoturbationsmerkmale (Materialdurchmischung, Horizontverwerfungen, Aufwölbungen, organische Intrusionen, Frosthebung, Trennung von grobem und feinem Material, Risse oder Frostmuster) an der Bodenoberfläche oder oberhalb eines *cryic* Horizonts innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Umbric (um): ein *umbric* Horizont.

Umbriglossic (ug): siehe *Glossic*.

Urbic (ub): in einer mindestens 20 cm mächtigen Lage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche mindestens 20 Volumenprozent *Artefakte* (gewichteter Mittelwert), die ihrerseits zu mindestens 35 Volumenprozent aus Schutt und Siedlungsabfällen bestehen (*nur Technosole*).

Vermic (vm): Wurmröhren, Losung oder verfüllte Tiergänge in mindestens 50 Volumenprozent (gewichteter Mittelwert) der obersten 100 cm des Bodens oder bis zu *kontinuierlichem Fels* oder einer verkitteten oder verhärteten Lage (je nachdem, was näher an der Bodenoberfläche liegt).

Vertic (vr): ein *vertic* Horizont oder *vertic* Eigenschaften, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnen.

Vetic (vt): eine KAKeff (Summe der austauschbaren Basen plus in 1 M KCl extrahierbare austauschbare Acidität) von weniger als $6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ Ton in einer beliebigen Unterbodenlage innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Vitric (vi): *andic* oder *vitric* Eigenschaften in einer oder mehreren Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm (in Cambisolen: mindestens 15 cm) innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche, von denen mindestens 15 cm (in Cambisolen: mindestens 7,5 cm) *vitric* Eigenschaften aufweisen.

Thaptovitric (bv): *andic* oder *vitric* Eigenschaften in einer oder mehreren begrabenen Lagen mit einer Mächtigkeit von zusammen mindestens 30 cm (in Cambisolen: mindestens 15 cm) innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche, von denen mindestens 15 cm (in Cambisolen: mindestens 7,5 cm) *vitric* Eigenschaften aufweisen.

Voronic (vo): ein *voronic* Horizont (*nur Chernozeme*).

Xanthic (xa): ein *ferralic* Horizont, der in einem mindestens 30 cm mächtigen Teilhorizont innerhalb von 150 cm unter der Bodenoberfläche folgende Munsell-Farben hat: Farbton (hue) 7.5 YR oder stärker gelb und Helligkeit (value) (feucht) mindestens 4 und Sättigung (chroma) (feucht) mindestens 5.

Yermic (ye): ein *yermic* Horizont mit Wüstenpflaster.

Nudiyermic (yes): ein *yermic* Horizont ohne Wüstenpflaster.

SPECIFIER

Die nachfolgenden **Specifier** können verwendet werden zur Kennzeichnung von Tiefenbereich oder Intensität von Bodenmerkmalen. Ihr Symbol wird dem Symbol des Qualifiers angehängt.

Die Specifier werden mit den anderen Elementen zu einem Wort zusammengefügt, z. B. Endoskeletal. Eine Dreifachkombination ist zulässig, z. B. Epihyperdystric.

Bathy (..d): die Kriterien des Qualifiers sind mit der erforderlichen Mindestmächtigkeit in einer beliebigen Tiefe innerhalb von 100 bis 200 cm unter der Bodenoberfläche erfüllt.

Cumuli (..c): wiederholte Akkumulation von Material an der Bodenoberfläche mit einer kumulativen Mindestmächtigkeit von 50 cm (z. B. cumulinovic und cumulimollic).

Endo (..n): die Kriterien des Qualifiers sind mit der erforderlichen Mindestmächtigkeit in einer beliebigen Tiefe innerhalb von 50 bis 100 cm unter der Bodenoberfläche erfüllt.

Epi (..p): die Kriterien des Qualifiers sind mit der erforderlichen Mindestmächtigkeit in einer beliebigen Tiefe innerhalb von 50 cm unter der Bodenoberfläche erfüllt.

Hyper (..h): starke Ausprägung bestimmter Merkmale.

Hypo (..w): schwache Ausprägung bestimmter Merkmale.

Ortho (..o): typische Ausprägung bestimmter Merkmale (typisch in dem Sinne, dass sich keine weitergehende oder bedeutungsvolle Charakterisierung anbietet).

Para (..r): Ähnlichkeit mit bestimmten Merkmalen (z. B. Paralithic).

Proto (..t): Voraussetzung für die Entwicklung oder Frühstadium der Entwicklung bestimmter Merkmale (z. B. Protothionic).

Thapto (..b): begrabene Lage, die innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche beginnt und mit einem Qualifier bezeichnet wird, der auf einen diagnostischen Horizont, eine diagnostische Eigenschaft oder ein diagnostisches Material Bezug nimmt (z. B. Thaptomollic).

Literatur

- Ad-hoc-AG Boden** (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 5. Aufl. (KA 5). – 438 S.; Hannover.
- Asiamah, R.D.** (2000): *Plinthite and conditions for its hardening in agricultural soils in Ghana*. – Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana (Thesis).
- Bailly, F. & Nieder, H.** (1997): *FAO/Unesco Bodenkarte der Welt*. – Deutsche Übersetzung der Revidierten Legende 1988/1997; Techn. Univ. Braunschweig.
- Bailly, F., Mueller, K., Nieder, H. & Schön, H.-G.** (1998): *Bezugsgrundlage der Boden-Ressourcen der Erde (WRB)*. – Deutsche Übersetzung des World Soil Resources Report 84, FAO, Rome; Techn. Univ. Braunschweig.
- Blakemore, L.C., Searle, P.L. & Daly, B.K.** (1981): *Soil Bureau analytical methods. A method for chemical analysis of soils*. – NZ Soil Bureau Sci. Report, 10A; DSIRO; New Zealand.
- Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W., Frede, H.-G., Horn, R. & Stahr, K.** (Hrsg.; 1996ff): *Handbuch der Bodenkunde*. – Ecomed; Landsberg.
- Bridges, E.M.** (1997): *World soils*. – 3rd edition; Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Buivydaitė, V.V., Vaičys, M., Juodis, J. & Motuzas, A.** (2001): *Lietuvos dirvožemių klasifikacija*. – Lietuvos mokslas; Vilnius, Lietuva.
- Burt, R.**, (Ed.; 2004): *Soil survey laboratory methods manual*. – Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0; Natural Resources Conservation Service, Lincoln, USA,.
- Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy (CRGCST)** (2001): *Chinese soil taxonomy*. – Science Press, Beijing and New York, USA.
- CPCS** (1967). *Classification des sols*. – 87 pp; Ecole nationale supérieure agronomique, Grignon, France.
- European Soil Bureau Network/European Commission** (2005): *Soil atlas of Europe*. – Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- FAO** (ed.; 1966): *Classification of Brazilian soils*. – Report to the Government of Brazil by J. Bennema; FAO UNDP Report Ta No. 2197; Rome, Italy.
- FAO** (ed.; 1988): *Soil map of the world. Revised legend*. – by FAO–UNESCO–ISRIC; World Soil Resources Report No. 60; Rome, Italy.
- FAO** (ed.; 1994): *World Reference Base for Soil Resources*. – by ISSS–ISRIC–FAO; Draft; Rome / Wageningen, The Netherlands.
- FAO** (ed.; 1998): *World Reference Base for Soil Resources*. – by ISSS–ISRIC–FAO; World Soil Resources Report No. 84; Rome, Italy.
- FAO** (ed.; 2001a): *Lecture notes on the major soils of the world*. – by P. Driessen, J. Deckers, O. Spaargaren & F. Nachtergaele; World Soil Resources Report No. 94 (with CD-ROM); Rome, Italy.
- FAO** (ed.; 2001b): *Major soils of the world*. – Land and Water Digital Media Series No. 19; Rome, Italy.
- FAO** (2003): *Properties and management of soils of the tropics*. – Land and Water Digital Media Series No. 24; Rome, Italy.
- FAO** (2005): *Properties and management of drylands*. – Land and Water Digital Media Series No. 31; Rome, Italy.
- FAO** (2006): *Guidelines for soil description*. – 4th edition; Rome, Italy.
- FAO–UNESCO** (1971–1981): *Soil map of the world 1:5 000 000*. – 10 Volumes; Paris, France.
- Fieldes, M. & Perrott, K.W** (1966): *The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane*. – *New Zealand J. Sci.*, 9: 623–629; New Zealand.
- Gong, Z., Zhang, X., Luo, G., Shen, H. & Spaargaren, O.C.** (1997): *Extractable phosphorus in soils with a fmic epipedon*. – *Geoderma*, 75: 289–296; Amsterdam (Elsevier), The Netherlands.
- Hewitt, A. E.** (1992): *New Zealand soil classification*. – DSIR Land Resources Scientific Report 19; Lower Hutt, Wellington, New Zealand.
- Ito, T., Shoji, S., Shirato, Y. & Ono, E.** (1991): *Differentiation of a spodic Horizon from a buried A Horizon*. – *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 438–442; Stanford University, CA, USA.
- Krogh, L. & Greve, M.H.** (1999): *Evaluation of World Reference Base for Soil Resources and FAO Soil Map of the World using nationwide grid soil data from Denmark*. – *Soil Use and Management*, 15(3): 157–166; Blackwell Publishing.

- Nachtergaele, F.** (2005): *The "soils" to be classified in the World Reference Base for Soil Resources*. Euras. Soil Sci., 38(Suppl. 1): 13–19.
- Němecěk, J., Macků, J., Vokoun, J., Vavříč, D. & Novák, P.** (2001): *Taxonomický klasifikační systém půd České Republiky*. – Prague, ČZU.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. & Dean, L.A.** (1954): *Estimation of available phosphorus by extraction with sodium bicarbonate*. – USDA Circ. 939; United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Poulenard, J. & Herbillon, A.J.** (2000): *Sur l'existence de trois catégories d'Horizonte de référence dans les Andosols*. – Sci. Terre & plan., 331: 651–657 ; C. R. Acad. Sci., Paris, France.
- Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I. & Gerasimova, M.I., eds.** (2001): *Russian soil classification system*. – V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia.
- Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R.A. & Quantin, P.** (1996): *Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources*. – Soil Sci., 161(9): 604–615; Philadelphia, PA, USA.
- Soil Survey Staff** (1999): *Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd Edition*. – Agric. Handbook 436; Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff** (2003): *Keys to soil taxonomy, 9th Edition*. – Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Sombroek, W.G.** (1986): *Identification and use of subtypes of the argillic Horizont*. – In: Proceedings of the International Symposium on Red Soils, Nanjing, November 1983: pp. 159–166; Beijing (Institute of Soil Science, Academia Sinica, Science Press) and Amsterdam, The Netherlands (Elsevier).
- Takahashi, T., Nanzyo, M. & Shoji, S.** (2004): *Proposed revisions to the Diagnostische Kriterien for andic and vitric Horizonte and Qualifiers of Andosols in the World Reference Base for Soil Resources*. – Soil Sci. Plant Nutr., 50 (3): 431–437; Tokio, Japan.
- Van Reeuwijk, L.P.** (2006): *Procedures for soil analysis, 7th Edition*. – Technical Report 9; Wageningen, The Netherlands (ISRIC – World Soil Information).
- Varghese, T. & Byju, G.** (1993): *Laterite soils. Their distribution, characteristics, classification and management*. – Technical Monograph 1; State Committee on Science, Technology and Environment Thiruvananthapuram, Sri Lanka.
- Zevenbergen, C., Bradley, J.P., van Reeuwijk, L.P., Shyam, A.K., Hjelmar, O. & Comans, R.N.J.** (1999): *Clay formation and metal fixation during weathering of coal fly ash*. – Env. Sci. & Tech., 33(19): 3405–3409; Washington, DC, USA.
- Zikeli, S., Kastler, M. & Jahn, R.** (2005): *Classification of Anthrosols with vitric/andic properties derived from lignite ash*. – *Geoderma*, 124: 253–265; Amsterdam (Elsevier), The Netherlands.

Anhang 1

Übersicht über die Analysemethoden zur Bodencharakterisierung

Dieser Anhang enthält Zusammenfassungen der für die Bodencharakterisierung gemäß der World Reference Base for Soil Resources empfohlenen Analysemethoden. Vollständige Beschreibungen findet man in den *Procedures for soil analysis* (Van Reeuwijk, 2006) und dem *Soil Survey Laboratory Methods Manual* des USDA (Burt, 2004).

1. PROBENVORBEREITUNG

Proben werden an der Luft getrocknet oder, als Alternative, im Ofen bei maximal 40 °C. Die Feinerdefraktion gewinnt man durch Sieben der getrockneten Probe in einem 2-mm-Sieb. Klumpen, die nicht durch das Sieb passen, werden zerdrückt (nicht gemahlen) und abermals gesiebt. Skelettbestandteile, die nicht durch das Sieb passen, werden getrennt weiterbehandelt.

In besonderen Fällen, in denen Trocknung inakzeptable irreversible Veränderungen bestimmter Bodenmerkmale verursacht (z. B. bei Torfen oder Böden mit andic Eigenschaften) werden die Proben im feldfrischen Zustand gehalten und weiterbehandelt.

2. WASSERGEHALT

Die Analyseergebnisse werden bezogen auf *ofentrockene* (105 °C) Bodenmasse.

3. KORNGRÖSSEN

Der Mineralkörper des Bodens wird gegliedert in verschiedene Größenfraktionen, deren Anteile bestimmt werden. Die Einteilung umfasst das gesamte Material, also einschließlich Skelett, doch die nachfolgende Methode wird nur auf die Feinerde (< 2 mm) angewandt.

Die Vorbehandlung der Probe zielt auf die vollständige Dispergierung der Primärpartikel ab. Deshalb müssen verkittende Materialien (meist von sekundärer Natur) wie organische Substanz und Calciumcarbonat unter Umständen entfernt werden. Manche Untersuchungen erfordern auch eine Oxidzerstörung (Deferration). Allerdings kann es je nach Ziel der Studie auch vollkommen unangebracht sein, verkittende Substanzen zu entfernen. Aus diesem Grunde sind alle Vorbehandlungen optional. Zur routinemäßigen Bodencharakterisierung werden die organische Substanz mit H₂O₂ und die Carbonate mit HCl zerstört. Nach dieser Vorbehandlung wird die Probe mit einem Dispersionsmittel geschüttelt, und mit einem 63-µm-Sieb wird der Sand von Ton und Schluff abgetrennt. Der Sand wird mittels Trockensiebung weiter fraktioniert, die Ton- und Schlufffraktionen werden mit der Pipettenmethode oder, alternativ dazu, mit der Hydromettermethode bestimmt.

4. WASSERDISPERGIERBARER TON

Bei dieser Tongehaltsbestimmung wird die Probe nur mit Wasser dispergiert, also ohne Vorbehandlung zur Entfernung verkittender Substanzen und ohne Dispersionsmittel. Das Verhältnis von wasserdispergierbarem (natürlichem) Ton zu Gesamtton kann als Indikator für die Gefügestabilität Verwendung finden.

5. BODENWASSERRETENTION

Eine wassergefüllte Bodenprobe wird mit verschiedenen Saugspannungen (oder Druckkräften) stufenweise entwässert, wobei jeweils der Wassergehalt bestimmt wird. Bei niedrigen Saugspannungen verwendet man ungestörte Stechzylinderproben, die man auf Schluff- oder Keramikplatten stellt und sie bis zur Gleichgewichtseinstellung mit der angelegten Saugspannung entwässert; bei hohen Saugspannungen nimmt man gestörte Proben, die in Drucktöpfen entsprechend entwässert werden. Über die Trockenmasse der Stechzylinderprobe kann deren Lagerungsdichte errechnet werden.

6. LAGERUNGSDICHTE

Die Lagerungsdichte eines Bodens ist seine Masse pro Volumen. Da die Lagerungsdichte vom Wassergehalt abhängt, muss der Wasserstatus der Probe angegeben werden.

Zwei unterschiedliche Verfahren können angewandt werden:

- *Ungestörte Stechzylinderproben.* Ein Metallzylinder bekannten Volumens wird in den Boden gepresst. Die Probenmasse im feuchten Zustand wird ermittelt. Das mag der feldfrische Zustand sein oder der Zustand nach Einstellung der Probe auf eine bestimmte Wasserspannung. Die Probe wird dann ofengetrocknet und erneut gewogen. Die Lagerungsdichte ist das Verhältnis von Trockenmasse zu Volumen, angegeben mit Bezug auf den ermittelten Wassergehalt und/oder die eingestellte Wasserspannung.
- *Versiegelte Gefügekörper.* Im Gelände gewonnene Gefügekörper werden mit einem Plastiklack überzogen (z. B. Saran, gelöst in Methylethylketon) und in Wasser getaucht, wobei die verdrängte Masse bestimmt wird. Daraus ergibt sich das Volumen des Gefügekörpers. Ferner wird die Probenmasse im feuchten Zustand ermittelt. Das mag der feldfrische Zustand sein oder der Zustand nach Einstellung des Gefügekörpers auf eine bestimmte Wasserspannung. Die Probe wird dann ofengetrocknet und erneut gewogen. Die Lagerungsdichte ist das Verhältnis von Trockenmasse zu Volumen, angegeben mit Bezug auf den ermittelten Wassergehalt und/oder die eingestellte Wasserspannung.

Anmerkung: Die Bestimmung der Lagerungsdichte ist sehr fehleranfällig, v. a. weil die Proben oft nicht repräsentativ sind (Steine, Risse, Wurzeln etc.). Deshalb sollten die Bestimmungen mindestens dreifach durchgeführt werden.

7. KOEFFIZIENT DER LINEAREN AUSDEHNBARKEIT (COLE)

Der COLE gibt einen Anhaltspunkt über die Kapazität eines Bodens zu reversibler Schrumpfung und Quellung. Er wird berechnet über die Lagerungsdichte bei Trockenheit und bei 33 kPa Wasserspannung. Der COLE-Wert wird angegeben in cm pro cm oder in Prozent.

8. PH

Der pH-Wert des Bodens wird potentiometrisch gemessen im Überstand einer Suspension im Boden-Flüssigkeits-Verhältnis 1:2½. Die Flüssigkeit ist entweder destilliertes Wasser (pH-H₂O) oder eine 1 M KCl-Lösung (pH-KCl). Manche Definitionen verlangen für die Klassifikation ein Boden-Wasser-Verhältnis von 1:1.

9. ORGANISCHER KOHLENSTOFF

Es wird die Walkley-Black-Methode (Lichterfelder Methode) angewandt. Dabei erfolgt eine nasse Veraschung der organischen Substanz mit einem Gemisch aus Kaliumdichromat und Schwefelsäure bei ungefähr 125 °C. Das übrigbleibende Dichromat wird gegen Eisen(II)sulfat titriert. Zur Kompensation der unvollständigen Zerstörung wird der Analysenwert mit einem empirisch gewonnenen Korrekturfaktor von 1,3 multipliziert.

Anmerkung: Andere Methoden können auch verwendet werden, insbesondere können C-Analysatoren eingesetzt werden (trockene Veraschung). In diesen Fällen ist ein HCl-Test auf das Vorhandensein von Carbonaten zu empfehlen, und falls diese mittels Aufbrausen nachgewiesen sind, muss eine Korrektur für anorganisches C (s. unten: Carbonate) vorgenommen werden

10. CARBONATE

Hierfür findet die *Schnelltitrationsmethode* nach Piper Anwendung (auch *Säureneutralisationsmethode* genannt). Die Probe wird mit verdünnter HCl behandelt, und die übrigbleibende Säure wird titriert. Die Ergebnisse werden als *Calciumcarbonat-Äquivalent* bezeichnet, weil die Auflösung nicht selektiv für Calcit ist, sondern auch andere Carbonate wie Dolomit in gewissem Maße erfasst werden.

Anmerkung: Andere Methoden wie die volumetrische nach Scheibler können auch angewandt werden.

11. GIPS

Gips wird gelöst durch Schütteln der Probe mit Wasser und dann durch Zusatz von Aceton selektiv ausgefällt. Das Präzipitat wird mit Wasser wieder in Lösung gebracht, und als Maß für die Gipsmenge wird die Ca-Konzentration bestimmt.

12. KATIONENAUSTAUSCHKAPAZITÄT (KAK) UND AUSTAUSCHBARE BASEN

Zur Ermittlung der potentiellen KAK wird die Ammoniumacetatmethode bei pH 7 verwendet. Die Probe wird mit Ammoniumacetat (pH 7) perkoliert, und im Perkolat werden die Basen gemessen. Anschließend perkoliert man die Probe mit Natriumacetat (pH 7), entfernt die überschüssigen Salze, und tauscht das adsorbierte Na durch Perkolation mit Ammoniumacetat (pH 7) aus. Das Na in diesem Perkolat ist ein Maß für die KAK.

Alternativ dazu kann man nach der Perkolation mit Ammoniumacetat und dem Auswaschen der überschüssigen Salze die ganze Probe destillieren und das ausgetriebene Ammonium bestimmen.

Die Perkolation in Säulen kann auch ersetzt werden durch Schütteln in Gefäßen. Jede Probe muss dann dreimal hintereinander extrahiert werden, und die drei Extrakte sollten zur Messung zusammengeschüttet werden.

Anmerkung 1: Es können auch andere Methoden zur KAK-Bestimmung angewandt werden, sofern dies bei pH 7 geschieht.

Anmerkung 2: In speziellen Fällen, wenn die KAK kein diagnostisches Kriterium ist, z. B. in Salz- und Alkaliböden, kann sie bei pH 8,2 gemessen werden.

Anmerkung 3: Die Basensättigung in salz-, carbonat- und gipshaltigen Böden kann als 100 Prozent angenommen werden.

Anmerkung 4: Wo Tonminerale mit geringer Austauschkapazität eine Rolle spielen, muss die KAK der organischen Substanz ermittelt werden. Das kann mit graphischen Verfahren geschehen (FAO, 1966) oder durch getrennte Analyse der KAK der organischen und mineralischen Kolloide.

13. AUSTAUSCHBARE ACIDITÄT

Das ist die Acidität ($H + Al$), die beim Eintausch mit einer ungepufferten 1 M KCl-Lösung freigesetzt wird. Sie kann auch *aktuelle* Acidität genannt werden (im Gegensatz zur *potentiellen* oder *extrahierbaren* Acidität). Sie wird verwendet zur Bestimmung der sogenannten *effektiven Kationenaustauschkapazität* (KAK_{eff}), die definiert ist als: *Summe der Basen + ($H + Al$)*, wobei die Basen mit der Ammoniumacetatextraktion bestimmt werden.

Wo die austauschbare Acidität hoch ist, mag es sinnvoll sein, das Al im Extrakt getrennt zu bestimmen, weil es für Pflanzen toxisch sein kann.

Anmerkung: Weil der Anteil des H^+ oft vernachlässigbar ist, beschränken sich manche Labors auf die Bestimmung des austauschbaren Al. In diesem Fall wird die KAK_{eff} errechnet als: *Summe der Basen + Al*.

14. EXTRAHIERBARES EISEN, ALUMINIUM, MANGAN UND SILICIUM

Diese Analysen umfassen:

- *Freie* Fe-, Al- und Mn-Verbindungen im Boden, extrahiert mit einer Dithionit-Citrat-Lösung. (Sowohl die Methode nach *Mehra* und *Jackson* als auch die nach *Holmgren* können verwendet werden.)
- *Aktive, schlecht kristallisierte* oder *amorphe* Fe-, Al- und Si-Verbindungen, extrahiert mit einer sauren Oxalatlösung.
- *Organisch gebundenes* Fe und Al, extrahiert mit einer Pyrophosphatlösung.

15. SALINITÄT

Merkmale, welche die Salinität von Böden betreffen, werden im *Sättigungsextrakt* bestimmt. Zu diesen Merkmalen gehören: pH, elektrische Leitfähigkeit (EC_e), Natrium-Adsorptions-Verhältnis (SAR) und die Kationen und Anionen der gelösten Salze. Dazu gehören Ca, Mg, Na, K, Carbonat und Hydrogencarbonat, Chlorid, Nitrat und Sulfat. Das Natrium-Adsorptions-

Verhältnis (SAR) und die Sättigung an austauschbarem Natrium (ESP) können aus den Konzentrationen der gelösten Kationen abgeleitet werden.

16. PHOSPHATRETENTION

Hierfür verwendet man die Methode nach *Blakemore*. Die Probe wird mit einer Phosphatlösung bei pH 4,6 ins Gleichgewicht gebracht, und der Anteil des Phosphats, der aus der Lösung entnommen wurde, wird bestimmt.

17. OPTISCHE DICHTE IM OXALAT-EXTRAKT (ODOE)

Die Probe wird mit einer sauren Ammoniumoxalatlösung perkoliert oder geschüttelt. Im Extrakt wird bei einer Wellenlänge von 430 nm die optische Dichte gemessen.

18. MELANIC INDEX

Die Probe wird mit einer 0,5 M NaOH-Lösung geschüttelt und im Extrakt die Absorption bei 450 und 520 nm gemessen. Der *Melanic Index* ist der Quotient aus der Absorption bei 450 nm durch die Absorption bei 520 nm.

19. MINERALOGISCHE ANALYSE DER SANDFRAKTION

Nach Entfernung verkittender oder Überzüge bildender Substanzen wird der Sand durch Nasssiebung von Ton und Schluff abgetrennt. Vom Sand wird dann durch Trockensiebung die Fraktion 63-420 µm gewonnen. Diese wird anschließend mit einer Flüssigkeit von hoher Dichte in eine *schwere* und eine *leichte* Fraktion aufgetrennt, wofür man eine Natriumpolywolframat-Lösung¹ mit einer spezifischen Dichte von 2,85 kg dm⁻³ verwendet. Von der *schweren Fraktion* wird eine Mikroskopaufnahme gemacht, die *leichte Fraktion* wird selektiv eingefärbt für die mikroskopische Bestimmung von Feldspäten und Quarz.

Vulkanische Gläser sind normalerweise als isotrope Körner mit Hohlräumen erkennbar.

20. RÖNTGENDIFFRAKTOMETRIE

Die Tonfraktion wird von der Feinerde abgetrennt, es werden Präparate mit maximaler Teilchenorientierung auf einem Objektträger aus Glas oder poröser Keramik hergestellt und dann im Röntgendiffraktometer analysiert. Pulverpräparate von Ton (mit zufälliger Orientierung) und anderen Fraktionen werden entweder ebenfalls mit einem Röntgendiffraktometer analysiert oder mit einer Guinier-Röntgenkamera aufgenommen (Photographien).

¹ Bromoform hat ebenfalls eine hohe Dichte und kann prinzipiell verwendet werden, doch wird dies wegen seiner hochgiftigen Dämpfe nicht empfohlen.

Anhang 2

Empfohlene Symbole für die Referenzbodengruppen, Qualifier und Specifier

Referenzbodengruppen							
Acrisol	AC	Chernozem	CH	Kastanozem	KS	Podzol	PZ
Albeluvisol	AB	Cryosol	CR	Leptosol	LP	Regosol	RG
Alisol	AL	Durisol	DU	Lixisol	LX	Solonchak	SC
Andosol	AN	Ferralsol	FR	Luvisol	LV	Solonetz	SN
Anthrosol	AT	Fluvisol	FL	Nitisol	NT	Stagnosol	ST
Arenosol	AR	Gleysol	GL	Phaeozem	PH	Technosol	TC
Calcisol	CL	Gypsisol	GY	Planosol	PL	Umbrisol	UM
Cambisol	CM	Histosol	HS	Plinthosol	PT	Vertisol	VR
Qualifier							
Abruptic	ap	Ferralic	fl	Irragic	ir	Reductaquic	ra
Aceric	ae	Ferric	fr	Lamellic	ll	Reductic	rd
Acric	ac	Fibric	fi	Laxic	la	Regic	rg
Albic	ab	Floatic	ft	Leptic	le	Rendzic	rz
Alcalic	ax	Fluvic	fv	Lignic	lg	Rheic	rh
Alic	al	Folic	fo	Limnic	lm	Rhodic	ro
Aluandic	aa	Fractipetric	fp	Linic	lc	Rubic	ru
Alumic	au	Fractiplinthic	fa	Lithic	li	Ruptic	rp
Andic	an	Fragic	fg	Lixic	lx	Rustic	rs
Anthraquic	aq	Fulvic	fu	Luvic	lv	Salic	sz
Anthric	am	Garbic	ga	Magnesian	mg	Sapric	sa
Arenic	ar	Gelic	ge	Manganiferic	mf	Silandic	sn
Aric	ai	Gelistagnic	gt	Mazic	mz	Siltic	sl
Aridic	ad	Geric	gr	Melanic	ml	Skeletal	sk
Arzic	az	Gibbsic	gi	Mesotrophic	ms	Sodic	so
Brunic	br	Glacic	gc	Mollic	mo	Solodic	sc
Calcaric	ca	Gleyic	gl	Molliglossic	mi	Sombric	sm
Calcic	cc	Glossalbic	gb	Natric	na	Spodic	sd
Cambic	cm	Glossic	gs	Nitic	ni	Spolic	sp
Carbic	cb	Greyic	gz	Novic	nv	Stagnic	st
Carbonatic	cn	Grumic	gm	Nudiargic	na	Sulphatic	su
Chloridic	cl	Gypsic	gy	Nudilithic	nt	Takyric	ty
Chromic	cr	Gypsic	gp	Ombric	om	Technic	te
Clayic	ce	Haplic	ha	Ornithic	oc	Tephric	tf
Colluvic	co	Hemic	hm	Ortsteinic	os	Terric	tr
Crylic	cy	Histic	hi	Oxyaquic	oa	Thaptandic	ba
Cutanic	ct	Hortic	ht	Pachic	ph	Thaptovitric	bv
Densic	dn	Humic	hu	Pellic	pe	Thionic	ti
Drainic	dr	Hydragic	hg	Petric	pt	Thixotropic	tp
Duric	du	Hydric	hy	Petrocalcic	pc	Tidalic	td
Dystric	dy	Hydrophobic	hf	Petroduric	pd	Toxic	tx
Ekranic	ek	Hyperalbic	hb	Petrogleyic	py	Transportic	tn
Endoduric	nd	Hyperalbic	hl	Petrogypsic	pg	Turbic	tu
Endodystric	ny	Hypercalcic	hc	Petroplinthic	pp	Umbric	um
Endoeutric	ne	Hyperdystric	hd	Petrosalic	ps	Umbriglossic	ug
Endofluvic	nf	Hypereutric	he	Pisocalcic	cp	Urbic	ub
Endogleyic	ng	Hypergypsic	hp	Pisoplinthic	px	Vermic	vm
Endoleptic	nl	Hyperochric	ho	Placic	pi	Vertic	vr
Endosalic	ns	Hypersalic	hs	Plaggic	pa	Vetic	vt
Entic	et	Hyperskeletal	hk	Plinthic	pl	Vitric	vi
Epidystric	ed	Hypocalcic	wc	Posic	po	Voronic	vo
Epieutric	ee	Hypogypsic	wg	Profondic	pf	Xanthic	xa
Epileptic	el	Hypoluvic	wl	Protic	pr	Yermic	ye
Episalic	ea	Hyposalic	ws	Puffic	pu		
Escalic	ec	Hyposodic	wn				
Eutric	eu						
Eutrosilic	es						
Specifier							
Bathy	..d	Epi	..p	Ortho	..o	Proto	..t
Cumuli	..c	Hyper	..h	Para	..r	Thapto	..b
Endo	..n	Hypo	..w				

FAO WORLD SOIL RESOURCES REPORTS

1. Report of the First Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Rome, 19-23 June 1961 (E)**
2. Report of the First Meeting on Soil Survey, Correlation and Interpretation for Latin America, Rio de Janeiro, Brazil, 28-31 May 1962 (E)**
3. Report of the First Soil Correlation Seminar for Europe, Moscow, USSR, 16-28 July 1962 (E)**
4. Report of the First Soil Correlation Seminar for South and Central Asia, Tashkent, Uzbekistan, USSR, 14 September - 2 October 1962 (E)**
5. Report of the Fourth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey (Subcommission on Land and Water Use of the European Commission on Agriculture), Lisbon, Portugal, 6-10 March 1963 (E)**
6. Report of the Second Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Rome, 9-11 July 1963 (E)**
7. Report of the Second Soil Correlation Seminar for Europe, Bucharest, Romania, 29 July - 6 August 1963 (E)**
8. Report of the Third Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Paris, 3 January 1964 (E)**
9. Adequacy of Soil Studies in Paraguay, Bolivia and Peru, November - December 1963 (E)**
10. Report on the Soils of Bolivia, January 1964 (E)**
11. Report on the Soils of Paraguay, January 1964 (E)**
12. Preliminary Definition, Legend and Correlation Table for the Soil Map of the World, Rome, August 1964 (E)**
13. Report of the Fourth Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Rome, 16-21 May 1964 (E)**
14. Report of the Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash, Tokyo, Japan, 11-27 June 1964 (E)**
15. Report of the First Session of the Working Party on Soil Classification, Survey and Soil Resources of the European Commission on Agriculture, Florence, Italy, 1-3 October 1964 (E)**
16. Detailed Legend for the Third Draft on the Soil Map of South America, June 1965 (E)**
17. Report of the First Meeting on Soil Correlation for North America, Mexico, 1-8 February 1965 (E)**
18. The Soil Resources of Latin America, October 1965 (E)**
19. Report of the Third Correlation Seminar for Europe: Bulgaria, Greece, Romania, Turkey, Yugoslavia, 29 August - 22 September 1965 (E)**
20. Report of the Meeting of Rapporteurs, Soil Map of Europe (Scale 1:1 000 000) (Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture), Bonn, Federal Republic of Germany, 29 November - 3 December 1965 (E)**
21. Report of the Second Meeting on Soil Survey, Correlation and Interpretation for Latin America, Rio de Janeiro, Brazil, 13-16 July 1965 (E)**
22. Report of the Soil Resources Expedition in Western and Central Brazil, 24 June - 9 July 1965 (E)**
23. Bibliography on Soils and Related Sciences for Latin America (1st edition), December 1965 (E)**
24. Report on the Soils of Paraguay (2nd edition), August 1964 (E)**
25. Report of the Soil Correlation Study Tour in Uruguay, Brazil and Argentina, June-August 1964 (E)**

26. Report of the Meeting on Soil Correlation and Soil Resources Appraisal in India, New Delhi, India, 5-15 April 1965 (E)**
27. Report of the Sixth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Montpellier, France, 7-11 March 1967 (E)**
28. Report of the Second Meeting on Soil Correlation for North America, Winnipeg-Vancouver, Canada, 25 July - 5 August 1966 (E)**
29. Report of the Fifth Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Moscow, USSR, 20-28 August 1966 (E)**
30. Report of the Meeting of the Soil Correlation Committee for South America, Buenos Aires, Argentina, 12-19 December 1966 (E)**
31. Trace Element Problems in Relation to Soil Units in Europe (Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture), Rome, 1967 (E)**
32. Approaches to Soil Classification, 1968 (E)**
33. Definitions of Soil Units for the Soil Map of the World, April 1968 (E)**
34. Soil Map of South America 1:5 000 000, Draft Explanatory Text, November 1968 (E)**
35. Report of a Soil Correlation Study Tour in Sweden and Poland, 27 September - 14 October 1968 (E)**
36. Meeting of Rapporteurs, Soil Map of Europe (Scale 1:1 000 000) (Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture), Poitiers, France 21-23 June 1967 (E)**
37. Supplement to Definition of Soil Units for the Soil Map of the World, July 1969 (E)**
38. Seventh Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Varna, Bulgaria, 11-13 September 1969 (E)**
39. A Correlation Study of Red and Yellow Soils in Areas with a Mediterranean Climate (E)**
40. Report of the Regional Seminar of the Evaluation of Soil Resources in West Africa, Kumasi, Ghana, 14-19 December 1970 (E)**
41. Soil Survey and Soil Fertility Research in Asia and the Far East, New Delhi, 15-20 February 1971 (E)**
42. Report of the Eighth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Helsinki, Finland, 5-7 July 1971 (E)**
43. Report of the Ninth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Ghent, Belgium 28-31 August 1973 (E)**
44. First Meeting of the West African Sub-Committee on Soil Correlation for Soil Evaluation and Management, Accra, Ghana, 12-19 June 1972 (E)**
45. Report of the Ad Hoc Expert Consultation on Land Evaluation, Rome, Italy, 6-8 January 1975 (E)**
46. First Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Nairobi, Kenya, 11-16 March 1974 (E)**
47. Second Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Addis Ababa, Ethiopia, 25-30 October 1976 (E)
48. Report on the Agro-Ecological Zones Project, Val. 1 - Methodology and Results for Africa, 1978. Val. 2 - Results for Southwest Asia, 1978 (E)
49. Report of an Expert Consultation on Land Evaluation Standards for Rainfed Agriculture, Rome, Italy, 25-28 October 1977 (E)
50. Report of an Expert Consultation on Land Evaluation Criteria for Irrigation, Rome, Italy, 27 February - 2 March 1979 (E)
51. Third Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Lusaka, Zambia, 18-30 April 1978 (E)

52. Land Evaluation Guidelines for Rainfed Agriculture, Report of an Expert Consultation, 12-14 December 1979 (E)
53. Fourth Meeting of the West African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Banjul, The Gambia, 20-27 October 1979 (E)
54. Fourth Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Arusha, Tanzania, 27 October - 4 November 1980 (E)
55. Cinquième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Lomé, Togo, 7-12 décembre 1981 (F)
56. Fifth Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Wad Medani, Sudan, 5-10 December 1983 (E)
57. Sixième réunion du Sous-comité Ouest et Centre Africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Niamey, Niger, 6-12 février 1984 (F)
58. Sixth Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Maseru, Lesotho, 9-18 October 1985 (E)
59. Septième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Ouagadougou, Burkina Faso, 10-17 novembre 1985 (F)
60. Revised Legend, Soil Map of the World, FAO-Unesco-ISRIC, 1988. Reprinted 1990 (E)
61. Huitième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Yaoundé, Cameroun, 19-28 janvier 1987 (F)
62. Seventh Meeting of the East and Southern African Sub-Committee for Soil Correlation and Evaluation, Gaborone, Botswana, 30 March - 8 April 1987 (E)
63. Neuvième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Cotonou, Benin, 14-23 novembre 1988 (F)
64. FAO-ISRIC Soil Database (SDB), 1989 (E)
65. Eighth Meeting of the East and Southern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Harare, Zimbabwe, 9-13 October 1989 (E)
66. World soil resources. An explanatory note on the FAO World Soil Resources Map at 1: 25 000 000 scale, 1991. Rev.1, 1993 (E)
67. Digitized Soil Map of the World, Volume 1: Africa. Volume 2: North and Central America. Volume 3: Central and South America. Volume 4: Europe and West of the Urals. Volume 5: North East Asia. Volume 6: Near East and Far East. Volume 7: South East Asia and Oceania. Release 1.0, November 1991 (E)
68. Land Use Planning Applications. Proceedings of the FAO Expert Consultation 1990, Rome, 10-14 December 1990 (E)
69. Dixième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Bouaké, Odienné, Côte d'Ivoire, 5-12 novembre 1990 (F)
70. Ninth Meeting of the East and Southern African Sub-Committee for Soil Correlation and Evaluation, Lilongwe, Malawi, 25 November - 2 December 1991(E)
71. Agro-ecological land resources assessment for agricultural development planning. A case study of Kenya. Resources data base and land productivity. Main Report. Technical Annex 1: Land resources. Technical Annex 2: Soil erosion and productivity. Technical Annex 3: Agro-climatic and agro-edaphic suitabilities for barley, oat, cowpea, green gram and pigeon pea. Technical Annex 4: Crop productivity. Technical Annex 5: Live-stock productivity. Technical Annex 6: Fuelwood productivity. Technical Annex 7: Systems documentation guide to computer programs for land productivity assessments. Technical Annex 8: Crop productivity assessment: results at district level. 1991. Main Report 71/9: Making land use choices for district planning, 1994 (E)
72. Computerized systems of land resources appraisal for agricultural development, 1993 (E)
73. FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management, 1993 (E)

74. Global and national Soils and terrain digital databases (SOTER), 1993. Rev. 1, 1995 (E)
75. AEZ in Asia. Proceedings of the Regional Workshop on Agro-ecological Zones Methodology and Applications, Bangkok, Thailand, 17-23 November 1991 (E)
76. Green manuring for Soil productivity improvement, 1994(E)
77. Onzième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Ségou, Mali, 18-26 janvier 1993 (F)
78. Land degradation in South Asia: its severity, causes and effects upon the people, 1994 (E)
79. Status of sulphur in Soils and plants of thirty countries, 1995 (E)
80. Soil survey: perspectives and strategies for the 21st century, 1995 (E)
81. Multilingual Soil database, 1995 (Multil)
82. Potential for forage legumes of land in West Africa, 1995 (E)
83. Douzième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Bangui, République Centrafricain, 5-10 décembre 1994 (F)
84. World Reference Base for Soil Resources, 1998 (E)
85. Soil Fertility Initiative for sub-Saharan Africa, 1999 (E)
86. Prevention of land degradation, enhancement of carbon sequestration and conservation of biodiversity through land use change and sustainable land management with a focus on Latin America and the Caribbean, 1999 (E)
87. AEZWIN: An interactive multiple-criteria analysis tool for land resources appraisal, 1999 (E)
88. Sistemas de uso de la tierra en los tropicos humedios y la emision y secueströ de CO2, 2000 (S)
89. Land resources information systems for food security in SADC countries, 2000 (E)
90. Land resource potential and constraints at regional and country levels, 2000 (E)
91. The European Soil information system, 2000 (E)
92. Carbon sequestration projects under the clean development mechanism to address land degradation, 2000 (E)
93. Land resources information systems in Asia, 2000 (E)
94. Lecture notes on the major Soils of the world, 2001 (E)
95. Land resources information systems in the Caribbean, 2001 (E)
96. Soil carbon sequestration for improved land management; 2001 (E F S)
97. Land degradation assessment in dry lands – LADA project, 2002 (E)
98. Quatorzième réunion du Sous-comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Abomey, Benin, 9-13 octobre 2000, 2002 (F)
99. Land resources information systems in the Near East, 2002 (E)
100. Data sets, indicators and methods to assess land degradation in drylands, 2003 (E)
101. Biological management of Soil ecosystems for sustainable agriculture, 2003 (E)
102. Carbon sequestration in dryland Soils, 2004 (E)
103. World reference base for Soil resources 2006 - A framework for international classification, correlation and communication, 2006 (E)

Availability: June 2006

E	- English	Multi	- Multilingual
F	- French	**	- Out of print
S	- Spanish		

World Reference Base for Soil Resources 2006

Ein Rahmen für internationale Klassifikation,
Korrelation und Kommunikation

Der vorliegende Band ist die ins Deutsche übersetzte, revidierte und aktualisierte Version des World Soil Resources Report Nr. 84. Dabei handelt es sich um eine technische Anleitung für Wissenschaftler aus Bodenkunde und Bodenklassifikation, die für die Erleichterung des Informations- und Erfahrungsaustausches zur Ressource Boden sowie zu deren Nutzung und Bewirtschaftung entwickelt wurde. Das Dokument stellt einen Rahmen für die internationale Bodenklassifikation dar und liefert zugleich eine international abgestimmte wissenschaftliche Terminologie, auf deren Basis interdisziplinärer Austausch von Informationen über Böden erleichtert wird. Das Werk enthält Definitionen und diagnostische Kriterien zur Beschreibung von Bodenhorizonten, Bodeneigenschaften und Materialien und stellt ferner Regeln und Anleitungen für die Klassifikation und die weitere Untergliederung von Referenzbodengruppen zur Verfügung.