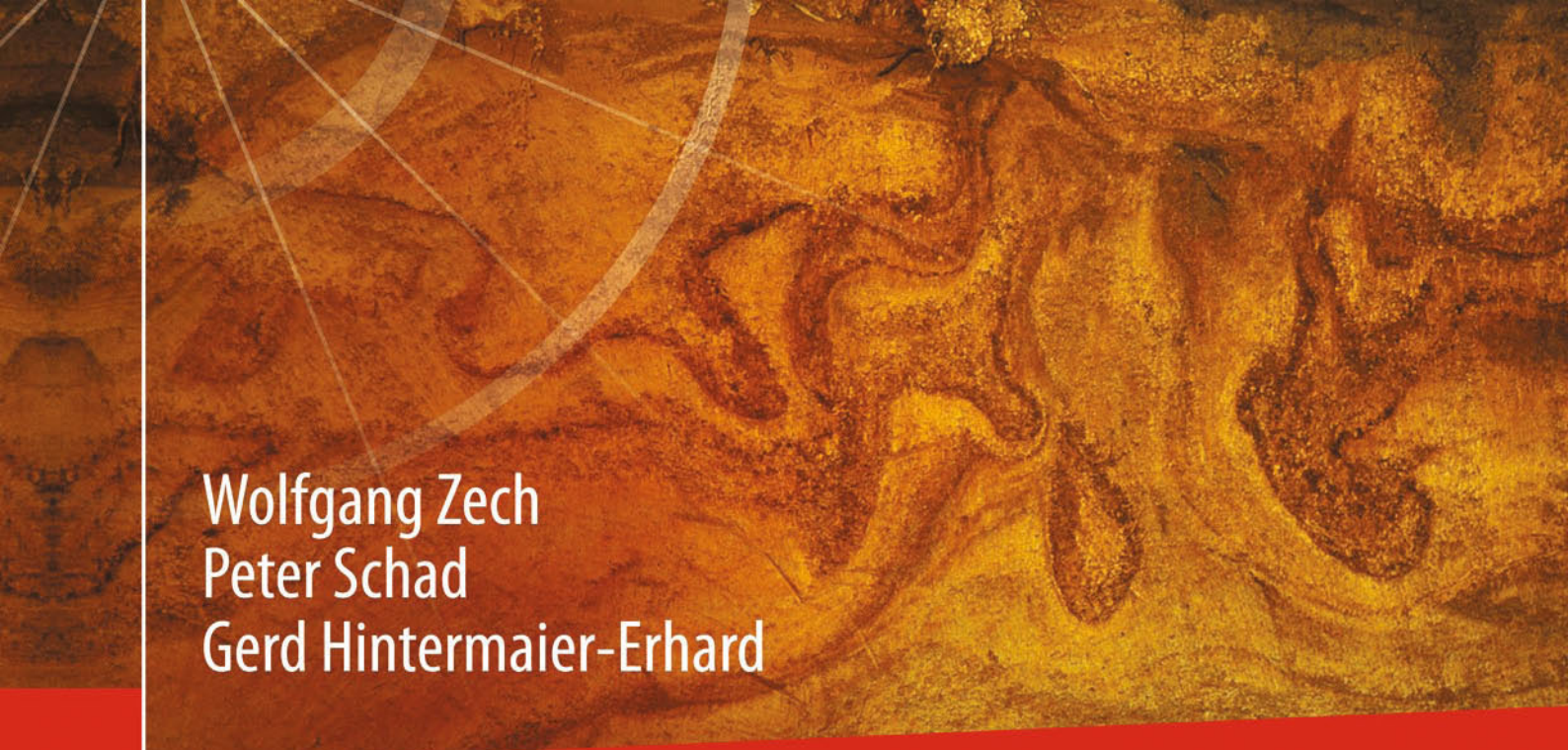




Wolfgang Zech  
Peter Schad  
Gerd Hintermaier-Erhard

# Böden der Welt

Ein Bildatlas

*2. Auflage*

---

# Böden der Welt

---

Wolfgang Zech  
Peter Schad  
Gerd Hintermaier-Erhard

# Böden der Welt

Ein Bildatlas

2. Auflage

---

**Prof. Dr. Wolfgang Zech**  
Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95440 Bayreuth

**Dr. Peter Schad**  
Lehrstuhl für Bodenkunde  
Technische Universität München  
Emil-Ramann-Straße 2  
85354 Freising

**Gerd Hintermaier-Erhard**  
Kastanienstr. 21b  
86899 Landsberg am Lech

ISBN 978-3-642-36574-4  
DOI 10.1007/978-3-642-36575-1

ISBN 978-3-642-36575-1 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Berlin Heidelberg 2002, 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Planung und Lektorat:* Frank Wigger, Dr. Christoph Iven, Sabine Bartels  
*Satz:* Armin Stasch, Bayreuth  
*Einbandentwurf:* deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer-spektrum.de](http://www.springer-spektrum.de)

## Vorwort zur zweiten Auflage



Wolfgang Zech



Peter Schad



Gerd Hintermaier-Erhard

Die 2002 erschienene und inzwischen vergriffene erste Auflage des Buches „Böden der Welt“ beruhte im Wesentlichen auf der 1998 veröffentlichten World Reference Base for Soil Resources (WRB). Diese ist die offizielle Referenznomenklatur für Böden und Bodenklassifikation der Internationalen Bodenkundlichen Union und das gemeinsame Klassifikationssystem der Europäischen Union. Sie wurde bisher in 13 Sprachen übersetzt. Um das Konzept der WRB zu verbessern, wurden in den folgenden Jahren zahlreiche Exkursionen und Tagungen durchgeführt. Vorschläge zur Verbesserung des Klassifikationssystems erschienen außerdem in einer Vielzahl von Artikeln und Büchern. Dies führte dazu, dass in der zweiten Auflage der WRB von 2006 (mit einem ersten Update 2007) neue Referenzbodengruppen eingeführt wurden, nämlich die **Technosole** und die **Stagnosole**, wodurch sich deren Zahl auf 32 erhöhte. Die zweite Auflage der WRB berücksichtigt ferner die beachtlichen Fortschritte in der Bodenansprache und -klassifikation, unter anderem hinsichtlich der Böden arider und tropischer Gebiete. Verbesserungen betreffen auch die Definitionen zahlreicher diagnostischer Bodenhorizonte, Bodeneigenschaften und Materialien.

Diese umfassenden Veränderungen machen es notwendig, auch den Bildatlas „Böden der Welt“ zu überarbeiten und an die Neuerungen der WRB 2006 anzupassen. Die Autoren der Erstauflage (Zech und Hintermaier-Erhard) sind sehr froh, dass Herr Peter Schad, einer der besten Kenner der WRB und Vorsitzender der WRB-Arbeitsgruppe der Internationalen Bodenkundlichen Union, an der vorliegenden zweiten Auflage mitarbeitete, was die Qualität des Buches entscheidend verbesserte. Erfreulicherweise konnte die Zahl der Bilder erhöht und damit die Anschaulichkeit unseres Bildatlas maßgeblich verbessert werden. Wie bisher werden die Böden nach ihrem Vorkommen in den verschiedenen Ökozonen der Erde besprochen, deren Merkmale wir im Wesentlichen aus dem „Handbuch der Ökozonen“ von Schultz (2000) entnommen haben. Dankenswerterweise leistete Herr Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer (Freising) maßgebliche Beiträge zu den vegetationskundlichen Teilen und unterzog außerdem die Absätze über Lage und Klima einer kritischen Durchsicht. Unser Dank geht an die vielen Leser der ersten Auflage für ihre kompetenten Anregungen, wobei besonders die Verbesserungsvorschläge von Herrn Universitätsprofessor Dr. Othmar Nestroy (Graz) und Herrn Prof. Dr. Norman Peinemann (Bahia Blanca) hervorzuheben sind. Ein zentrales Element im didaktischen Konzept unseres Buches sind die zahlreichen Abbildungen. Frau Elfriede Schuhbauer hat sie mit großem Können und unermüdlichem Fleiß aktualisiert. Hierfür gebührt ihr unser größter Dank.

Herbst 2013

Wolfgang Zech, Peter Schad, Gerd Hintermaier-Erhard

# Inhalt

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Vorwort zur zweiten Auflage</b>                                   | V    |
| <b>Abkürzungen, Akronyme</b>                                         | IX   |
| <b>Einleitung und Hinweise zur Nutzung des Buches</b>                | XI   |
| World Reference Base for Soil Resources (WRB)                        | XI   |
| Klassifikation von Böden                                             | XI   |
| Begrabene Böden und Paläoböden                                       | XII  |
| Erstellung von Kartenlegenden                                        | XII  |
| <b>Horizontsymbole</b>                                               | XV   |
| <b>Übersicht über die Böden und ihre ökozonale Zuordnung</b>         | XVII |
| <b>Ökozonen der Erde und ihre Böden</b>                              | 1    |
| <b>A Polare und Subpolare Zone (Tundra)</b>                          | 2    |
| Lage, Klima, Vegetation                                              | 2    |
| Böden und ihre Verbreitung                                           | 3    |
| A.1 Cryosole (CR)                                                    | 4    |
| Landschaften und Böden                                               | 6    |
| Catenen                                                              | 9    |
| <b>B Boreale Zone (Taiga; kalt-gemäßigte Zone)</b>                   | 10   |
| Lage, Klima, Vegetation                                              | 10   |
| Böden und ihre Verbreitung                                           | 11   |
| B.1 Histosole (HS)                                                   | 12   |
| B.2 Gleysole (GL)                                                    | 14   |
| B.3 Podzole (PZ)                                                     | 16   |
| B.4 Albeluvisole (AB)                                                | 18   |
| B.5 Stagnosole (ST)                                                  | 20   |
| Landschaften und Böden                                               | 22   |
| Catenen                                                              | 25   |
| <b>C Feuchte Mittelbreiten (feuchte kühl-gemäßigte Zone)</b>         | 26   |
| Lage, Klima, Vegetation                                              | 26   |
| Böden und ihre Verbreitung                                           | 27   |
| C.1 Cambisole (CM)                                                   | 28   |
| C.2 Luvisole (LV)                                                    | 30   |
| C.3 Umbrisole (UM)                                                   | 32   |
| Landschaften und Böden                                               | 34   |
| Catenen                                                              | 37   |
| <b>D Trockene Mittelbreiten (trockene kühl-gemäßigte Zone)</b>       | 38   |
| Lage, Klima, Vegetation                                              | 38   |
| Böden und ihre Verbreitung                                           | 39   |
| D.1 Phaeozeme (PH)                                                   | 40   |
| D.2 Chernozeme (CH)                                                  | 42   |
| D.3 Kastanozeme (KS)                                                 | 44   |
| Landschaften und Böden                                               | 46   |
| Catenen                                                              | 49   |
| <b>E Winterfeuchte Subtropen (winterfeuchte warm-gemäßigte Zone)</b> | 50   |
| Lage, Klima, Vegetation                                              | 50   |
| Böden und ihre Verbreitung                                           | 51   |

|          |                                                                  |     |
|----------|------------------------------------------------------------------|-----|
| E.1      | Chromic Cambisole (CM)                                           | 52  |
| E.2      | Chromic Luvisole (LV)                                            | 52  |
|          | Landschaften und Böden                                           | 54  |
|          | Catenen                                                          | 57  |
| <b>F</b> | <b>Immerfeuchte Subtropen (immerfeuchte warm-gemäßigte Zone)</b> | 58  |
|          | Lage, Klima, Vegetation                                          | 58  |
|          | Böden und ihre Verbreitung                                       | 59  |
| F.1      | Acrisole (AC)                                                    | 60  |
| F.2      | Alisole (AL)                                                     | 62  |
|          | Landschaften und Böden                                           | 64  |
|          | Catenen                                                          | 67  |
| <b>G</b> | <b>Trockene Subtropen und Tropen</b>                             | 68  |
|          | Lage, Klima, Vegetation                                          | 68  |
|          | Böden und ihre Verbreitung                                       | 69  |
| G.1      | Arenosole (AR)                                                   | 70  |
| G.2      | Calcisole (CL)                                                   | 72  |
| G.3      | Gypsisole (GY)                                                   | 74  |
| G.4      | Durisole (DU)                                                    | 76  |
| G.5      | Solonchake (SC)                                                  | 78  |
| G.6      | Solonetze (SN)                                                   | 80  |
|          | Landschaften und Böden                                           | 82  |
|          | Catenen                                                          | 85  |
| <b>H</b> | <b>Sommerfeuchte Tropen</b>                                      | 86  |
|          | Lage, Klima, Vegetation                                          | 86  |
|          | Böden und ihre Verbreitung                                       | 87  |
| H.1      | Lixisole (LX)                                                    | 88  |
| H.2      | Nitisole (NT)                                                    | 90  |
| H.3      | Vertisole (VR)                                                   | 92  |
| H.4      | Planosole (PL)                                                   | 94  |
|          | Landschaften und Böden                                           | 96  |
|          | Catenen                                                          | 99  |
| <b>I</b> | <b>Immerfeuchte Tropen (tropische Regenwaldgebiete)</b>          | 100 |
|          | Lage, Klima, Vegetation                                          | 100 |
|          | Böden und ihre Verbreitung                                       | 101 |
| I.1      | Ferralsole (FR)                                                  | 102 |
| I.2      | Plinthosole (PT)                                                 | 104 |
|          | Landschaften und Böden                                           | 106 |
|          | Catenen                                                          | 109 |
| <b>J</b> | <b>Gebirgsregionen</b>                                           | 110 |
|          | Lage, Klima, Vegetation                                          | 110 |
|          | Böden und ihre Verbreitung                                       | 111 |
| J.1      | Leptosole (LP)                                                   | 112 |
| J.2      | Regosole (RG)                                                    | 114 |
| J.3      | Andosole (AN)                                                    | 116 |
|          | Landschaften und Böden                                           | 118 |
|          | Catenen                                                          | 121 |
| <b>K</b> | <b>Weltweit verbreitete Böden</b>                                | 122 |
| K.1      | Fluvisole (FL)                                                   | 122 |
| K.2      | Anthrosole (AT)                                                  | 124 |
| K.3      | Technosole (TC)                                                  | 126 |
|          | Landschaften und Böden                                           | 128 |
|          | Catenen                                                          | 131 |
|          | <b>Anhang</b>                                                    | 133 |
|          | <b>Glossar</b>                                                   | 135 |
|          | <b>Literatur</b>                                                 | 143 |
|          | <b>Sachindex</b>                                                 | 145 |
|          | <b>Geographischer Index</b>                                      | 159 |

## Abkürzungen, Akronyme

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a                         | Jahr(e)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| AAK                       | Anionenaustauschkapazität in $\text{cmol}(-) \text{kg}^{-1} \text{FE}$                                                                                                                                                                                                                                       |
| $\text{Al}_d$             | Aluminium, extrahierbar mit Dithionit-Citrat-Lösung                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $\text{Al}_o$             | Aluminium, extrahierbar mit saurer Oxalatlösung                                                                                                                                                                                                                                                              |
| $\text{Al}_{py}$          | Aluminium, extrahierbar mit Pyrophosphatlösung                                                                                                                                                                                                                                                               |
| BS                        | Basensättigung in %; man unterscheidet:<br>$\text{BS}_{\text{pot}} = [(Ca + Mg + Na + K) / \text{KAK}_{\text{pot}}] \times 100$ $\text{BS}_{\text{eff}} = [(Ca + Mg + Na + K) / \text{KAK}_{\text{eff}}] \times 100$                                                                                         |
| cal ka BP                 | kalibrierte Kilojahre before present (present: 1950 n. Chr.)                                                                                                                                                                                                                                                 |
| cmol                      | centimol                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| $\text{C}_{\text{org}}$   | organischer Kohlenstoff                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| $\delta^{13}\text{C}$     | $[(R_{\text{Probe}} / R_{\text{Standard}}) - 1] \times 1000$ , wobei $R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$ ; carbon reference standard<br>= VPDP (Vienna pee Dee belemnite)                                                                                                                                |
| $\delta^{15}\text{N}$     | s. $\delta^{13}\text{C}$ , wobei $R = {}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N}$ ; nitrogen reference standard = AIR $\text{N}_2$                                                                                                                                                                                    |
| $\delta^{18}\text{O}$     | s. $\delta^{13}\text{C}$ , wobei $R = {}^{18}\text{O} / {}^{16}\text{O}$ ; oxygen reference standard = VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water)                                                                                                                                                              |
| $\delta\text{D}$          | s. $\delta^{13}\text{C}$ , wobei $R = \text{D} / \text{H}$ (Deuterium / Wasserstoff)                                                                                                                                                                                                                         |
| d                         | Tag                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| DBG                       | Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| DOM                       | dissolved organic matter (gelöste organische Substanz)                                                                                                                                                                                                                                                       |
| EC                        | electric conductivity (elektrische Leitfähigkeit)                                                                                                                                                                                                                                                            |
| $\text{EC}_e$             | elektrische Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ESP                       | exchangeable sodium percentage (austauschbares Na in % der KAK)                                                                                                                                                                                                                                              |
| ET                        | Evapotranspiration                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| FE                        | Feinerde                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| $\text{Fe}_d$             | pedogenes, kristallisiertes, sog. „freies“ Eisen, extrahierbar mit Dithionit-Citrat-Lösung                                                                                                                                                                                                                   |
| $\text{Fe}_o$             | schlecht kristallisiertes, sog. „aktives“ Eisen, extrahierbar mit saurer Oxalatlösung                                                                                                                                                                                                                        |
| GOF                       | Geländeoberfläche (Obergrenze des Oe-Horizonts (n. DBG: Of) oder des H-Horizonts der organischen Auflage; falls nicht vorhanden: Obergrenze des Mineralbodens);<br>u. GOF = unter Geländeoberfläche                                                                                                          |
| h                         | Stunde (hour, hora)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| HACs                      | high activity clays (Dreischicht-Tonminerale mit hoher KAK, z. B. Smectite)                                                                                                                                                                                                                                  |
| ka                        | Kilojahr (auch kyr; ka BP = Kilojahre before present; present: 1950 n. Chr.)                                                                                                                                                                                                                                 |
| $\text{KAK}_{\text{pot}}$ | potentielle Kationenaustauschkapazität in $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1} \text{FE}$ oder $\text{kg}^{-1} \text{Ton}$<br>(Ammoniumacetatmethode bei pH 7)                                                                                                                                                     |
| $\text{KAK}_{\text{eff}}$ | effektive Kationenaustauschkapazität in $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1} \text{FE}$ oder $\text{kg}^{-1} \text{Ton}$<br>(Summe der mit Ammoniumacetat bei pH 7 austauschbaren Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen + mit 1 M KCl freigesetzter Al- und H-Ionen)                                                           |
| LACs                      | low activity clays (Tonminerale mit niedriger KAK; meist Zweischicht-Tonminerale)                                                                                                                                                                                                                            |
| LGM                       | Last Glacial Maximum (letzte maximale Vergletscherung, vor ca. 20 000 Jahren)                                                                                                                                                                                                                                |
| LK                        | Luftkapazität (Volumen der schnell drainenden Grobporen; $>50 \mu\text{m}$ Äquivalentdurchmesser; $\text{pF} < 1,8$ ); angegeben in $\text{mm dm}^{-1}$ (oder %) bzw. mm im effektiven Wurzelraum                                                                                                            |
| N                         | Niederschlag                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| $\text{N}_m$              | mittlerer Jahresniederschlag                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| N                         | Zeichen für Stickstoff                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| nWSK                      | nutzbare Wasserspeicherkapazität (nutzbare Feldkapazität): pflanzenverfügbares Wasser (Wasser in Mittelporen und langsam drainenden Grobporen; $0,2\text{--}50 \mu\text{m}$ Äquivalentdurchmesser; $\text{pF} 1,8\text{--}4,2$ ); angegeben in $\text{mm dm}^{-1}$ (oder %) bzw. mm im effektiven Wurzelraum |
| OBH                       | Oberbodenhorizont(e) (s. a. UBH)                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| OS                        | organische Substanz ( $\text{C}_{\text{org}} \times 1,724$ )                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Pg                        | Petagramm ( $10^{15} \text{g}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| PV                        | Porenvolumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

---

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| rH              | negativer dekadischer Logarithmus des Wasserstoff-Partialdrucks                                                                                                                                                                                                        |
| RSG             | Reference Soil Group („Bodentyp“ der WRB)                                                                                                                                                                                                                              |
| S               | a) Zeichen für Schwefel<br>b) Sand (Korndurchmesser 63–2 000 µm)                                                                                                                                                                                                       |
| SAR             | sodium adsorption ratio: $\text{Na}^+ / 0,5(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})^{0,5}$ , Ionen in cmol(+) / Liter Bodenlösung                                                                                                                                             |
| Si <sub>o</sub> | Silicium, extrahierbar mit saurer Oxalatlösung                                                                                                                                                                                                                         |
| SM              | Schwermetalle                                                                                                                                                                                                                                                          |
| T               | Ton (Korndurchmesser <2 µm)                                                                                                                                                                                                                                            |
| T <sub>m</sub>  | mittlere Jahrestemperatur                                                                                                                                                                                                                                              |
| TRB             | total reserve in bases (Summe der austauschbar + mineralisch gebundenen Basenkationen Ca, Mg, K, Na)                                                                                                                                                                   |
| U               | Schluff (Korndurchmesser 2–63 µm)                                                                                                                                                                                                                                      |
| UBH             | Unterbodenhorizont(e) (s. a. OBH)                                                                                                                                                                                                                                      |
| WRB             | World Reference Base for Soil Resources                                                                                                                                                                                                                                |
| WSK             | Wasserspeicherkapazität (Feldkapazität): pflanzenverfügbares Wasser + Totwasser (Wasser in Feinporen, Mittelporen und langsam dränenden Grobporen; <50 µm Äquivalentdurchmesser; pF > 1,8); angegeben in mm dm <sup>-1</sup> (oder %) bzw. mm im effektiven Wurzelraum |

### World Reference Base for Soil Resources (WRB)

Dieses Buch gliedert die Böden der Welt nach der **WRB**, deren zweite Auflage 2006 erschienen ist (IUSS Working Group WRB 2006). Die deutsche Übersetzung wurde 2008 veröffentlicht (IUSS Working Group WRB 2008; download bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe); sie beruht auf der 2007 im Internet auf der FAO-Homepage publizierten korrigierten Fassung der zweiten Auflage. Für die Erstellung von Kartenlegenden wurden 2010 auf der FAO-Homepage die „Guidelines for constructing small-scale map legends using the World Reference Base for Soil Resources“ (IUSS Working Group WRB 2010) veröffentlicht.

Vorläufer der zweiten Auflage der WRB sind die Legende zur Weltbodenkarte der FAO (FAO-Unesco 1974; FAO 1988) sowie die erste Auflage der WRB (FAO 1998). Letztere diente als Grundlage für die erste Auflage des vorliegenden Buches.

Die WRB kennt **zwei Klassifikationsebenen**. Auf der oberen Ebene sind 32 Bodentypen als **Reference Soil Groups (RSGs)** definiert. Die Klassifikation eines Bodens auf dieser oberen Ebene erfolgt mit Hilfe eines Bestimmungsschlüssels (s. IUSS Working Group WRB 2008, Kapitel 3). Zur weiteren Untergliederung auf der unteren Ebene ordnet man dem Namen der RSG Adjektive zu, die als **Qualifier** bezeichnet werden. Derzeit gibt es 179 Qualifier; sie sind im fortlaufenden Text des Buches mit einem \* gekennzeichnet und im Anhang in alphabetischer Reihenfolge in vereinfachter Form definiert. Einige können mit vielen RSGs kombiniert werden, andere nur mit wenigen oder gar nur mit einer. Im Bestimmungsschlüssel ist daher für jede RSG aufgelistet, welche der 179 Qualifier vorkommen können. Ihre Zahl schwankt von 21 (Nitisole) bis 57 (Cambisole). Da sich jedoch viele Qualifier gegenseitig ausschließen, trifft für einen konkreten Boden nur eine kleine Auswahl der aufgelisteten Qualifier zu. Zur Kennzeichnung von Tiefenbereich oder Intensität von Bodenmerkmalen können **Specifier** verwendet werden. Sie werden den Qualifiern vorangestellt und mit diesen zu einem Wort zusammengefügt, z. B. Endoskeletal (Skeletal\* im Bereich von 50–100 cm, nicht aber darüber).

Die Definitionen sowohl im Bestimmungsschlüssel zu den RSGs (obere Ebene) als auch in der alphabetischen Liste der Qualifier (untere Ebene) basieren ihrerseits auf diagnostischen Materialien, Eigenschaften und Horizonten, welche in diesem Buch mit \*\* versehen sind. **Diagnostische Materialien** kennzeichnen die Ausgangsmaterialien, aus denen sich die Böden entwickelt haben. **Diagnostische Horizonte** und **diagnostische Eigenschaften** sind typische Ergebnisse bodenbildender Prozesse, oder sie kennzeichnen typische Bedingungen der Bodenbildung, wie z. B. reduzierende Verhältnisse. Dabei haben diagnostische Horizonte im Gegensatz zu diagnostischen Eigenschaften immer eine Mindestmächtigkeit, wodurch ihre meist oberflächenparallele Ausbildung zum Ausdruck kommt. Neben diesen durch Merkmalskomplexe gekennzeichneten Diagnostika werden auf beiden Ebenen auch einfache Einzelmerkmale (z. B. Basensättigung oder Tongehalt) für die Definitionen herangezogen.

### Klassifikation von Böden

Für die **Klassifikation eines Bodens (Pedons)** sind die Qualifier in **Präfix-Qualifier** und **Suffix-Qualifier** untergliedert. Diese sind im vorliegenden Buch für jede der 32 RSGs aufgelistet. Die Präfix-Qualifier umfassen zum einen solche Qualifier, die für die betreffende RSG typisch sind, zum anderen jene Qualifier, die einen Übergang zu einer anderen RSG kennzeichnen. Alle anderen Qualifier sind Suffix-Qualifier. Sie geben Auskunft über weitere chemische, physikalische und mineralogische Merkmale der Böden wie Basenstatus, Bodenart oder Farbe. Die Präfix- und Suffix-Qualifier sind für jede RSG in einer verbindlichen Reihenfolge aufgelistet, wodurch sichergestellt werden soll, dass ein bestimmter Boden immer denselben Namen erhält. Die Reihenfolge beinhaltet jedoch keine Rangfolge nach Bedeutung. Für die Klassifikation auf der zweiten Ebene müssen daher alle zutreffenden Qualifier zum Namen der RSG hinzugefügt werden. Lediglich 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 zuerst kommt, 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, wodurch auch hier der Qualifier, der in der Liste zuerst genannt ist, näher am Namen der RSG steht.

Will man einen Boden klassifizieren, so wird empfohlen, zunächst die diagnostischen Horizonte, Eigenschaften und Materialien an Hand der Geländeansprache sowie der Labordaten und gemäß

ihren Definitionen (s. IUSS Working Group WRB 2008, Kapitel 2) zu identifizieren. Mit Hilfe eines Schlüssels (s. IUSS Working Group WRB 2008, Kapitel 3) erfolgt dann die Bestimmung der Reference Soil Group (RSG) und damit die Klassifikation auf der oberen Ebene. Schließlich geht man für die betreffende RSG die Präfix- und Suffix-Qualifier-Listen durch und fügt alle zutreffenden Qualifier hinzu.

**Beispiel für eine Klassifikation nach WRB.** Ein Boden hat einen ferralic\*\* Horizont, in dessen oberem Teil sich die Bodenart innerhalb von 15 cm von sandigem Lehm zu sandigem Ton ändert. Somit ist ein Teil des ferralic\*\* Horizonts gleichzeitig ein argic\*\* Horizont. Der pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 6 und zeigt damit mäßige bis gute Basensättigung an. Der B-Horizont ist dunkelrot; unterhalb von 50 cm beginnt eine redoximorphe Fleckung. Der Boden ist also ein Ferralsol (s. Abschnitt I.1). Die Klassifikation dieses Bodens im Gelände ist: **Lixic Ferralsol (Ferric, Rhodic)**. Dabei zeigt der Lixic\* Qualifier den argic\*\* Horizont mit niedriger  $KAK_{pot}$  und hoher BS an, der Ferric\* Qualifier das redoximorphe Farbmuster und der Rhodic\* Qualifier die dunkelrote Matrixfarbe. Wenn die nachfolgende Laboranalyse zeigt, dass die potentielle Kationenaustauschkapazität (in 1 M  $NH_4OAc$ , pH 7) des ferralic Horizont unter  $4\text{ cmol}(+)\text{ kg}^{-1}$  Ton liegt, wird dies durch den Vetic\* Qualifier ausgedrückt und die endgültige Klassifikation lautet: **Lixic Vetic Ferralsol (Ferric, Rhodic)**.

Zur Beschreibung des Bodens und seiner Merkmale empfiehlt die WRB die Guidelines for Soil Description (FAO 2006). Dabei ist es zweckmäßig, Vorkommen und Tiefe der identifizierten diagnostischen Horizonte, Eigenschaften und Materialien bereits im Gelände zu notieren und eine vorläufige Klassifikation vorzunehmen. Die endgültige Klassifikation erfolgt, wenn die Analysendaten verfügbar sind. Zur Bestimmung der chemischen und physikalischen Laborwerte werden die Procedures for Soil Analysis (Van Reeuwijk 2002) empfohlen.

## Begrabene Böden und Paläoböden

Ist ein Boden unter (neu bzw. später) abgelagertem Material begraben, so gelten in der WRB folgende Regeln:

1. Das aufgelagerte Material und der begrabene Boden werden wie ein einziger Boden klassifiziert, wenn sie zusammen die Kriterien einer der folgenden RSGs erfüllen: Histosol, Technosol, Cryosol, Leptosol, Vertisol, Fluvisol, Gleysol, Andosol, Planosol, Stagnosol oder Arenosol.
2. Trifft dies nicht zu, so muss geprüft werden, wie mächtig das aufgelagerte Material ist und ob es nach Ablagerung schon eine fortgeschrittene Bodenentwicklung durchgemacht hat. Ist es mindestens 50 cm mächtig oder erfüllt es für sich allein betrachtet die Kriterien einer RSG, die im Schlüssel vor dem Regosol kommt, so wird zunächst das aufgelagerte Material klassifiziert. Der Name des begrabenen Bodens wird dann mit dem Wort „over“ hinter dem Namen des aufgelagerten Bodens angefügt, z. B. Technic Umbrisol (Greyic) over Rustic Podzol (Skeletal).
3. In allen anderen Fällen wird der begrabene Boden klassifiziert und das aufgelagerte Material durch den Qualifier Novic\* gekennzeichnet.

**Beispiel.** Über einem begrabenen, im Eem entstandenen Chernozem aus Löss wurden während des letzten Glazials 40 cm Löss abgelagert, aus dem sich im Holozän ein Ah- (10 cm) und ein Bw-Horizont (30 cm) entwickelten. Die Ansprache lautet dann z. B.: Eutric Cambisol (Siltic) over Haplic Chernozem (Siltic). Hätte es im aufgelagerten Löss noch kaum Bodenentwicklung gegeben, würde die Ansprache lauten: Haplic Chernozem (Siltic, Siltinovic).

Unter **Paläoböden** versteht man Böden, die schon seit längerer Zeit begraben sind und/oder die unter der Herrschaft anderer bodenbildender Faktoren (insbesondere unter einem anderen Klima) entstanden sind. Für sie hat die WRB noch kein Klassifikationssystem ausgearbeitet. Einstweilen können diagnostische Horizonte begrabener Paläoböden mit dem Thapt(o)-Specifier gekennzeichnet werden, z. B. Thaptomollic, Thaptoferralic. Diese Bezeichnungen werden dem Namen des Bodens als letzte Suffix-Qualifier angefügt. Sie können auch dann verwendet werden, wenn sie in der Liste des (darüber liegenden) rezenten Bodens nicht aufgeführt sind. Beispiel: Ein im Eem aus Löss entstandener und durch Erosion an die Oberfläche gelangter Bt-Horizont wird überlagert von einem Cambisol aus LGM-Löss (Ah: 0–10 cm, Bw: 10–40 cm). Die Ansprache lautet dann: Eutric Cambisol (Thaptargic). Für den Fall, dass mehrere begrabene Bt-Horizonte vorliegen, gibt es derzeit noch keine verbindlichen Klassifikationsvorschläge.

Im Gegensatz zur DBG werden Reliktböden (Böden, die an der Oberfläche liegen, aber unter früheren Klimabedingungen entstanden sind) nach WRB nicht speziell angesprochen. Sie werden klassifiziert, als wären sie unter dem gegenwärtigen Klima entstanden.

## Erstellung von Kartenlegenden

Für die **Erstellung von Kartenlegenden** sind die Qualifier hingegen in **Main Map Unit Qualifier** und **Optional Map Unit Qualifier** untergliedert. Auch diese sind in diesem Buch, wie die Präfix- und Suffix-Qualifier, im Abschnitt zur jeweiligen RSG aufgeführt. Bodenkarten erfordern eine generalisierte

Darstellung von Bodeneigenschaften. Außerdem sind die Legendeneinheiten in Abhängigkeit vom Maßstab unterschiedlich detailliert. Anders als bei der Klassifikation von Pedons können daher nicht einfach sämtliche zutreffenden Qualifier wiedergegeben werden, vielmehr steigt die Zahl der zu berücksichtigenden Qualifier mit der Größe des Maßstabs. Die Main Qualifier sind deshalb nach ihrer Bedeutung **gewichtet**. Für jede RSG gibt es eine Main-Qualifier-Liste, in welcher die Wichtigkeit der Qualifier von oben nach unten abnimmt. Sich gegenseitig ausschließende oder ergänzende Qualifier gleichen Ranges sind in der Liste durch Schrägstrich voneinander getrennt (z. B. Dystric/Eutric). Von ihnen wird immer nur der dominante berücksichtigt.

Diese Regeln erlauben auf Karten und Abbildungen kurze, einprägsame „Bodennamen“. Bei sehr kleinen Kartenmaßstäben muss man auf die Qualifier ganz verzichten und kann nur die RSGs darstellen. Bei Maßstäben von etwa 1 : 5 Millionen kann bereits der oberste zutreffende Qualifier aus der Liste der Main Qualifier hinzugefügt werden. Für den Bereich bis zu 1 : 1 Million sind dann zwei Main Qualifier vorgesehen und bis zu 1 : 250 000 drei Main Qualifier. (Für größere Maßstäbe gibt es noch keine Empfehlungen.) Die Main Qualifier stehen (wie die Präfix-Qualifier bei der Klassifikation von Pedons) vor dem Namen der RSG ohne Klammern und ohne Kommas in der Reihenfolge von rechts nach links.

Auf jeder Maßstabsebene können je nach Zweck der Karte noch weitere Qualifier hinter dem Namen der RSG aufgeführt werden. Sie stehen in Klammern und sind durch Kommas getrennt. Es können bisher unberücksichtigte Main Qualifier sein, die in der Liste der Main Qualifier weiter unten stehen, oder Qualifier aus der Liste der Optional Qualifier. Die Liste der Optional Qualifier ist deshalb ohne jede Rangfolge alphabetisch geordnet.

Generell können in einer Kartiereinheit neben einem dominanten Boden auch co-dominante oder assoziierte Böden angegeben werden.

**Beispiel für die Erstellung einer Legendeneinheit nach WRB.** Eine Kartiereinheit ist dominiert von einem Boden aus mächtigem, stark zersetztem, saurem Hochmoortorf, der innerhalb von 100 cm kontinuierlichem Fels aufliegt und inzwischen drainiert wurde. Der dominante Boden ist also ein Histosol (s. Abschnitt B.1). Die Legendeneinheiten sind:

- Maßstab < 1 : 5 000 000: **Histosol**;
- Maßstab 1 : 5 000 000: **Sapric Histosol**;
- Maßstab 1 : 5 000 000 bis 1 : 1 000 000: **Leptic Sapric Histosol**;
- Maßstab 1 : 1 000 000 bis 1 : 250 000: **Dystric Leptic Sapric Histosol**.

Der Hochmoorcharakter kann durch den Ombric Qualifier (aus der Liste der Main Qualifier) und die Drainierung durch den Drainic Qualifier (aus der Liste der Optional Qualifier) wiedergegeben werden. Auf der größten Maßstabsebene lautet die Einheit also: Dystric Leptic Sapric Histosol (Ombric, Drainic).

**Die Bodenbezeichnungen in den Karten, Bodenprofilen und Catenen in diesem Buch folgen den Regeln für die Erstellung von Kartenlegenden (IUSS Working Group 2010).**

## Horizontsymbole

In diesem Buch werden die Horizontsymbole nach den Guidelines for Soil Description (FAO 2006) verwendet. **Haupthorizonte und -lagen** sind mit Großbuchstaben bezeichnet. Bei **Übergangshorizonten** ist eine Kombination von Großbuchstaben zulässig. Liegen geschichtete Profile vor, so wird den Buchstabenfolgen sämtlicher Horizonte der zweiten Schicht die arabische Ziffer 2, der dritten Schicht die arabische Ziffer 3 etc. vorangestellt. Nachfolgende Tabelle zeigt die Haupthorizonte und -lagen (Definitionen teils vereinfacht). Soweit möglich sind rechts die entsprechenden Horizontsymbole nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5; Ad-hoc-AG Boden 2005) angegeben. Anders als in der KA5 kennzeichnet der erste Buchstabe das dominante Merkmal.

| Symbol | Beschreibung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Entsprechungen nach KA5 (sofern vorhanden) |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| H      | organisches Material, akkumuliert unter langanhaltender Wassersättigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | H                                          |
| O      | organisches Material, das ohne langanhaltende Wassersättigung akkumuliert wurde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | L, O                                       |
| A      | Mineralischer Oberbodenhorizont, in dem das ursprüngliche Gesteinsgefüge ganz oder teilweise verschwunden ist und der mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist: <ul style="list-style-type: none"> <li>Anreicherung von humifizierter organischer Substanz</li> <li>durch Landnutzung hervorgerufene Eigenschaften (z. B. Pflughorizont)</li> <li>eine Morphologie, die sich von jener der darunterliegenden B- oder C-Horizonte unterscheidet</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              | Ah, Ai, Aa, Ap, E, R                       |
| E      | Mineralbodenhorizont, der an organischer Substanz, Ton, Eisen oder Aluminium verarmt ist und in dem das ursprüngliche Gesteinsgefüge ganz oder teilweise verschwunden ist                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Al, Ae                                     |
| B      | Mineralischer Unterbodenhorizont, in dem das ursprüngliche Gesteinsgefüge ganz oder teilweise verschwunden ist und der mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist: <ul style="list-style-type: none"> <li>Hinweise auf Verwitterung mit Anreicherung von Ton oder Oxiden</li> <li>Hinweise auf Carbonatlösung</li> <li>residuale Anreicherung von Sesquioxiden</li> <li>illuviale Anreicherung von Ton, Eisen, Aluminium, Humus, Carbonaten, Gips oder SiO<sub>2</sub></li> <li>Partikel mit Sesquioxidüberzügen, die den Horizont dunkler, intensiver oder stärker rot färben</li> <li>brüchige Konsistenz</li> </ul> (Anmerkung: Cv-Horizonte nach KA5 werden in der FAO zu den B-Horizonten gestellt) | B, Cv, P, T, S, G, M                       |
| C      | Lockerer mineralischer Horizont, der durch bodenbildende Prozesse nur wenig oder gar nicht verändert wurde, der u. U. jedoch durch Prozesse verändert wurde, die nicht von der Bodenoberfläche beeinflusst waren. Auch eine chemische Verwitterung sowie eine Anreicherung von Carbonaten, Gips oder SiO <sub>2</sub> ist möglich, wenn dabei die Gesteinsstruktur im wesentlichen unverändert blieb                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Cj, Cc, ICn                                |
| R      | Festgestein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | mC                                         |
| I      | ≥ 75 Vol.-% Eis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | –                                          |
| L      | limnisches Material (organisch oder mineralisch), abgelagert in einem Wasserkörper                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | F                                          |
| W      | Wasser, permanent oder innerhalb von 24 Stunden zyklisch wiederkehrend                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | –                                          |

Zur näheren Kennzeichnung der Haupthorizonte und -lagen verwendet man die folgenden **Kleinbuchstaben** als Suffixe (R, I und W haben keine Suffixe):

| Suffix | Beschreibung                                                                 | kombinierbar mit                                       | Entsprechungen nach KA5 (sofern vorhanden) |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| a      | stark humifiziertes organisches Material                                     | H, O                                                   | Oh                                         |
| b      | begrabener (fossiler) Horizont                                               | mineralische Horizonte ohne kryoturbate Veränderungen  | f...                                       |
| c      | Konkretionen (meist ausgehärtet)                                             | mineralische Horizonte                                 | ...k                                       |
| c      | koprogene Erde aquatischer Systeme                                           | L                                                      | Fh                                         |
| d      | dichte Lage (physikalisches Durchwurzelungshindernis)                        | mineralische Horizonte ohne Verfestigung (ohne ...m)   | —                                          |
| d      | Diatomeenerde                                                                | L                                                      | —                                          |
| e      | mäßig humifiziertes organisches Material                                     | H, O                                                   | Of                                         |
| f      | gefrorener Horizont                                                          | keine Einschränkungen                                  | —                                          |
| g      | mit Stauwassereinfluss                                                       | keine Einschränkungen                                  | Sw, Sd, Sg                                 |
| h      | Anreicherung organischer Substanz                                            | mineralische Horizonte                                 | Ah, Bh                                     |
| i      | Slickensides                                                                 | mineralische Horizonte                                 | —                                          |
| i      | kaum zersetztes organisches Material                                         | H, O                                                   | L                                          |
| j      | Jarositanreicherung                                                          | keine Einschränkungen                                  | —                                          |
| k      | Anreicherung von Sekundärcarbonat                                            | keine Einschränkungen                                  | ...c                                       |
| l      | hydromorphe Merkmale des Kapillarsaums                                       | keine Einschränkungen                                  | Go                                         |
| m      | mit starker pedogener Verfestigung                                           | mineralische Horizonte                                 | ...m                                       |
| m      | Mergel                                                                       | L                                                      | —                                          |
| n      | pedogene Anreicherung von austauschbarem Natrium                             | keine Einschränkungen                                  | —                                          |
| o      | residuale pedogene Anreicherung von Sesquioxiden                             | mineralische Horizonte                                 | ...u, ...j                                 |
| p      | Pflügen oder andere anthropogene Störungen                                   | O, H, A (gestörte E, B, C werden ebenfalls als A bez.) | ...p, ...x, R                              |
| q      | Anreicherung von pedogenem SiO <sub>2</sub>                                  | mineralische Horizonte                                 | —                                          |
| r      | im Jahresverlauf fast durchgängig reduzierende Verhältnisse                  | keine Einschränkungen                                  | ...r                                       |
| s      | illuviale Anreicherung von Sesquioxiden                                      | B                                                      | ...s                                       |
| t      | illuviale Tonanreicherung                                                    | B, C                                                   | Bt, Ct                                     |
| u      | signifikante Anteile an vom Menschen hergestellten Materialien               | keine Einschränkungen                                  | y...                                       |
| v      | plinthhaltiger Horizont                                                      | mineralische Horizonte                                 | —                                          |
| w      | pedogene Ausbildung von Farbe oder Gefüge                                    | B                                                      | ...v                                       |
| x      | Fragipaneigenschaften                                                        | mineralische Horizonte                                 | —                                          |
| y      | pedogene Gipsanreicherung                                                    | keine Einschränkungen                                  | —                                          |
| z      | pedogene Anreicherung von leichtlöslichen Salzen (leichter löslich als Gips) | keine Einschränkungen                                  | ...z                                       |
| @      | erkennbare Kryoturbation                                                     | keine Einschränkungen                                  | —                                          |

## Übersicht über die Böden und ihre ökozonale Zuordnung

Die Böden der 32 Reference Soil Groups nach WRB werden in diesem Buch in elf Abschnitten vorgestellt. Weltweit verbreitete Böden und typische Gebirgsböden werden in speziellen Abschnitten beschrieben, die verbleibenden RSGs behandeln wir nach ihrem bevorzugten Vorkommen in bestimmten Ökozonen. Die Gliederung der Biosphäre in neun Ökozonen folgt dem Konzept von Schultz (2000, 2008). In den einzelnen Abschnitten sind der Vorstellung der typischen Böden kurze Absätze über Lage, Klima und Vegetation der betreffenden Ökozone in Anlehnung an Schultz vorgeschaltet. Natürlich ist keiner der Böden auf eine einzelne Ökozone beschränkt. Nachfolgende Tabelle gibt für die 32 RSGs eine Kurzcharakteristik mit Horizontfolgen und ökozonaler Verbreitung. In Klammern gesetzte Horizontsymbole bedeuten, dass der entsprechende Horizont fehlen kann.

| RSG <sup>a</sup> | Typische Horizontfolgen                 | Kurzcharakteristik                                                                                                                         | Verbreitung in Ökozone <sup>b</sup> | Seite  |
|------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| Acrisole         | Ah-(E-)Bt-C                             | Böden mit LAC-Anreicherung im Unterboden; $KAK_{pot} < 24 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}$ , $BS_{pot} < 50 \%$                | F, H, I                             | 60     |
| Albeluvisole     | (O-)Ah-E-Bt-C,<br>(O-)Ah-Eg-Btg-C       | saure Böden mit fahlem E-Horizont, der zungenförmig in den tonreicheren Bt-Horizont hineingreift                                           | B, C                                | 18     |
| Alisole          | Ah-(E-)Bt-C                             | Böden mit HAC-Anreicherung im Unterboden; $KAK_{pot} \geq 24 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}$ , $BS_{pot} < 50 \%$             | C, F, H, (I)                        | 62     |
| Andosole         | Ah-C<br>Ah-Bw-C                         | junge Böden, meist aus pyroklastischem Ausgangsmaterial                                                                                    | (A, B, C, D, E, F, G, H, I), J      | 116    |
| Anthrosole       | Ap-Ah-(Bw-)C,<br>Arp-Arpd-Bg-C          | durch menschliche Tätigkeit, meistens im Dienste des Pflanzenbaus nachhaltig überprägte Böden                                              | K                                   | 124    |
| Arenosole        | A(h)-C                                  | sandige Böden; höchstens mäßige Horizontdifferenzierung erkennbar                                                                          | D, G, H, I                          | 70     |
| Calcisole        | A(k)-Ck, A-Bk-C(k),<br>A-Bkc-C, A-Bkm-C | Böden mit deutlichen Anreicherungen an sekundärem Carbonat                                                                                 | D, (E), G, (J)                      | 72     |
| Cambisole        | Ah-Bw-C                                 | Böden mit deutlich erkennbarer, aber nicht weit fortgeschrittener Unterbodenentwicklung                                                    | (A, B), C, (D), E, (F), G, (H), J   | 28, 52 |
| Chernozeme       | Ah-Ck, Ah-Bw-Ck,<br>Ah-(E-)Btk-Ck       | Böden mit mächtigem, schwarzem, humusreichem Ah-Horizont; mit sekundärem Carbonat im Unterboden                                            | C, D, (J)                           | 42     |
| Cryosole         | Ah@-Bw@-Cf,<br>Ah-Bwf-Cf                | Böden mit Permafrost $\leq 100 \text{ cm}$ u. GOF oder mit Kryoturbation $\leq 100 \text{ cm}$ und Permafrost $\leq 200 \text{ cm}$ u. GOF | A, B, J                             | 4      |
| Durisole         | A-Bw-Bqc-C,<br>A-Bw-Bqm-C               | Böden mit deutlichen Anreicherungen an sekundärem, ausgehärtetem $\text{SiO}_2$                                                            | (D), G                              | 76     |
| Ferralsole       | Ah-Bo-C                                 | Kaolinit- und sesquioxidreiche Böden; Unterboden: $KAK < 16 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}$ , stabiles Mikrogefüge            | F, H, I                             | 102    |
| Fluvisole        | Ah-C, Ah-Cl-Cr,<br>Ah-2C-3Ah-3C         | junge Böden aus geschichteten alluvialen Ablagerungen                                                                                      | K                                   | 122    |
| Gleysole         | Ah-BI-Cr, Ah-Br-Cr,<br>Ah-BI-C, H-BI-Cr | zeitweise oder auch ganzjährig von Grundwasser beeinflusste Böden                                                                          | A, B, C, (D, E), F, H, I, (J)       | 14     |
| Gypsisole        | A(y)-Cy, A-By-C(y),<br>A-Bym-C          | Böden mit deutlichen Anreicherungen an sekundärem Gips                                                                                     | (D, E), G                           | 74     |

Fortsetzung:

| RSG <sup>a</sup> | Typische Horizontfolgen                     | Kurzcharakteristik                                                                                                                | Verbreitung in Ökozone <sup>b</sup> | Seite    |
|------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| Histosole        | H-Cr, H@-Hf-Cf, O-R                         | Böden mit mächtigen organischen Horizonten (z. B. Torf, z. B. Tangelhumus)                                                        | A, B, C, I, J                       | 12       |
| Kastanozeme      | Ah-Ck, Ah-Bk-Ck, Ah-(E-)Btk-Ck              | Böden mit mächtigem, kastanienbraunem, humusreichem Ah-Horizont; mit sekundärem Carbonat im Unterboden                            | D, (E), G, J                        | 44       |
| Leptosole        | (O-)A-(B-)C, (O-)A-(B-)R                    | flachgründige Böden aus Festgestein oder sehr skelettreiche Böden (Schotter, Hangschutt)                                          | A, B, (C, D), E, (F), G, (H, I), J  | 112      |
| Lixisole         | Ah-(E-)Bt-C                                 | Böden mit LAC-Anreicherung im Unterboden; $KAK_{pot} < 24 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}$ ; $BS_{pot} \geq 50 \%$    | (E, F, G), H, (I)                   | 88       |
| Luvisole         | Ah-(E-)Bt-C                                 | Böden mit HAC-Anreicherung im Unterboden; $KAK_{pot} \geq 24 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1} \text{ Ton}$ , $BS_{pot} \geq 50 \%$ | (B), C, D, E, F, G, (H), (J)        | 30<br>52 |
| Nitisole         | Ah-Bo-C, Ah-(E-)Bto-C                       | Böden mit hohen Ton-, Fe-Oxid- und Humusgehalten, hoher Gefügestabilität und glänzenden Aggregatoberflächen                       | F, H, I                             | 90       |
| Phaeozeme        | Ah-C, Ah-Bw-C, Ah-(E-)Bt-C                  | Böden mit mächtigem, dunklem, humusreichem Ah-Horizont; $\leq 100 \text{ cm}$ : kein sek. Carbonat, $BS_{pot} \geq 50 \%$         | (B), C, D, F, (I, J)                | 40       |
| Planosole        | Ah-Eg-2Bwg-2C, Ah-Eg-Btg-C                  | Stauwasserböden mit grob texturiertem Oberboden, der mit scharfer Grenze in einen tonreicheren Unterboden übergeht                | B, C, D, (E, F, G), H               | 94       |
| Plinthosole      | Ah-(E-)Bv-C, Ah-Bvc-C, Ah-(E-)Bvm-C         | Böden mit Plinthit (weich), Pisolithen (Konkretionen) oder Petroplinthit (durchgängig verhärtet); kaolinitreich                   | F, H, I                             | 104      |
| Podzole          | O-Ah-E-Bhs-Bsh-C                            | saure Böden mit gebleichtem E-Horizont und dunklen UBH aus eingewaschenen Fe/Al-Humus-Verbindungen                                | B, C, (F, H, I), J                  | 16       |
| Regosole         | A(h)-C                                      | kaum entwickelte Böden aus tonig-schluffigem Lockergestein mit schwacher Profildifferenzierung                                    | A, (B, C, D, E, F), G, (H), J       | 114      |
| Solonchake       | A(h)z-Cz, A(h)z-Bz-C(z)                     | Böden mit hohen Gehalten an leicht löslichen Salzen                                                                               | (A), D, (E), G                      | 78       |
| Solonetze        | A(h)-Btn-C, A(h)-E-Btn-C                    | Böden mit Anreicherung von Tonmineralen und austauschbarem Na im Unterboden                                                       | (B, C), D, (E), G                   | 80       |
| Stagnosole       | Ah-Bg-C, Ah-Eg-Btg-C, Ah-Eg-2Bg-2C          | Stauwasserböden (höchstens mäßiger Texturwechsel, keine ausgeprägten Zungen des Ober- in den Unterboden)                          | (A), B, C, (F, I), J                | 20       |
| Technosole       | Ah-2Cu, Ahl-2O <sub>ur</sub> , Ru-2C-3Bw-3C | Böden aus Materialien, die vom Menschen hergestellt, stark verändert oder an die Oberfläche gebracht wurden                       | K                                   | 126      |
| Umbrisole        | Ah-C, Ah-Bw-C                               | saure Böden mit mächtigem, dunklem, humusreichem Ah-Horizont                                                                      | B, C, (F, H), I, J                  | 32       |
| Vertisole        | Ah-(Bw-)Bi-C                                | tonreiche, meist dunkle Böden mit ausgeprägter Quell-Schrumpf-Dynamik                                                             | (C, D, E, G), H                     | 92       |

<sup>a</sup> RSG: Reference Soil Group.<sup>b</sup> Verbreitung in Ökozone: A Polare und Subpolare Zone; B Boreale Zone; C Feuchte Mittelbreiten; D Trockene Mittelbreiten; E Winterfeuchte Subtropen; F Immerfeuchte Subtropen; G Trockene Subtropen und Tropen; H Sommerfeuchte Tropen; I Immerfeuchte Tropen; J Gebirgsregionen; K Weltweit verbreitete Böden. Ausmaß der Präsenz: A (co-)dominantes Auftreten (Leitbodentyp); A häufiges Auftreten (Begleitbodentyp); (A) untergeordnetes Auftreten, oft im Übergangsbereich zur benachbarten Ökozone.

## Ökozonen der Erde und ihre Böden

---

- A Polare und Subpolare Zone (Tundra)
- B Boreale Zone (Taiga; kalt-gemäßigte Zone)
- C Feuchte Mittelbreiten (feuchte kühl-gemäßigte Zone)
- D Trockene Mittelbreiten (trockene kühl-gemäßigte Zone)
- E Winterfeuchte Subtropen (winterfeuchte warm-gemäßigte Zone)
- F Immerfeuchte Subtropen (immerfeuchte warm-gemäßigte Zone)
- G Trockene Subtropen und Tropen
- H Sommerfeuchte Tropen
- I Immerfeuchte Tropen (tropische Regenwaldgebiete)
- J Gebirgsregionen
- K Weltweit verbreitete Böden

## A

## Polare und Subpolare Zone (Tundra) · Lage, Klima, Vegetation

## Lage

Die Polar- und Subpolargebiete umfassen die im Sommer schnee- und eisfreien, durch Frostschutt gekennzeichneten polnahen Kältewüsten sowie die äquatorwärts anschließende, baumfreie Tundra. Auf der Nordhalbkugel deckt sich ihre südliche Grenze – außer in Gebirgsregionen – in etwa mit der 10 °C-Juli-Isotherme. Die Hauptverbreitungsgebiete sind:

**Nordhalbkugel.** Nördliche Gebiete Alaskas, Kanadas, Skandinaviens und Russlands; Küstengebiete Grönlands, Teile Islands.

**Südhalbkugel.** Küstenstreifen der Antarktis.

Zahlreiche Hochgebirge wie Tian Shan, Altai, Sayan u. a. weisen unterhalb der nivalen Stufe vielfach Pflanzengesellschaften auf, die typisch sind für die Polare und Subpolare Zone. Dieser Bereich wird besonders in der russischen Literatur als „Gebirgstundra“ bezeichnet. Sie grenzt talab an die sog. „Gebirgstaiga“.

## Klima

Typisches Jahreszeitenklima, d. h. die tageszeitlichen Temperaturschwankungen spielen gegenüber den jahreszeitlichen keine Rolle; entscheidend ist der halbjährige Wechsel zwischen Polarwinter und Polarsommer.

Das Klima gehört zum (sub)polaren Typ (E, ET, z. T. Df; Köppen und Geiger 1954). Im wärmsten Monat erreichen die Temperaturen Werte von +6 bis +10 °C, die drei wärmsten Monate liegen im Mittel über +5 °C, die vier wärmsten über 0 °C; Jahresmittel unter 0 °C. Die Schneedeckendauer kann bis 300 d a<sup>-1</sup> erreichen.

## Vegetation

Die Vegetation dieser Zone ist eine polare Tundra aus Zwergsträuchern (Chamaephyten) sowie Grasartigen und kleinen Kräutern (vorwiegend Hemikryptophyten). Die Pflanzen haben ein niedriges Photosynthese-Optimum und vermehren sich sowohl vegetativ (z. B. mittels Ausläufer) als auch generativ (Samen). Solche Doppelstrategien sind typisch für harte Umweltbedingungen. Auf der Nordhalbkugel unterscheidet man von N nach S: **Polare Wüste.** Weitgehend ohne Bewuchs.

**Hocharktische Moos- und Flechtentundra.** Verbreitet nackte, wenig bewachsene Böden oder Schuttdecken. Moose und Flechten dominieren.

**Mittelarktische Gras- und Zwergstrauchentundra.** Wechsel zwischen nackter Bodendecke und Inseln aus Seggen, Zwergsträuchern, Moosen und Flechten.

**Niederarktische Strauch-Tundra.** Geschlossene Pflanzendecke aus Strauchweiden, Strauchbirken, Zwergsträuchern sowie Moosen und Flechten.

**Waldtundra.** Übergangszone zwischen der niederarktischen Tundra und dem borealen Nadelwald („Taiga“). Die Pflanzendecke ist ein Mosaik aus Waldinseln, offenen Wäldern und Strauchtundren. In meernahen Gebieten (wie in Skandinavien und auf Kamtschatka) sind Birken verbreitet; sonst dominieren Nadelhölzer (Fichte, Kiefer, Lärche).

Die Vegetationszeit ist mit 2–3 Monaten (Juni–September) sehr kurz.



Die vielfach „weichen“ Geländeformen der Tundra sind geprägt durch häufigen Frostwechsel. Er führt zu Bodenfließen und Materialsortierung. Die Solummächtigkeit ist vielfach gering und schwankt u. a. in Abhängigkeit vom durch Frostwechsel geformten Mikrolief. Die Vegetation passt sich an diese besonderen Standortsbedingungen an; sie variiert zwischen Gräsern, Moosen, Flechten, Zwergsträuchern und geringwüchsigen Bäumen

