

Scheffer / Schachtschabel

Lehrbuch der Bodenkunde

14., neu bearbeitete und erweiterte Auflage von
P. Schachtschabel†, H.-P. Blume, G. Brümmer,
K. H. Hartge, U. Schwertmann

Unter Mitarbeit von K. Auerswald, L. Beyer, W. R. Fischer,
I. Kögel-Knabner, M. Renger, O. Strebel

248 Abbildungen · 100 Tabellen · 1 Farbtafel



Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1998

Inhalt

1	Einleitung	1	2.3.3	Rolle der Biota	38
1.1	Böden als Naturkörper in Ökosystemen	1	2.3.4	Verwitterungsstabilität	39
1.2	Funktionen von Böden in der Ökosphäre	3	2.4	Mineralbestand von Böden – Mineralbestimmung	41
1.3	Böden als offene Systeme	3	2.4.1	Mineralbestand von Böden	41
1.4	Literatur	4	2.4.2	Mineralbestimmung	43
			2.5	Literatur	43
2	Anorganische Komponenten der Böden – Minerale und Gesteine	5	3	Organische Substanz und Bodenorganismen	45
2.1	Minerale	5	3.1	Organische Substanz	45
2.1.1	Allgemeines	5	3.1.1	Definition und Einteilung	45
2.1.2	Primäre Silicate	6	3.1.2	Organische Ausgangsstoffe und ihre Umwandlung	46
2.1.2.1	Struktur der Silicate	6	3.1.2.1	Pflanzenreste	46
2.1.2.2	Feldspäte	7	3.1.2.2	Mikrobielle Reste	48
2.1.2.3	Glimmer und Chlorite	8	3.1.2.3	Zerkleinerung und Umsetzung der organischen Substanz durch das Edaphon	48
2.1.2.4	Weitere Silicate	9	3.1.2.4	Abbau- und Umwandlungsprozesse der Pflanzeninhaltsstoffe	48
2.1.3	Tonminerale	11	3.1.3	Zusammensetzung und Eigenschaften der Huminstoffe	51
2.1.3.1	Allgemeine Eigenschaften	11	3.1.3.1	Humus-Fractionen	52
2.1.3.2	Kristallstruktur und Einteilung	11	3.1.3.2	Bausteine der Huminstoffe	53
2.1.3.3	Die einzelnen Tonminerale	12	3.1.3.3	Alter der organischen Substanz	55
2.1.3.4	Bildung und Umwandlung der Tonminerale	16	3.1.4	Gleichgewicht zwischen Anlieferung und Abbau sowie Dynamik der organischen Substanz	56
2.1.4	Oxide und Hydroxide	18	3.1.4.1	Einfluß der Standortbedingungen ...	56
2.1.4.1	Siliciumoxide	20	3.1.4.2	Einfluß der Nutzungsform	58
2.1.4.2	Aluminiumhydroxide	20	3.1.4.3	Einfluß der Düngung	59
2.1.4.3	Eisenoxide	21	3.1.4.4	C-Dynamik und Modellansätze	61
2.1.4.4	Titanoxide	25	3.1.4.5	Einfluß globaler Änderungen	63
2.1.4.5	Manganoxide	25	3.1.5	Bedeutung der organischen Substanz für Böden und Pflanzen	63
2.1.5	Carbonate, Sulfate, Sulfide und Phosphate	25	3.1.5.1	Chemische und physiologische Wirkungen	63
2.2	Gesteine	26	3.1.5.2	Bodenbiologische Wirkungen	63
2.2.1	Magmatite	26	3.1.5.3	Physikalische Wirkungen	64
2.2.2	Sedimente und Sedimentite	29	3.1.6	Analytische Bestimmung und Fraktionierung der organischen Substanz	64
2.2.2.1	Allgemeines	29	3.1.6.1	Isolierung und Fraktionierung	64
2.2.2.2	Kiese, Breccien, Konglomerate (Psephite)	30	3.1.6.2	Methoden zur Identifizierung und Strukturauflärung	65
2.2.2.3	Sande und Sandsteine (Psammite) ..	30	3.1.6.3	Altersbestimmung der organischen Substanz	66
2.2.2.4	Schluffe, Tone und Ton- und Schluffsteine (Pelite)	31	3.1.7	Literatur	66
2.2.2.5	Carbonatgesteine	31	3.2	Organo-mineralische Verbindungen	69
2.2.2.6	Quartäre Lockersedimente	31	3.2.1	Literatur	70
2.2.3	Metamorphite	32			
2.2.4	Anthropogene Substrate	33			
2.3	Verwitterung	34			
2.3.1	Physikalische Verwitterung	34			
2.3.2	Chemische Verwitterung	35			
2.3.2.1	Auflösung durch Hydratation	35			
2.3.2.2	Hydrolyse und Protolyse	36			
2.3.2.3	Oxidation und Komplexierung	38			

3.3	Bodenorganismen	70	4.2.2.3	Eintrag saurer Niederschläge	106
3.3.1	Einteilung und Beschreibung	70	4.2.2.4	Oxidation von NH_4^+ und NH_3	106
3.3.1.1	Mikroorganismen	70	4.2.2.5	Oxidation von Fe^{2+} - und Mn^{2+} - Ionen und von Fe-Sulfiden	107
3.3.1.2	Meso-, Makro- und Megafauna	72	4.2.3	Puffersubstanzen und -reaktionen ..	107
3.3.2	Lebensbedingungen	72	4.2.3.1	Erdalkalicarbonate	109
3.3.2.1	Nahrung und Nährelemente	72	4.2.3.2	Variable Ladungen	109
3.3.2.2	Wasser und Luft	73	4.2.3.3	Silicate	109
3.3.2.3	Temperatur und Wärme	73	4.2.3.4	Oxide, Hydroxide und Hydroxysalze	110
3.3.3	Bodenorganismen als Lebens- gemeinschaft	74	4.2.4	SNK und BNK von Böden	110
3.3.3.1	Wechselbeziehungen	74	4.2.5	pH-Werte von Böden	111
3.3.3.2	Organismenbesatz europäischer Böden	74	4.2.5.1	pH-Werte verschiedener Böden	111
3.3.3.3	Bodenorganismen anderer Klimate ..	77	4.2.5.2	Variation des pH nach Ort und Zeit ..	112
3.3.3.4	Einfluß von Bodentiefe und Jahreszeit	77	4.2.6	Kalkung	113
3.3.3.5	Rhizosphäre und Mykorrhiza	77	4.2.7	Anzustrebender pH-Wert von Kulturböden	115
3.3.3.6	Unterschiede im Organismen- besatz zwischen Böden	79	4.2.8	Bestimmungsmethoden	116
3.3.4	Einfluß der Bodenorganismen auf Bodeneigenschaften	79	4.2.9	Literatur	116
3.3.4.1	Mikroorganismen	79	4.3	Redoxreaktionen	117
3.3.4.2	Meso-, Makro- und Megafauna	80	4.3.1	Allgemeines	117
3.3.5	Einfluß von Kulturmaßnahmen	82	4.3.2	Eh-pH-Stabilitätsdiagramme	118
3.3.6	Organismen als Indikatoren für Bodenzustände	83	4.3.3	Redoxsysteme in Böden	120
3.3.7	Untersuchungsmethoden	84	4.3.4	Redoxpotentiale von Böden	122
3.3.7.1	Mikroorganismen	84	4.3.5	Literatur	122
3.3.7.2	Bodentiere und deren Aktivität	85	4.4	Bodenlösung	123
3.3.8	Literatur	85	4.4.1	Zusammensetzung	123
			4.4.2	Chemische Formen der gelösten Elemente	124
4	Chemische Eigenschaften der Böden	87	4.4.3	Gelöste organische Substanzen (DOM) und metallorganische Komplexe	128
4.1	Ionensorption	87	4.4.3.1	Gelöste organische Substanzen	129
4.1.1	Die sorbierende Oberfläche	87	4.4.3.2	Gelöste metallorganische Komplexe	129
4.1.1.1	Größe der Oberfläche	87	4.4.3.3	Eigenschaften metallorganischer Komplexe	130
4.1.1.2	Oberflächenladung	88	4.4.3.4	Rhizosphärenkomplexe	131
4.1.2	System Sorbent – Sorbat	91	4.4.3.5	Einfluß der Redoxbedingungen	131
4.1.2.1	Sorptionstypen	91	4.4.4	Gewinnung der Bodenlösung	132
4.1.2.2	Kationensorption	93	4.4.5	Literatur	133
4.1.3	Ionensorption an Al- und Fe(III)- Oxiden sowie Allophan	98	5	Physikalische Eigenschaften der Böden	135
4.1.4	Ionensorption von Böden	100	5.1	Körnung und Lagerung	135
4.1.4.1	Kationenaustausch	100	5.1.1	Entstehung der Körner	135
4.1.4.2	Anionensorption	102	5.1.2	Größen der Körner	136
4.1.5	Bestimmung	103	5.1.3	Einteilungen der Körner	136
4.1.6	Literatur	103	5.1.3.1	Korngrößenfraktionen	137
4.2	Bodenacidität	104	5.1.3.2	Mischungen, Korngrößen- verteilungen	137
4.2.1	Wesen der Bodenacidität	104	5.1.3.3	Bestimmung der Korngrößenverteilung	138
4.2.2	H^+ -Ionen-Quellen	105	5.1.4	Eigenschaften der Körner	139
4.2.2.1	Bildung von Kohlensäure und organischen Säuren durch Oxidation von Biomasse und Wurzelatmung	105	5.1.4.1	Zusammensetzung und Form	139
4.2.2.2	Abgabe von H^+ -Ionen durch die Wur- zel bei der Kationenaufnahme	106	5.1.4.2	Oberflächen	139
			5.1.5	Häufige Verteilungen der Körner ..	140

5.1.5.1	Ursachen	140	5.3.5	Beurteilung des Bodengefüges für den Pflanzenbau	180
5.1.5.2	Landschaftsbezogene Vorkommen	141	5.3.6	Literatur	181
5.1.6	Lagerung der Primärteilchen	141	5.4	Bodenwasser	183
5.1.6.1	Abstützung und Berührung	141	5.4.1	Einteilung – Bindungsarten	183
5.1.6.2	Kennziffern der Lagerung	142	5.4.1.1	Grund- und Stauwasser	183
5.1.6.3	Porenanteile in Böden	143	5.4.1.2	Adsorptions- und Kapillarwasser ..	183
5.1.6.4	Porenformen	144	5.4.1.3	Bestimmung des Wassergehaltes ...	185
5.1.6.5	Porengrößenverteilung	144	5.4.2	Intensität der Wasserbindung	185
5.1.7	Zeitliche bedingte Veränderungen .	146	5.4.2.1	Potentiale	185
5.1.7.1	Veränderungen der Körnung	146	5.4.2.2	Potential-Gleichgewicht	188
5.1.7.2	Veränderungen der Lagerung	146	5.4.2.3	Beziehung zwischen Matrix- potential und Wassergehalt	189
5.1.8	Zusammenhang zwischen fester Phase und anderen Bodeneigenschaften	147	5.4.3	Wasserbewegung in flüssiger Phase	191
5.1.9	Literatur	147	5.4.3.1	Einfluß von Körnung und Gefüge .	193
5.2	Wechselwirkungen zwischen Primärteilchen und Umgebung	148	5.4.3.2	Einfluß des Wassergehaltes	194
5.2.1	Flockung und Peptisation	149	5.4.3.3	Bestimmung der Wasserleit- fähigkeit	195
5.2.1.1	Energetische Wechselbeziehun- gen zwischen Bodenkolloiden	149	5.4.3.4	Wasseraufnahme – Wasserabgabe .	195
5.2.1.2	Einfluß von Kationenbelag und Wertigkeit auf die Flockung	151	5.4.4	Wasserbewegung in dampf- förmiger Phase	199
5.2.1.3	Einfluß von Polymeren auf Flockung und Dispergierung	152	5.4.4.1	Wasserdampfbewegung im Boden ..	199
5.2.1.4	Aufbau der Flocken	153	5.4.4.2	Evaporation aus dem Boden	200
5.2.1.5	Einfluß des elektrokinetischen Potentials	154	5.4.4.3	Kondensation im Boden	202
5.2.2	Schrumpfung und Quellung	154	5.4.5	Wasserhaushalt der Böden	202
5.2.2.1	Schrumpfung	154	5.4.5.1	Bodenkennwerte	202
5.2.2.2	Quellung	156	5.4.5.2	Jahreszeitlicher Gang des Wasserhaushalts	204
5.2.3	Benetzbarkeit	157	5.4.5.3	Klassifizierung	207
5.2.4	Kohäsion, Konsistenz und Strömungsdruck	158	5.4.6	Wasserhaushalt von Landschaften .	207
5.2.5	Literatur	159	5.4.6.1	Einzugsgebiete	209
5.3	Gefüge	160	5.4.6.2	Einfluß von Topographie und Geologie	209
5.3.1	Gefügemorphologie	160	5.4.6.3	Einfluß von Klima und Witterung	209
5.3.1.1	Makrogefüge	160	5.4.6.4	Auswirkungen der Wasserbewe- gung auf die Bodenentwicklung ...	210
5.3.1.2	Mikrogefüge	162	5.4.6.5	Berechnungen	210
5.3.1.3	Riß- und Röhrensysteme	164	5.4.7	Wasserversorgung der Pflanzen ...	211
5.3.2	Spannungen und Verformungen ...	165	5.4.7.1	Pflanzenverfügbares Wasser	212
5.3.2.1	Kräfte am Korn	165	5.4.7.2	Wasserbewegung im System Boden-Pflanze-Atmosphäre	214
5.3.2.2	Kräfte und Spannungen im Bodenverband	166	5.4.7.3	Wasserverbrauch und Pflanzenertrag	216
5.3.2.3	Einfluß des Wassers	168	5.4.8	Literatur	217
5.3.3	Stabilität des Bodengefüges	169	5.5	Bodenluft	219
5.3.3.1	Stabilisierende Stoffe	170	5.5.1	Zusammensetzung und Herkunft der Komponenten	219
5.3.3.2	Verschlämmung, Verknetung und Verkrustung	172	5.5.2	Transportmechanismen	221
5.3.3.3	Strömungsdruck, Erdfließen	172	5.5.3	Gashaushalt	222
5.3.3.4	Bestimmung der Gefügestabilität ..	173	5.5.3.1	Gashaushalt und Umwelt	222
5.3.4	Biologische, klimatische und anthropogene Einflüsse auf das Bodengefüge	174	5.5.3.2	Gashaushalt und Pflanzenstandort	223
5.3.4.1	Gefüge eines Bodens als Gleichgewichtslage	174	5.5.4	Literatur	224
5.3.4.2	Natürliche Bodenentwicklung	175	5.6	Bodentemperatur	225
5.3.4.3	Anthropogene Einflüsse	179	5.6.1	Bedeutung thermischer Phänomene	225
			5.6.2	Energiegewinn und -verlust	225
			5.6.3	Thermische Eigenschaften	226

5.6.4	Wärmebewegungen	228	6.2.2.1	Pflanzenverfügbares Magnesium	253
5.6.5	Wärmehaushalt	228	6.2.2.2	Bestimmung der Mg-Versorgung von Böden	254
5.6.5.1	Natürlicher Wärmehaushalt	229	6.2.2.3	Mg-Entzüge, -Auswaschung und -Düngung	255
5.6.5.2	Anthropogene Eingriffe	230	6.2.3	Kalium	256
5.6.6	Literatur	231	6.2.3.1	Kalium im Kreislauf	256
5.7	Transportvorgänge und Ver- lagerungen	232	6.2.3.2	K-Formen in Böden	257
5.7.1	Transport im Boden in der flüssigen Phase	233	6.2.3.3	Beziehung zwischen austausch- barem K und K der Bodenlösung ..	258
5.7.2	Transport im Boden in der Gasphase	235	6.2.3.4	Verfügbarkeit des nicht- austauschbaren K für die Pflanze ..	259
5.7.3	Transporte in der Landschaft	235	6.2.3.5	Bestimmung der K-Versorgung von Böden	260
5.7.4	Literatur	237	6.2.4	Natrium	260
5.8	Bodenfarbe	237	6.2.5	Phosphor	261
5.8.1	Farbansprache	237	6.2.5.1	Phosphor im Kreislauf	261
5.8.2	Farbgebende Stoffe und ihr Zeigerwert	238	6.2.5.2	P-Gehalt von Böden	261
5.8.1	Literatur	239	6.2.5.3	P-Formen und ihre Eigenschaften ..	261
6	Nährstoffe der Böden	240	6.2.5.4	Umsetzung von Düngerphosphaten	268
6.1	Verhalten, Bestimmung und Düngung von Nährstoffen	240	6.2.5.5	Übergang des gebundenen Phos- phats in Bodenlösung und Pflanze ..	268
6.1.1	Allgemeines über Gehalt, Bindung und Bilanz	241	6.2.5.6	P-Versorgung von Böden und ihre Bestimmung	269
6.1.2	Nährstoffauswaschung	242	6.2.6	Stickstoff	270
6.1.3	Nährstoffverfügbarkeit	244	6.2.6.1	N-Verbindungen und N-Gehalt	270
6.1.3.1	Nährstoffkonzentration der Bodenlösung	244	6.2.6.2	N-Kreislauf, N-Bilanz und N-Gleichgewicht	271
6.1.3.2	Nährstoffvorrat im Wurzelraum	245	6.2.6.3	N-Mineralisierung und Immobilisierung	272
6.1.3.3	Nährstoffnachlieferung und -transport	246	6.2.6.4	Nitrifikation	274
6.1.3.4	Mikrobielle Aktivität und pH-Wert in der Rhizosphäre, Wurzelausscheidungen	247	6.2.6.5	Denitrifikation	274
6.1.4	Bestimmung der Nährstoff- versorgung von Böden	247	6.2.6.6	Ammonium-Fixierung	275
6.1.4.1	Feldversuche	247	6.2.6.7	Biologische N ₂ -Fixierung	276
6.1.4.2	Gefäßversuche	248	6.2.6.8	N-Düngung und N-Bilanz	276
6.1.4.3	Pflanzenanalyse	248	6.2.6.9	Gasförmige N-Verluste	278
6.1.4.4	Mangelsymptome	248	6.2.6.10	N-Auswaschung	279
6.1.4.5	Chemische Bodenuntersuchungen	248	6.2.6.11	Grundwasserbelastung durch Nitrat auswaschung	281
6.1.5	Düngung in Abhängigkeit von Pflanzenentzug und Nähr- stoffversorgung der Böden	249	6.2.7	Schwefel	282
6.1.5.1	Nährstoffentzug durch die Pflanzen	249	6.2.7.1	S-Bindungsformen in Böden	282
6.1.5.2	Entzugs- und Erhaltungsdüngung ..	249	6.2.7.2	SO ₂ -Emission und S-Deposition ...	283
6.1.5.3	Nährstoffgehaltsklassen und Grenzwerte	250	6.2.7.3	Schwefel in Pflanzen, S-Entzüge, S-Auswaschung und S-Düngung ..	284
6.1.5.4	Einfluß des Standorts, speziell des Unterbodens	250	6.2.8	Literatur	285
6.1.5.5	Änderung der Bodenuntersuchungs- werte nach einer Düngung	251	6.3	Spurennährelemente	288
6.1.6	Literatur	251	6.3.1	Mangan	288
6.2	Hauptnährelemente	252	6.3.2	Eisen	291
6.2.1	Calcium	252	6.3.3	Kupfer	292
6.2.2	Magnesium	253	6.3.4	Zink	295
			6.3.5	Bor	297
			6.3.6	Molybdän	299
			6.3.7	Chlor	301
			6.3.8	Literatur	301
			6.4	Nützliche Elemente	305
			6.4.1	Silicium	305

6.4.2	Cobalt	306	7.6.1.2	Formen der Wassererosion	367
6.4.3	Selen	306	7.6.1.3	Einflußgrößen	368
6.4.4	Literatur	308	7.6.2	Winderosion	369
7	Anthropogene Veränderungen und Belastungen	309	7.6.2.1	Prozesse der Winderosion	369
7.1	Gewässereutrophierung und Gewässerversauerung	309	7.6.2.2	Einflußgrößen	369
7.1.1	Gewässereutrophierung	309	7.6.3	Ausmaß der Bodenerosion	370
7.1.2	Gewässerbelastung durch Pflanzenschutzmittel	312	7.6.4	Schäden durch Bodenerosion	370
7.1.3	Gewässerversauerung	313	7.6.5	Erosionsschutz	371
7.1.4	Literatur	314	7.6.6	Prognosemodelle	371
7.2	Luftbelastung	314	7.6.7	Meßmethoden	372
7.2.1	Emissionen	315	7.6.8	Literatur	372
7.2.2	Literatur	317	8	Bodenentwicklung, Bodensyste- matik und Bodenverbreitung	373
7.3	Schadstoffe	317	8.1	Faktoren der Bodenentwicklung ...	373
7.3.1	Ökotoxikologische Bedeutung von Bodenbelastung	317	8.1.1	Klima	373
7.3.2	Filter-, Puffer- und Trans- formatorfunktion der Böden	321	8.1.2	Ausgangsgestein	375
7.3.3	Ausmaß der Bodenbelastung in Deutschland	322	8.1.3	Schwerkraft und Relief	376
7.3.4	Ermittlung der Schadstoffgehalte und der Belastbarkeit von Böden ..	324	8.1.4	Wasser	377
7.3.5	Anorganische Schadstoffe	326	8.1.5	Fauna und Flora	378
7.3.5.1	Schwefeldioxid und Stickstoffver- bindungen, neuartige Waldschäden .	327	8.1.6	Menschliche Tätigkeit	379
7.3.5.2	Fluor	330	8.1.7	Literatur	380
7.3.5.3	Cadmium	331	8.2	Prozesse der Bodenentwicklung ...	381
7.3.5.4	Blei	336	8.2.1	Verwitterung und Mineralbildung .	381
7.3.5.5	Quecksilber	340	8.2.1.1	Kryoklastik	382
7.3.5.6	Nickel	343	8.2.1.2	Verbraunung und Verlehmung	382
7.3.5.7	Chrom	344	8.2.1.3	Ferralitisierung und Desilifizierung	383
7.3.6	Organische Schadstoffe	346	8.2.1.4	Temperatur- und Salzsprengung	383
7.3.6.1	Nitrosamine	348	8.2.2	Bildung von Humusformen	383
7.3.6.2	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	348	8.2.2.1	Terrestrische Humusformen	384
7.3.6.3	Polycyclische aromatische Koh- lenwasserstoffe (PAK)	352	8.2.2.2	Ackerhumusformen	386
7.3.6.4	Mineralöl und Ölrückstände	353	8.2.2.3	Hydromorphe Humusformen	386
7.3.7	Salzschäden	354	8.2.3	Gefügeentwicklung	387
7.3.8	Literatur	355	8.2.4	Umlagerungen im Profil	387
7.4	Klärschlamm und Müllkompost	358	8.2.4.1	Tonverlagerung	387
7.4.1	Literatur	360	8.2.4.2	Podsolierung	389
7.5	Verhalten von organischen Bioziden in Böden	361	8.2.4.3	Carbonatisierung	390
7.5.1	Adsorption, Verlagerung und Verdampfung	361	8.2.5	Versalzung	391
7.5.2	Chemische und mikro- biologische Umwandlung	363	8.2.5.1	Tagwasserversalzung	391
7.5.3	Veränderung des Organismen- besatzes durch Biozide	364	8.2.5.2	Grundwasserversalzung	392
7.5.4	Literatur	364	8.2.5.3	Künstliche Versalzung	392
7.6	Bodenerosion	365	8.2.5.4	Vegetation und Melioration	393
7.6.1	Wassererosion	365	8.2.6	Redoximorphose	394
7.6.1.1	Prozesse der Wassererosion	365	8.2.6.1	Reduktomorphie und Sulfidbildung	394
			8.2.6.2	Konkretionsbildung und Rostfleckung	395
			8.2.6.3	Vergleyung	395
			8.2.6.4	Pseudovergleyung	395
			8.2.6.5	Schwefelsäurebildung	396
			8.2.7	Turbationen	396
			8.2.7.1	Bioturbation	396
			8.2.7.2	Kryoturbation	397
			8.2.7.3	Peloturbation	397
			8.2.7.4	Spaltenkumulation	398
			8.2.8	Stoffumlagerungen in der Landschaft	398

8.2.8.1	Massenversatz am Hang	399	8.6.3	Nitisol	451
8.2.8.2	Bodenumlagerung durch Wasser und Wind	399	8.6.4	Acrisol und Lixisol	452
8.2.8.3	Verlagerung durch Hangzugwasser	400	8.6.5	Kastanozeme	452
8.2.9	Profildifferenzierung	401	8.6.6	Arenosol	453
8.2.10	Literatur	403	8.6.7	Calcisol und Gypsisol	454
8.3	Bodenhorizonte, diagnostische Horizonte und Eigenschaften	404	8.6.8	Solonchake	454
8.3.1	Deutsche Definitionen von Horizontsymbolen	404	8.6.9	Solonetze	455
8.3.1.1	Bodenlagen	405	8.6.10	Planosol	456
8.3.1.2	Horizontmerkmale	406	8.6.11	Andosol	456
8.3.1.3	Bodenhorizonte	407	8.6.12	Cryosol und weitere Böden mit Permafrost	456
8.3.2	Diagnostische Horizonte, Eigenschaften und Materialien	407	8.6.13	Redoximorphe Kultisol (Reisböden)	457
8.3.3	Literatur	409	8.6.14	Literatur	458
8.4	Bodensystematik	410	8.7	Bodenverbreitung	459
8.4.1	Entwicklung der Bodensystematik	410	8.7.1	Grundsätze der Bodenvergesellschaftung	459
8.4.2	Klassifikationssysteme in Deutschland	410	8.7.2	Bodenregionen Mitteleuropas	461
8.4.3	Klassifikationssysteme in den USA	413	8.7.3	Bodenzonen der Erde	463
8.4.4	Bodeneinheiten der Weltbodenkarte	415	8.7.3.1	Cryosol-Permafrost-Zonen	463
8.4.5	Internationale Bodensystematik	416	8.7.3.2	Podzol-Umbrisol-Glossisol- Zonen	464
8.4.6	Literatur	418	8.7.3.3	Luvisol-Stagnosol-Cambisol- Gleysol-Zonen	465
8.5	Böden Mitteleuropas	418	8.7.3.4	Zonen mediterraner Böden	465
8.5.1	Landböden (terrestrische Böden)	418	8.7.3.5	Steppenboden-Zonen	465
8.5.1.1	Syrosem	419	8.7.3.6	Calcisol-Gypsisol-Solonchak- Arenosol-Zonen	466
8.5.1.2	Lockersyrosem	419	8.7.3.7	Vertisol-Lixisol-Nitisol-Zonen	467
8.5.1.3	O/C-Boden	419	8.7.3.8	Ferralsol-Acrisol-Alisol-Zonen	467
8.5.1.4	Ranker	421	8.7.3.9	Fluvisol-Gleysol-Regionen	468
8.5.1.5	Regosol	421	8.7.3.10	Leptosol-Regionen	468
8.5.1.6	Rendzina	422	8.7.4	Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume	468
8.5.1.7	Pararendzina	423	8.7.5	Literatur	470
8.5.1.8	Tschernosem (Schwarzerde)	424	9	Bodenbewertung	471
8.5.1.9	Braunerde	425	9.1	Allgemeines	471
8.5.1.10	Terra fusca	427	9.2	Bewertung für forstliche Nutzung	472
8.5.1.11	Parabraunerde und Fahlerde	428	9.3	Bewertung für landwirt- schaftliche Nutzung	472
8.5.1.12	Podsol	430	9.4	Bewertung für Sonderkulturen	475
8.5.1.13	Pelosol	431	9.5	Literatur	476
8.5.1.14	Pseudogley	432	10	Anhang	477
8.5.1.15	Stagnogley	434	10.1	Gliederung geologischer Formationen	477
8.5.1.16	Reduktosol	435	10.2	Literatur	479
8.5.2	Grundwasserböden (semiterrestrische Böden)	436	10.3	Symbole	480
8.5.2.1	Gleye	436	10.3.1	Abkürzungen	480
8.5.2.2	Auenböden	438	10.3.2	Maßeinheiten	480
8.5.2.3	Marschen	440	10.3.3	Umrechnungsfaktoren	480
8.5.3	Unterwasserböden (subhydrische Böden)	442	10.4	Sachwortregister	481
8.5.4	Moore	444			
8.5.5	Anthropogene Böden	447			
8.5.6	Literatur	448			
8.6	Wichtige Böden außerhalb Mitteleuropas	449			
8.6.1	Vertisol	449			
8.6.2	Ferralsol und Sesquisol	450			