

Inhalt

1	Einleitung	1	2.3.2.1	Allgemeines	32
1.1	Böden als Naturkörper in Ökosystemen	1	2.3.2.2	Kiese, Breccien, Konglomerate (Psephite)	34
1.2	Funktionen von Böden in der Ökosphäre	3	2.3.2.3	Sande und Sandsteine (Psammite) ..	34
1.3	Böden als offene und schützenswerte Systeme	4	2.3.2.4	Schluffe und Schluffsteine (Silte), Tone und Tonsteine (Pelite)	35
1.4	Literatur	5	2.3.2.5	Carbonatgesteine	36
2	Anorganische Komponenten der Böden – Minerale und Gesteine	7	2.3.2.6	Quartäre Sedimente	36
2.1	Der Kreislauf der Gesteine	7	2.3.3	Metamorphite	37
2.2	Minerale	7	2.3.4	Anthropogene Substrate	38
2.2.1	Allgemeines	7	2.3.5	Gesteinsbestimmung	39
2.2.2	Struktur der Silicate	8	2.4	Verwitterung	39
2.2.3	Primäre (lithogene) Silicate	8	2.4.1	Physikalische Verwitterung	39
2.2.3.1	Feldspäte	9	2.4.2	Chemische Verwitterung	40
2.2.3.2	Glimmer und Chlorite	10	2.4.2.1	Auflösung durch Hydratation	41
2.2.3.3	Pyroxene und Amphibole	12	2.4.2.2	Hydrolyse	41
2.2.3.4	Weitere Silicate	13	2.4.2.3	Oxidation und Komplexierung	43
2.2.4	Tonminerale	13	2.4.3	Rolle der Biota	44
2.2.4.1	Allgemeine Eigenschaften	13	2.4.4	Verwitterungsstabilität	45
2.2.4.2	Kristallstruktur und Einteilung	14	2.4.4.1	Thermodynamische Betrachtung	45
2.2.4.3	Kaolinit und Halloysit	15	2.4.4.2	Kinetik der chemischen Verwitterung	46
2.2.4.4	Illite und Glaukonite	16	2.4.4.3	Verwitterungsgrad	47
2.2.4.5	Vermiculite und Smectite	16	2.5	Mineralbestand von Böden	48
2.2.4.6	Pedogene Chlorite	17	2.6	Literatur	50
2.2.4.7	Palygorskit und Sepiolit	18	3	Organische Substanz und Bodenbiologie	51
2.2.4.8	Allophan, Imogolit und Hisingerit ..	18	3.1	Organische Substanz	51
2.2.4.9	Wechselagerungsminerale	19	3.1.1	Definition und Einteilung	51
2.2.5	Bildung und Umwandlung der Tonminerale	19	3.1.2	Pflanzenreste und ihre Umwandlung während des Abbaus	51
2.2.5.1	Veränderung der Zwischenschichtbesetzung	19	3.1.2.1	Zusammensetzung und Struktur der organischen Ausgangsstoffe	51
2.2.5.2	Neubildung aus Zerfallsprodukten von Silicaten	20	3.1.2.2	Abbau- und Umwandlungsreaktionen im Boden	53
2.2.5.3	Tonmineralumwandlungen	20	3.1.3	Stabilisierung der organischen Substanz	57
2.2.6	Oxide und Hydroxide	22	3.1.3.1	Stabilisierung durch strukturchemisch bedingte Eigenschaften ...	57
2.2.6.1	Siliciumoxide	22	3.1.3.2	Stabilisierung durch Wechselwirkungen mit der Mineralphase	59
2.2.6.2	Aluminiumoxide	23	3.1.3.3	Stabilisierung durch physikalische Trennung	60
2.2.6.3	Eisenoxide	24	3.1.3.4	Stickstoff, Schwefel und Phosphor .	61
2.2.6.4	Titanoxide	27	3.1.4	Die organische Substanz des Bodens als Kompartiment im C-Kreislauf ...	62
2.2.6.5	Manganoxide	28	3.1.4.1	Gehalte und Mengen der organischen Substanz in Böden	62
2.2.7	Carbonate, Sulfate, Sulfide und Phosphate	29			
2.2.8	Mineralbestimmung	30			
2.3	Gesteine	31			
2.3.1	Magmatite	31			
2.3.2	Sedimente und Sedimentite	32			

3.1.4.2	Umsetzungsraten und Verweilzeit der organischen Substanz im Boden	63	3.2.4.6	Unterschiede im Organismenbesatz zwischen Böden	94
3.1.4.3	Radiokohlenstoffalter der organischen Substanz	63	3.2.5	Einfluss der Bodenorganismen auf Bodeneigenschaften	95
3.1.4.4	¹³ C-Isotopensignatur der organischen Substanz	64	3.2.5.1	Mikroorganismen	95
3.1.4.5	Modellierung des C-Umsatzes	64	3.2.5.2	Meso-, Makro- und Megafauna	97
3.1.5	Einfluss der Standortbedingungen auf die Humusumsetzung im Boden	66	3.2.6	Einfluss von Kulturmaßnahmen	99
3.1.5.1	Anlieferung organischer Substanz ..	66	3.2.7	Organismen als Indikatoren für Bodenzustände	100
3.1.5.2	Klima und Relief	67	3.2.8	Literatur	101
3.1.5.3	Bodeneigenschaften	68	4	Bodenchemie	103
3.1.5.4	Nutzungsform	70	4.1	Sorption	103
3.1.5.5	Düngung	70	4.1.1	Die sorbierende Oberfläche	103
3.1.5.6	Einfluss globaler Umweltveränderungen	72	4.1.1.1	Größe der Oberfläche	103
3.1.6	Bedeutung der organischen Substanz für Böden und Pflanzen ..	73	4.1.1.2	Oberflächenladung	103
3.1.6.1	Organische Substanz als Reservoir und Filter für Nähr- und Schadstoffe	73	4.1.2	System Sorbent – Sorbat	107
3.1.6.2	Physiologische Wirkung	74	4.1.2.1	Sorptionsmodelle	107
3.1.6.3	Bodenbiologische Wirkungen	74	4.1.2.2	Kationenaustausch	110
3.1.6.4	Physikalische Wirkungen	74	4.1.2.3	Ionensorption an Al- und Fe ^{III} -Oxiden sowie Allophan	115
3.1.7	Analytische Bestimmung, Auftrennung und Charakterisierung der organischen Substanz	75	4.1.2.4	Sorption von organischen Stoffen ..	116
3.1.7.1	Bestimmung des C-Gehalts	75	4.1.3	Kinetik der Sorption	117
3.1.7.2	Isolierung und Fraktionierung	75	4.1.4	Ionensorption von Böden	117
3.1.7.3	Methoden zur Identifizierung und Strukturauflärung	76	4.1.4.1	Kationenaustausch	117
3.1.7.4	Isotopentechniken	78	4.1.4.2	Anionensorption	121
3.1.8	Literatur	78	4.1.5	Bestimmung der KAK	121
3.2	Bodenbiologie	83	4.1.6	Literatur	122
3.2.1	Einteilung und Beschreibung	83	4.2	Bodenacidität	123
3.2.1.1	Mikroorganismen	83	4.2.1	Wesen der Bodenacidität	123
3.2.1.2	Meso-, Makro- und Megafauna	84	4.2.2	H ⁺ -Ionen-Quellen	124
3.2.2	Untersuchungsmethoden	85	4.2.2.1	Bildung von Kohlensäure und organischen Säuren durch Oxidation von Biomasse und durch Wurzelatmung	124
3.2.2.1	Mikroorganismen	85	4.2.2.2	Abgabe von H ⁺ durch die Wurzel bei der Kationenaufnahme	124
3.2.2.2	Bodentiere und deren Aktivität	87	4.2.2.3	Eintrag saurer Niederschläge	125
3.2.3	Lebensbedingungen	88	4.2.2.4	Oxidation von NH ₄ ⁺ und NH ₃	125
3.2.3.1	Lebensraum	88	4.2.2.5	Oxidation von löslichen Fe ²⁺ - und Mn ²⁺ -Ionen und Fe-Sulfiden	126
3.2.3.2	Nahrung und Nährelemente	88	4.2.3	Puffersubstanzen und Pufferreaktionen	126
3.2.3.3	Wasser und Luft	89	4.2.3.1	Carbonat-Puffer	128
3.2.3.4	Temperatur und Wärme	90	4.2.3.2	Pufferung durch variable Ladungen	128
3.2.4	Bodenorganismen als Lebensgemeinschaft	90	4.2.3.3	Pufferung durch Silicatverwitterung	128
3.2.4.1	Wechselbeziehungen	90	4.2.3.4	Pufferung durch Auflösung von Oxiden, Hydroxiden und Hydroxysalzen	129
3.2.4.2	Rhizosphäre und Mykorrhiza	91	4.2.4	Boden-pH-Werte	129
3.2.4.3	Organismenbesatz europäischer Böden	92	4.2.4.1	Einfluss von Klima und Boden	129
3.2.4.4	Bodenorganismen anderer Klimate	93	4.2.4.2	Zeitliche und räumliche Variation ...	130
3.2.4.5	Einfluss von Bodentiefe und Jahreszeit	94			

4.2.4.3	SNK und BNK	131	5.1.8	Zusammenhang zwischen fester Phase und anderen Bodeneigenschaften ..	168
4.2.4.4	Kalkung	132	5.1.9	Literatur	168
4.2.4.5	Anzustrebender pH-Wert von Kulturböden	134	5.2	Wechselwirkungen zwischen fester Phase und Wasser	170
4.2.5	Bestimmungsmethoden	135	5.2.1	Flockung und Peptisation	170
4.2.6	Literatur	135	5.2.1.1	Energetische Wechselwirkung zwischen Bodenkolloiden	171
4.3	Redoxreaktionen	136	5.2.1.2	Einfluss von Kationenbelag und Wertigkeit auf die Flockung	173
4.3.1	Allgemeines	136	5.2.1.3	Einfluss von Polymeren auf Flockung und Dispergierung	174
4.3.2	Eh-pH-Stabilitätsdiagramme	138	5.2.1.4	Aufbau der Flocken	175
4.3.3	Redoxsysteme in Böden	140	5.2.1.5	Einfluss des elektrokinetischen Potentials	175
4.3.4	Redoxpotenziale von Böden	141	5.2.2	Schrumpfung und Quellung	176
4.3.5	Literatur	142	5.2.2.1	Schrumpfung	176
4.4	Bodenlösung	143	5.2.2.2	Quellung	178
4.4.1	Zusammensetzung	143	5.2.3	Benetzbarkeit	179
4.4.2	Chemische Formen (Spezies) der gelösten Elemente	144	5.2.4	Kohäsion, Konsistenz und Strömungsdruck	180
4.4.3	Gelöste organische Substanzen (DOM) und metallorganische Komplexe	147	5.2.5	Literatur	181
4.4.3.1	Gelöste organische Substanzen	149	5.3	Bodengefüge	183
4.4.3.2	Gelöste metallorganische Komplexe	149	5.3.1	Gefügemorphologie	183
4.4.3.3	Eigenschaften metallorganischer Komplexe	149	5.3.1.1	Makrogefüge	183
4.4.3.4	Rhizosphärenkomplexe	151	5.3.1.2	Mikrogefüge	185
4.4.3.5	Einfluss der Redoxbedingungen ..	151	5.3.1.3	Riss- und Röhrensysteme	187
4.4.4	Gewinnung der Bodenlösung	152	5.3.2	Spannungen und Verformungen ..	188
4.4.5	Literatur	153	5.3.2.1	Kräfte am Korn	188
			5.3.2.2	Kräfte und Spannungen im Bodenverband	189
5	Bodenphysik	155	5.3.2.3	Einfluss des Wassers	192
5.1	Körnung und Lagerung	155	5.3.3	Stabilität des Bodengefüges	194
5.1.1	Entstehung der Körner	155	5.3.3.1	Stabilisierende Stoffe	195
5.1.2	Größe der Körner	156	5.3.3.2	Verschlämmung, Verknnetung und Verkrustung	197
5.1.3	Einteilungen der Körner	156	5.3.3.3	Strömungsdruck, Erdfließen	198
5.1.3.1	Korngrößenfraktionen	156	5.3.3.4	Bestimmung der Gefügestabilität ..	198
5.1.3.2	Mischungen, Korngrößenverteilungen	157	5.3.4	Biologische, klimatische und anthropogene Einflüsse auf das Bodengefüge	199
5.1.3.3	Bestimmung der Korngrößenverteilung	159	5.3.4.1	Gefüge eines Bodenprofils als Gleichgewichtslage	199
5.1.4	Eigenschaften der Körner	159	5.3.4.2	Natürliche Bodenentwicklung	200
5.1.4.1	Zusammensetzung und Form	159	5.3.4.3	Anthropogene Einflüsse	204
5.1.4.2	Oberflächen	160	5.3.5	Beurteilung des Bodengefüges für den Pflanzenbau	206
5.1.5	Häufige Verteilungen der Körner ..	160	5.3.6	Literatur	207
5.1.5.1	Ursachen	160	5.4	Bodenwasser	209
5.1.5.2	Landschaftsbezogene Vorkommen	161	5.4.1	Einteilung – Bindungsarten	209
5.1.6	Lagerung der Primärteilchen	162	5.4.1.1	Grund- und Stauwasser	209
5.1.6.1	Abstützung und Berührung	162	5.4.1.2	Adsorptions- und Kapillarwasser ..	210
5.1.6.2	Kennziffern der Lagerung	163	5.4.1.3	Bestimmung des Wassergehalts	211
5.1.6.3	Porenanteile in Böden	164	5.4.2	Intensität der Wasserbindung	212
5.1.6.4	Porenformen	165	5.4.2.1	Potenziale	212
5.1.6.5	Porengrößenverteilung	165			
5.1.7	Zeitliche bedingte Veränderungen	166			
5.1.7.1	Veränderungen der Körnung	166			
5.1.7.2	Veränderungen der Lagerung	167			

5.4.2.2	Potenzialgleichgewicht	214	5.7	Transportvorgänge und Verlagerungen	261
5.4.2.3	Beziehung zwischen Matrixpotenzial und Wassergehalt	215	5.7.1	Transport im Boden in der flüssigen Phase	262
5.4.3	Wasserbewegung in flüssiger Phase	218	5.7.2	Transport im Boden in der Gasphase	264
5.4.3.1	Einfluss von Körnung und Gefüge	220	5.7.3	Transporte in der Landschaft	265
5.4.3.2	Einfluss des Wassergehalts	222	5.7.4	Literatur	266
5.4.3.3	Bestimmung der Wasserleitfähigkeit	222	5.8	Bodenfarbe	267
5.4.3.4	Wasseraufnahme – Wasserabgabe	223	5.8.1	Farbansprache	267
5.4.4	Wasserbewegung in dampfförmiger Phase	227	5.8.2	Farbgebende Komponenten	268
5.4.4.1	Wasserdampfbewegung im Boden	228	5.8.3	Farbe als Indikator für Bodeneigenschaften und bodenbildende Prozesse	270
5.4.4.2	Evaporation aus dem Boden	229	5.8.4	Literatur	270
5.4.4.3	Kondensation im Boden	230			
5.4.5	Wasserhaushalt der Böden	230	6	Nährstoffe der Böden	273
5.4.5.1	Bodenkennwerte	231	6.1	Verhalten, Bestimmung und Düngung von Nährstoffen	273
5.4.5.2	Jahreszeitlicher Gang des Wasserhaushalts	232	6.1.1	Allgemeines über Gehalt, Bindung und Bilanz	274
5.4.5.3	Klassifizierung	235	6.1.2	Nährstoffauswaschung	275
5.4.6	Wasserhaushalt von Landschaften	236	6.1.3	Nährstoffverfügbarkeit	277
5.4.6.1	Einzugsgebiete	236	6.1.3.1	Nährstoffkonzentration der Bodenlösung	277
5.4.6.2	Einfluss von Topographie und lithologischer Situation auf den Wasserhaushalt	238	6.1.3.2	Nährstoffvorrat im Wurzelraum	278
5.4.6.3	Einfluss von Klima und Witterung auf den Wasserhaushalt	238	6.1.3.3	Nährstoffnachlieferung und -transport	279
5.4.6.4	Auswirkungen der Wasserbewegung auf die Bodenentwicklung	238	6.1.3.4	Nährstoffaufschlussvermögen der Pflanzen und mikrobielle Aktivität in der Rhizosphäre	280
5.4.6.5	Berechnungen	239	6.1.4	Bestimmung der Nährstoffversorgung von Böden	281
5.4.7	Wasserversorgung der Pflanzen	240	6.1.4.1	Feldversuche	281
5.4.7.1	Pflanzenverfügbares Wasser	240	6.1.4.2	Gefäßversuche	281
5.4.7.2	Wasserbewegung im System Boden-Pflanze-Atmosphäre	242	6.1.4.3	Pflanzenanalyse	281
5.4.7.3	Wasserverbrauch und Pflanzenertrag	244	6.1.4.4	Mangelsymptome	281
5.4.8	Literatur	246	6.1.4.5	Chemische Bodenuntersuchungen	282
5.5	Bodenluft	248	6.1.5	Düngung in Abhängigkeit von Pflanzenentzug und Nährstoffversorgung der Böden	282
5.5.1	Zusammensetzung und Herkunft der Komponenten	248	6.1.5.1	Nährstoffentzug durch Pflanzen	283
5.5.2	Transportmechanismen	250	6.1.5.2	Entzugs- und Erhaltungsdüngung	283
5.5.3	Gashaushalt	251	6.1.5.3	Nährstoffgehaltsklassen und Grenzwerte	283
5.5.3.1	Gashaushalt und Umwelt	251	6.1.5.4	Einfluss des Standorts, speziell des Unterbodens	284
5.5.3.2	Gashaushalt und Pflanzenstandort	252	6.1.5.5	Änderung der Bodenuntersuchungswerte nach einer Düngung	284
5.5.4	Literatur	253	6.1.6	Literatur	285
5.6	Bodentemperatur	254	6.2	Hauptnährelemente	286
5.6.1	Bedeutung thermischer Phänomene	254	6.2.1	Calcium	286
5.6.2	Energiegewinn und -verlust	255	6.2.2	Magnesium	287
5.6.3	Thermische Eigenschaften	256			
5.6.4	Wärmebewegungen	257			
5.6.5	Wärmehaushalt	258			
5.6.5.1	Natürlicher Wärmehaushalt	258			
5.6.5.2	Anthropogene Eingriffe	260			
5.6.6	Literatur	261			

6.2.2.1	Pflanzenverfügbares Magnesium	287	6.3.5	Bor	339
6.2.2.2	Bestimmung der Mg-Versorgung von Böden	288	6.3.6	Molybdän	341
6.2.2.3	Mg-Entzüge, -Auswaschung und -Düngung	289	6.3.7	Chlor	342
6.2.3	Kalium	290	6.3.8	Literatur	343
6.2.3.1	K im Kreislauf	290	6.4	Nützliche Elemente	346
6.2.3.2	K-Formen in Böden	290	6.4.1	Silicium	346
6.2.3.3	Beziehung zwischen austauschbarem K und K der Bodenlösung ..	292	6.4.2	Cobalt	347
6.2.3.4	Verfügbarkeit des nicht austauschbaren K für die Pflanze	293	6.4.3	Selen	348
6.2.3.5	Bestimmung der K-Versorgung von Böden	294	6.4.4	Literatur	349
6.2.4	Natrium	294	7	Anthropogene Veränderungen und Belastungen	351
6.2.5	Phosphor	295	7.1	Gewässereutrophierung, Gewässerversauerung und Gewässereutrophierung	351
6.2.5.1	Phosphor im Kreislauf	295	7.1.1	Gewässereutrophierung	351
6.2.5.2	P-Gehalt von Böden	295	7.1.2	Gewässerbelastung durch Pflanzenschutzmittel	354
6.2.5.3	P-Formen und ihre Eigenschaften	296	7.1.3	Gewässerversauerung	355
6.2.5.4	Umsetzung von Düngersphosphaten	302	7.1.4	Literatur	356
6.2.5.5	Übergang des gebundenen Phosphats in Bodenlösung und Pflanze	303	7.2	Luftbelastung	357
6.2.5.6	P-Versorgung von Böden und ihre Bestimmung	304	7.2.1	Emissionen	357
6.2.6	Stickstoff	305	7.2.2	Literatur	359
6.2.6.1	N-Verbindungen und N-Gehalte ...	305	7.3	Schadstoffe	359
6.2.6.2	N-Kreislauf, N-Bilanz und N-Gleichgewicht	307	7.3.1	Toxikologisch/Ökotoxikologische Bedeutung von Bodenbelastungen	359
6.2.6.3	N-Mineralisierung und Immobilisierung	309	7.3.2	Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion der Böden	365
6.2.6.4	Nitrifikation	311	7.3.3	Ausmaß der Bodenbelastung in Deutschland	366
6.2.6.5	Denitrifikation	311	7.3.4	Ermittlung der Schadstoffgehalte und der Belastbarkeit von Böden	368
6.2.6.6	Ammonium-Fixierung	312	7.3.5	Anorganische Schadstoffe	371
6.2.6.7	Biologische N ₂ -Fixierung	313	7.3.5.1	Schwefeldioxid und Stickstoffverbindungen – ‚neuartige‘ Waldschäden	371
6.2.6.8	Stickstoff in der Bodensanierung ..	313	7.3.5.2	Fluor	377
6.2.6.9	N-Düngung und Ertrag	314	7.3.5.3	Cadmium	378
6.2.6.10	Gasförmige N-Verluste	316	7.3.5.4	Blei	382
6.2.6.11	N-Auswaschung	317	7.3.5.5	Quecksilber	386
6.2.6.12	Grundwasserbelastung durch Nitrat auswaschung	320	7.3.5.6	Nickel	389
6.2.7	Schwefel	321	7.3.5.7	Chrom	391
6.2.7.1	S-Bindungsformen in Böden	321	7.3.6	Organische Schadstoffe	392
6.2.7.2	SO ₂ -Emission und S-Deposition ...	322	7.3.6.1	Nitrosamine	396
6.2.7.3	Schwefel in Pflanzen, S-Entzüge, S-Auswaschung und S-Düngung ..	323	7.3.6.2	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	396
6.2.8	Literatur	324	7.3.6.3	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	400
6.3	Spurennährelemente	329	7.3.6.4	Mineralöl und Ölrückstände	402
6.3.1	Mangan	329	7.3.7	Salzschäden	403
6.3.2	Eisen	332	7.3.8	Literatur	404
6.3.3	Kupfer	333	7.4	Klärschlamm und Müllkompost ...	407
6.3.4	Zink	336	7.4.1	Literatur	410

7.5	Verhalten organischer Pestizide in Böden	411	8	Bodenentwicklung, Bodensystematik und Bodenverbreitung	439
7.5.1	Wirkstoff- und bodenbezogene Einflussgrößen auf das Verhalten von Pestiziden	411	8.1	Faktoren der Bodenentwicklung ...	439
7.5.1.1	Physikochemische Einflussgrößen	411	8.1.1	Klima	440
7.5.1.2	Ab- und umbaubezogene Einflussgrößen	413	8.1.2	Ausgangsgestein	441
7.5.2	Wirkung von Pestiziden auf Biozöosen	414	8.1.3	Schwerkraft und Relief	443
7.5.3	Verhalten von Pestiziden in Landschaften und standortbezogene Beurteilung	414	8.1.4	Wasser	444
7.5.4	Literatur	415	8.1.5	Fauna und Flora	444
7.6	Bodenerosion	416	8.1.6	Menschliche Tätigkeit	445
7.6.1	Wasserosion	416	8.1.7	Literatur	446
7.6.1.1	Ablöseprozesse	416	8.2	Prozesse der Bodenentwicklung ...	447
7.6.1.2	Transportprozesse	417	8.2.1	Verwitterung und Mineralbildung ..	448
7.6.1.3	Formen der Wasserosion	418	8.2.1.1	Kryoklastik	448
7.6.1.4	Einflussgrößen	418	8.2.1.2	Verbraunung und Verlehmung	448
7.6.2	Winderosion	420	8.2.1.3	Ferralitisierung und Desilifizierung ..	449
7.6.2.1	Prozesse der Winderosion	420	8.2.1.4	Temperatur- und Salzsprengung ...	450
7.6.2.2	Einflussgrößen	420	8.2.2	Bildung von Humusformen	450
7.6.3	Bearbeitungserosion	421	8.2.2.1	Terrestrische Humusformen	450
7.6.3.1	Prozesse der Bearbeitungserosion ..	421	8.2.2.2	Ackerhumusformen	454
7.6.3.2	Einflussgrößen	421	8.2.2.3	Hydromorphe Humusformen	454
7.6.4	Ausmaß der Bodenerosion	421	8.2.3	Gefügentwicklung	454
7.6.5	Schäden	422	8.2.4	Umlagerungen im Profil	455
7.6.6	Erosionsschutz	423	8.2.4.1	Tonverlagerung	455
7.6.7	Prognosemodelle	424	8.2.4.2	Podsolierung	457
7.6.8	Messmethoden	424	8.2.4.3	Carbonatisierung	458
7.6.9	Literatur	424	8.2.4.4	Verkieselung	459
7.7	Mechanische Belastung und Bodenverformung	425	8.2.5	Versalzung	459
7.7.1	Definition der Bodenverformung ..	425	8.2.5.1	Tagwasserversalzung	460
7.7.1.1	Ursachen der Bodenverformung ...	425	8.2.5.2	Grundwasserversalzung	460
7.7.1.2	Stabilität im Wieder- und Erstverdichtungsbereich	426	8.2.5.3	Künstliche Versalzung	461
7.7.2	Folgen der Bodenverformung für physikalische Bodenkenngrößen ...	427	8.2.5.4	Standortigenschaften und Melioration	462
7.7.3	Gegenmaßnahmen und deren Grenzen	429	8.2.6	Redoximorphose	462
7.7.4	Literatur	429	8.2.6.1	Reduktomorphie und Sulfidbildung ..	463
7.8	Radionuklide	430	8.2.6.2	Konkretionsbildung und Rostfleckung	463
7.8.1	Geogene Radioaktivität von Böden und Gesteinen	431	8.2.6.3	Vergleyung	464
7.8.2	Einträge, Bodenstrahlung, Strahlenexposition	432	8.2.6.4	Pseudovergleyung	464
7.8.3	Verhalten in Böden	434	8.2.6.5	Sulfatversauerung	464
7.8.3.1	Uran	434	8.2.7	Turbationen	465
7.8.3.2	Cäsium	434	8.2.7.1	Bioturbation	465
7.8.3.3	Strontium	435	8.2.7.2	Kryoturbation	465
7.8.4	Übergang in die Pflanzen	436	8.2.7.3	Peloturbation	466
7.8.5	Literatur	436	8.2.7.4	Spaltenakkumulation	466
			8.2.8	Stoffumlagerungen in der Landschaft	467
			8.2.8.1	Massenversatz am Hang	467
			8.2.8.2	Bodenumlagerung durch Wasser und Wind	468
			8.2.8.3	Verlagerung durch Hangzugwasser ..	469
			8.2.9	Profildifferenzierung	470
			8.2.10	Literatur	472
			8.3	Bodenhorizonte, diagnostische Horizonte und Eigenschaften	473

8.3.1	Deutsche Definitionen von Horizontsymbolen	473	8.6.8	Durisol	526
8.3.1.1	Bodenlagen	474	8.6.9	Solonchake	527
8.3.1.2	Horizontmerkmale	475	8.6.10	Solonetze	528
8.3.1.3	Bodenhorizonte	478	8.6.11	Planosole	528
8.3.2	Diagnostische Horizonte, Eigenschaften und Materialien	478	8.6.12	Plinthosole	529
8.3.3	Literatur	479	8.6.13	Andosole	529
8.4	Bodensystematik	479	8.6.14	Cryosole und weitere Böden mit Permafrost	530
8.4.1	Entwicklung der Bodensystematik	479	8.6.15	Redoximorphe Anthrosole	531
8.4.2	Klassifikationssysteme in Deutschland	480	8.6.16	Literatur	531
8.4.3	Klassifikationssysteme in den USA	482	8.7	Bodenverbreitung	532
8.4.4	Bodeneinheiten der Weltbodenkarte	484	8.7.1	Grundsätze der Bodenvergesellschaftung	532
8.4.5	Internationale Bodensystematik	485	8.7.2	Bodenregionen Mitteleuropas	535
8.4.6	Literatur	488	8.7.3	Bodenzonen der Erde	535
8.5	Böden Mitteleuropas	488	8.7.3.1	Cryosol-Permafrost-Zonen	537
8.5.1	Landböden (terrestrische Böden) ..	488	8.7.3.2	Podzol-Umbrisol-Albeluvisol-Histosol-Zonen	538
8.5.1.1	Syrosem	488	8.7.3.3	Haplic/Stagnic Luvisol-Cambisol-Gleysol-Zonen gemäßigter Breiten	539
8.5.1.2	Lockersyrosem	489	8.7.3.4	Mediterrane Cambisol-Luvisol-Planosol-Zonen	539
8.5.1.3	O/C-Boden	489	8.7.3.5	Bodenzonen der Steppen	540
8.5.1.4	Ranker	491	8.7.3.6	Calcisol-Gypsisol-Solonchak-Durisol-Arenosol-Zonen	541
8.5.1.5	Regosol	491	8.7.3.7	Vertisol-Lixisol-Nitisol-Zonen	541
8.5.1.6	Rendzina	492	8.7.3.8	Acrisol-Lixisol-Plinthosol-Zonen ..	542
8.5.1.7	Pararendzina	493	8.7.3.9	Ferralsol-Plinthosol-Acrisol-Zonen	542
8.5.1.8	Tschernosem (Schwarzerde)	494	8.7.3.10	Fluvisol-Gleysol-Regionen	542
8.5.1.9	Braunerde	496	8.7.3.11	Leptosol-Cryosol-Andosol-Regionen	542
8.5.1.10	Terra fusca	497	8.7.4	Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume	543
8.5.1.11	Parabraunerde und Fahlerde	498	8.7.5	Literatur	544
8.5.1.12	Podsol	500	9	Bodenbewertung	547
8.5.1.13	Pelosol	502	9.1	Allgemeines	547
8.5.1.14	Pseudogley	503	9.2	Prinzipien der Bodenbewertung ..	547
8.5.1.15	Stagnogley	504	9.3	Bewertung für (Besteuerung) und landwirtschaftliche Nutzung	550
8.5.1.16	Reduktosol	505	9.3.1	Bodenschätzung – Acker-schätzungsrahmen	550
8.5.2	Grundwasserböden (semiterrestrische Böden)	506	9.3.2	Bodenschätzung – Grünland-schätzungsrahmen	552
8.5.2.1	Gleye	507	9.3.3	Bewertung für Sonderkulturen	553
8.5.2.2	Auenböden	509	9.4	Bewertung für forstliche Nutzung ..	553
8.5.2.3	Marschen und Watten	510	9.5	Bewertung für zivilisatorische Ansprüche ohne Nutzung der Primärproduktion	557
8.5.3	Unterwasserböden (subhydrische Böden)	514	9.6	International übliche Verfahren der Bodenbewertung	559
8.5.4	Moore	515	9.6.1	Storie Index Rating (SIR)	559
8.5.5	Anthropogene Böden	518			
8.5.6	Literatur	519			
8.6	Wichtige Böden außerhalb Mitteleuropas	521			
8.6.1	Vertisole	521			
8.6.2	Ferralsole und Sesquisole	522			
8.6.3	Nitisole	524			
8.6.4	Acrisole, Alisole und Lixisole	524			
8.6.5	Kastanozeme	524			
8.6.6	Arenosole	525			
8.6.7	Calcisole und Gypsisole	526			

9.6.2	Fertility Capability Classification (FCC)	559
9.6.3	Land Capability Classification (LCC)	560
9.6.4	Land Suitability Classification (LSC)	561
9.6.5	Agro-Ecological-Zones	562
9.7	Literatur	562
10	Anhang	565
10.1	Bundes-Bodenschutzgesetz	565
10.1.1	Lieratur	566
10.2	Gliederung geologischer Formationen	567
10.2.1	Literatur	569
10.3	Symbole, Maßeinheiten, Umrechnungsfaktoren	570
10.3.1	Abkürzungen	570
10.3.2	Maßeinheiten	571
10.3.3	Umrechnungsfaktoren	571
	Autoren	572
	Sachwortregister	573