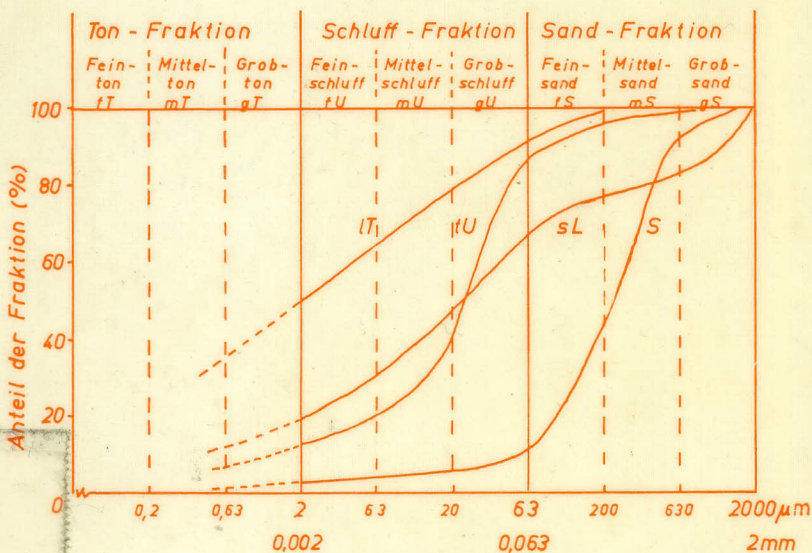


Scheffer/Schachtschabel

Lehrbuch der Bodenkunde

9. Auflage, neubearbeitet von
P. Schachtschabel,
H.-P. Blume, K. H. Hartge
und U. Schwertmann

153 Abbildungen, 77 Tabellen, 1 Farbtafel



Ferdinand Enke Verlag Stuttgart

Scheffer/Schachtschabel

Lehrbuch der Bodenkunde

9. Auflage neubearbeitet von
P. Schachtschabel
H.-P. Blume, K. H. Hartge
und U. Schwertmann

153 Abbildungen, 77 Tabellen, 1 Farbtafel



Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1976

Inhalt

Vorwort	V	c) Palygorskit und Sepiolit	43
Einleitung	1	d) Allophane	43
A. Entstehung und Zusammensetzung der Böden	3	e) Wechsellagerungsminerale	44
I. <i>Anorganisches Ausgangsmaterial</i>	3	3. Bestimmung	44
1. Minerale	3	4. Bildung und Umwandlung der Tonminerale	45
2. Gesteine	5	a) Bildung aus Glimmern und Chloriten	45
a) Magmatite	5	b) Bildung aus Zerfallsprodukten von Silicaten	46
b) Sedimente	6	c) Tonmineralumwandlung	47
c) Metamorphite	10	d) Bildung in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein	48
II. <i>Verwitterung</i>	11	5. Vorkommen in Böden	49
1. Physikalische Verwitterung	11	VII. Organische Substanz	50
2. Chemische Verwitterung	12	1. Definition, Bestimmung und Einteilung	50
a) Lösung	12	2. Organische Ausgangsstoffe und ihre Umwandlung	51
b) Hydrolyse	13	3. Huminstoffe	53
c) Oxidation	14	a) Einteilung, Zusammensetzung und Eigenschaften der Huminstoffe	53
d) Komplexbildung	15	b) Bildung von Huminstoffen	57
3. Verwitterungsstabilität von Mineralen	15	4. Gleichgewicht zwischen Anlieferung und Abbau der organischen Substanz	59
4. Verwitterungsstabilität von Gesteinen	17	a) Mineralisierung	59
5. Verwitterungsgrad von Böden	17	b) Einfluß von Klima, Wassergehalt und Relief	60
III. <i>Körnung (Textur)</i>	18	c) Einfluß der Körnung	61
1. Kornformen, Oberfläche, Korngrößenfraktionen	18	d) Einfluß der Nutzungsform	61
2. Körnungsklassen (Bodenarten)	20	e) Einfluß der Düngung	63
3. Einfluß der Körnung auf die Eigenschaften und die Ertragsfähigkeit der Böden	22	f) pH-Einfluß	67
IV. <i>Mineralzusammensetzung von Böden</i>	23	5. Bedeutung der organischen Substanz für Boden und Pflanze	67
V. <i>Oxide des Si, Al, Fe, Ti und Mn und ihre Löslichkeit</i>	25	a) Chemische und bodenbiologische Wirkungen	67
1. Siliciumdioxid und Kieselsäure	25	b) Physikalische Wirkungen	68
a) Orthokieselsäure und ihre Polymerisation	26	c) Wirkstoffe	68
b) Kieselsäuregehalt der Bodenlösung	26	VIII. Organo-mineralische Verbindungen	69
2. Aluminiumoxide	27	IX. Bodenorganismen	71
3. Eisenoxide	28	1. Einteilung und Beschreibung der Bodenorganismen	71
a) Formen	28	a) Flora	71
b) Entstehung und Vorkommen	29	b) Fauna	73
c) Löslichkeit	30	2. Lebensbedingungen der Bodenorganismen	73
d) Gehalt in Böden	31	a) Nahrung	73
e) Bestimmung	31	b) Feuchtigkeit	74
4. Titanoxide	32	c) Durchlüftung	74
5. Manganoxide	32	d) Temperatur	74
VI. <i>Tonminerale</i>	33	e) pH-Wert	75
1. Allgemeine Eigenschaften	33	3. Zahl und Verteilung der Bodenorganismen	75
a) Gitterbau	33	a) Durchschnittswerte	75
b) Ladung der Silicatschichten	36	b) Abhängigkeit von Profiltiefe,	
2. Tonminerale der Böden	37		
a) Zweischichtminerale	37		
b) Dreischichtminerale	38		

Körnung, Gehalt an organischer Substanz und Jahreszeit	76	(1) pH in wäßriger Suspension, pH(H ₂ O)	114
c) Biozöosen	77	(2) pH in salzhaltiger Suspension, pH(CaCl ₂), pH(KCl)	115
4. Einfluß der Bodenorganismen auf die Bodeneigenschaften	78	(3) Kalkpotential	115
a) Chemische Eigenschaften	78	b) pH-beeinflussende Faktoren	115
b) Physikalische Eigenschaften	80	(1) Kationenbelag und Salze	116
c) Profilbildung	81	(2) Basensättigung	116
5. Einfluß von Kulturmaßnahmen auf das Bodenleben	81	(3) Redoxreaktionen	117
		(4) Jahreszeitliche und örtliche pH-Schwankungen	117
B. Eigenschaften der Böden	83	4. Al-Konzentration in der Bodenlösung	118
<i>I. Kationenaustausch</i>	<i>83</i>	5. pH-Einfluß auf Böden und Pflanzen	118
1. Allgemeines über Sorptionsvorgänge	83	6. Optimales pH in Böden	121
2. Prinzip des Kationenaustausches und Grundbegriffe	83	7. Kalkbedarf und Kalkung	122
3. Ursachen und Ausmaß des Kationenaustausches	84	<i>IV. Redoxreaktionen</i>	<i>125</i>
a) Spezifische Oberfläche	84	1. Allgemeines	125
b) Art der Ladung	85	2. E-pH-Stabilitätsdiagramme	126
c) Tonminerale	85	3. Redoxsysteme in Böden	127
d) Kieselsäure, Al- und Fe-oxide	88	4. Redoxpotentiale von Böden	129
e) Organische Substanz	89	<i>V. Flockung und Peptisation</i>	<i>129</i>
4. Elektrische Doppelschicht der Austauscher	89	1. Energetische Wechselwirkung zwischen Bodenkolloiden	130
a) Allgemeines	89	2. Einfluß von Kationenbelag und Wertigkeit auf die Flockung	131
b) Hydratation der Kationen	89	3. Aufbau der Flocken	133
5. Beziehungen zwischen der Kationenzusammensetzung der Innen- und Außenlösung	92	4. Einfluß des elektrokinetischen Potentials	133
a) Allgemeines	92	<i>VI. Bodengefüge</i>	<i>134</i>
b) Eigenschaften der Kationen	94	1. Gefügeformen	134
c) Eigenschaften der Austauscher	96	a) Einzelkorngefüge	134
d) Gleichungen des Kationenaustausches	99	b) Kohärentgefüge	136
6. Kationenaustauschverhältnisse von Böden	101	c) Aggregatgefüge	136
a) Austauschkapazität (AK)	101	d) Mikrogefüge	138
b) Austauschbare Kationen	103	2. Lagerungsdichte und Porenanteil	138
c) Sorptionsverhältnisse in Bodenprofilen	104	a) Kenngrößen (Lagerungsdichte, Porenvolumen, Porenziffer)	138
d) Selektivitätsverhältnisse	105	b) Porenvolumen in Böden	139
7. Bestimmung	105	3. Eigenschaften des Porensystems	140
<i>II. Anionenadsorption</i>	<i>106</i>	a) Porenformen	140
1. Sorptionsmechanismus und Sorbenten	106	b) Porengrößenbereiche	141
2. Faktoren der Anionenadsorption	107	c) Porengrößenverteilung (Porung)	141
a) Konzentration der Außenlösung	107	d) Veränderungstendenzen	142
b) Art der Anionen	108	(1) Sandböden	142
c) pH-Wert	109	(2) Tonböden	143
		(3) Anthropogene Veränderungen	144
<i>III. Bodenacidität</i>	<i>110</i>	4. Stabilität des Bodengefüges	144
1. Vorgang der Bodenversauerung	110	a) Kräfte und Stabilität	144
2. Gesamtacidität und Säuregruppen	111	b) Lagerungsdichte als Gleichgewichtslage	146
a) Austauschbares Aluminium	112	(1) Verdichtungen	148
b) Hydroxo-Al-Polymere	112	(2) Lockerungen	148
c) Organische Säuregruppen	113	c) Quellung und Schrumpfung	149
d) Bestimmung der Gesamtacidität	113	d) Stabilisierende Stoffe	151
3. pH-Wert	113	(1) Einfluß von organischen Stoffen	151
a) Methoden	114	(2) Einfluß von Al- und Fe-oxiden	153

(3) Einfluß von Kationenbelag, CaCO ₃ -Gehalt und pH	153	5. Wasserhaushalt der Böden	181
(4) Einfluß von organischer Düngung	154	a) Bodenkennwerte des Wasserhaushaltes	181
(5) Einfluß von synthetischen Stabilisatoren	154	(1) Feldkapazität (FK)	181
e) Bestimmung der Gefügestabilität	154	(2) Permanenter Welkepunkt	183
(1) Konsistenz	154	(3) Hygroskopizität	183
(2) Wasserstabilität	155	b) Jahreszeitlicher Gang des Wasserhaushaltes	183
5. Einfluß klimatischer, biologischer und kulturbedingter Faktoren	156	6. Wasserversorgung der Pflanzen	186
a) Einfluß des Frostes	156	a) Speicherfähigkeit des Bodens	186
b) Einfluß der Pflanzen	157	b) Wasserbewegung zur Pflanzenwurzel	187
c) Einfluß der Bodentiere	157	c) Wasserentzug durch die Pflanzen	187
d) Einfluß der Bedeckung und Bearbeitung	158	d) Einfluß der Wasserspannung auf den Pflanzenertrag	188
e) Melioration	159	VIII. Bodenluft	189
f) Jahreszeitliche Schwankungen der Gefügestabilität	159	IX. Bodentemperatur	191
6. Beurteilung des Bodengefüges für den Pflanzenbau	160	X. Bodenfarbe	195
VII. Bodenwasser	161	XI. Nährstoffe	196
1. Einteilung	161	1. Allgemeines über die Nährstoffbindung, -verfügbarkeit und -bilanz	197
a) Grund- und Stauwasser	161	2. Nährstoffauswaschung	198
b) Adsorptions- und Kapillarwasser	162	a) Sickerwassermenge	199
(1) Adsorptionswasser	162	b) Auswaschungsverluste	200
(2) Kapillarwasser	163	c) Gewässereutrophierung	202
c) Bestimmung des Wassergehalts	163	3. Nährstoffverfügbarkeit	205
2. Intensität der Wasserbindung	164	a) Beeinflussende Faktoren	205
a) Potentialkonzept	164	b) Bodenlösung	205
(1) Gesamtpotential	164	c) Nährstofftransport zu den Pflanzenwurzeln	207
(2) Gravitationspotential	165	d) Bestimmung der Nährstoffverfügbarkeit	209
(3) Matrixpotential	165	4. Calcium	214
(4) Sonstige Teilpotentiale	165	5. Magnesium	214
(5) Kombinationen von Teilpotentialen	166	6. Kalium	216
(6) Bestimmung der Potentiale	166	a) K-Bindungsformen	217
b) Potential-Gleichgewicht	167	b) K-Fixierung	217
c) Beziehung zwischen Wasserspannung und Wassergehalt	168	c) Nachlieferbares Kalium	218
(1) Einfluß der Körnung	169	d) Verfügbarkeit des Bodenkalkiums	220
(2) Einfluß des Gefüges	169	e) K-Düngung	224
(3) Hysteresis der Wasserspannungskurve	170	7. Natrium	224
(4) Bestimmung der Wasserspannung	170	8. Stickstoff	225
3. Wasserbewegung in flüssiger Phase	170	a) N-Verbindungen	225
a) Einfluß von Körnung und Gefüge	172	b) N(org.)-Gehalt	226
b) Einfluß des Wassergehaltes	173	c) N-Mineralisierung und N-Immobilisierung	226
c) Bestimmung der Wasserleitfähigkeit	174	d) Nitrifizierung und Denitrifizierung	228
d) Wasseraufnahme und Wasserabgabe	175	e) Nichtaustauschbares NH ₄ und NH ₄ -Fixierung	229
(1) Infiltration	175	f) N-Auswaschung	230
(2) Kapillarer Aufstieg	177	g) N-Bilanz	231
(3) Dränung	178	h) N-Verfügbarkeit	235
4. Wasserbewegung in dampfförmiger Phase	179	9. Phosphor	236
a) Wasserdampfbewegung im Boden	179	a) P-Verbindungen	236
b) Evaporation	180	b) P-Sorption	238
		c) Umsetzung der Düngerphosphate	240

d) Verteilung des anorganischen Bodenphosphors	241	(3) Mull	291
e) Löslichkeit des Bodenphosphors	242	b) Hydromorphe Humusformen	291
f) Mobilisierung des Bodenphosphors	247	3. Gefügebildung	291
g) P-Verfügbarkeit in Böden	248	4. Tonverlagerung	292
h) P-Düngung	252	5. Podsolierung	295
i) P-Auswaschung	253	6. Hydromorphierung	296
10. Schwefel	254	7. Carbonatisierung	298
11. Mangan	256	8. Versalzung	298
12. Eisen	259	a) Natürliche Versalzung	298
13. Kupfer	259	b) Künstliche Versalzung	299
14. Zink	261	c) Vegetation und Melioration	300
15. Bor	262	9. Turbationen	301
16. Molybdän	263	a) Bioturbation	301
17. Chlor	264	b) Kryoturbation	302
18. Kobalt	265	c) Hydroturbation	302
19. Silicium	265	10. Stoffumlagerungen in der Landschaft	303
20. Konzentrationsschäden	266	a) Massenversatz am Hang	303
21. Ertrags- und Düngerentwicklung	267	b) Bodenerosion durch Wasser	304
XII. Anorganische Schadstoffe	268	c) Bodenerosion durch Wind	306
1. Fluor	269	d) Umlagerungen durch Hangzugwasser	308
2. Selen, Nickel	270	11. Profildifferenzierung	309
3. Blei	270	III. Bezeichnung der Bodenhorizonte	311
4. Quecksilber	271	IV. Bodensystematik	313
5. Cadmium	273	1. Entwicklung der Bodensystematik	313
XIII. Verhalten von organischen Bioziden in Böden	274	2. Klassifikationssysteme in Deutschland	314
1. Adsorption, Verlagerung und Verdampfung	274	3. Klassifikationssysteme in den USA	317
2. Chemische und mikrobiologische Umwandlung	276	4. Bodeneinheiten der Weltbodenkarte	320
3. Veränderung des Organismenbesatzes durch Biozide	278	5. Numerische Klassifikation	321
C. Bodengenetik und Bodensystematik	279	V. Böden Mitteleuropas	322
I. Faktoren der Bodenentwicklung	280	1. Landböden (Terrestrische Böden)	322
1. Klima	280	a) Rohböden	322
2. Ausgangsgestein	281	b) Ranker	324
3. Relief	282	c) Rendzina	325
4. Wasser	283	d) Pararendzina	327
5. Fauna und Flora	284	e) Schwarzerde (Tschernosem)	327
6. Menschliche Tätigkeit	284	f) Braunerde	330
II. Prozesse der Bodenentwicklung	286	g) Terra fusca	333
1. Verwitterung und Mineralbildung	286	h) Parabraunerde	334
a) Kryoklastik	287	i) Podsol	336
b) Verbraunung und Verlehmung	287	k) Pelosol	338
c) Desilifizierung und Ferrallitisierung	288	2. Stau- und Grundwasserböden (Hydromorphe Böden)	340
d) Temperatur- und Salzsprengung	289	a) Pseudogley	340
2. Bildung von Humusformen	289	b) Stagnogley	342
a) Terrestrische Humusformen	289	c) Gleye	343
(1) Rohhumus	290	d) Auenböden	345
(2) Moder	290	e) Marschen	347
		3. Unterwasserböden (Subhydrische Böden)	350
		4. Moore	351
		5. Anthropogene Böden	354
		VI. Böden warmer und/oder kontinentaler Klimate	355
		1. Vertisole	356

2. Latosole	357	D. Bodenverbreitung	367
3. Plastosole	358	1. Grundsätze der Bodenvergesellschaftung	367
4. Terra rossa	359	2. Bodenregionen Mitteleuropas	371
5. Steppen- und Halbwüstenböden	359	3. Bodenzonen der Erde	372
6. Wüstenböden	361	E. Bodenbewertung	373
7. Salz- und Alkaliböden	361	1. Allgemeines	373
a) Solontschak	362	2. Bewertung für forstliche Nutzung	375
b) Solonetz	363	3. Bewertung für landwirtschaftliche Nutzung	375
c) Solod	363	<i>Anhang 1 Gliederung der geologischen Formationen</i>	379
8. Andosole	364	<i>Anhang 2 Abkürzungen</i>	382
9. Reisböden	364		
VII. Böden kalter Klimagebiete	365		
1. Böden der Tundren und der alpinen Grasheiden und Polsterrassen	365		
2. Böden der Kältewüsten	366		