
Inhaltsverzeichnis

1	Böden im Gelände	1
	Bodenbildung	1
	Bodennutzung	4
	Messung von Bodeneigenschaften	7
1.1	Der Einsatz von Schürfgruben	8
1.1.1	Auswahl eines geeigneten Standorts	9
1.1.2	Ausheben der Schürfgrube	10
1.1.3	Entnahme von Bodenproben	11
1.1.4	Räumliche Variabilität von Böden	12
1.2	Quantitative Abschätzung von Bodeneigenschaften im Gelände	13
1.2.1	Körnung des Bodens (Textur)	14
1.2.2	Skelettgehalt	16
1.2.3	Porosität und Wasserleitfähigkeit	21
1.2.4	Calciumcarbonatgehalt: Bestimmung im Gelände	21
1.3	Probenahme im Gelände bzw. auf einer Versuchsparzelle	22
1.4	Übungsaufgaben	25
2	Mineralische Bestandteile des Bodens	27
	Betrachtung der Bodenbestandteile	27
	Boden-Dünnschliffe	28
	Korngrößenverteilung und Bodentextur	31
2.1	Verwitterung von Gesteinen und Neubildung pedogener Minerale	36
2.2	Tonminerale und Sesquioxide	37
2.2.1	Tonminerale	37
2.2.2	Sesquioxide	42
2.3	Bodenart und Körnungsanalyse	43
2.3.1	Kornfraktionen (Bodenartengruppen)	44
2.3.2	Standardmethode der Korngrößenanalyse	45
2.3.3	Summenkurven und die Darstellung der Daten	52
2.4	Bestimmung des Carbonatgehalts	53
2.5	Chemische Gleichungen, Stoffmengen und Titrationen	56
2.6	Praktische Übungen	59
2.7	Übungsaufgaben	59
3	Organische Bodensubstanz	61
	Lebendes Bodenmaterial: Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen	62

Abgestorbenes organisches Material	65
Organischer Stickstoff	68
Verwendung von Laborwerten für Freilanduntersuchungen	69
3.1 Gewinnung und Untersuchung von Wurzelmaterial	70
3.2 Bestimmung der mikrobiellen Biomasse	73
3.3 Bestimmung des Wassergehalts und Glühverlusts	77
3.4 Oxidierbarer Kohlenstoff und organische Substanz – die Dichromatmethode	78
3.5 Abbaukinetik der organischen Substanz	82
3.6 Bestimmung des organischen Stickstoffs	87
3.7 Umrechnung von Laborwerten in Freilandwerte	91
3.8 Zuverlässigkeit von Daten	92
3.9 Praktische Übungen	96
3.10 Übungsaufgaben	97
4 Bodengefüge	99
Porensysteme	99
Gefügestabilität	105
4.1 Dichte der festen Bodenbestandteile	109
4.2 Bestimmung der Lagerungsdichte und des Porenvolumens	111
4.3 Bodenquellung und -schrumpfung	116
4.4 Wirkung von Fahrzeugen und Bodenbearbeitungsgeräten auf das Porenvolumen	122
4.5 Praktische Übungen	127
4.6 Übungsaufgaben	129
5 Bodenwasser	131
Bodenwassergehalt	132
Wasserspeichervermögen	132
Wasserspannungskurve	138
Wasserbewegung	140
Kombinierte Wirkung der Saugspannung und Wasserbewegung auf die Wasserversorgung von Pflanzen	142
5.1 Methoden der Messung und Darstellung des Bodenwassergehalts	143
5.2 Messung der Bodensaugspannung	146
5.2.1 Grundlagen	146
5.2.2 Messung der Bodenwasserspannung	147
5.3 Bestimmung der Wasserspannungskurve	152
5.4 Bodenwasserpotential und die Richtung der Wasserbewegung	158
5.4.1 Fallstudie: Bodenwasserdynamik in der Savanne der Sahelzone	161
5.5 Wasserleitfähigkeit und Geschwindigkeit der Wasserbewegung	165
5.5.1 Messung der hydraulischen Leitfähigkeit	166
5.5.2 Fortsetzung der Fallstudie: Bodenwasserdynamik in der Savanne der Sahelzone	176
5.6 Praktische Übungen	178
5.7 Übungsaufgaben	179

6	Bodenluft – Angebot und Bedarf	181
	Messung der Bodenatmung	182
	Bodenatmung: Sauerstoffzufuhr und Kohlendioxidabtransport	184
	Pflanzenwachstum in überfluteten Böden	191
6.1	Respirationsraten, Kohlenstoffverlust und Temperaturwirkungen	191
6.2	Laborbestimmung der Respirationsrate der mikrobiellen Biomasse	193
6.3	Mikrobielle Aktivität in Böden	197
6.4	Messung des luftgefüllten Porenvolumens	200
6.5	Prognosen der Bodendurchlüftung	201
6.6	Chemie der aeroben und anaeroben Bodenatmung	208
	6.6.1 Aerobe Bodenatmung	208
	6.6.2 Anaerobe Bodenatmung	208
	6.6.3 Redoxpotentiale	209
	Numerische Beziehungen	209
6.7	Messung des Redoxpotentials	212
6.8	Fragen zum Naßreisanbau	215
6.9	Praktische Übungen	216
6.10	Übungsaufgaben	217
7	Partikeloberflächen und Bodenlösung	221
	Lösung und Fällung	221
	Adsorption und Desorption	222
7.1	Negative Ladungsplätze auf der Humusoberfläche	231
7.2	Messung austauschbarer Kationen und der KAK neutraler Böden	235
	7.2.1 Bestimmung des austauschbaren Calciums	242
7.3	Messung austauschbarer Kationen und der effektiven Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) saurer Böden	246
7.4	Bestimmung der Zusammensetzung der Bodenlösung	250
7.5	Oberflächenladung und Anionensorption an Sesquioxiden und Tonmineralen	251
7.6	Messung der Anionen- und Kationenaustauschkapazität in Böden variabler Ladung	255
7.7	Praktische Übungen	259
7.8	Übungsaufgaben	260
8	Bodenacidität und Bodenalkalität	263
	Beschaffenheit der Bodenacidität	263
	Entstehung der Bodenacidität	264
	Bodenversauerung unter natürlicher Vegetation	267
	Auswirkungen der Bodenversauerung	269
	Versauerung in landwirtschaftlichen Systemen	269
	Bodenkalkung	271
	Alkalische Böden	272
8.1	Bedeutung und Bestimmung des pH-Werts	273
8.2	Messung der Basen- und Aluminiumsättigung	277
8.3	Chemische Reaktionen in sauren und alkalischen Böden	281
	8.3.1 Bodenacidität	281

8.3.2 Bodenalkalität	285
8.4 Pufferkapazität von Böden und ihre Bestimmung	287
8.5 Ermittlung des Kalkbedarfs	293
8.6 Praktische Übungen	298
8.7 Übungsaufgaben	300
9 Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen	
– Kalium, Calcium und Magnesium	303
Kaliumverfügbarkeit	305
Calciumverfügbarkeit	314
Magnesiumverfügbarkeit	315
9.1 Chemische Extraktion des verfügbaren Kalium, Magnesium und Calcium	316
9.1.1 Kalium	316
9.1.2 Magnesium	318
9.1.3 Calcium	319
9.2 Topfversuche – Techniken und Durchführung	319
9.3 Analyse von Pflanzenmaterial	324
9.3.1 Bestimmung von Kalium im Pflanzenextrakt	326
9.4 Messung und Verwendung von Kaliumaustauschisothermen	327
9.5 Kaliumbilanz im Feld	335
9.6 Regression und Korrelation	337
9.7 Praktische Übungen	342
9.8 Übungsaufgaben	343
10 Phosphor und Schwefel	347
Phosphor	347
Schwefel	357
10.1 Bestimmung des Phosphats in der Bodenlösung	359
10.2 Adsorptions- und Desorptionsisothermen für Phosphat	363
10.3 Boden-P-Extraktion mit Natriumhydrogencarbonat (Olsen-Methode) und Bestimmung des Verfügbarkeitsindex	366
10.4 Phosphorbestimmung in Pflanzenmaterial	368
10.4.1 Pflanzenphosphor	368
10.5 Schwefelbestimmung in Boden- und Pflanzenmaterial	369
10.6 Praktische Übungen	374
10.7 Übungsaufgaben	377
11 Stickstoff	379
Stickstoffdynamik	379
Angebot und Bedarf: Stickstoffbilanz	385
Auswirkungen auf die Umwelt	392
11.1 Bestimmung des mineralischen Stickstoffs in Böden	394
11.2 Stickstoffbestimmung in Pflanzenmaterial	398
11.3 Labormethoden zur Untersuchung der Mineralisierung	400
11.3.1 Vorhersage der Stickstoffverfügbarkeit durch Inkubation im Labor	400
11.3.2 Umwandlungsprozesse des Stickstoffs	401
11.3.3 Alternative Bestimmungsmethoden für Nitrat und Ammonium	405

11.4	ADAS-Stickstoff-Verfügbarkeitsindex	406
11.5	Methoden zur Untersuchung der Nitratauswaschung	411
11.6	Praktische Übungen	423
11.7	Übungsaufgaben	426
12	Verfügbarkeit von Wasser in Böden	427
	Infiltration und Oberflächenabfluß	428
	Evaporation aus dem Boden	430
	Verdunstung aus den Pflanzen	431
	Blattwasserpotential	432
	Pflanzenverfügbares Wasser	436
	Bodenwasserdefizite und Bewässerungsbedarf	436
12.1	Bestimmung der Wasserverluste aus Böden	437
12.2	Schätzung des Wasserverbrauchs von Kulturpflanzen	440
12.3	Das Bucket-Modell des Bodenwasserhaushalts	443
12.4	Praktische Übungen	447
13	Bodenfruchtbarkeit	449
	Produktivitätspotential	450
	Erträge und Wechselwirkungen	452
	Bodenfruchtbarkeit und ihre Erhaltung	455
13.1	Topf- und Freilandmethoden zur Untersuchung von Erträgen und Wechselwirkungen	458
13.2	Das Broadbalk-Experiment	464
13.3	Management und organische Substanz sowie Fragen zum organisch betriebenen Landbau	469
13.4	Messung von Leguminosenwachstum und Stickstoff-Fixierung	474
13.5	Waldrodung und Wanderfeldbau	478
	13.5.1 Veränderungen der Bodeneigenschaften infolge Rodung	478
13.6	Übungsaufgaben	484
14	Salz- und natriumhaltige Böden	487
	Bodenversalzung	487
	Probleme aufgrund hoher Natriumgehalte	492
	Management salz- und natriumhaltiger Böden	495
	Salzgehalt in Gewächshäusern	499
14.1	Analyse der Zusammensetzung des Bewässerungswassers	500
14.2	Herstellung eines Sättigungsextrakts und Analyse des Salz- und Natriumgehalts	505
	14.2.1 Salzgehalt des Bodens	505
	14.2.2 Natriumgehalt des Bodens	509
14.3	Bestimmung der Salztoleranz von Pflanzen durch Topfversuche	513
	14.3.1 Bodenexperimente	513
	14.3.2 Sandkulturversuche	515
	14.3.3 Freilandversuche	515
14.4	Quellung und Dispersion von Tonen	516

14.5 Labormessung des Natriumeinflusses auf Tonquellung und hydraulische Leitfähigkeit	520
14.6 Zur Auswaschung erforderliche Wassermenge, Wassermischung und Zugabe von Gips	526
14.6.1 Zur Auswaschung erforderliche Wassermenge	526
14.6.2 Verbesserung der Qualität des Bewässerungswassers	528
14.7 Leitfähigkeitsindex für Böden und Komposte in Gewächshäusern (ADAS-Verfahren)	529
14.8 Praktische Übungen	531
14.9 Übungsaufgaben	532
15 Pestizide und Metalle	535
Umweltverhalten von Pestiziden	537
Potentiell toxische Elemente in Böden	544
15.1 Einfluß von Unkräutern auf den Ernteertrag	546
15.2 Phytotoxizität und Herbizidpersistenz in Böden	552
15.3 Adsorption von Pestiziden in Böden	559
15.4 Mobilität von Pestiziden und ihre Auswaschung ins Grundwasser	565
15.4.1 Adsorption und Pestizidmobilität	565
15.4.2 Adsorption, Abbau und Pestizidmobilität	568
15.4.3 Modell zur Simulation der Pestizidauswaschung	570
15.5 Bestimmung von Metallen in Böden: Toxizität und Mangel	572
15.5.1 Toxizitäten	572
15.6 Praktische Übungen	576
15.7 Übungsaufgaben	577
Epilog	579
Anhang	581
Anhang 1 Symbole, Einheiten und Sonstiges	581
Anhang 2 Molmassen ausgesuchter Elemente	583
Anhang 3 Das Bucket Modell	584
Anhang 4 Farbtafeln	591
Literaturverzeichnis	599
Sachverzeichnis	607