

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Ziele und Wege bodenkundlicher Untersuchungen .....</b>	<b>1</b>	
<b>2</b>	<b>Auswahl der Untersuchungsobjekte ..</b>	<b>3</b>	
2.1	Auswertung vorhandener Karten .....	3	
2.2	Luftbildinterpretation/Fernerkundung ..	4	
2.3	Geländebegehung .....	4	
2.4	Platzierung der Leitprofile .....	5	
2.5	Anlage eines Bodenprofils .....	5	
<b>3</b>	<b>Aufnahme und Deutung des Bodens im Gelände .....</b>	<b>7</b>	
3.1	Kennzeichnung der Lokalität .....	7	
3.2	Kennzeichnung von Klima und Witterung .....	10	
3.3	Kennzeichnung der Biozönose und der Bestandsgeschichte .....	10	
3.3.1	Biozönose .....	10	
3.3.2	Bestandsgeschichte .....	11	
3.4	Ausgangsgestein .....	11	
3.5	Beschreibung und Untersuchung des Bodenprofils .....	14	
3.5.1	Abgrenzung von Lagen .....	14	
3.5.2	Kennzeichnung der Bodenfarbe .....	14	
3.5.3	Kennzeichnung des Bodengefüges .....	14	
3.5.3.1	Gefügeformen und Gefügebesonnerheiten	14	
3.5.3.2	Stabilität der Aggregate .....	17	
3.5.3.3	Lagerungsdichte .....	17	
3.5.3.4	Porosität .....	19	
3.5.3.5	Feuchte .....	19	
3.5.3.6	Wassergehalt .....	20	
3.5.3.7	Wasserleitfähigkeit im wassergesättigten Zustand .....	20	
3.5.4	Kennzeichnung von Dispersität, Ionenbelag und Redoxzustand .....	20	
3.5.4.1	Bodenart .....	20	
3.5.4.2	pH-Wert .....	23	
3.5.4.3	Redoxzustand .....	24	
3.5.5	Kennzeichnung des Mineralkörpers .....	25	
3.5.5.1	Mineralbestand .....	25	
3.5.5.2	Carbonate .....	25	
3.5.5.3	Tonminerale .....	25	
3.5.5.4	Pedogene Fe- und Mn-Minerale .....	25	
3.5.5.5	Leicht lösliche Salze .....	25	
3.5.5.6	Mineralgröße .....	27	
3.5.5.7	Mineralkörper .....	27	
3.5.6	Kennzeichnung des Humuskörpers .....	27	
3.5.6.1	Streu .....	27	
3.5.6.2	Durchwurzelung .....	27	
3.5.6.3	Humusgehalt und Humusmenge .....	27	
3.5.6.4	Morphe des Humus .....	29	
3.5.6.5	Humifizierungsgrad .....	30	
3.5.6.6	Humifizierungsart .....	30	
3.5.6.7	Humuskörper .....	30	
3.6	Auswertung der Bodendaten .....	32	
3.6.1	Bodengenetische Deutung der Bodenaufnahme .....	32	
3.6.1.1	Horizontbezeichnung .....	32	
3.6.1.2	Bestimmung des Bodentyps .....	36	
3.6.1.3	Bestimmung des Substrattyps und der Bodenform .....	38	
3.6.1.4	Bestimmung der Humusform .....	39	
3.6.2	Ökologische Beurteilung der Bodenaufnahme .....	40	
3.6.2.1	Gründigkeit und Durchwurzelbarkeit .....	40	
3.6.2.2	Wasserhaushalt .....	41	
3.6.2.3	Lufthaushalt .....	47	
3.6.2.4	Wärmehaushalt .....	49	
3.6.2.5	Nährstoffhaushalt .....	49	
3.6.2.6	Bodenbewertung .....	53	
3.6.2.7	Ableitung von Meliorations- und Nutzungsmaßnahmen .....	55	
3.6.2.8	Maßnahmen zum Bodenschutz .....	56	
3.7	Dokumentation des Bodens .....	58	
3.7.1	Bodenskizze .....	60	
3.7.2	Farbfoto .....	60	
3.7.3	Lackabzug .....	60	
3.7.4	Profilmonolith .....	60	
<b>4</b>	<b>Bodenkartierung .....</b>	<b>61</b>	
4.1	Böden in der Landschaft .....	61	
4.2	Fragestellung und Kartentypmaßstab .....	62	
4.2.1	Fragestellung von Bodenkartierungen .....	62	
4.2.2	Kartenmaßstab und Kartiergenauigkeit .....	63	
4.3	Kartierzubereitung .....	64	

4.3.1	Stand der Kenntnis .....	64	5.3.1.2	Bestimmung von Porenvolumen und Porenfüllung steinärmer Horizonte .....	87
4.3.2	Geländeerkundung .....	64	5.3.1.3	Bestimmung des Porenvolumens und der Porenfüllung steinreicher Horizonte ..	88
4.4	Kartierhilfsmittel .....	65	5.3.2	Kennzeichnung von Aggregatform und -aufbau .....	88
4.4.1	Grundlagen, Karte und Zeichenmaterial ..	65	5.3.2.1	Messtechnische Grundlagen .....	89
4.4.2	Geodätische Kartierhilfsmittel .....	65	5.3.2.2	Bestimmung der Gefügeform .....	90
4.4.3	Grab- und Bohrgeräte .....	65	5.3.2.3	Bestimmung der Aggregatgrößen- verteilung .....	90
4.4.4	Hilfsmittel zur Merkmalerfassung .....	66	5.3.2.4	Bestimmung der Konkretionen .....	90
4.4.5	Luftbild und Satellitenbild .....	66	5.3.2.5	Mikrogefugeuntersuchungen an Dünnschliffen .....	91
4.5	Leitprofile .....	67	5.3.3	Kennzeichnung der Porengrößen- verteilung und Wasserbindung .....	93
4.6	Kartierschlüssel .....	67	5.3.3.1	Messtechnische Grundlagen .....	93
4.7	Kartierverfahren .....	69	5.3.3.2	Bestimmung der Poren < 50 und < 0,2 µm Ø .....	93
4.7.1	Rasterkartierung .....	69	5.3.3.3	Bestimmung der Porengrößenverteilung ..	94
4.7.2	Grenzlinienkartierung .....	70	5.3.4	Kennzeichnung der Wasserleitfähigkeit ..	96
4.7.3	Catenenkartierung .....	70	5.3.4.1	Messtechnische Grundlagen .....	96
4.7.4	Luftbildunterstützte Punktkartierung ..	70	5.3.4.2	Bestimmung der gesättigten Wasser- leitfähigkeit (kf) .....	97
4.8	Feldarbeit .....	71	5.4	Stoffaustausch des Bodens .....	97
4.8.1	Feldkarte .....	71	5.4.1	Einführung .....	97
4.8.2	Bohrprotokoll .....	71	5.4.2	Analyse des Kationenaustauschs und der austauschbaren Kationen .....	98
4.8.3	Feldreinkarte .....	71	5.4.2.1	Messtechnische Grundlagen und Methodenauswahl .....	98
4.9	Bodenkarte .....	72	5.4.2.2	Schnellbestimmung der potenziellen Kationenaustauschkapazität .....	99
4.9.1	Legende .....	72	5.4.2.3	Bestimmung der potenziellen KAK im Perkolationsverfahren .....	100
4.9.2	Reinkarte .....	72	5.4.2.4	Schnellbestimmung des H-Wertes .....	100
4.9.3	Erläuterung .....	74	5.4.2.5	Bestimmung der austausch- und leicht mobilisierbaren Ca-, Mg-, K- und NH <sub>4</sub> -Ionen .....	102
4.10	Interpretation .....	74	5.4.2.6	Austauschbare und mobilisierbare Schwermetallkationen .....	102
4.10.1	Diskussion der Frage .....	74	5.4.3	Bestimmung von extrahierbaren Anionen .....	104
4.10.2	Abgeleitete Karten .....	75	5.4.3.1	Messtechnische Grundlagen .....	104
4.11	Die digitale Bodenkartierung .....	75	5.4.3.2	Bestimmung des mobilen Nitrats .....	104
<b>5</b>	<b>Laboruntersuchungen .....</b>	<b>77</b>	5.4.3.3	Bestimmung des mobilen Borats, Molybdate und Sulfate .....	104
5.1	Probenahme im Gelände und Vorbereitung der Analyse .....	77	5.4.3.4	Bestimmung extrahierbaren Phosphats (Wasser, Lactat, Citrat, Oxalat) .....	106
5.1.1	Entnahme von Volumenproben .....	78	5.4.3.5	Sequentielle Phosphorfraktionierung ..	107
5.1.2	Entnahme von Massenproben .....	79	5.4.4	Sorptionsisothermen für Kationen und Anionen .....	108
5.1.3	Probentransport .....	79	5.4.4.1	Messtechnische Grundlagen .....	108
5.1.4	Probenlagerung .....	80	5.4.4.2	Ermittlung der Phosphatadsorption ..	108
5.1.5	Vorbereitung der Proben für die Analyse ..	80	5.4.5	Kennzeichnung der Bodenlösung .....	109
5.1.6	Grundsätzliche Regeln der Analyse .....	80	5.4.5.1	Kennzeichnung der Bodenreaktion ..	109
5.1.6.1	Vorbereitung nötiger Reagenzien .....	80			
5.1.6.2	Grundsätzliche Regeln der Analyse .....	81			
5.1.6.3	Trockenmassebezug .....	81			
5.1.6.4	Richtigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse .....	81			
5.2	Dispersität des Bodens .....	82			
5.2.1	Messtechnische Grundlagen .....	82			
5.2.2	Bestimmung des Kies- und Steingehalts ..	84			
5.2.3	Bestimmung der Dispersität mit einem kombinierten Sieb- und Sedimentationsverfahren .....	84			
5.2.4	Darstellung der Ergebnisse .....	85			
5.3	Gefüge des Bodens .....	85			
5.3.1	Kennzeichnung von Substanzvolumen, Porenraum und Porenfüllung .....	86			
5.3.1.1	Messtechnische Grundlagen .....	87			

5.4.5.2	Kennzeichnung des Elektrolytgehalts	110	5.6	Organische Substanzen des Bodens	130
5.4.5.3	Kennzeichnung des Stoffbestands der Bodenlösung	111	5.6.1	Bestimmung des Gehaltes an organischen Substanzen	131
5.5	Minerkörper des Bodens	112	5.6.1.1	Messtechnische Grundlagen	131
5.5.1	Allgemeine chemische Charakterisierung	112	5.6.1.2	Bestimmung des Glühverlusts und des Glührückstands	132
5.5.1.1	Messtechnische Grundlagen	112	5.6.1.3	Bestimmung der Gehalte an C, N und S	132
5.5.1.2	Die Bauschanalyse	113	5.6.2	Kennzeichnung lebender Biomasse	132
5.5.1.3	Bauschanalyse durch Röntgenfluoreszenzanalyse einer Boratschmelze	114	5.6.2.1	Messtechnische Grundlagen	133
5.5.1.4	Aufschluss mit Königswasser	114	5.6.2.2	Mikrobielle Biomasse	133
5.5.1.5	Charakterisierung der verwitterbaren P-, K-, Ca- und Mg-Minerale	115	5.6.3	Kennzeichnung der Enzymaktivitäten	134
5.5.2	Kennzeichnung der Mineralgröße	115	5.6.3.1	Messtechnische Grundlagen	134
5.5.2.1	Messtechnische Grundlagen	115	5.6.3.2	Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität	134
5.5.2.2	Bestimmung der Körnung der Silicat- und pyrogenen Oxidminerale	116	5.6.3.3	Bestimmung der $\beta$ -Glucosidaseaktivität	135
5.5.2.3	Faktorierende Korngrößenbestimmung der Silicat- und pyrogenen Oxidminerale	117	5.6.3.4	Bestimmung der Ureaseaktivität	136
5.5.3	Kennzeichnung der $H_2O$ -löslichen Salze und des Gipes	118	5.6.3.5	Bestimmung der Phosphataseaktivität	136
5.5.3.1	Messtechnische Grundlagen	118	5.6.3.6	Bestimmung der Arylsulfataseaktivität	137
5.5.3.2	Bestimmung des Gehalts an wasserlöslichen Salzen	119	5.6.4	Summarische Erfassung der Mesofauna	137
5.5.3.3	Bestimmung der Zusammensetzung wasserlöslicher Salze	119	5.6.5	Charakterisierung partikulärer OBS und organisch-mineralischer Partikel	138
5.5.3.4	Bestimmung des Gipsgehalts	119	5.6.5.1	Messtechnische Grundlagen	138
5.5.4	Kennzeichnung der Carbonate	120	5.6.5.2	Partikelgrößenfraktionierung	139
5.5.4.1	Messtechnische Grundlagen	120	5.6.5.3	Dichte fraktionierung	140
5.5.4.2	Schnellbestimmung des Carbonatgehalts	120	5.6.5.4	Bewertung der Ergebnisse	141
5.5.4.3	Bestimmung des Carbonatgehalts	121	5.6.6	Stoffgruppen der organischen Bodensubstanzen	142
5.5.4.4	Coulometrische Carbonatbestimmung	121	5.6.6.1	Messtechnische Grundlagen	142
5.5.4.5	Bestimmung des Dolomitgehalts	121	5.6.6.2	Identifizierung und Quantifizierung der Neutralzucker und Zuckersäuren	142
5.5.5	Kennzeichnung der pedogenen Oxide	122	5.6.6.3	Bestimmung der N-Fraktionen	143
5.5.5.1	Messtechnische Grundlagen	122	5.6.6.4	Bestimmung der Lipide	144
5.5.5.2	Bestimmung aktiver Oxide	122	5.6.6.5	Bestimmung der Ligninbausteine	145
5.5.5.3	Bestimmung der pedogenen Oxide	123	5.6.6.6	Bestimmung hoch aromatischer C-Verbindungen („black carbon“)	145
5.5.5.4	Bestimmung des laugelöslichen (I) Al und Si	123	5.6.6.7	Bestimmung der Huminstoffe	147
5.5.6	Kennzeichnung der pyrogenen Silicate und Oxide	124	5.6.6.8	Bestimmung der beweglichen Huminstoffe	147
5.5.6.1	Messtechnische Grundlagen	124	5.6.6.9	Bewertungen	147
5.5.6.2	Bestimmung der Schwerminerale, des Quarzes und der Feldspäte in Sandfraktionen	125	5.6.7	Umsetzbarkeit organischer Stoffe	148
5.5.6.3	Einzelbestimmung der Schwerminerale in Sandfraktionen	125	5.6.7.1	Leicht Umsetzbares: Heißwasserextrakt	148
5.5.7	Kennzeichnung der Tonminerale	126	5.6.7.2	Mineralisierbarkeit organischer Stoffe ( $C_{min}$ )	149
5.5.7.1	Messtechnische Grundlagen	127	5.6.7.3	Abbau organischer Stoffe mit C- und N-Isotopensignaturen	150
5.5.7.2	Bestimmung der Tonminerale nach einfachen Merkmalen	128	5.6.8	Mineralstoffgehalte organischer Horizonte	151
5.5.7.3	Röntgenographische Bestimmung des Tonmineralbestands	129	5.6.8.1	Messtechnische Grundlagen	151
			5.6.8.2	Analyse von Nähr elementen und Schwermetallen	151
			5.6.8.3	Bestimmung des organisch gebundenen P ( $P_{org}$ )	152
			5.6.8.4	Bestimmung des organisch gebundenen Al und Fe	152

5.6.9	Bestimmung organischer Schadstoffe . . . . .	153	6.3	Lufthaushalt und Redoxdynamik . . . . .	170
5.6.9.1	Messtechnische Grundlagen . . . . .	153	6.3.1	Messtechnische Grundlage . . . . .	170
5.6.9.2	Bestimmung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe . . . . .	154	6.3.2	Luftvolumen im Jahresgang mithilfe indirekter Bestimmung . . . . .	170
<b>6</b>	<b>Messung der Bodendynamik im Gelände . . . . .</b>	<b>155</b>	6.3.3	Bodenatmung . . . . .	171
6.1	Allgemeine Gesichtspunkte . . . . .	155	6.3.4	Sauerstoffdiffusionsrate . . . . .	171
6.2	Erfassung des Bodenwasserhaushalts und seiner Dynamik . . . . .	158	6.3.5	Bestimmung des Redoxpotenzials . . . . .	172
6.2.1	Wassereinnahme . . . . .	158	6.4	Energiehaushalt . . . . .	173
6.2.1.1	Messtechnische Grundlagen . . . . .	158	6.4.1	Messtechnische Grundlagen . . . . .	173
6.2.1.2	Messung des Freilandniederschlags mit einem Regenmesser . . . . .	158	6.4.2	Bodentemperatur mit Thermometern . . . . .	173
6.2.1.3	Messung des Freilandniederschlags mit beheizbaren Totalisatoren . . . . .	159	6.4.3	Bodentemperatur mit Thermofühlern . . . . .	174
6.2.1.4	Messung des Bestandsniederschlags (Kronentraufe) durch Auffangen einer repräsentativen Wassermenge über einem teilweise abgeschirmten Boden . . . . .	160	6.5	Stoffhaushalt . . . . .	175
6.2.1.5	Messung des Stammablaufs (Sprossablauf) mit Manschetten . . . . .	160	6.5.1	Methodische Grundlagen . . . . .	175
6.2.1.6	Messung des Bodenwassereintrags mit Regenmessern auf dem Boden . . . . .	161	6.5.2	Stoffeinträge in Böden und Ökosysteme . . . . .	175
6.2.1.7	Darstellung der Ergebnisse . . . . .	161	6.5.2.1	Einträge mit dem Niederschlag (nasse Deposition) . . . . .	175
6.2.2	Messungen an der Bodenoberfläche . . . . .	161	6.5.2.2	Einträge mit Stäuben . . . . .	176
6.2.2.1	Bestimmung des Versickerungsintensität mittels Doppelringinfiltrometer . . . . .	161	6.5.2.3	Bodeneintrag mit Streu, Kronentraufe und Stammabfluss . . . . .	176
6.2.2.2	Oberflächenabfluss aus geneigten Messparzellen durch Auffangen und Messung der Wasser- und Sedimentmenge . . . . .	162	6.5.3	Nährstoffhaushalte . . . . .	177
6.2.2.3	Messung des Wassereintrags in den Mineralboden durch Auffangen des unterhalb der Streuschicht oder der gesamten Humusauflage versickernden Wassers . . . . .	163	6.5.3.1	Mineralstickstoffvorrat ( $N_{\min} = NH_4^+ + NO_3^-$ ) . . . . .	177
6.2.3	Messungen zur Wassersättigung und -bewegung im Boden . . . . .	163	6.5.3.2	Stickstoffmineralisationsrate nach Feldbebrütung . . . . .	178
6.2.3.1	Messtechnische Grundlagen . . . . .	163	6.5.3.3	Kohlenstoffmineralisationsrate . . . . .	179
6.2.3.2	Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung . . . . .	164	6.5.3.4	Gewinnung der Bodenlösung mit Saugkerzen oder Lysimeterplatten . . . . .	179
6.2.3.3	Wassergehalt mit der Neutronensonde . . . . .	164	<b>7</b>	<b>Auswertung der Untersuchungsbefunde . . . . .</b>	<b>181</b>
6.2.3.4	Bestimmung des Wassergehalts mit TDR (Time Domain Reflectrometry) . . . . .	165	7.1	Darstellung des Bodens . . . . .	181
6.2.3.5	Messung der Wasserspannung mit Tensiometern . . . . .	165	7.2	Genetische Deutung des Bodens . . . . .	185
6.2.3.6	Messung der Wasserspannung mit Gipselektroden . . . . .	167	7.2.1	Umrechnung der Profildaten . . . . .	186
6.2.3.7	Messung des Grundwasser- bzw. Stauwasserstands mit Piezometerrohren . . . . .	168	7.2.2	Sicherung der Differenzen . . . . .	186
6.2.3.8	Messung der Richtung und Menge des Flusses bei gesättigter Wasserbewegung . . . . .	169	7.2.3	Rekonstruktion des ursprünglichen Zustands . . . . .	187
			7.2.3.1	Das Gestein . . . . .	187
			7.2.3.2	Die Streu . . . . .	189
			7.2.4	Richtung der Bodenbildung . . . . .	190
			7.2.4.1	Die Umwandlung des Mineralkörpers . . . . .	190
			7.2.4.2	Bildung und Umwandlung der OBS . . . . .	191
			7.2.4.3	Die Umwandlung des Gefüges . . . . .	192
			7.2.4.4	Die bodenbildenden Prozesse . . . . .	194
			7.2.5	Ausmaß der Bodenbildung . . . . .	200
			7.2.5.1	Profilbilanz . . . . .	200
			7.2.5.2	Horizontbilanz . . . . .	201
			7.2.5.3	Sektionsbilanz . . . . .	202
			7.2.6	Verlauf der Bodenbildung . . . . .	202
			7.3	Beurteilung des Bodens als Wurzel- und Lebensraum . . . . .	203
			7.3.1	Gründigkeit und Durchwurzelbarkeit . . . . .	203
			7.3.2	Wasserhaushalt . . . . .	204

7.3.3	Lufthaushalt .....	205	7.4.1	Verbesserung von Durchwurzelbarkeit, Wasser- und Lufthaushalt .....	222
7.3.4	Wärmehaushalt .....	206	7.4.2	Verbesserung des Nährstoffhaushalts ..	222
7.3.5	Nährstoffhaushalt und Schadstoff- verhältnisse .....	207	7.4.3	Verbesserung als Schadstofffilter ..	224
7.3.5.1	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) .....	214	7.5	Sicherung der Ergebnisse .....	224
7.3.5.2	Stickstoff (N) .....	214	7.5.1	Umsatzmessungen .....	225
7.3.5.3	Phosphor (P) .....	214	7.5.2	Boden- bzw. Standortvergleich .....	225
7.3.5.4	Kalium (K) .....	214	7.5.2.1	Untersuchung einer Hangserie innerhalb einer Landschaft .....	225
7.3.5.5	Calcium (Ca) .....	215	7.5.2.2	Untersuchung einer Entwicklungs- serie innerhalb einer Bodenregion (Provinz) .....	226
7.3.5.6	Magnesium (Mg) .....	215	7.5.2.3	Untersuchung verschiedener Entwicklungsserien .....	228
7.3.5.7	Schwefel (S) .....	215	7.5.2.4	Untersuchung von Standortserien ..	228
7.3.5.8	Bor (B) .....	215	7.5.2.5	Bodenkundliche Experimente .....	229
7.3.5.9	Molybdän (Mo) .....	215			
7.3.5.10	Mangan (Mn) .....	215			
7.3.5.11	Kupfer (Cu), Cobalt (Co), Eisen (Fe) und Zink (Zn) .....	216			
7.3.5.12	Natrium (Na) und Chlor (Cl) .....	216			
7.3.5.13	Aluminium (Al) .....	216			
7.3.5.14	Weitere Schadstoffe .....	216	<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>231</b>
7.3.5.15	Allgemeine Kennwerte .....	216	<b>8.1</b>	Maßeinheiten und Symbole .....	231
7.3.6	Schadstoffbelastung .....	216	<b>8.2</b>	Literatur .....	233
7.3.7	Habitatfunktion .....	218	<b>8.2.1</b>	Normen .....	233
<b>7.4</b>	<b>Ableitung von Meliorations- und Nutzungsmaßnahmen .....</b>	<b>222</b>	<b>8.2.2</b>	Literatur .....	233
			<b>8.3</b>	Stichwortverzeichnis .....	240