

**Walther Enßlin
Roland Krahn / Stefan Skupin**

Böden untersuchen

Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim

Inhaltsverzeichnis

Über dieses Buch	XI
Danksagung	XII
Vorwort oder „Der makabere Froschversuch – Vergleich mit unserer Umweltsituation“	XII
1 Einleitung	1
1.1 Programm für eine Bodenuntersuchung	1
1.2 Die Exkursion	3
1.2.1 Durchführung der Probennahme	4
1.3 Bioindikatoren	6
1.3.1 Einführung	6
1.3.2 Bioindikation von Luftschadstoffen	9
1.3.2.1 Leitfähigkeitstest zur Erfassung der Membrantoxizität	9
1.3.2.2 Trübe-Tasse-Test“ oder wissenschaftlich „Trübungstest“ genannt .	12
1.3.2.3 Nachweis der Peroxidaseaktivität in Böden und Pflanzen	13
1.3.2.4 Vorzeitiges Abfallen von Blüten und Blättern	16
1.3.2.5 Pilze als Bioindikatoren	16
1.3.2.6 Schwefeldioxid-Monitoring	17
2 Allgemeine Parameter für die Beurteilung von Böden	18
2.1 Boden erfahren	18
2.2 Bodengeruch	18
2.2.1 Geruchsverstärkung	18
2.2.2 Geruchsverdünnungsreihe	20
2.2.3 Nachweis von Ammoniak (Mistgeruch)	21
2.2.4 Nachweis von Schwefelwasserstoff (Fauler-Eier-Geruch)	22
2.3 Böden aus Troja? Visuelle Bodenuntersuchung	23
2.3.1 Mikroskopische Untersuchung	24
2.4 Bestimmung der Bodenart	24
2.4.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung und der Bodenart mittels Sedimentanalyse oder: Wie schnell wird eine Pfütze klar?	26
2.4.2 Bestimmung der Gefügeform einer Bodenprobe	28
2.5 Wassergehalt und Wasserhaltevermögen von Böden	29
2.5.1 Chemische Bestimmung des aktuellen Wassergehaltes einer Bodenprobe	30
2.5.2 Messung des aktuellen Wassergehaltes einer Bodenprobe durch Trocknen	31
2.5.3 Porenvolumen und Porung von Böden	32
2.5.4 Wassertransport in Böden	34
2.5.5 Modellversuch zur Saugkraft des Bodens	35
2.5.6 Modellversuch zur Kapillarwirkung	36
2.5.7 Messung des aktuellen Luftgehalts und des gesamten Porenvolumens einer Bodenprobe	38

2.6	Kalk/Carbonat	39
2.6.1	Qualitative Bestimmung von Carbonat in einer Bodenprobe	40
2.6.2	Quantitative Bestimmung des Carbonatgehaltes einer Bodenprobe ..	43
2.6.3	Der Kalkbedarf von Böden	44
2.7	Organisches Material in Böden — Humus und Bodenleben	46
2.7.1	Halbquantitative Bestimmung des Humusgehalts einer Bodenprobe .	47
2.7.2	Bleichen der Huminstoffe	48
2.7.3	Entfärben der Eisen- und Manganoxide	48
2.7.4	Quantitative Verbrennung des Humus bei Rotglut an der Luft	49
2.7.5	Analyse des Humus	50
2.7.6	Schaum aus Böden	51
2.8	Der Säuregrad von Böden (pH-Wert)	54
2.8.1	Messung des pH-Wertes einer Bodenprobe	55
2.8.2	Vereinfachte, ungefähre Messung des pH-Wertes einer Bodenprobe	56
2.9	Stickstoff/Nitrat	59
2.9.1	Bestimmung des Nitratgehalts — Messung des Nitratgehalts im Boden	60
2.9.2	Messung des Nitratgehalts in Pflanzenproben (Blattgemüse)	63
2.9.3	Die Messung von Nitrat im Boden mittels Teststäbchen	64
3	Modellexperimente zur Austauscherwirkung und Adsorptionsfähigkeit von Böden	67
3.1	Der molekulare Aufbau von Böden	67
3.1.1	Tonminerale	67
3.1.2	Humus	71
3.2	Boden und Ionen	71
3.3	Guter Boden reinigt Wasser	73
3.4	Geladener Farbstoff, geladener Ton?	75
3.5	Verschwinden und wieder Erscheinen lassen: Desorption von Fuchsin durch Umladen	77
3.6	Wettlauf zwischen Ammonium und Nitrat	80
3.7	Die Wirkung des Sauren Regens auf Böden	82
3.7.1	Boden als Säurefänger	83
3.7.2	Aus Gelb mach Blau – Boden als Ionenaustauscher	84
3.7.3	Aus Blau mach Gelb	85
3.7.4	Simulation der Wirkung des Sauren Regens auf Böden mit verdünnten Säuren	87
3.8	Aluminium- und Eisen(III)-Ionen in Boden und Wasser	90
3.8.1	Die Adsorptionsfähigkeit von Boden für Aluminium- und Eisen-III-Ionen	92
3.8.2	Modellversuch zu den phenolischen Eisen-Huminkomplexen	94
3.9	Die Pufferwirkung von Böden	95
3.9.1	Wieviel Säure verträgt ein Boden, bis sich sein Säuregrad ändert? ...	95
3.9.2	Pufferwirkung von Böden gegenüber saurem Sickerwasser	95
3.9.3	Pufferwirkung von Böden gegenüber saurer Staunässe	98
3.10	Bodenverdichtung durch Sauren Regen	101
3.10.1	Änderung der Wasserdurchlässigkeit von Böden	101
3.10.2	Fließende Berge in Japan – Thixotropie	103
3.11	Mobilisierung von Schwermetall-Ionen bei niedrigem pH-Wert am Beispiel von Cadmium	106

3.12	Zusammenfassung der Wirkung des Sauren Regens auf Ton, Humus und Mikroorganismen	108
3.13	Mineralstoffkreislauf im System Boden – Pflanze	110
4	Der Nachweis von Schwermetallen in Böden	112
4.1	Einleitung	112
4.2	Qualitative dünnschichtchromatographische Analyse von Bodenproben auf Schwermetall-Ionen	113
4.2.1	Herstellung der Vergleichslösung	114
4.2.2	Schwermetall-Chromatographie	115
4.3	Ölhaltige Bodenproben	119
4.4	Extrahierbare Schwermetallionen	120
4.5	Gängige Aufschlussmethoden (DEV-S4) – Einfluss des pH-Wertes auf Aufschluss und Extraktion	121
4.6	Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung	123
4.7	Einfluss des Redox-Milieus auf Aufschluss und Extraktion	124
4.8	Bindungsformen der Schwermetallionen / fraktionierter Aufschluss	125
4.9	Die Stabilität von DDTC und seinen Metallkomplexen	128
4.10	Probleme mit Dithizon-DDTC-Mischkomplexen	129
4.11	Spezielle Trennung von Blei und Cadmium mittels zweidimensionaler Chromatographie	131
4.12	Halbquantitative Auswertung	131
4.13	Bleibelastung von Trinkwasser durch Bleirohre	138
4.14	Untersuchung von Elbewasser und Trinkwasser aus Dresden 1990	138
5	Bestimmung des Arsengehalts von Böden	140
5.1	Didaktische Gesichtspunkte zur Gutzeit-Methode	140
5.2	„Historisches“	140
5.3	Sind Versuche mit Arsen in der Schule möglich? Eine Anwendung der Gefahrstoffverordnung	141
5.4	Chemie des Arsennachweises nach Gutzeit	144
5.5	Halbquantitative Arsenbestimmung nach Gutzeit	147
5.5.1	Herstellung der 0,01-%igen Arsen-Eichlösung	147
5.5.2	Arsenbestimmung	148
5.5.3	Schnellverfahren der Arsenbestimmung	151
5.6	Die Wirkung von Arsen auf Organismen	152
5.6.1	Arsen als lebenswichtiges Element / Doping mit Arsen / Arsen als Aphrodisiakum	152
5.6.2	Arsen als Gift	153
5.6.3	Die krebserregende Wirkung von Arsen	156
5.7	Arsenvorkommen in der Umwelt – Grenz- und Richtwerte	156
6	Entropie – Unordnung	159
6.1	Verteilung von Stoffen in der Umwelt	159
6.1.1	Aufräumen lohnt nicht. Theoretische Grundlagen für die Verteilung von Stoffen in der Umwelt	159
6.1.2	Lohnt sich das Einsammeln von Quecksilberbatterien?	161
6.1.3	Experimentelles Recycling von Kupfer	165

6.1.4	Belastung von Acker, Wald und Wiesen aus der Luft	169
6.1.5	Bestimmung der Immission aus der Emission	171
6.1.6	Der Weg der Schwermetalle vom Verbraucher in die Umwelt und zurück	174
6.2	Statistische Auswertung von Messungen. Arbeitspapier: Klassenolympiade beim Radiergummi-Wurf	180
6.2.1	Statistik bei Messungen	183
6.2.2	Statistik für die Einsparung von Messungen	187
6.2.3	GAUSSsche Fehlerfortpflanzung	189
7	Toximetrie	192
7.1	Bedeutende Schwermetallkatastrophen	192
7.2	Vergleich der Giftigkeit natürlicher oder vom Menschen in die Umwelt verbrachter Stoffe	195
7.3	Das Märchen vom Enzymos Katalysator und der giftigen Cadmira	196
7.4	Giftwirkung und ihre quantitative Erfassung (Dosis-Wirkungs-Beziehung)	200
7.5	Grenz-, Richt-, Schwellenwert, akute und chronische Giftwirkung	205
7.6	Verfahren zur Bestimmung der Grenz- und Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln	208
7.7	Kritik an der Pflanzenschutzmittel-Höchstmengen-Verordnung (PHmV). 7.7.1 Kritikpunkt NOEL (No-Observable-Effect-Level)	209
7.7.2	ADI-Wert (Annehmbare tägliche Aufnahme eines Schadstoffes)	210
7.7.3	Sicherheitsfaktor 100 für die Umrechnung der aus Tierexperimenten gewonnenen Daten auf den Menschen	210
7.7.4	Lücken und Maschen der PHmV	211
7.7.5	Funktion der Höchstmengenverordnung	211
7.7.6	Notwendige Verbesserungen	212
7.8	Toxikologie der Schwermetalle	212
7.8.1	Aufnahme der Schwermetall-Ionen in die Pflanzen- und Tierzelle	213
7.8.2	Wirkung der Schwermetalle auf menschliche, tierische, pflanzliche und bakterielle Zellen	215
7.8.3	Wirkung einiger Schwermetalle auf den Menschen	216
7.8.3.1	Cadmium (Cd)	217
7.8.3.2	Quecksilber (Hg)	220
7.8.3.3	Blei (Pb)	224
7.8.3.4	Nickel (Ni)	229
7.8.3.5	Die Bedeutung von Selen (Se) für die Gesundheit des Menschen	230
7.8.3.6	Zink (Zn)	233
8	Toxikologische Methoden der Beurteilung von Boden, Luft, Wasser und Nahrung und Sanierung von Boden	235
8.1	Alternativen zum Tierversuch	235
8.2	Hefe	237
8.2.1	Verschiedene Methoden zur Erfassung der Giftwirkung mit Hefe	237
8.2.2	Gravimetrische Toximetrie	238
8.2.3	Volumetrische Bestimmung der Toxizität	241
8.2.3.1	Bauanleitung für das Hefetoximeter	241
8.2.3.2	Hefegärungs-Ansatz	244

8.2.3.3	Messung der Gärung	245
8.2.3.4	Auswertung der Gärung mit Glucose und Quecksilber	245
8.2.3.5	Erfassung des Schadstoff- (Pestizid-) und des Nährstoffgehaltes von Obst	248
8.2.3.6	Giftiger Tomatenboden – eine Erfahrung mit dem Hefetoximeter	249
8.2.3.7	Schädigung der Hefezellmembran durch Tenside und deren Nachweis mit Brenztraubensäure	250
8.2.4	Bestimmung der Gärung mittels chemischem CO ₂ -Nachweis	251
8.2.5	Nachweis der Hemmwirkung von Zellgiften	252
8.2.5.1	Hefegärung und -atmung	252
8.2.5.2	Schwefelatmung der Hefe	256
8.3	Biologische Sanierung von schwermetallhaltigen Böden	256
8.3.1	Biochemisches Prinzip	257
8.3.2	Anwendung in der Technik	258
8.3.3	Modellversuch	258
8.4	Andere Mikroorganismen	260
8.4.1	Abbau von Zigarettenpapier durch Bodenlebewesen	260
8.4.2	Bakterielle Untersuchung von Erde und Sand in Kinderspielplätzen	262
8.4.3	Harnstoffspaltung durch Urease – ein Enzym des Stickstoffkreislaufs	262
8.5	Pflanzen	264
8.5.1	Keimung und Keimling der Gartenkresse auf Böden, wässrigen Bodenauszügen und Schwermetall-Lösungen	264
Anhang 1: Gesetze und ihre Anwendung		268
1	Bundes-Bodenschutzgesetz	268
2	Bewertung von Bodenverunreinigungen nach dem Bundes- Bodenschutzgesetz	276
3	Sickerwasseruntersuchung nach dem neuen Bodenschutzgesetz	280
4	Grenz- und Richtwerte für Trink-, Oberflächen- und Grundwasser	281
5	Grenz-, Richt- und Schwellenwerte für ausgewählte Schwermetalle	283
6	Kreislauf der Schwermetalle im Gesetzeskarussell	285
7	Entdeckerpfade, juristisch abgesichert	285
8	Probleme beim Veröffentlichen von Untersuchungsergebnissen	287
9	Beweislastumkehr	288
10	Freedom of Information Act: Umweltinformationsgesetz	290
11	Altlasten können – dank der Umweltgesetze – Arbeitsplätze sichern	291
12	Kurze Anleitung zum Abwälzen von Strafen und Kosten für kontaminierte Böden	292
13	Gutachter / Schlechtachter	294
14	Schülerexperimente und die neue Gefahrstoffverordnung	297
Anhang 2: Unterrichtshilfen: Planung, Projekte, Klassenarbeiten		301
1	Planung	301
1.1	Ablauf des Differenzierungsunterrichts Chemie/Biologie/Ökologie (über zwei Jahre)	301
1.2	Vorschläge zur Gestaltung eines Bodengutachtens und Bewertungskriterien für Laborarbeit und Protokoll	303

2 Projekte	306
2.1 Chemie-Arbeitsgemeinschaft des Helmholtz-Gymnasiums in Hilden (NRW)	306
2.2 Untersuchung eines Biotops, hinter welchem sich eine Ablagerung von toxischen und explosiven Stoffen verbarg	308
3 Klassenarbeiten	310
3.1 Einfache Bodenuntersuchung (zu Kap. 1.2, 2.4-2.8)	310
3.2 Stickstoff im Boden, in der Pflanze und im Menschen (zu Kapitel 2.5-2.10 u. 3.1-3.8)	313
3.3 Bodenuntersuchung auf Ganimed (zu Kapitel 2.4-2.8)	315
3.4 Hildener Regen (zu Kapitel 3.9-3.10 u. 6.2)	318
3.5 Autos und Böden: Salzstreuen im Winter (zu Kapitel 3)	319
3.6 Auswirkungen des Sauren Regens auf den Boden, die Tier- und Pflanzenwelt (zu Kapitel 3.9)	321
3.7 Bodenart, Humus- und Kalkgehalt (zu Kapitel 1.2 und 2.4-2.6)	323
3.8 Im Königreich Chromatographie Eine Märchenklausur (zu Kapitel 4)	325
3.9 Lösungsmittel in Abwasserkanal und seine Folgen (zu Kapitel 6.1.5)	328
3.10 Qualm und Gase in Hilden (zu Kapitel 1.3.2 u. 6.2 u. 7)	330
3.11 Lebensmittelchemie: Trinkwasserverordnung – Tierversuche (zu Kapitel 7.7)	335
3.12 „Höchstmengenverordnung“ (zu Kapitel 7.5-7.7)	336
3.13 „Dionysos in der Tonne“ (zu Kapitel 8.2 und zusätzlicher Literatur)	337
Literaturverzeichnis	340
Register	346