

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Untersuchung der Rückhaltefunktion von Böden mit aquatischen Testsystemen	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Methodische Ansätze zur Bewertung der Rückhaltefunktion von Böden	2
1.3 Herstellung von Bodeneluat.....	3
1.4 Aquatische Testsysteme zur Bodenbewertung	6
1.4.1 Testorganismen	6
1.4.2 Empfindlichkeit.....	7
1.4.3 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse.....	8
1.4.4 Einschränkungen und Limitierungen	10
1.5 Beispiele für die ökotoxikologische Bewertung der Rückhaltefunktion von Böden.	11
1.5.1 PAK-belastete Böden	11
1.5.2 Nitroaromaten-belastete Böden.....	14
1.6 Diskussion	15
1.7 Literatur	16
1.8 Danksagung	18
2 Höhere Pflanzen als Testorganismen zur Charakterisierung der Lebensraumfunktion des Bodens als Pflanzenstandort	19
2.1 Einleitung	19
2.2 Pflanzen als Schadstoffindikatoren.....	20
2.3 Verfügbarkeit von Schadstoffen für Pflanzen	21
2.3.1 Transferverhalten von Schwermetallen am Beispiel von Cadmium	21
2.3.2 Transferverhalten organischer Schadstoffe am Beispiel der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)	22
2.4 Wirkung von Schadstoffen auf die Pflanze	23
2.5 Testverfahren mit höheren Pflanzen	24
2.5.1 Screening-Tests	25
2.5.2 Standard-Tests.....	26
2.5.3 Chronische Tests	27
2.5.4 Erfahrungen aus der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln oder Industriechemikalien und bei der Bodenqualitätsprüfung	30
2.5.4.1 Eignung des Testpflanzensortiments des Wachstumstests mit höheren Pflanzen	30
2.5.4.2 Erfahrungen mit den Testmethoden	32
2.5.4.3 Auswahl und Lagerung von Kontroll- bzw. Referenzböden	33
2.5.4.4 Regulierung der Bodenfeuchte im Wachstumstest nach DIN ISO 11269-2	34
2.6 Bewertungsansätze.....	35
2.7 Schlußfolgerungen und Ausblick.....	38
2.8 Literatur	39

2.9	Danksagung	42
3	Mikrobiologische Verfahren zur Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden	43
3.1	Einleitung.....	43
3.2	Bodenmikrobiologische Untersuchungsverfahren.....	44
3.2.1	Bestimmung der mikrobiellen Biomasse.....	44
3.2.2	Nährstoffkreisläufe.....	44
3.2.3	Intrazellulärer Stoffwechsel.....	45
3.2.4	Anaerobe mikrobielle Aktivitäten.....	45
3.2.5	Ökophysiologische Parameter.....	45
3.3	Anwendungsbereiche bodenmikrobiologischer Untersuchungsverfahren.....	46
3.4	Verfahren zur ökotoxikologischen Bewertung von Böden und Bodenmaterialien ...	46
3.4.1	Bodenatmungskurven	47
3.4.2	Potentielle Ammoniumoxidation	50
3.4.3	Testsystem mit Bodenprotozoen	52
3.5	Ausblick.....	55
3.6	Literatur	56
3.7	Danksagung	57
4	Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden mit Hilfe von Regenwurmtests	59
4.1	Einleitung.....	59
4.2	Vorstellung des Organismus.....	60
4.2.1	Biologie.....	60
4.2.2	Ökologische Rolle von Regenwürmern.....	61
4.3	Stand der Methodenentwicklung	62
4.3.1	Standardisierte Testverfahren im Rahmen der Stoffprüfung - Grundlage für Testsysteme zur Bodenbeurteilung.....	62
4.3.1.1	Akut-Tests.....	63
4.3.1.2	Reproduktionstest.....	64
4.3.2	Akut- und Reproduktionstest im Rahmen der Bodenqualitätsbeurteilung ..	65
4.3.3	Neuentwicklung eines Verhaltenstests	67
4.4	Bodenqualitätsbeurteilung durch Nutzung der Organismen - Darstellung einiger Ergebnisse	69
4.4.1	Akut- und Reproduktionstest – Möglichkeiten und Grenzen	69
4.4.1.1	Beurteilung auf der Basis einer mindestens zu erreichenden prozentualen Nachkommenanzahl	70
4.4.1.2	Beurteilung auf der Basis von Mischungsansätzen.....	71
4.4.1.3	Beurteilung auf Basis statistischer Signifikanz im Vergleich zum Kontrollboden	71
4.4.2	Beurteilung der Habitatqualität von Böden mit Hilfe des kombinierten Akut- und Reproduktionstests mit <i>Eisenia fetida</i> - Ergebnisse eines Ringtests mit internationaler Beteiligung	72
4.4.3	Vermeidungstest - Laborvergleich	75
4.5	Ausblick.....	77

4.6	Literatur	79
4.7	Danksagung	81
5	Collembolen als Testorganismen	83
5.1	Einleitung	83
5.2	Die Collembola (Springschwänze) und ihre Funktion im Naturhaushalt	83
5.2.1	Die Biologie der Collembola	83
5.2.2	Die Funktion der Collembola im Naturhaushalt	85
5.3	Stand der Methodenentwicklung	86
5.3.1	Biotestsysteme mit Collembolen - eine Übersicht	86
5.3.2	Entwicklung und Standardisierung des ISO-Testsystems zur Chemikalienprüfung mit <i>Folsomia candida</i>	87
5.3.3	Standardisierung und Erprobung eines Collembolen-Biotests mit <i>Folsomia candida</i> zur Beurteilung der Habitatqualität natürlicher und belasteter Bodenmaterialien	88
5.3.3.1	Standardisierung der Bodentestsysteme	88
5.3.3.2	Erprobung und Validierung des Bodentestsystems mit belasteten und sanierten Bodenmaterialien	90
5.3.4	Ringtest zur Validierung des Collembolen-Biotests zur Bewertung der Habitatqualität kontaminierten Bodenmaterials	94
5.3.5	Beurteilung der ökotoxikologischen Wirkung von Chemikalien auf Collembolen mit dem Vermeidungs- und Flucht-Test	97
5.4	Ausblick	100
5.5	Literatur	102
5.6	Danksagung	103
6	Enchytraeen als Testorganismen	105
6.1	Einleitung	105
6.2	Vorstellung der Organismen	106
6.2.1	Biologie	106
6.2.2	Ökologische Rolle	107
6.3	Stand der Methodenentwicklung	109
6.3.1	Standardisierte Testverfahren und Methodenvorschläge	109
6.3.2	Validierung des Enchytraeen-Reproduktionstests (ERT)	111
6.3.3	Modifikationen zur Bodenqualitätsbeurteilung	111
6.3.4	Neuentwicklung eines Verhaltenstests	112
6.4	Beispiele für die Nutzung der Organismen zur Bodenqualitätsbeurteilung – Darstellung ausgewählter Ergebnisse	113
6.4.1	Wirkungen von Schadstoffen auf Enchytraeen	113
6.4.2	Beispiele für Enchytraeen in der Bodenqualitätsbeurteilung	
6.4.3	Standardisierung und Erprobung eines Enchytraeen-Biotests mit <i>E. crypticus</i> zur Beurteilung der Habitatqualität natürlicher und belasteter Bodenmaterialien	116
6.4.4	Ringtest zur Validierung des Enchytraeen-Biotests zur Bewertung der Habitatqualität kontaminierten Bodenmaterials	122
6.4.5	Anwendung des Vermeidungs- und Flucht-Tests	124

X		
6.5	Ausblick.....	125
6.6	Literatur	126
6.7	Danksagung	129
7	Erfassung des wubrig extrahierbaren genotoxischen Potentials kontaminierter Böden	131
7.1	Einleitung.....	131
	7.1.1 Genotoxische Wirkungen.....	131
	7.1.2 Genotoxizitatsprufungen.....	132
	7.1.3 Probenaufbereitung.....	134
7.2.	Material und Methoden	135
	7.2.1 Probenvorbereitung und Bodenelution	135
	7.2.2 Bodeneluatextraktion.....	135
	7.2.3 Durchführung der Genotoxizitatstests	137
7.3	Ergebnisse.....	138
	7.3.1 Methodenoptimierung.....	138
	7.3.2 Charakterisierung des genotoxischen Potentials kontaminierter und unbelasteter Bodenproben.....	141
7.4.	Diskussion	144
7.5	Literatur	145
7.6	Danksagung	146
8	Cytochrome P450 als Effekt-Biomarker zur Bodenbewertung.....	147
8.1	Einleitung.....	147
8.2	Cytochrome P450 als Biomarker.....	148
8.3	Orale Schadstoffaufnahme und Mechanismen der Schadstoffverarbeitung	149
8.4	Methodik der Biomarker-Bestimmung	151
8.5	Das geeignete Tiermodell.....	152
8.6	CYP1A1 als Biomarker in der Anwendung	152
	8.6.1 Induktion von CYP1A1 in der Leber von Ratten nach oraler Schadstoff-Aufnahme	153
	8.6.2 Effekt oral aufgenommener PAK auf die Expression von CYP1A1 in Duodenum und Niere	155
	8.6.3 Einflüsse der Bodenmatrix auf die PAK-Bioverfügbarkeit oral aufgenommener Partikel.....	156
	8.6.4 Bewertung von Sanierungsmaßnahmen: Induktionspotential für CYP1A1 und Toxizität	158
8.6.5	Expositionsversuche mit dem Minischwein als Tiermodell.....	159
8.7	CYP1B1, CYP2E1, CYP3A und andere P450-Enzyme als Biomarker.....	160
8.8	Schlußfolgerungen und Perspektiven.....	161
8.9	Literatur	162
8.10	Danksagung	165

9	Effekte von Umweltchemikalien auf Mikroorganismen als Bewertungsgrundlage stofflicher Verfügbarkeit in Böden.....	167
9.1	Mikroorganismen zweckmäßig einsetzen	167
9.1.1	Biologische Reaktionen auf stoffliche Belastungen.....	167
9.2	Biologische Verfügbarkeit.....	169
9.3	Effekte von Umweltchemikalien auf Mikroorganismen	170
9.3.1	Wirkung eines Stoffgemisches auf die Biozönose	170
9.3.2	Schadstoffwirkung auf die mikrobielle Biozönose	171
9.3.3	Schadstoffwirkung in Monospezies-tests.....	174
9.3.4	Schadstoffwirkung in Eluatbiotests.....	176
9.4	Abschließende Betrachtung und Ausblick	177
9.5	Literatur	177
9.6	Danksagung	179
10	Untersuchungen und Empfehlungen zur Lagerung von Bodenproben für toxikologische Untersuchungen	181
10.1	Einleitung	181
10.2	Material und Methoden	185
10.3	Ergebnisse.....	188
10.3.1	VOC.....	188
10.3.2	Mikrobielle Aktivität - Langzeitrespiration	188
10.3.3	Aquatische ökotoxikologische Testverfahren.....	190
10.4	Genotoxikologische Testverfahren	194
10.5	Empfehlungen.....	197
10.6	Literatur	198
10.7	Danksagung	200
11	Auswerte- und Interpretationsmethoden für Befunde aus Testkombinationen zur Bodenbewertung	201
11.1	Einleitung	202
11.2	Auswertemethoden.....	203
11.3	Fuzzy Logic	205
11.3.1	Testbatterie als Entscheidungsgrundlage.....	205
11.3.2	Auswerteeinheit als wissensbasiertes Fuzzysystem	207
11.4	Hassediagrammtechnik zur multikriteriellen Sortierung	209
11.4.1	Grundlagen der Theorie partiell geordneter Mengen	209
11.4.1.1	Äquivalenz- und Ordnungsrelation	209
11.4.1.2	Graphische Darstellung - Hassediagramme	212
11.4.2	Beispiel	212
11.4.3	Elemente „datengetriebener“ künstlicher Intelligenz	215
11.5	Literatur	217
11.6	Danksagung	218

12	Ableitung von Schwellen- und Prüfwerten - Aktuelle Entwicklungen zur Ausarbeitung ökotoxikologischer Prüfwerte für die Beurteilung der Bodenqualität	219
12.1	Einleitung.....	219
12.2	Schutzziele des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) und der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).....	220
12.3	Lösungsansätze für die Ableitung von Prüfwerten zum Schutz der Bodenorganismen.....	223
12.4	Literatur	228
13	Einsatz ökotoxikologischer Bodentests in der Umweltüberwachung - Erfahrungen aus der Praxis.....	231
13.1	Einleitung.....	231
13.2	Praxiseinsatz ökotoxikologischer Bodentests.....	232
13.2.1	Test-Methoden	233
13.2.2	Anforderungen aus der Praxis.....	235
13.2.3	Einsatzbereiche.....	236
13.2.4	Datenzusammenführung und Datenhaltung.....	240
13.3	Erfahrungen aus der bisherigen Anwendung.....	241
13.3.1	Erfahrungen aus dem Einsatz aquatischer Ökotox-Tests in der Gewässerüberwachung	243
13.4	Empfehlungen zum Einsatz ökotoxikologischer Bodentests in der Praxis	246
13.5	Ausblick.....	247
13.6	Literatur	248
13.7	Danksagung	249