

**Untersuchungen an Enchytraeiden (Oligochaeta)  
zum Einfluss von Bodenfeuchte und pH-Wert auf die  
Toxizität von Schwermetallen im Freiland und in  
Laborversuchen**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde des Fachbereichs Biologie, Chemie, Pharmazie  
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

**Anneke Beylich**

Berlin 2001

1. Gutachter: Prof. Dr. RUDOLF K. ACHAZI

2. Gutachter: PD Dr. WERNER KRATZ

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Dezember 2001

# INHALT

Anhangsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 UNTERSUCHUNGSGEBIET</b>	<b>6</b>
2.1 Lage und Eigenschaften der Untersuchungsflächen	8
2.2 Klimaverhältnisse im Untersuchungszeitraum	13
<b>3 METHODEN</b>	<b>15</b>
3.1 Probenahme	15
3.1.1 <i>Enchytraeiden</i>	15
3.1.2 <i>Abiotische Bodeneigenschaften</i>	16
3.2 Extraktion und Bestimmung der Enchytraeiden	16
3.3 Messung abiotischer Bodeneigenschaften	18
3.3.1 <i>Wassergehaltsbestimmung</i>	18
3.3.2 <i>Bestimmung der Wasserhaltekapazität (WHK)</i>	18
3.3.3 <i>Glühverlustbestimmung</i>	19
3.3.4 <i>pH-Wert</i>	19
3.3.5 <i>Bodenart</i>	20
3.3.6 <i>Temperatur</i>	20
3.3.7 <i>Schwermetallanalysen</i>	20
3.4 Besiedlungsversuche mit Enchytraeiden im Freiland	21
3.5 Zersetzergesellschaften, Zeigerwerte und Lebensformtypen	23
3.6 Zucht der Versuchstiere für die ökotoxikologischen Labortests	25
3.7 Mortalitäts- und Reproduktionstests	26
3.7.1 <i>Durchführung der Mortalitätstests</i>	26
3.7.2 <i>Durchführung der Reproduktionstests</i>	27
3.7.3 <i>Vorversuch zur Ermittlung einer optimalen Versuchslaufzeit</i>	28
3.7.4 <i>Versuche zum Einfluss der Bodenfeuchte</i>	28
3.7.5 <i>Versuch zum Einfluss des Mixens des Bodens</i>	29
3.7.6 <i>Versuche zum Einfluss des pH-Wertes</i>	29
3.7.7 <i>Versuche mit Zinkchlorid</i>	30
3.7.8 <i>Versuche mit Natriumchlorid und Calciumchlorid</i>	30
3.7.9 <i>Kombinationsversuche</i>	31
3.8 Statistik	32

<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE DER FREILANDUNTERSUCHUNGEN</b>	35
4.1	Abiotische Bodenfaktoren	35
4.1.1	<i>Bodenwassergehalte</i>	35
4.1.2	<i>Wasserhaltekapazität</i>	38
4.1.3	<i>Humusgehalt</i>	39
4.1.4	<i>Bodenreaktion</i>	40
4.1.5	<i>Bodenart</i>	41
4.1.6	<i>Temperatur</i>	41
4.1.7	<i>Schwermetallgehalte</i>	42
4.2	Enchytraeiden	45
4.2.1	<i>Enchytraeidenarten der untersuchten Flächen</i>	45
4.2.2	<i>Abundanzen und Artenspektrum</i>	47
4.2.3	<i>Saisondynamik und Populationsstruktur</i>	53
4.2.4	<i>Vertikalverteilung</i>	55
4.2.5	<i>Segmentzahlen der Adulten</i>	58
4.3	Besiedlungsversuche mit Enchytraeiden im Freiland	59
4.3.1	<i>Versuchsfläche RefB</i>	59
4.3.2	<i>Versuchsfläche Forst</i>	61
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE DER LABORVERSUCHE</b>	64
5.1	Vorversuch zur Ermittlung einer optimalen Versuchslaufzeit	64
5.2	Versuche zum Einfluss der Bodenfeuchte	64
5.2.1	<i>Reproduktion von Enchytraeus christenseni in Abhängigkeit vom Wassergehalt</i>	64
5.2.2	<i>Körperlänge von Enchytraeus christenseni bei zwei verschiedenen Wassergehalten</i>	66
5.2.3	<i>Einfluss des Mixens des Bodens auf die Reproduktion von Enchytraeus christenseni</i>	67
5.2.4	<i>Reproduktion von Enchytraeus sp. (RefB5) bei drei verschiedenen Wassergehalten</i>	68
5.3	Versuche zum Einfluss des pH-Wertes	69
5.3.1	<i>Reproduktion von Enchytraeus christenseni in Abhängigkeit vom pH-Wert</i>	69
5.3.2	<i>Reproduktion von Enchytraeus christenseni im Kombinationsversuch Bodenfeuchte – pH-Wert</i>	70
5.3.3	<i>Segmentzahl von Enchytraeus christenseni im Kombinationsversuch Bodenfeuchte – pH-Wert</i>	72
5.4	Schwermetallgehalte des Standardbodens LUFA 2.2	73

5.5	Versuche mit Zinkchlorid	74
5.5.1	<i>Mortalitätstests mit Enchytraeus christenseni</i>	74
5.5.2	<i>Reproduktionstests mit Enchytraeus christenseni</i>	76
5.5.3	<i>Segmentzahl von Enchytraeus christenseni in zwei Reproduktionstests mit Zinkchlorid</i>	81
5.5.4	<i>Mortalitätstests mit Enchytraeus sp. (RefB5)</i>	82
5.5.5	<i>Reproduktionstest mit Enchytraeus sp. (RefB5)</i>	84
5.5.6	<i>Reproduktion von Enchytraeus christenseni in den Kombinationsversuchen Zinkchlorid – Bodenfeuchte</i>	86
5.5.7	<i>Segmentzahl von Enchytraeus christenseni im Kombinationsversuch Zinkchlorid – Bodenfeuchte</i>	88
5.5.8	<i>Reproduktion von Enchytraeus christenseni in den Kombinationsversuchen Zinkchlorid – pH-Wert</i>	89
5.5.9	<i>Segmentzahl von Enchytraeus christenseni im Kombi- nationsversuch Zinkchlorid – pH-Wert</i>	93
5.6	Versuche mit Natriumchlorid und Calciumchlorid	94
5.6.1	<i>Reproduktionstests mit Enchytraeus christenseni</i>	94
5.6.2	<i>Segmentzahl von Enchytraeus christenseni im Repro- duktionstest mit Natrium- und Calciumchlorid</i>	97
5.7	Zusammenfassung der Effektkonzentrationen der Labortests	97
5.8	Validität der Versuche	99
5.9	Vergleich der Reproduktion in den Kontrollansätzen aller Versuche	101
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	103
6.1	Artenspektrum, Abundanzen und Dominanzen der Enchytraeiden der untersuchten Rieselfeldflächen	103
6.2	Bedeutung des Faktors Bodenfeuchte für Enchytraeiden	106
6.3	Bedeutung des pH-Wertes für Enchytraeiden	110
6.4	Auswirkung erhöhter Schwermetallgehalte auf Enchytraeiden	114
6.5	Einfluss von Bodenfeuchte, pH-Wert und weiterer abiotischer Faktoren auf die Toxizität von Zink	123
6.6	Besiedlungsversuche mit Enchytraeiden im Freiland	127
6.6.1	<i>Versuchsfläche RefB</i>	127
6.6.2	<i>Versuchsfläche Forst</i>	128
6.7	Eignung der Segmentzahl als zusätzlicher Testparameter im Reproduktionsversuch	129
6.8	Bezug der ermittelten Wirkschwellen zu Grenzwerten für Zink	131
6.9	Schlussfolgerungen	133
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY</b>	134
<b>8</b>	<b>LITERATUR</b>	140
	<b>ANHANG</b>	153

# ANHANGSVERZEICHNIS

Anhang 1:	Bodenwassergehalte Rieselfelder (Angaben in % TG)	154
Anhang 2:	Bodentemperaturen Rieselfelder in °C	157
Anhang 3:	Schwermetallgehalte (mg/kg TG) (Königswasseraufschluss und Ammoniumnitrat-Aufschluss)	158
Anhang 4:	Abundanzen der Enchytraeiden auf den Rieselfeldflächen	159
Anhang 5:	Analysenergebnisse Standardboden LUFA 2.2	162
Anhang 6:	Ergebnisse der ökotoxikologischen Labortests mit <i>Enchytraeus christensenii</i>	165
Anhang 7:	Ergebnisse der ökotoxikologischen Labortests mit <i>Enchytraeus sp. (RefB5)</i>	169
Teilpublikationen		170
Lebenslauf		171
Danksagung		172

# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ANOVA	Analysis of Variance
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
CaCl <sub>2</sub>	Calciumchlorid
CaCO <sub>3</sub>	Calciumcarbonat
Cd	Cadmium
C <sub>org.</sub>	organischer Kohlenstoffgehalt
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
cv	Variationskoeffizient
DIN	Deutsches Institut für Normung
EC <sub>50</sub>	Konzentration eines Stoffes, die 50 % Effekt bewirkt
<i>E. chr.</i>	<i>Enchytraeus christenseni</i>
<i>E. sp.</i>	<i>Enchytraeus sp. (RefB5)</i>
F	Feuchtezahl
FG	Frischgewicht
gbB	Untersuchungsfläche mit gering belastetem Boden, Bezeichnung aus vorangegangenen Projekt
h	Stunde(n)
H	Humusgehalt
HCl	Salzsäure
Ind./m <sup>2</sup>	Individuen je Quadratmeter
ISO	International Organization for Standardization
KA 4	Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage
KW	Königswasseraufschluss
LC <sub>50</sub>	Konzentration eines Stoffes, die 50 % Letalität bewirkt
LOEC	lowest observed effect concentration
LUFA 2.2	Standardboden Typ 2.2 der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer
Max	Maximum
Min	Minimum
NaCl	Natriumchlorid
n	Zahl der Messungen
n. b.	nicht berechnet
n. d.	nicht dokumentiert
NOEC	no observed effect concentration
nPAK	Untersuchungsfläche mit relativ hoher PAK-Belastung, Bezeichnung aus vorangegangenen Projekt
nPCB(-) / nPCB(+)	Untersuchungsfläche mit relativ hoher PCB-Belastung, Bezeichnung aus vorangegangenen Projekt; (-) ohne Vegetation / (+) mit Vegetation
NSG	Naturschutzgebiet

n. u.	nicht untersucht
OECD-Boden	Kunstaboden, gemäß Guideline No. 207 der Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD 1984)
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PN	Anzahl der Probenahmeterminale
R	Reaktionszahl
RefB	Untersuchungsfläche „Referenzboden“, Bezeichnung aus vorangegangenem Projekt
s	Standardabweichung
SM	Schwermetalle
T	Tongehalt
T 14	Flächenbezeichnung aus vorangegangenem Projekt
T 26	Flächenbezeichnung aus vorangegangenem Projekt
TG	Trockengewicht
umF	ungewichtete mittlere Feuchtezahl
umR	ungewichtete mittlere Reaktionszahl
WD	Working Draft
WG	Wassergehalt
WHK	Wasserhaltekapazität
$\bar{x}$	arithmetischer Mittelwert
Zn	Zink
ZnCl <sub>2</sub>	Zinkchlorid



# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet im Norden Berlins
- Abb. 2: Schematische Darstellung der Bodenverhältnisse der Fläche nPCB
- Abb. 3: Schematische Darstellung der Bodenverhältnisse der Fläche RefB
- Abb. 4: Lufttemperatur (Monatsmittel) der Jahre 1994 – 1998 sowie das langjährige Mittel in °C
- Abb. 5: Niederschlag (Monatsmittel) der Jahre 1994 – 1998 sowie das langjährige Mittel in mm
- Abb. 6: Zusammensetzen eines Testgefäßes
- Abb. 7: Bodenwassergehalte (% TG) der Fläche RefB in zwei Tiefen zu 22 Probenahmeterminen
- Abb. 8: Bodenwassergehalte (% TG) der Fläche nPAK in zwei Tiefen zu 23 Probenahmeterminen
- Abb. 9: Bodenwassergehalte (% TG) der Fläche T 14 in zwei Tiefen zu 23 Probenahmeterminen
- Abb. 10: Bodenwassergehalte (% TG) von drei Flächen (22 bzw. 21 (T 14) Probenahmetermine)
- Abb. 11: Zinkgehalte der untersuchten Standorte: Königswasseraufschluss und Ammoniumnitrat-Aufschluss, in mg/kg (TG)
- Abb. 12: Cadmiumgehalte der untersuchten Standorte: Königswasseraufschluss und Ammoniumnitrat-Aufschluss, in mg /kg (TG)
- Abb. 13: Kupfergehalte der untersuchten Standorte: Königswasseraufschluss und Ammoniumnitrat-Aufschluss, in mg /kg (TG)
- Abb. 14: Chromgehalte der untersuchten Standorte: Königswasseraufschluss und Ammoniumnitrat-Aufschluss, in mg /kg (TG)
- Abb. 15: Gesamtabundanzen der Standorte
- Abb. 16: Gesamtabundanzen von drei Flächen zu sechs Probenahmeterminen
- Abb. 17: Mittlere Dominanzen der Fläche RefB aus den Probenahmen 1996-1998
- Abb. 18: Mittlere Dominanzen der Fläche nPAK aus den Probenahmen 1996-1998
- Abb. 19: Mittlere Dominanzen der Fläche T 14 aus den Probenahmen 1996-1998
- Abb. 20: Mittlere Dominanzen der Fläche gbB aus den Probenahmen 1996-1998
- Abb. 21: Mittlere Dominanzen der Fläche Forst aus den Probenahmen 1996 und 1998
- Abb. 22: Anteile der Juvenilen und der Adulten an der Gesamtpopulation von sechs untersuchten Flächen
- Abb. 23: Gesamtabundanzen und Abundanzen der juvenilen Enchytraeiden für die Fläche RefB über den gesamten Untersuchungszeitraum
- Abb. 24: Gesamtabundanzen und Abundanzen der juvenilen Enchytraeiden für die Fläche nPAK über den gesamten Untersuchungszeitraum.
- Abb. 25: Wassergehalte und Vertikalverteilung der Enchytraeiden der Fläche RefB
- Abb. 26: Wassergehalte und Vertikalverteilung der Enchytraeiden der Fläche nPAK
- Abb. 27: Abundanzen der Enchytraeiden in den verschiedenen Tiefenstufen bzw. in den Testgefäßen auf der RefB-Versuchsfläche zu Versuchsende
- Abb. 28: Abundanzen der Enchytraeiden in den verschiedenen Tiefenstufen bzw. in den Testgefäßen auf der Forstversuchsfläche zu Versuchsende

- Abb. 29: Vertikalverteilung der Arten im ungestörten Boden zu Versuchsende
- Abb. 30: Vertikalverteilung der Arten in der Of/Oh-Material-Variante
- Abb. 31: Vertikalverteilung der Arten in der nPCB-Material-Variante
- Abb. 32: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit vom Wassergehalt (Reproduktionstests WG 1 – 3)
- Abb. 33: Körperlänge der Adulten von *Enchytraeus christenseni* im Reproduktionsversuch WG 2 bei zwei verschiedenen Wassergehalten
- Abb. 34: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* bei drei Wassergehalten und jeweils in den zwei Varianten gemixt (Wasserzugabe mit Mixer) und ungemixt (Wasserzugabe ohne Mixer)
- Abb. 35: Reproduktion von *Enchytraeus sp. (RefB5)* bei drei Wassergehalten
- Abb. 36: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* bei unterschiedlichen pH-Werten (Reproduktionstest pH)
- Abb. 37: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* bei zwei verschiedenen Wassergehalten in Kombination mit zwei pH-Werten (Reproduktionstest pH – WG)
- Abb. 38: Segmentzahlen der Adulten von *Enchytraeus christenseni* zu Versuchsende im Reproduktionstest bei zwei verschiedenen Wassergehalten in Kombination mit zwei pH-Werten (Reproduktionstest pH – WG)
- Abb. 39: Zinkgehalte von LUFA 2.2 und den aufdotierten LUFA Varianten. Ergebnisse von Königswasser- und Ammoniumnitrat-Aufschluss
- Abb. 40: Mortalität von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Mortalitätstest Zink 1)
- Abb. 41: Mortalität von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Mortalitätstest Zink 2)
- Abb. 42: Regressionsgerade zur LC<sub>50</sub>-Berechnung für *Enchytraeus christenseni* (Mortalitätstest Zink 2) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 43: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Reproduktionstest Zink 1)
- Abb. 44: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Reproduktionstest Zink 2, Alterung 26 Wochen)
- Abb. 45: Regressionsgerade zur EC<sub>50</sub>-Berechnung für *Enchytraeus christenseni* (Reproduktionstest Zink 2, Alterung 26 Wochen) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 46: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Reproduktionstest Zink 3)
- Abb. 47: Regressionsgerade zur EC<sub>50</sub>-Berechnung für *Enchytraeus christenseni* (Reproduktionstest Zink 3) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 48: Segmentzahlen der Adulten von *Enchytraeus christenseni* zu Versuchsende (Reproduktionstest Zink 2, Alterung 26 Wochen)
- Abb. 49: Segmentzahlen der Adulten von *Enchytraeus christenseni* zu Versuchsende (Reproduktionstest Zink 3)
- Abb. 50: Mortalität von *Enchytraeus sp. (RefB5)* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Mortalitätstest Zink 1)

- Abb. 51: Mortalität von *Enchytraeus sp. (RefB5)* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Mortalitätstest Zink 2)
- Abb. 52: Regressionsgerade zur  $LC_{50}$ -Berechnung für  $ZnCl_2$  bei *Enchytraeus sp. (RefB5)* (Mortalitätstest Zink 2) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 53: Reproduktion von *Enchytraeus sp. (RefB5)* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration (Reproduktionstest Zink 1)
- Abb. 54: Regressionsgerade zur  $EC_{50}$ -Berechnung für  $ZnCl_2$  bei *Enchytraeus sp. (RefB5)* (Reproduktionstest Zink 1) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 55: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* bei drei verschiedenen Zinkgehalten, bei 20 % und 15 % Wassergehalt (Reproduktionstest Zink – WG 1)
- Abb. 56: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* bei zwei Zinkgehalten, bei 20 % und 15 % Wassergehalt (Reproduktionstest Zink – WG 2)
- Abb. 57: Segmentzahlen der Adulten von *Enchytraeus christenseni* zu Versuchsende im Reproduktionstest bei zwei verschiedenen Zinkgehalten, bei 20 % und 15 % Wassergehalt sowie zu Testbeginn (Reproduktionstest Zink – WG 1)
- Abb. 58: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* bei drei verschiedenen Zinkgehalten in unbehandeltem (LUFA) und in angesäuertem (LUFA+S) Boden (Reproduktionstest Zink - pH 1)
- Abb. 59: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration unter Säureeinfluss (Reproduktionstest Zink - pH 2)
- Abb. 60: Regressionsgerade zur  $EC_{50}$ -Berechnung für  $ZnCl_2$  unter Säureeinfluss bei *Enchytraeus christenseni* (Reproduktionstest Zink - pH 2) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 61: Segmentzahlen der Adulten von *Enchytraeus christenseni* zu Versuchsende im Reproduktionstest bei drei verschiedenen Zinkgehalten in unbehandeltem (LUFA) und in angesäuertem (LUFA+S) Boden sowie zu Testbeginn (Reproduktionstest Zink - pH 1)
- Abb. 62: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der NaCl- bzw.  $CaCl_2$ -Konzentration (Reproduktionstest Chloride 1)
- Abb. 63: Reproduktion von *Enchytraeus christenseni* in Abhängigkeit von der NaCl- bzw.  $CaCl_2$ -Konzentration (Reproduktionstest Chloride 2)
- Abb. 64: Regressionsgerade zur  $EC_{50}$ -Berechnung für  $CaCl_2$  bei *Enchytraeus christenseni* (Reproduktionstest Chloride 2) mit 95%-Konfidenzintervall
- Abb. 65: Segmentzahlen der Adulten von *Enchytraeus christenseni* zu Versuchsende im Reproduktionstest mit NaCl und  $CaCl_2$  (Reproduktionstest Chloride 2)
- Abb. 66: Beziehung zwischen nominellem Zinkgehalt und mobilem Zinkgehalt (Ammoniumnitrat-Aufschluss) in LUFA 2.2 Standardboden
- Abb. 67: Beziehung zwischen nominellem Zinkgehalt und mobilem Zinkgehalt (Ammoniumnitrat-Aufschluss) in LUFA 2.2 Standardboden mit HCl-Zugabe

# TABELLENVERZEICHNIS

- Tab. 1: Voruntersuchung pH-Werte,  $C_{org.}$ , Summe Ton- und Schluffanteil sowie Schwermetallgehalte (mg/kg TG) der ausgewählten Flächen 1991
- Tab. 2: Lage (Gauß-Krüger-Koordinaten; Jagenummer Forstamt Buch), Größe, Vegetation, Mächtigkeit der organischen Auflage sowie Beschattung der Untersuchungsflächen
- Tab. 3: Anzahl der Probenahmen in den Untersuchungsjahren 1995 – 1999
- Tab. 4: Gesamtzahl der Enchytraeiden in allen Proben, Anzahl Tiere im dritten Zählthroughang (nach 72 h) und deren Anteil an der Gesamtzahl, beispielhaft für zwei Probeflächen für das Untersuchungsjahr 1996
- Tab. 5: Die Varianten der Besiedlungsversuche
- Tab. 6: Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen (aus GRAEFE 1998)
- Tab. 7: Wassergehalte der Reproduktionstests zum Einfluss der Bodenfeuchte in % TG
- Tab. 8: pH-Werte von LUFA 2.2 mit und ohne Zugabe von  $CaCO_3$  und HCl
- Tab. 9: Eingesetzte Zinkgehalte (mg/kg TG)
- Tab. 10: In zwei Reproduktionstests mit *E. christenseni* untersuchte NaCl- und  $CaCl_2$ - Gehalte
- Tab. 11: Die vier Versuchsvarianten im kombinierten pH-Bodenfeuchte-Test (Reproduktionstest pH – WG)
- Tab. 12: Die sechs Versuchsvarianten im kombinierten Zink-Bodenfeuchte Test (Reproduktionstest Zink – WG 1)
- Tab. 13: Die sechs Versuchsvarianten im kombinierten Zink-pH-Test (Reproduktionstest Zink - pH 1)
- Tab. 14: Verwendete statistische Tests (FOX ET AL. 1995)
- Tab. 15: Wassergehalte (%TG) der Probeflächen in zwei Tiefen
- Tab. 16: Wasserhaltekapazität (WHK) des LUFA 2.2 Standardbodens und der Rieselfeldböden in % (TG) sowie vier verschiedene Wassergehalte (WG) ausgedrückt in % der WHK
- Tab. 17: Gehalte organischer Substanz der untersuchten Rieselfeldböden sowie des Standardbodens LUFA 2.2 als Glühverlust in % der Trockenmasse für zwei Tiefenstufen
- Tab. 18: pH-Werte ( $CaCl_2$ ) der untersuchten Rieselfeldböden für zwei Tiefenstufen
- Tab. 19: Bodenart der untersuchten Flächen sowie des Standardbodens LUFA 2.2 im Vergleich. Sandgehalt und Kurzzeichen gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung (AG BODEN 1994)
- Tab. 20: Temperaturen der untersuchten Rieselfeldböden für drei Tiefenstufen
- Tab. 21: Kommentierte Liste der gefundenen Taxa
- Tab. 22: Vorkommen der Arten (alle Probenahmeterminen) für die untersuchten Flächen, Zeigerwerte (F und R) und Zersetzergesellschaftstyp
- Tab. 23: Artenliste mit Zeigerwerten (GRAEFE & SCHMELZ 1999), Lebensformtypen (GRAEFE & BELOTTI 1999) sowie Angaben zur Häufigkeit
- Tab. 24: Legende zu Tab. 22 und 23: Ökologisches Verhalten der Enchytraeiden: Definition der Feuchte- und Reaktionszeigerwerte (nach GRAEFE & SCHMELZ 1999)

- Tab. 25: Legende zu Tab. 23: Lebensformtypen der Enchytraeiden und Häufigkeitskennwerte (nach GRAEFE & SCHMELZ 1999, GRAEFE & BELOTTI 1999)
- Tab. 26: Segmentzahlen der Adulten von vier Arten aus den Freilandpopulationen
- Tab. 27: pH-Werte, Wassergehalte und Gehalte organischer Substanz der Böden und des Testgefäßinhalts nach Abschluss des Versuchs auf der Fläche RefB
- Tab. 28: Gehalte ausgewählter Schwermetalle in den Substraten, die zur Befüllung der Testgefäße verwendet wurden. Angaben in mg/kg (TG)
- Tab. 29: pH-Werte, Wassergehalte und Gehalte organischer Substanz (Spannweiten) der Böden und des Testgefäßinhalts nach Abschluss des Versuchs auf der Fläche Forst
- Tab. 30: Zahl der Juvenilen und Adulten im Reproduktionstest mit *Enchytraeus christenseni* nach drei verschiedenen Testlaufzeiten
- Tab. 31: Anzahl der Termine auf den Rieselfeldflächen mit Wassergehalten, die im Laborversuch eine Reproduktionseinschränkung hervorrufen
- Tab. 32: pH(CaCl<sub>2</sub>)-Werte der getesteten Varianten zu Testbeginn und zu Testende (Reproduktionstest pH)
- Tab. 33: pH(CaCl<sub>2</sub>)-Werte der getesteten Varianten zu Testbeginn und zu Testende (Reproduktionstest pH - WG).
- Tab. 34: pH(CaCl<sub>2</sub>)-Werte der getesteten Varianten zu Testbeginn und zu Testende (Reproduktionstest Zink - pH 1)
- Tab. 35: pH(CaCl<sub>2</sub>)-Werte der getesteten Varianten zu Testbeginn und zu Testende (Reproduktionstest Zink - pH 2)
- Tab. 36: Wirkschwellen für Zinkchlorid, Natriumchlorid und Calciumchlorid hinsichtlich der Mortalität, Reproduktion bzw. des Längenwachstums aus den Labortests mit *Enchytraeus christenseni*
- Tab. 37: Wirkschwellen für Zinkchlorid hinsichtlich der Mortalität und Reproduktion aus den Labortests mit *Enchytraeus sp.* (RefB5)
- Tab. 38: Daten zu den Validitätskriterien für die Kontrolle zu den ökotoxikologischen Tests mit *Enchytraeus christenseni*
- Tab. 39: Daten zu den Validitätskriterien für die Kontrolle zu den ökotoxikologischen Tests mit *Enchytraeus sp.* (RefB5)
- Tab. 40: Rahmenbedingungen zu den Versuchen mit *Enchytraeus christenseni*
- Tab. 41: Rahmenbedingungen zu den Versuchen mit *Enchytraeus sp.* (RefB5)
- Tab. 42: Prozesse der Löslichkeit und Bindung von ausgewählten Schwermetallen
- Tab. 43: Mittlere Gehalte, Hintergrund- und Vorsorgewerte für Zink, Cadmium und Kupfer (mg/kg)
- Tab. 44.: Vergleich der im Labor ermittelten EC<sub>50</sub>-Werte (Reproduktion) bzw. LC<sub>50</sub>-Werte (Mortalität) für Zink mit den Zinkgehalten der Rieselfeldböden, getrennt nach Gesamtgehalten und mobiler Fraktion.
- Tab. 45: Auswahl ökotoxikologischer Wirkdaten für Zink (mg/kg TG)
- Tab. 46: Auswahl ökotoxikologischer Wirkdaten für Blei, Cadmium, Kupfer und Chrom (mg/kg TG)
- Tab. 47: Auswahl von Boden-Grenzwerten für Zink (mg/kg TG), z. T. mit Bezug zum Pfad Boden-Bodenorganismen.

