

BMBF-Verbundprojekt (FKZ 0339571)

**Möglichkeiten und Grenzen der Auenregeneration und Auenwaldentwicklung  
am Beispiel von Naturschutzprojekten an der Unteren Mittelalbe  
(Brandenburg)**

**Teilprojekt 5: Zoologie**

**Folgenabschätzung von Auenwaldbegründung und Deichrückverlegung auf  
Biozöosen der Lenzener Elbtalaue  
mit Hilfe faunistischer Indikatoren**

Projektleitung: Prof. Dr. H. Wilkens  
Zoologisches Institut und Museum der Universität Hamburg

**Endbericht  
Teil IV: Bodenbiozönose**

Bearbeitung:  
IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH  
Sodenkamp 62, 22337 Hamburg

unter Mitarbeit von  
Dipl.-Biol. Ulfert Graefe, Dipl.-Biol. Anneke Beylich,  
Dipl.-Biol. Werner Busch, Dipl.-Ing. Birgit Egberts und  
Prof. Dr. Heinz-Christian Fründ

Februar 2002

## **IV Teil IV: Bodenbiozönose**

### **Inhaltsverzeichnis Teil IV:**

<b>IV Teil IV: Bodenbiozönose.....</b>	<b>IV-1</b>
<b>IV.1 Einleitung .....</b>	<b>IV-3</b>
<b>IV.2 Untersuchungszeitraum und -gebiet.....</b>	<b>IV-4</b>
<b>IV.3 Erfassungs- und Auswertungsmethoden.....</b>	<b>IV-5</b>
<b>IV.4 Ergebnisse .....</b>	<b>IV-7</b>
<b>IV.4.1 Testflächenübergreifende Darstellung der Ergebnisse.....</b>	<b>IV-7</b>
<b>IV.4.2 Einfluss von Bodeneigenschaften und Überflutung auf die Bodenbiozönose –                 Ergebnisse zu den einzelnen Testflächen.....</b>	<b>IV-16</b>
IV.4.2.1 Elbholz.....	IV-16
IV.4.2.2 Lütkenwisch.....	IV-17
IV.4.2.3 Eichwald.....	IV-20
IV.4.2.4 Oberholz.....	IV-25
IV.4.2.5 Drei-Felder-Versuch.....	IV-25
IV.4.2.6 Cumlosen.....	IV-26
<b>IV.5 Diskussion.....</b>	<b>IV-27</b>
<b>IV.6 Literatur Teil IV.....</b>	<b>IV-31</b>
<b>IV.7 Anhang</b>	

## Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen zu Teil IV:

Abbildung IV-1:	Lage der bodenzöologischen Probenahmestellen (1-3) in Relation zu den Dauerbeobachtungsflächen des Teilprojektes Vegetationskunde	IV-6
Abbildung IV-2:	Zahl der gefundenen Arten und ihre Verteilung im Vor- und Hinterland	IV-7
Abbildung IV-3:	Biomasse der Regenwürmer für alle Teststandorte, differenziert nach Lebensformtypen	IV-10
Abbildung IV-4:	Abundanzen der Kleinringelwürmer für alle Teststandorte, differenziert nach ihrem Verhalten gegenüber der Bodenfeuchtigkeit	IV-10
Abbildung IV-5:	Siedlungsdichten der Kleinringelwürmer auf Teststandorten im Vor- und Hinterland	IV-11
Abbildung IV-6:	Siedlungsdichten der Regenwürmer auf Teststandorten im Vor- und Hinterland	IV-12
Abbildung IV-7:	Biomassen der Regenwürmer auf Teststandorten im Vor- und Hinterland	IV-12
Abbildung IV-8:	Beziehung zwischen quantitativen Summenparametern der Annelidenzönose und der Bodenart	IV-13
Abbildung IV-9:	Position der Teststandorte im Lebensformtypen-Diagramm der Regenwürmer	IV-14
Abbildung IV-10:	Korrespondenzanalyse der Annelidenzönose von 25 Teststandorten mit Zuordnung der Zersetzergesellschaftstypen auf Verbandsebene	IV-15
Abbildung IV-11:	Reaktionszeigerwertspektren (Reaktionszahlen 1-9) und gewichtete mittlere Reaktionszahlen (mR) der Annelidenzönose von Teststandorten mit unterschiedlicher Bodenart im Eichen-Ulmenwald	IV-16
Abbildung IV-12:	Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer an den Teststandorten 4 (Elbholz) und 9 (Eichwald)	IV-17
Abbildung IV-13:	Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer im Transekt durch eine Flutrinne während der sommerlichen Trockenphase. Testfläche Lütkenwisch, 10.6.1997	IV-19
Abbildung IV-14:	Vorkommen von <i>Lumbricus terrestris</i> und Verteilung der Regenwurmbiomasse in Relation zu Höhenlage und Elbnähe im Deichvorland Lütkenwisch nach dem Winterhochwasser 1998/99	IV-19
Abbildung IV-15:	Veränderung der Regenwurmezönose entlang dem Gradienten zunehmender Vernässung auf dem Transekt durch eine qualmwasserbeeinflusste Flutrinne im Binnendeichsgebiet (Eichwald Transekt 3)	IV-21
Abbildung IV-16:	Humusprofil sowie Abundanz und Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer entlang dem Gradienten zunehmender Vernässung auf dem Transekt 3 durch eine Flutmulde (Testfläche Eichwald)	IV-22
Abbildung IV-17:	Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer an den Teststandorten 21 und 23 (Testfläche Drei-Felder-Versuch)	IV-26
Tabelle IV-1:	Vegetationstyp, Bodensubtyp und Oberbodenkennwerte der Teststandorte	IV-5
Tabelle IV-2:	Artenzahlen der erfassten Bodentiergruppen an den Teststandorten	IV-8
Tabelle IV-3:	Quantitative Ergebnisse der Regenwurmerfassung aufgeschlüsselt nach Lebensformtypen	IV-9
Tabelle IV-4:	Testfläche Lütkenwisch - Zeigerwerte der Ringelwurmezönose für Standort 5 (Plateau) und Transekt 1 (Flutrinne)	IV-18
Tabelle IV-5:	Veränderung der Annelidenzönose entlang dem Gradienten zunehmender Vernässung auf dem Transekt 3 durch eine Flutmulde (Testfläche Eichwald)	IV-24
Tabelle IV-6:	Koinzidenz von Zersetzer- und Pflanzengesellschaften an den Teststandorten	IV-28

## IV.1 Einleitung

Die im Boden zusammenlebenden Mikroorganismen und Tiere in ihrer Gesamtheit bilden die Bodenbiozönose. Als im Untergrund agierende Lebensgemeinschaft entzieht sich die Bodenbiozönose weitgehend der direkten Anschauung des Naturbeobachters. Dennoch hat sie für das Ökosystem eine fundamentale Bedeutung. Ohne die Zersetzung des abgestorbenen Pflanzenmaterials durch Bodenorganismen wäre der Nährstoffkreislauf unterbunden und Pflanzenwachstum auf Dauer nicht möglich. Der für die Bodenbiozönose verwendete Ausdruck „Zersetzer-gesellschaft“ bezieht sich auf diese Funktion. Über mehrere Verknüpfungswege hängt auch das oberirdische Nahrungsnetz von der Struktur und der Aktivität der Lebensgemeinschaft im Boden ab (SCHEU 2001). So sind viele Vögel, Säugetiere und Lurche, in der überfluteten Aue auch Fische, über die Zersetzernahrungskette mit der Bodenbiozönose verbunden. Die Erscheinungsformen der Bodenbiozönose, die im Zusammenwirken von Wasserhaushalt, Boden und Vegetation entstehen, charakterisieren den biologischen Bodenzustand (GRAEFE 1997b).

Der im Rahmen einer Rückdeichung neu entstehende Retentionsraum bietet die Möglichkeit, neben extensiver Landwirtschaft auch die Renaturierung und Wiederbegründung von Auwald zu betreiben. Durch Pflanzung autotypischer Gehölze im Untersuchungsgebiet wurde diese Entwicklung bereits eingeleitet. Der biologische Bodenzustand hat als Standortfaktor Auswirkungen auf die Entwicklung und die Stabilität der Auwaldpflanzung sowie auf die natürliche Sukzession. Im Rahmen des Verbundprojekts wurde der Frage nachgegangen, an welche Faktorenkonstellationen die Zustandsformen der Bodenbiozönose in der Elbaue gebunden sind. In Zusammenhang damit sollte geklärt werden, inwieweit die räumlichen Muster der Bodenbiozönose die raumzeitliche Dynamik des Wasserhaushalts widerspiegeln. Ein weiteres Ziel war, die Kongruenz zwischen den typologischen Einheiten der Vegetation (Pflanzengesellschaften) und der Bodenbiozönose (Zersetzer-gesellschaften) zu überprüfen. Die Sukzessionsphasen der Bodenbiozönose nach Rückdeichung und Auwaldbegründung sollten durch den Vergleich mit älteren Auwaldbeständen prognostiziert werden (Raum-für-Zeit-Ansatz).

Die Bodenbiozönose gehört zu den artenreichsten ökologischen Systemen, die wir kennen (GILLER 1996). Ein Waldboden z.B. kann auf einem Quadratmeter allein bis 1000 verschiedene Tierarten enthalten (ANDERSEN 1975). Solche Vielfalt lässt sich praktisch nicht vollständig erfassen. Es ist aber möglich, typische Vergesellschaftungen mit Hilfe von Biozönoseindikatoren zu charakterisieren. Als Indikatoren kommen vor allem Tiergruppen in Frage, die das Bodenmikrohabitat gestalten, die also die unmittelbare Umwelt der Bodenorganismen verändern. Die wichtigsten Habitatgestalter sind die Regenwürmer. Andere Gruppen der Bodenmakrofauna wie Asseln und Doppelfüßer spielen ebenfalls eine Rolle. Wo die Makrofauna zurücktritt, erlangt die Mesofauna größere Bedeutung. Um

die Bodenbiozönose in ausreichender Differenzierung erfassen zu können, wurden Regenwürmer (Lumbricidae), Asseln (Isopoda), Doppelfüßer (Diplopoda) und Hundertfüßer (Chilopoda) sowie die zur Mesofauna gehörenden Kleinringelwürmer (Enchytraeidae und Polychaeta) als Indikatorgruppen ausgewählt.

## **IV.2 Untersuchungszeitraum und -gebiet**

Die Probenahmen erfolgten im Mai, Juni und Oktober 1997, im April, Mai, Juli und Oktober 1998 sowie im Mai und Juni 1999. Dabei handelt es sich nicht um Zeitreihen, sondern um einmalige Momentaufnahmen verschiedener Standorte.

Das Untersuchungsgebiet umfasst im Deichvorland die Testflächen Lütkenwisch und Cumlosen. Zur Testfläche Elbholz gehören je zwei außendeichs und zwei binnendeichs gelegene Standorte. Im Rückdeichungsgebiet liegen die Testflächen Eichwald, Oberholz und Drei-Felder-Versuch. Die bodenzoologischen Untersuchungen erfolgten in enger Anbindung an die Dauerbeobachtungsflächen des Teilprojekts Vegetationskunde (Teststandorte 1 bis 25) sowie an verschiedene Transekte der Teilprojekte Vegetationskunde (T1, T2), Bodenkunde (T3) und Landwirtschaft (T5, T6, T7). Eine Zusammenstellung von vegetations- und bodenkundlichen Kenndaten der Teststandorte enthält Tabelle IV-1.

Tabelle IV-1: Vegetationstyp, Bodensubtyp und Oberbodenkennwerte der Teststandorte.

Standort	Vegetationstyp	Bodensubtyp	Oberbodenart	pH-Wert		
				CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
Elbholz	1	Querco-Ulmetum minoris (außendeichs)	Norm-Vega	lehmiger Sand	4,9	5,4
	2	Querco-Ulmetum minoris (außendeichs)	Norm-Vega	lehmiger Sand		5,6
	3	Querco-Ulmetum minoris (binnendeichs)	Gley-Vega	lehmiger Sand	5,9	6,3
	4	Querco-Ulmetum minoris (binnendeichs)	Gley-Vega	lehmiger Sand		
Lütkenwisch	5	Leucanthemo-Rumicetum thyrsoflori	Vega-Gley	schluffiger Lehm	4,9	5,6
	6	Ranunculo-Alopecuretum geniculati / Phalaridetum-Übergangsgesellschaft	Vega-Gley	schluffiger Lehm	5,8	6,3
	7	Phalaridetum arundinaceae	Vega-Gley	schluffiger Lehm	5,7	6,2
	8	Scirpo-Phragmitetum	Auen-Anmoorgley	schluffiger Ton	5,8	6,0
Eichwald	9	Querco-Ulmetum minoris	Vega-Gley	toniger Lehm	5,0	5,8
	10	Elymus repens-Alopecurus pratensis-Gesellschaft (Schweineversuchsfläche)	Auen-Amphigley	lehmiger Sand	4,6	5,3
	11	Dauco-Arrhenatheretum eliatoris (Schweineversuchsfläche)	Auen-Amphigley	lehmiger Sand	5,1 4,5	5,5 4,9
	12	Ranunculo-Alopecuretum geniculati	Auen-Nassgley	schluffiger Lehm	4,4	4,7
	13	Phalaridetum arundinaceae	Auen-Nassgley	schluffiger Lehm	4,1	4,7
	14	Caricetum gracilis	Auen-Nassgley	schluffiger Lehm	4,6	5,0
	15	Glycerietum maximae	Auen-Nassgley	schluffiger Lehm	4,5	4,7
	16	Scirpo-Phragmitetum	Gley-Vega	schluffiger Lehm toniger Lehm	5,6 4,9	6,4 5,7
C	Spergulo-Corynephorretum	Norm-Paternia	Sand		5,8	
Oberholz	17	Dauco-Arrhenatheretum eliatoris	Vega-Gley	schluffiger Ton		6,1
	18	Elymus repens-Alopecurus pratensis-Gesellschaft (Aufforstung)	Vega-Gley	schluffiger Ton	5,7	6,3
	19	Ranunculo-Alopecuretum geniculati	Auengley	schluffiger Ton	5,7	6,2
	20	Ranunculo-Alopecuretum geniculati (Aufforstung)	Auen-Nassgley	schluffiger Ton	5,2	5,8
3-Felder	21	Lolio-Cynosuretum cristati	Vega-Gley	toniger Lehm	5,0	5,6
	22	Glycerietum maximae	Auen-Nassgley	schluffiger Ton	5,6	5,9
	23	Phalaridetum arundinaceae	Auen-Nassgley	lehmiger Sand	5,2	5,6
Cumlosen	24	Salicetum albae	Auen-Anmoorgley	schluffiger Lehm	5,6	5,9
	25	Salicetum triandro-viminalis	Auen-Anmoorgley	sandiger Lehm	5,2	5,5

### IV.3 Erfassungs- und Auswertungsmethoden

Die Probenahmestellen wurden um die 4 x 4 m großen Dauerbeobachtungsflächen des Teilprojekts Vegetationskunde herum angeordnet. Dadurch sollte eine Störung der Flächen vermieden werden. Bei den größeren Dauerbeobachtungsflächen unter Wald wurden die Probenpunkte diagonal über die Fläche gelegt (Abbildung IV-1). Pro Teststandort wurden drei Probenpunkte gesetzt. Die Transektbeprobungen erfolgten mit 4-7 Punkten auf einer parallelen Linie im Abstand von 2 m zum am Standort vorliegenden Transekt des jeweiligen anderen Teilprojektes. An jedem Punkt wurden die nachfolgend beschriebenen Probenahmen unmittelbar nebeneinander ausgeführt.

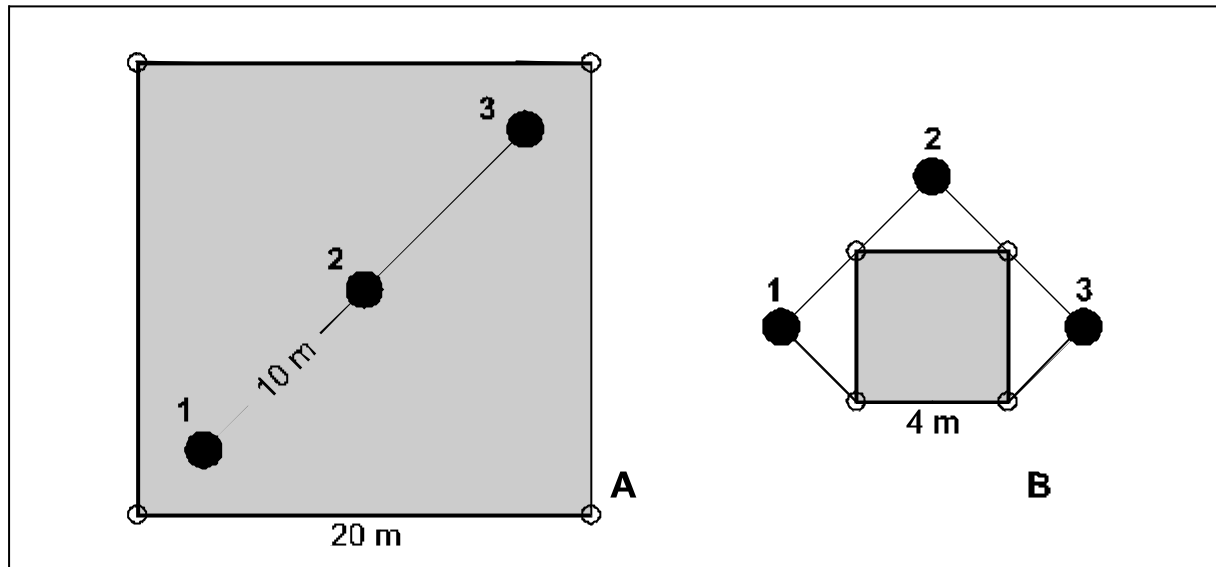


Abbildung IV-1: Lage der bodenzoologischen Probenahmestellen (1-3) in Relation zu den Dauerbeobachtungsflächen des Teilprojektes Vegetationskunde. A: Wald, B: Offenland.

Für die Erfassung der oberflächennahen Makrofauna (Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer, Hundertfüßer) wurden mit einem Stechring jeweils zwei 250 cm<sup>2</sup> große, 10 cm tiefe Bodenausstiche entnommen und in Polyethylenbeuteln verpackt in das Labor transportiert, wo die Tiere zunächst von Hand ausgelesen wurden. Anschließend wurden die Proben 5 bis 10 Tage in einem Kempson-Apparat getrocknet, um die kleineren Individuen zu erfassen, die bei der Handauslese übersehen worden waren. Tiefgrabende Regenwürmer wurden mit einer formalinhaltigen Reizlösung aus dem Boden getrieben. Hierzu wurde eine 0,25 m<sup>2</sup> große Fläche mit einem in den Boden gedrückten Metallring abgegrenzt und mit 10 Liter einer 0,4%igen Formalinlösung übergossen. Die Tiere wurden mit NOTOXbio fixiert und im Labor bis zur Art bestimmt und gewogen. Für die Erfassung der Kleinringelwürmer wurde eine 10 cm tiefe Bodenprobe mit dem Stechzylinder entnommen. Die Einstichfläche betrug 19,63 cm<sup>2</sup>. Die Bodensäule wurde in 4 gleiche Tiefenstufen aufgeteilt (0-2,5 cm, 2,5-5 cm, 5-7,5 cm, 7,5-10 cm). Im Labor wurden die Kleinringelwürmer mit der Wassertauchmethode nach GRAEFE (in DUNGER & FIEDLER 1989) aus den Bodenproben extrahiert. Die Wässerung erfolgte über 48 Stunden bei einmaligem Wasserwechsel nach 12 bis 24 Stunden. Die Tiere wurden im lebenden Zustand unter dem Mikroskop gezählt und bestimmt.

Die Auswertung erfolgte punktbezogen nach dem für Bodendauerbeobachtungsflächen entwickelten Verfahren (GRAEFE et al. 1998). Auf den Teststandort bezogen wurden die Parameter Artenzusammensetzung, Abundanz der einzelnen Arten (Ind./m<sup>2</sup>), Dominanz, Frequenz, Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer sowie Biomasse (g/m<sup>2</sup>) und Gewichtsdominanz der Regenwürmer ausgewertet. Das ökologische Verhalten der Arten wurde auf der Grundlage von Expertenwissen in die Auswertung integriert. Für Regenwürmer wurde die Einteilung in

Lebensformtypen nach BOUCHÉ (1972) verwendet. Die Zeigerwerte der Regenwürmer und Kleinringelwürmer für Bodenfeuchte und Bodenreaktion, die sich an die entsprechenden Zeigerwerte der Pflanzen (ELLENBERG et al. 1992) anlehnen, wurden von GRAEFE (1993, 1997a) und GRAEFE & SCHMELZ (1999) übernommen. Die Einordnung der gesamten Artengemeinschaft in das System der Zersetzergesellschaften erfolgte nach GRAEFE (1993, 1998) und BEYLICH et al. (1994).

## IV.4 Ergebnisse

Im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 94 Arten nachgewiesen. Davon gehören 14 zu den Regenwürmern, 63 zu den Enchyträen, 2 zu den Polychaeten, 1 zu den Asseln, 6 zu den Doppelfüßern und 8 zu den Hundertfüßern. Die Liste der Enchyträen enthält auch 9 für die Wissenschaft neue Arten aus den Gattungen *Achaeta*, *Enchytronia* und *Fridericia*. In den Anhängen IV-4 und IV-5 sind alle Arten mit ihren Fundorten zusammengestellt. Die Grundlage für die Aggregation der Daten zu standortbezogenen Kennwerten der Bodenbiozönose bilden die Primärdatenprotokolle (Anhang IV-6 bis IV-11). Für den Vergleich aller Flächen werden zunächst ausgewählte Parameter im Überblick dargestellt (Abschnitt IV-4.1). In Abschnitt IV-4.2 wird am Beispiel der einzelnen Flächen auf den Einfluss von Bodeneigenschaften und Überflutung auf die Bodenbiozönose eingegangen.

### IV.4.1 Testflächenübergreifende Darstellung der Ergebnisse

Von den 14 im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Regenwurmartarten traten 12 sowohl außen- als auch binnendeichs auf. Nur jeweils eine Art wurde ausschließlich im Außen- bzw. Binnendeichgebiet gefunden (Abbildung IV-2). Auch die meisten Arten der Asseln, Doppelfüßer und Hundertfüßer kommen im Vorland und im Hinterland vor. Nur die Gruppe der Kleinringelwürmer enthält einen höheren Anteil von Arten, die lediglich in einem der beiden Teilräume auftraten. Berücksichtigt man die Fundortangaben aus der Literatur (z.B. GRAEFE 1993a, b, 1998), zeigt sich jedoch, dass fast alle der nur im Vorland festgestellten Arten auch außerhalb von Auenlandschaften weit verbreitet sind.

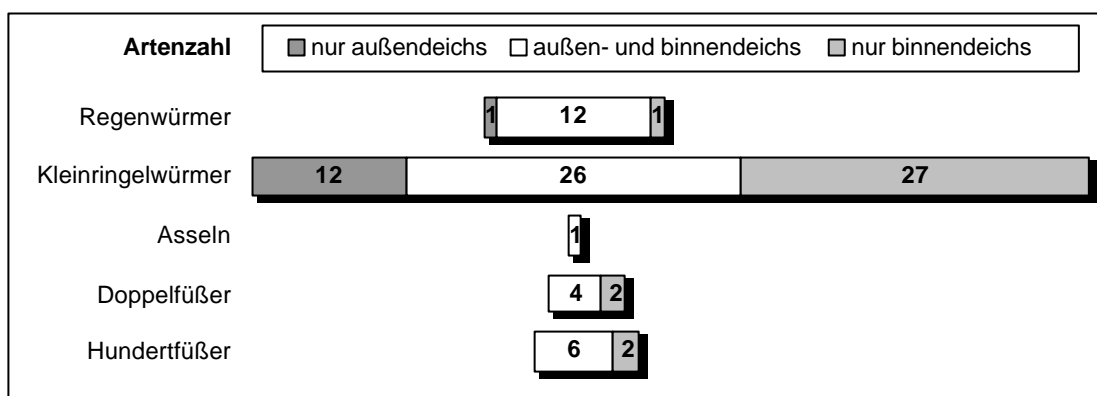


Abbildung IV-2: Zahl der gefundenen Arten und ihre Verteilung im Vor- und Hinterland



Tabelle IV-2 gibt eine Übersicht über die Artendiversität an den Teststandorten. Die fünf Standorte unter Wald (Elbholz 1-4, Eichwald 9) zeichnen sich durch hohe Artenzahlen aus. Sehr viel niedriger liegen die Werte dagegen auf den Vordeichflächen Lütkenwisch und Cumlosen sowie der Aufforstungsfläche Oberholz. Die Tiergruppen verteilen sich mehr oder weniger lückenhaft über die Standorte. Nur Regenwürmer und Enchyträen sind allgemein präsent. Im Folgenden wird deshalb auf diese beiden Gruppen ausführlicher eingegangen.

Tabelle IV-2: Artenzahlen der erfassten Bodentiergruppen an den Teststandorten.

Testfläche	Teststandort	Lumbricidae	Enchytraeidae	Polychaeta	Isopoda	Diplopoda	Chilopoda	gesamt
Elbholz	1	7	21	1	1	2	4	36
	2	7	20	2	1	5	5	40
	3	5	16		1	5	2	29
	4	4	20	1		3	5	33
Lütkenwisch	5	4	11				1	16
	6	4	4					8
	7	3	7					10
	8	4	5				2	11
Eichwald	9	6	21			1	4	32
	10	7	15		1	1	1	25
	11	2	21			1		24
	12	3	4					7
	13	4	9					13
	14	3	7					10
	15	5	12					17
	16	6	11		1	4	1	23
Oberholz	17	5	7					12
	18	7	6				2	15
	19	4	6				1	11
	20	3	4				1	8
3-Felder	21	7	9				1	17
	22	4	7		1			12
	23	7	11					18
Cumlosen	24-1	2	7					9
	24-2	1	9					10
	25	3	8				1	12

Die quantitativen Ergebnisse der Regenwurmerfassung sind in Tabelle IV-3 zusammengestellt. Die Parameter Abundanz, Biomasse, Dominanz und Gewichtsdominanz wurden nach Lebensformtypen getrennt ausgewertet. Da die anecischen Arten sehr viel größer und schwerer als die anderen sind, verschieben sich die Proportionen zwischen Abundanz und Biomasse in Abhängigkeit vom jeweiligen Anteil dieser Gruppe. Das größere Individualgewicht der anecischen Arten bedingt auch eine höhere Leistungsfähigkeit bezüglich der Funktionen Durchmischung, Lockerung, Belüftung und Dränung des Bodens und der Zersetzung der Pflanzenrückstände. Die Biomasse ist deshalb mehr noch als die Abundanz ein Maß für die ökologische Bedeutung der Gruppe.

Tabelle IV-3: Quantitative Ergebnisse der Regenwurmerfassung aufgeschlüsselt nach Lebensformtypen.

Teststandort	Artenzahl	Gesamtabundanz Ind./m <sup>2</sup>	Gesamtbiomasse g/m <sup>2</sup>	Abundanz Individuen/m <sup>2</sup>			Biomasse g/m <sup>2</sup>			Dominanz %			Gewichtsdominanz %		
				Aneicische	Endogäische	Epigäische	Aneicische	Endogäische	Epigäische	Aneicische	Endogäische	Epigäische	Aneicische	Endogäische	Epigäische
1	7	545	29	3	220	323	3	17	9	0,5	40	59	11	58	32
2	7	403	41	11	9	383	24	2	16	3	2	95	58	4	38
3	5	151	64	64	87		40	24		42	58		62	38	
4	4	92	8		5	87		1	7		6	94		15	85
5	4	347	84	40	207	100	59	15	11	12	60	29	70	17	13
6	4	220	33	1	193	25	3	26	4	0,6	88	12	8	79	13
7	3	307	38		273	33		31	7		89	11		82	18
8	4	187	7		87	100		3	4		46	54		39	61
9	6	280	116	44	233	3	85	31	0,1	16	83	1	73	27	0,1
10	7	604	120	19	527	59	38	77	5	3	87	10	32	64	4
11	2	87	40	13	73		27	13		15	85		68	32	
12	3	15	1		1	13		0,3	1		9	91		34	66
13	4	23	3		3	20		1	2		11	88		22	78
14	3	16	1		7	9		1	0,4		42	59		67	33
15	5	329	25		3	327		1	25		1	99		3	97
16	6	148	13	4	29	115	6	2	5	3	20	77	46	14	39
17	5	109	29	3	100	7	6	23	1	2	91	6	19	79	2
18	7	213	42	7	167	40	8	26	8	3	78	19	19	62	19
19	4	55	7		53	1		7	1		97	2		91	9
20	3	13	2		12	1		2	0,2		90	10		91	9
21	7	367	43		193	173		36	7		53	47		85	15
22	4	213	36		93	120		29	8		44	56		79	21
23	7	359	41		240	119		35	5		67	33		87	13
24-1	2	15	15		13	1		15	0,1		91	9		99	1
24-2	1	0,1				1			0,1			100			100
25	3	203	6		1	201		0,01	6		1	99		99,8	0,2

In Abbildung IV-3 sind die Angaben zur Biomasse der Regenwürmer aus Tabelle IV-3 graphisch dargestellt. Die Werte liegen zwischen 1 g/m<sup>2</sup> und 120 g/m<sup>2</sup>. Ein Großteil der Schwankungen geht auf das Konto der aneicischen Artengruppe, in der *Lumbricus terrestris* eine dominante Rolle spielt. Diese Art fehlt an allen tiefer gelegenen nassen Standorten. Herausragende Regenwurmbiomassen finden sich außendeichs auf den höher gelegenen Grünlandflächen (Lütkenwisch 5) sowie binnendeichs unter Wald (Elbholz 3, Eichwald 9) und auf Grünlandbrache (Eichwald 10 „Schweineversuchsfläche“).

Eine ähnliche Darstellung für die Abundanzen der Kleinringelwürmer findet sich in Abbildung IV-4. Die Siedlungsdichten sind hier aufgeschlüsselt nach dem Verhalten der Arten gegenüber der Bodenfeuchtigkeit (s. Anhang IV-2). Die Feuchte- und Nässezeiger (Feuchtezahlen 6-11) sind dabei zu einer Gruppe zusammengefasst. Erwartungsgemäß treten letztere mit hohen Anteilen an nassen Standorten, wie der Weichholzlaue in Cumlosen oder in Röhrichtern (Teststandorte 13 und 15) auf. Auf der Vordeichsfläche Lütkenwisch deutet weniger die Existenz von Nässezeigern, sondern mehr das

Fehlen von Frischezeigern, die nasse Bedingungen schlecht tolerieren, auf regelmäßige Überstauung hin. Frischezeiger sind dagegen auf den Teststandorten im Elbholz stark vertreten. Diese Hartholzauen-Standorte sind vergleichsweise selten überflutet und auf Grund der Bodenart (lehmiger Sand) gut drainiert.

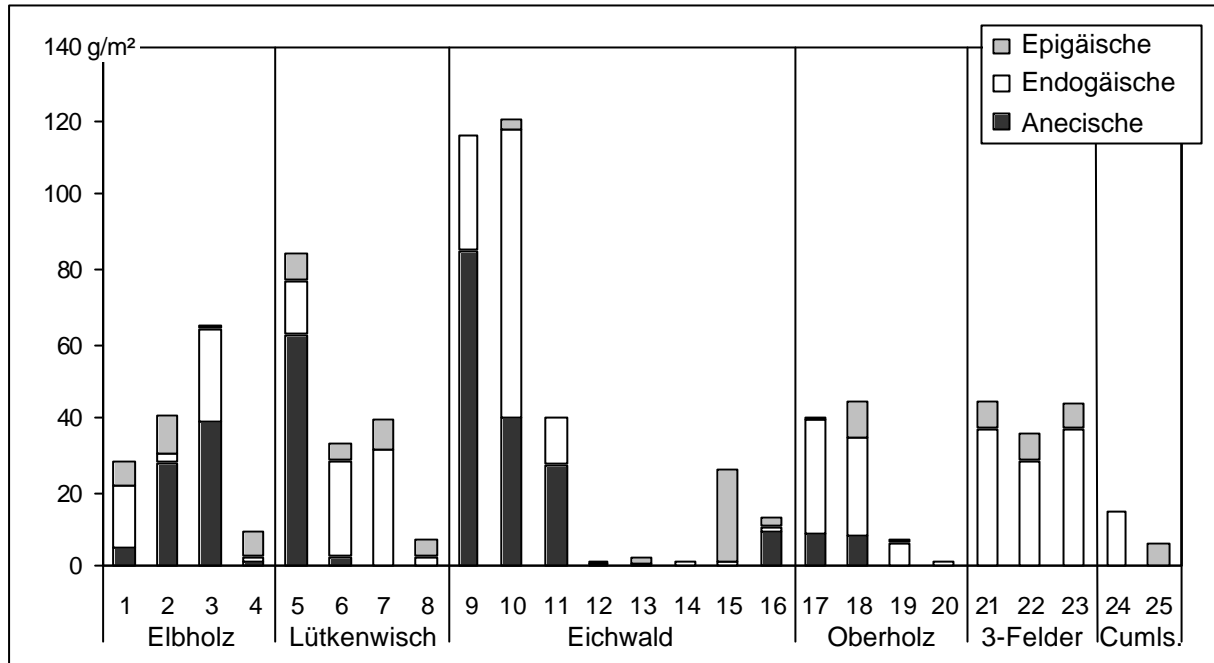


Abbildung IV-3: Biomasse der Regenwürmer für alle Teststandorte, differenziert nach Lebensformtypen.

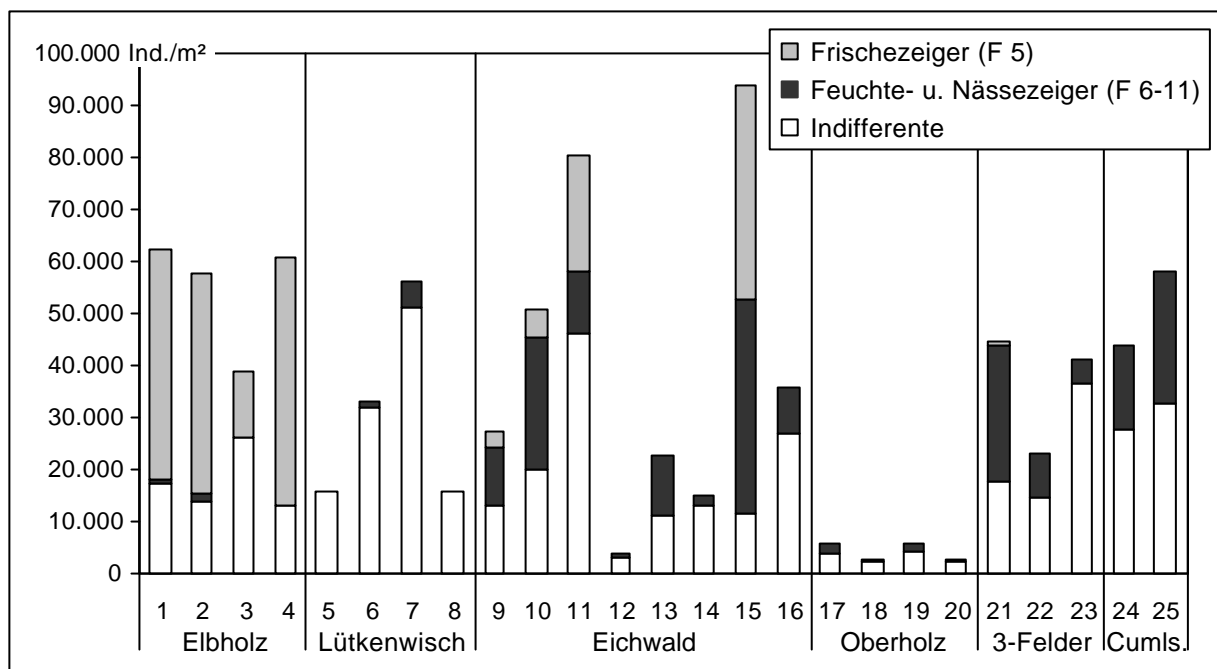


Abbildung IV-4: Abundanzen der Kleinringelwürmer für alle Teststandorte, differenziert nach ihrem Verhalten gegenüber der Bodenfeuchtigkeit (F: Feuchtezahl, Legende s. Anhang IV-2).

Aus der Gegenüberstellung der Abbildungen IV-3 und IV-4 wird sichtbar, dass an einigen Standorten die Mesofauna (z.B. Elbholz 4), an anderen die Makrofauna dominiert (z.B. Lütkenwisch 5). Wenn beide Gruppen stark vertreten sind, wie an den Teststandorten „Schweineversuchsfläche“, handelt es sich um einen besonders günstigen biologischen Bodenzustand. Umgekehrt muss der Zustand der Testfläche Oberholz mit dem geringen Besatz an Regenwürmern und Kleinringelwürmern als besonders ungünstig eingestuft werden.

Abbildungen IV-5 bis IV-7 zeigen einen Vergleich der außendeichs und binnendeichs gelegenen Teststandorte bezüglich der Siedlungsdichten der Regenwürmer und Kleinringelwürmer sowie der Biomasse der Regenwürmer. Die Werte variieren sehr stark, wobei im Hinterland größere Bandbreiten bestehen als im Vorland. Die mittlere Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer beträgt im Vorland 43.000 und im Hinterland 31.000 Tiere/m<sup>2</sup>. Für die Regenwürmer liegt der Mittelwert der Siedlungsdichte im Vorland bei 240 und im Hinterland bei 170 Tieren/m<sup>2</sup>. Die mittlere Biomasse ist dagegen im Hinterland mit 34 g/m<sup>2</sup> etwas höher als im Vorland mit 28 g/m<sup>2</sup>. Die Darstellungen zeigen, dass sich Vor- und Hinterland bei den quantitativen Parametern Siedlungsdichte und Biomasse nicht deutlich unterscheiden. In beiden Teilräumen gibt es aber große Unterschiede zwischen den einzelnen Teststandorten.

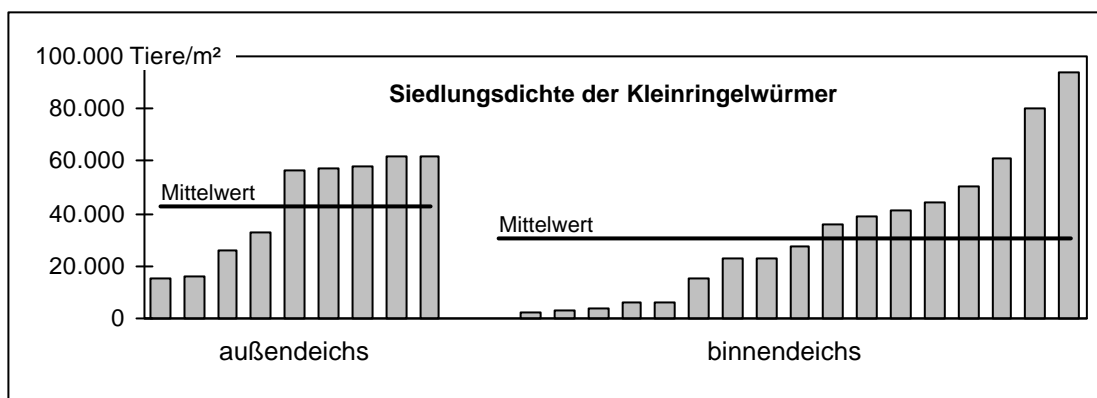


Abbildung IV-5: Siedlungsdichten der Kleinringelwürmer auf Teststandorten im Vor- und Hinterland

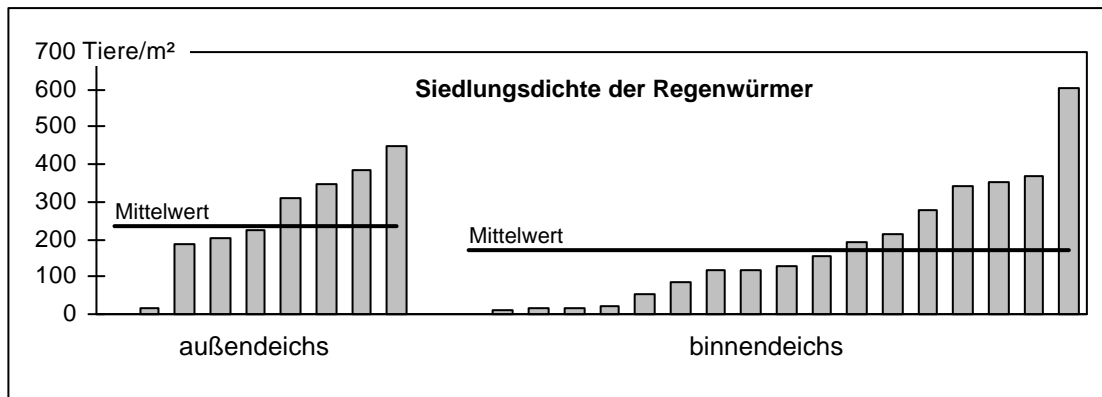


Abbildung IV-6: Siedlungsdichten der Regenwürmer auf Teststandorten im Vor- und Hinterland

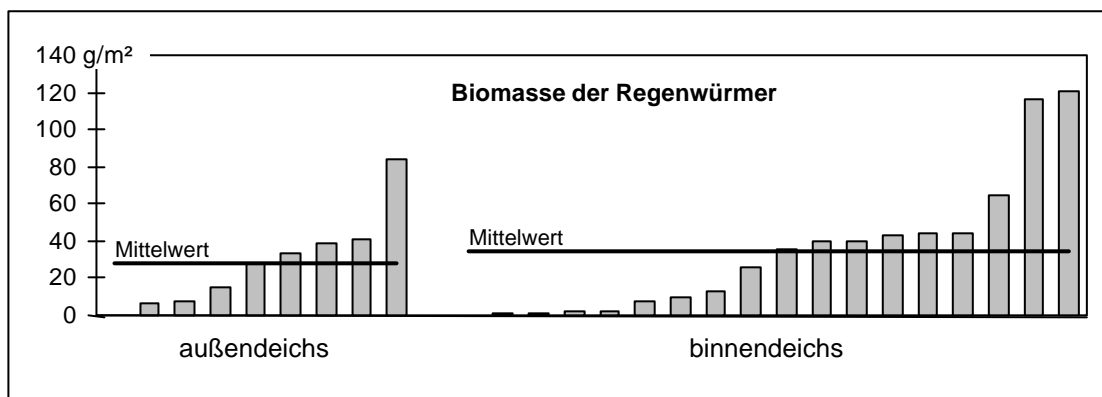


Abbildung IV-7: Biomassen der Regenwürmer auf Teststandorten im Vor- und Hinterland

Wesentlicher als die Lage der Teststandorte (außendeichs / binnendeichs) sind für die Bodenbiozönose die Bodeneigenschaften. Einen Zusammenhang zwischen Siedlungsdichten sowie Biomasse der Ringelwürmer und der Bodenart ist Abbildung IV-8 zu entnehmen. Mit steigendem Tonanteil der Böden nehmen die Siedlungsdichten der Tiere ab. Während bei den Kleinringelwürmern bereits ein Unterschied zwischen lehmigem Sand und schluffigem/tonigem Lehm festzustellen ist, zeigen die Regenwürmer erst in schluffigem Ton herabgesetzte Abundanzen und eine verringerte Gesamtbiomasse.

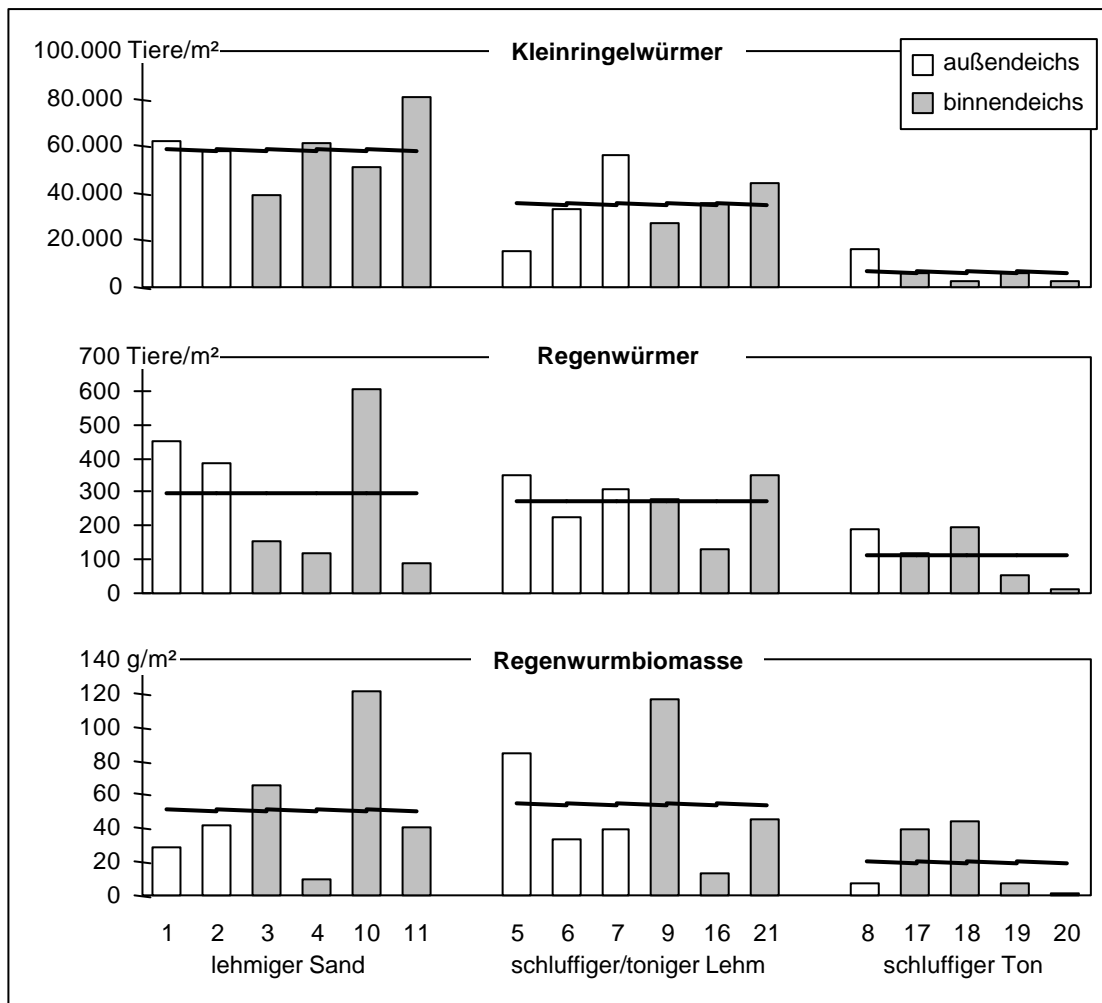


Abbildung IV-8: Beziehung zwischen quantitativen Summenparametern der Annelidenzönose und der Bodenart. Abszisse: Standortnummern. Stärker vernässte Teststandorte (Nassgleye) sind nicht dargestellt

Quantitative Parameter wie Siedlungsdichte und Biomasse schwanken im Jahresverlauf, weshalb die genauen Zahlen weniger interessieren als der ungefähre Bereich, in dem diese liegen. Dagegen verhalten sich qualitative Parameter, die auf der Artenzusammensetzung basieren, relativ robust gegenüber jahreszeitlichen und kurzfristig witterungsbedingten Einflüssen. Jedenfalls trifft das auf die hier untersuchten Tiergruppen zu. Die Artenzusammensetzung ist gerade deshalb ein sehr sensibler Indikator für das standörtliche Wirkungsgefüge auf der Zeitskala mehrerer Jahre. Beispiele hierfür sind die Veränderungen der Bodenbiozönose entlang von Gradienten zunehmender Versauerung und Vernässung (vgl. auch Abschnitt IV-4.2).

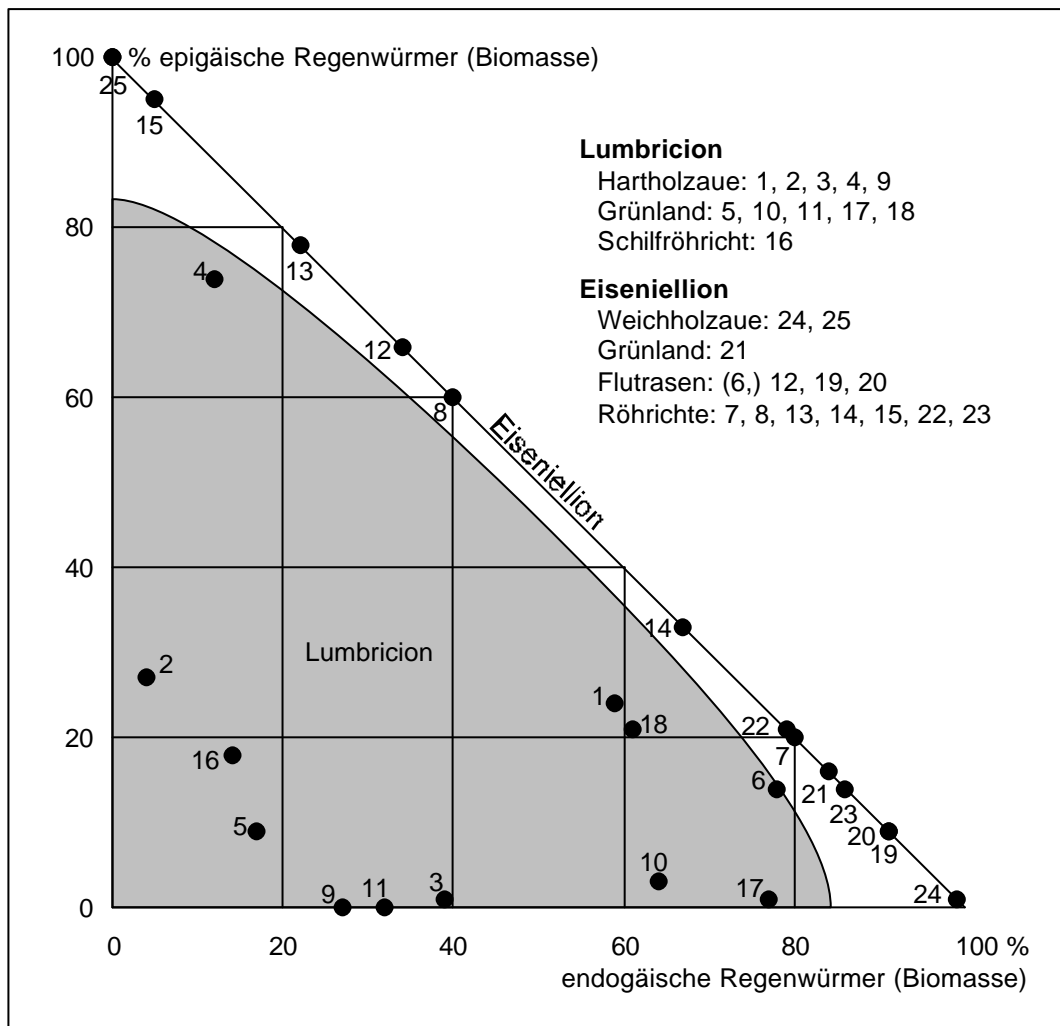


Abbildung IV-9: Position der Teststandorte im Lebensformtypen-Diagramm der Regenwürmer (Ziffern in der Legende: Teststandortnummern). Anecische Regenwürmer:  $100\% - \Sigma \% \text{ endogäische} + \% \text{ epigäische}$ .

Abbildung IV-9 zeigt die Regenwurmzönosen der Teststandorte in Form eines Dreieckdiagramms. Die Position der Standorte wird von den prozentualen Anteilen der drei Lebensformtypen an der gesamten Regenwurmbiomasse bestimmt (vgl. Tabelle IV-3). Die abgegrenzten Bereiche umfassen Standorte mit einer ähnlichen Zersetzergesellschaft. Der als Lumbricion bezeichnete Typ ist durch das Vorhandensein anecischer Arten charakterisiert. Im Eiseniellion sind Regenwürmer nur mit endogäischen und epigäischen Arten vertreten. Zersetzergesellschaftstypen lassen sich auf diese Weise nur sehr grob auf der Ebene des Verbands darstellen. Feinere Abstufungen sind mit Charakterarten aus der Mesofauna möglich, wobei die artenreiche Gruppe der Kleinringelwürmer eine besondere Rolle spielt. Einen Überblick über das System der Zersetzergesellschaften zeigt Anhang IV-3.

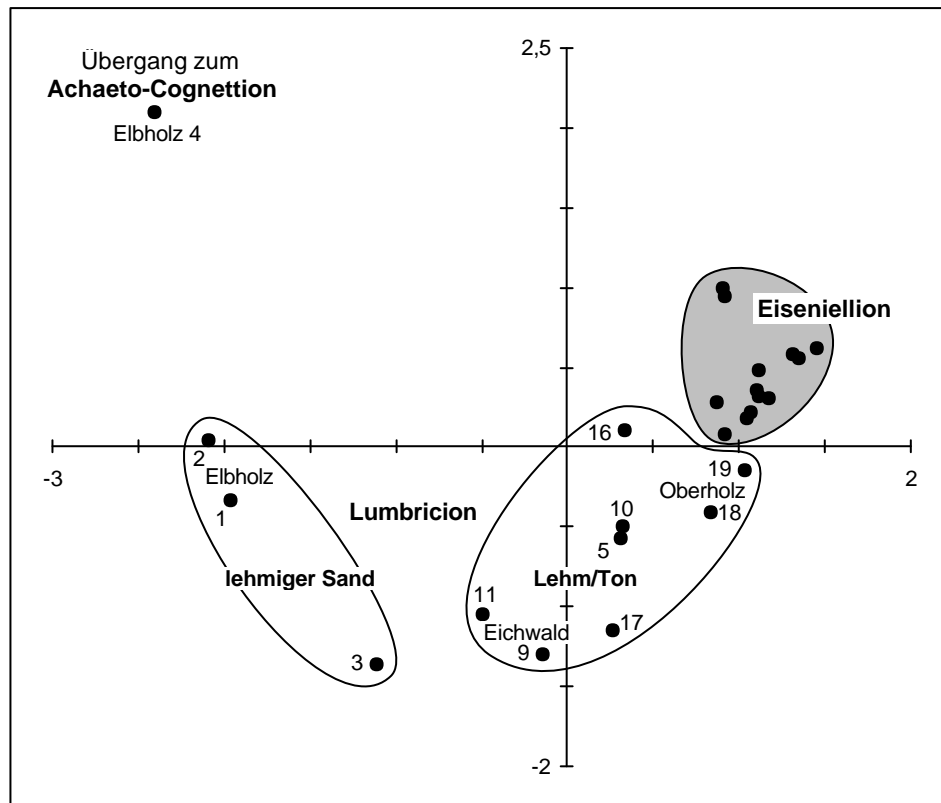


Abbildung IV-10: Korrespondenzanalyse der Annelidenzönose von 25 Teststandorten mit Zuordnung der Zersetzergesellschaftstypen auf Verbandsebene.

Mit Hilfe einer Korrespondenzanalyse lassen sich ebenfalls Teststandorte mit denselben Zersetzergesellschaften voneinander abgrenzen (Abbildung IV-10). Während die nässebeeinflussten Standorte des Eiseniellions recht große Ähnlichkeit zeigen, streuen die Standorte des Lumbricions über einen weiteren Bereich. Dabei lassen sich Sand- bzw. Lehm- und Tonstandorte voneinander unterscheiden (vgl. Abbildung IV-8). Der Standort Elbholz 4 ist deutlich distanziert von den anderen Standorten. Die Zersetzergesellschaft befindet sich hier im Übergangsbereich zwischen Lumbricion und Achaeto-Cognettion und deutet damit auf den Prozess der Bodenversauerung an diesem Standort hin.



#### IV.4.2 Einfluss von Bodeneigenschaften und Überflutung auf die Bodenbiozönose – Ergebnisse zu den einzelnen Testflächen

Die im Boden lebenden Tiere zeichnen sich allgemein durch eine große Ortstreue aus, weshalb sie eine mit den Pflanzen vergleichbare Bedeutung als Standortszeiger haben. Ihre individuelle Lebensdauer liegt im Bereich von Monaten bis Jahren. Die Persistenz einer örtlichen Population liegt dagegen im Bereich von Jahrzehnten bis Jahrhunderten und wird oft nur von der Stabilität des Habitats begrenzt. Nach GIGON & GRIMM (1997) bezeichnet Persistenz das Fortbestehen eines ökologischen Systems als identifizierbare Einheit. Die im Projekt betrachteten Rückdeichungsszenarien würden mit gravierenden Änderungen wesentlicher ökologischer Faktoren einher gehen und dadurch Veränderungen der ökologischen Systeme im Untersuchungsgebiet bewirken. Bei der Prognose dieser Veränderungen steht nicht das dynamische Verhalten eines Systems im Vordergrund, sondern es interessieren die Schwellenwerte zwischen alternativen stabilen Zuständen. Im Folgenden werden Ergebnisse zu den einzelnen Testflächen dargestellt und daran beispielhaft der Einfluss verschiedener Umweltfaktoren auf den Systemzustand der Bodenbiozönose beschrieben.

##### IV.4.2.1 Elbholz

Die Teststandorte mit dem Vegetationstyp Eichen-Ulmen-Wald (*Quercus-Ulmetum minoris*) bieten ein Beispiel für eine Veränderung der Bodenbiozönose mit zunehmender Bodenversauerung. Die Versauerung ist bei den Sandstandorten der Fläche Elbholz binnendeichs stärker ausgeprägt als außendeichs. Dementsprechend treten Basen- und Schwachsäurezeiger im Hinterland mit geringeren Dominanzen auf. Am Teststandort Eichwald kam es im Vergleich dazu aufgrund der besseren Pufferkapazität (Bodenart toniger Lehm) bisher nicht zu einer nennenswerten Versauerung. Hier treten überwiegend Arten mit der Reaktionszahl 7 auf (Abbildung IV-11).

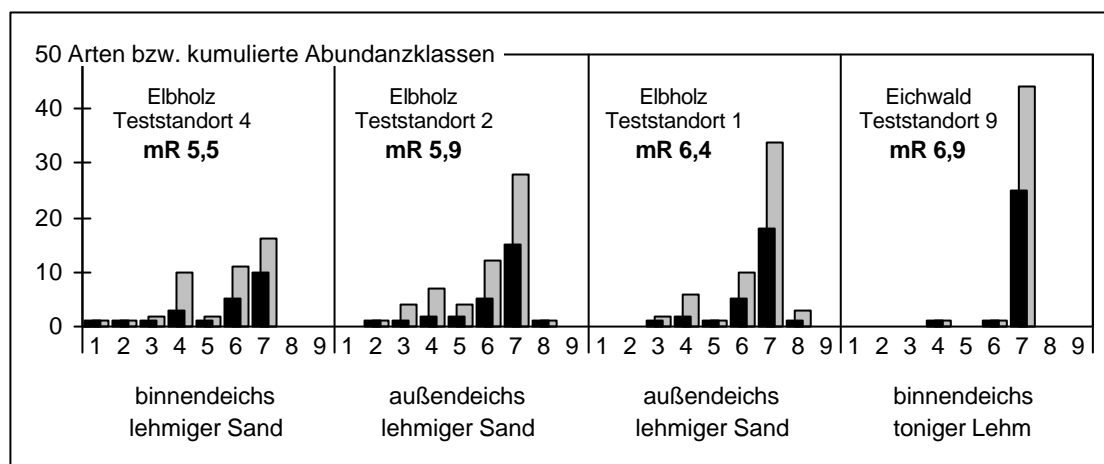


Abbildung IV-11: Reaktionszeigerwertspektren (Reaktionszahlen 1-9) und gewichtete mittlere Reaktionszahlen (mR) der Annelidenzönose von Teststandorten mit unterschiedlicher Bodenart im Eichen-Ulmenwald

Unterschiede zwischen den Teststandorten 4 und 9 zeigen sich außerdem hinsichtlich der Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer (Abbildung IV-12). In tonigem Lehm (Eichwald) konzentrieren sich die Tiere in den oberen 2,5 cm. Wahrscheinlich ist in diesem schweren Boden die Porosität nur in den obersten Zentimetern groß genug, um den Tieren ausreichend Lebensraum zu bieten. Im Sandboden (Elbholz) ist die Tiefenverteilung dagegen gleichmäßiger.

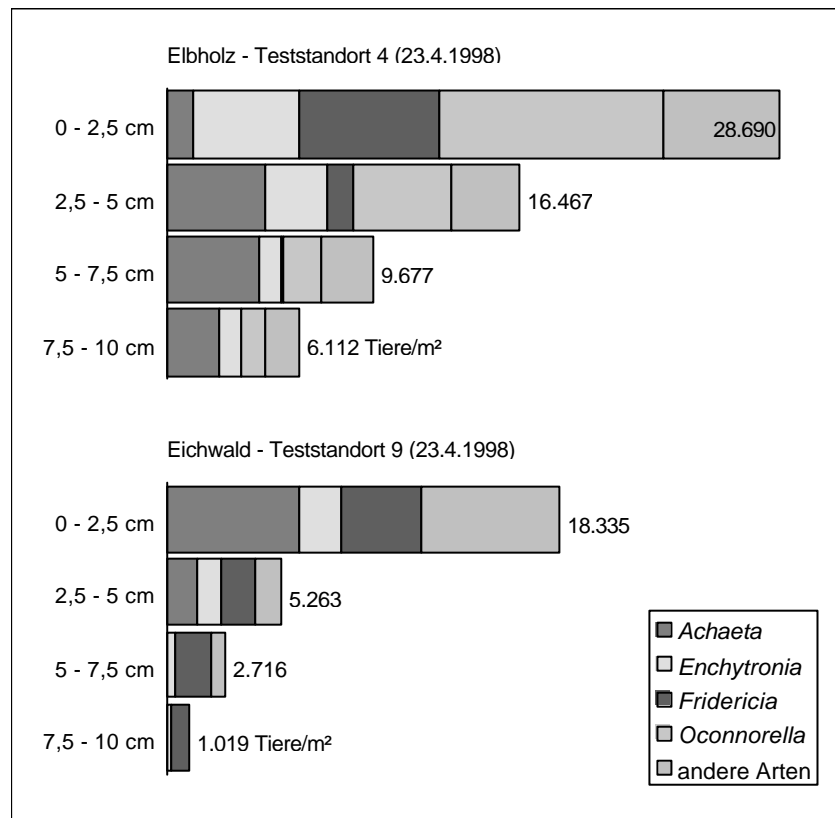


Abbildung IV-12: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer an den Teststandorten 4 (Elbholz) und 9 (Eichwald)

#### IV.4.2.2 Lütkenwisch

In Lütkenwisch, der Repräsentativfläche für Grünland in Außendeichlage, wurden die Teststandorte 5-8 untersucht. Außerdem wurden auf dieser Testfläche mehrere Transekte aufgenommen, um die Veränderungen der Bodenbiozönose im Verlauf von Bodenfeuchtegradienten zu dokumentieren.

Auf einem Plateaubereich der Testfläche (Standort 5) ist als Zersetzergesellschaft ein typisches Fridericio-Lumbricetum ausgebildet. Hier erreicht die Biomasse der Regenwürmer einen Spitzenwert (Abbildung IV-3), der in erster Linie auf dem starken Vorkommen des großen Tiefgräbers *Lumbricus terrestris* beruht. Im Transekt 1 durch eine Flutrinne ist diese Art im Juni 1997 nicht nachzuweisen. Stattdessen treten dort Nässezeiger wie *Eiseniella tetraedra* und *Cognettia glandulosa* auf. Die Flutrinne wurde während einer längeren Trockenperiode beprobt, als auch an den tiefsten Stellen kein

freies Wasser mehr auftrat. In einer Distanz von 2 m parallel zum vegetationskundlichen Transekt wurden 6 Probenpunkte im Abstand von 10 m gesetzt. Die Probenpunkte wurden einzeln ausgewertet und dann nach ihrer faunistischen Ähnlichkeit zu zwei Kollektiven zusammengefasst (Tabelle IV-4). Das eine Kollektiv umfasst die Punkte 2, 5 und 6 im Hangbereich der Flutrinne, das andere die Punkte 3 und 4 an den tiefsten Stellen in der Senke. Der noch auf dem Plateau gelegene Punkt 1 war stark ausgetrocknet und enthielt fast keine Tiere.

Tabelle IV-4: Testfläche Lütkenwisch - Zeigerwerte der Ringelwurmzönose für Standort 5 (Plateau) und Transekt 1 (Flutrinne); Probenahmen Mai und Juni 1997 (Legende s. Anhang IV-2).

	F	R	Plateau	Flutrinne Hang	Flutrinne Senke
<b>Regenwürmer</b>					
Lumbricus terrestris	5	7	????		
Aporrectodea caliginosa	x	7	????		
Lumbricus rubellus	x	x	??		??
Allolobophora chlorotica	x	7	???	????	????
Eiseniella tetraedra	9	7		??	???
<b>Kleiningelwürmer</b>					
Marionina libra	x	7			
Enchytraeus lacteus	x	7	??		
Fridericia ratzeli	x	7			
Fridericia sp. (alat)	x	7			
Fridericia sp. (gran)	x	7	??		
Fridericia bulboides	x	7		???	
Fridericia sp. juv.	x	7	???	???	
Enchytraeus minutus agg.	x	7		???	
Henlea perpusilla	x	7	???	???	
Henlea ventriculosa	x	7	??	????	????
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7		???	????
Cognettia glandulosa	9	7		???	???
Marionina riparia	10	7			??
kumulierte Feuchtwerte					
<b>Plateau</b>		<b>Flutrinne Hang</b>		<b>Flutrinne Senke</b>	
3	mF 5,0	3	mF 9,0	3	mF 9,3
4	mF 5,0	4	mF 9,0	4	mF 9,3
5	????	5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9	?????	9	??????
10		10		10	??
11		11		11	

Abbildung IV-13 zeigt die Vertikalverteilung der Kleiningelwürmer entlang dem Transekt. Der beginnenden Austrocknung des Bodens im Hangbereich weichen die Tiere durch Abwandern in tiefere Schichten aus. An den Probenpunkten 3 und 4 ist dagegen nur die oberste Schicht stark besiedelt. Der Grund für die geringere Tiefenverteilung ist hier möglicherweise Sauerstoffmangel.

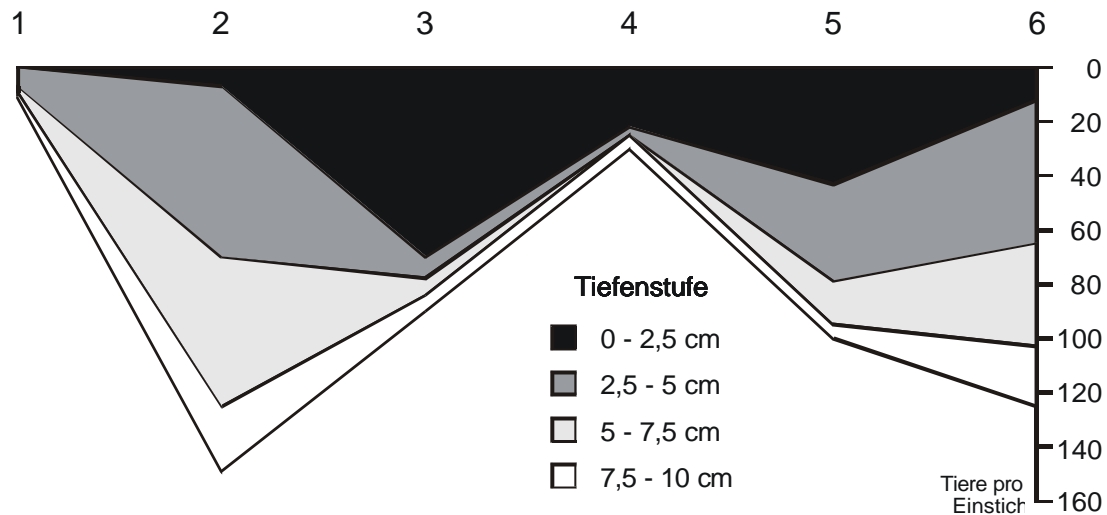


Abbildung IV-13: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer im Transekt durch eine Flutrinne während der sommerlichen Trockenphase. Testfläche Lütkenwisch, 10.6.1997.

Ein Vergleich mit der zweiten Probenahme desselben Transektes (Oktober 1998) zeigt, dass es in Abhängigkeit vom Bodenfeuchtezustand zu kleinräumigen horizontalen Verlagerungen der Regenwurmbesiedlung kommt (s. Anhang IV-7). Während der Vegetationsperiode kann es in den höher gelegenen Bereichen der Testfläche zu einer Austrocknung des Oberbodens kommen (vgl. TP 2: Bodenkunde). Die Regenwürmer weichen dann in das tiefer gelegene Zentrum der Flutrinne zurück (Juni 1997). Bei steigenden Grund- und Elbwasserständen führt die Vernässung des Bodens zum Absterben der Tiere oder zu ihrem Rückzug aus der Flutrinne in Richtung der Plateaubereiche. Bei der Probenahme im Oktober 1998 konnte im Transekt 1 auch die anecische Art *Lumbricus terrestris* nachgewiesen werden. Die Abundanz nahm dabei vom deichseitigen Rand der Flutrinne zu deren Zentrum hin ab. Dieser Befund deutet auf eine Präferenz dieser Art für damit trockenere Standorte hin.

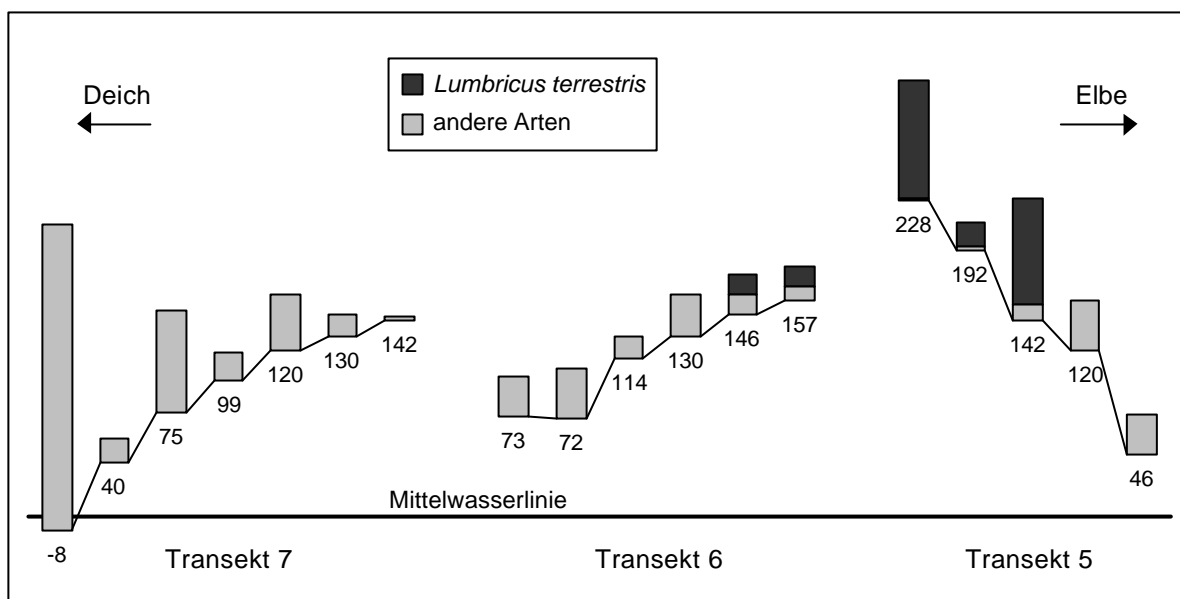


Abbildung IV-14: Vorkommen von *Lumbricus terrestris* und Verteilung der Regenwurmbiomasse in Relation zu Höhenlage und Elbnähe im Deichvorland Lütkenwisch nach dem Winterhochwasser 1998/99. Die Zahlen geben den Abstand der Geländeoberfläche zur Mittelwasserlinie in cm an. Probenahme am 11.5.1999

Im November 1998 und im März 1999 war das Deichvorland bei Lütkenwisch mehrere Wochen vollständig überstaut, wobei die Überflutungsdauer in Abhängigkeit vom Hochwasserverlauf, der Geländehöhe und dem Relief variierte. Die Regenwurmzönose wurde kurze Zeit nach Ablauf der Hochwasserwelle am 11.5.1999 in drei Transekten aufgenommen. An den Transekten 5 (elbnah), 6 (Mittelrinne) und 7 (deichnah) wurden in Abständen von 10 m insgesamt 18 Probenahmen durchgeführt. Dabei wurden 7 Arten mit zusammen 349 Individuen gesammelt, von denen 2/3 geschlechtsreif waren. Diese Tiere haben das Hochwasser offensichtlich überlebt. Sehr bezeichnend ist auch hier das Vorkommen von *Lumbricus terrestris* in Abhängigkeit von der Höhenlage. Abbildung IV-14 zeigt die proportionale Verteilung der Gesamtbiomasse und den relativen Anteil von *L. terrestris* an den 18 Probenahmestellen. Die Höhenlage ist als Abstand der Geländeoberfläche zur Mittelwasserlinie in cm angegeben. *L. terrestris* tritt erst oberhalb von 140 cm über der Mittelwasserlinie auf, wobei Abundanz und Biomasse auf der zur Elbe exponierten Seite höher liegen als auf der dem Fluss abgewandten Seite. Das lässt sich hier auf den Einfluss der Strömung zurückführen, die bei Hochwasser eine bessere Sauerstoffversorgung ermöglicht, während hinter dem Uferwall die verringerte Fließ- und Ablaufgeschwindigkeit zu Sauerstoffdefiziten führen kann.

Das Vorkommen bzw. Fehlen von *L. terrestris* repräsentiert den Übergang von Zersetzergesellschaften gut belüfteter Böden (Lumbricion) zu denen durchnässter, phasenweise luftarmer Böden (Eiseniellion). Die Transektuntersuchungen zeigen, dass Überflutungshäufigkeiten von bis zu insgesamt 12 % eines Jahres oder bis zu 5 % während der Vegetationsperiode von der Artengemeinschaft des Lumbricions toleriert werden können (Datenquelle Überflutungshäufigkeiten: Teilprojekt 7 Landwirtschaft).

Der hohe Biomassewert knapp unterhalb der Mittelwasserlinie am deichnahen Transekt 7 basiert auf einem Massenvorkommen von *A. chlorotica* mit 1500 Tieren/m<sup>2</sup>. Diese Erscheinung hängt wahrscheinlich mit dem periodischen Nährstoffeintrag und der ganzjährigen guten Durchfeuchtung zusammen und zeigt, dass die Uferbereiche außendeichs gelegener Flutrinnen äußerst attraktive Nahrungsplätze für Vögel darstellen.

#### IV.4.2.3 Eichwald

Im Bereich der Testfläche Eichwald wurden die in einer Binnendeich-Flutmulde gelegenen Teststandorte 12, 13 und 14, zwei Röhrichte (15 und 16) sowie ein Waldstandort (9) beprobt. Außerdem wurden zwei Teststandorte auf der Schweineversuchsfläche sowie der Sonderstandort "Corynephorretum" (C) untersucht. Zwei Transekte (T2 und T3) wurden in einer qualmwasserbeeinflussten Flutmulde im Grünland angelegt.

Standort C (Silbergrasflur) ist eine sandige Erhebung mit lückiger Vegetationsdecke. Es waren weder Regenwürmer noch Asseln, Diplopoden oder Chilopoden nachweisbar. Nur Kleinringelwürmer waren mit einem Exemplar der Pionierart *Enchytraeus minutus* vertreten (Enchytraeion-Pioniergesellschaft). Der Standort C bietet Bodenorganismen vermutlich wegen der Austrocknungsneigung und der Nährstoffarmut keine günstigen Lebensbedingungen. Einen eher geringen Ringelwurmbesatz weisen auch die Teststandorte 12-14 in der Flutmulde auf, wenn man die entsprechenden Standorte auf der Vordeichfläche Lütkenwisch zum Vergleich heranzieht (Abbildungen IV-3 und IV-4). Höhere Abundanzen zeigen die Standorte 15 und 16. Systematisch lassen sich die Zönosen der fünf Standorte dem Zersetzergesellschaftstyp Octolasiatum tyrtaei zuordnen.

Regelmäßige Veränderungen bei zunehmender Vernässung sind nicht auf außendeichs gelegene Standorte beschränkt. Dies zeigt beispielhaft die Aufnahme auf dem Transekt 3 durch eine qualmwasserbeeinflusste Flutmulde (Tabelle IV-5, Abbildungen IV-15 und IV-16). Am Aufnahmepunkt P1 dominiert *Lumbricus terrestris* mit 93% der Regenwurmbiomasse. Der Aufnahmepunkt P2 in 8 m Entfernung liegt nur 25 cm tiefer, hat aber einen völlig anderen Regenwurmbesatz. Damit ändert sich in charakteristischer Weise auch die Geschwindigkeit der Zersetzung und das Humusprofil (Abbildung IV-16). Bei P1 ist ein L-Mull als „aeromorphe Humusform“ entwickelt, bei P2 ein F-Feuchtmull als „aerohydromorphe Humusform“. Die noch tiefer liegenden Punkte P3 und P4 weisen „hydromorphe Humusformen“ auf (GRAEFE & BELOTTI 1999).

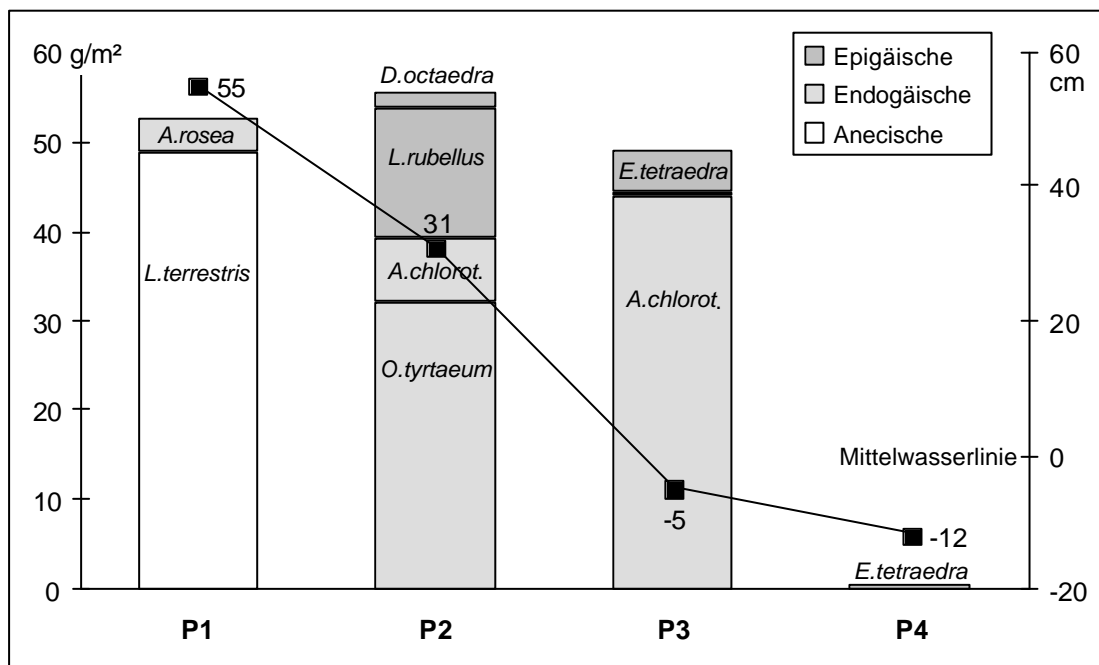


Abbildung IV-15: Veränderung der Regenwurmzönose entlang dem Gradienten zunehmender Vernässung auf dem Transekt durch eine qualmwasserbeeinflusste Flutrinne im Binnendeichsgebiet (Eichwald Transekt 3). Dargestellt ist die Biomasse in g/m². Die Linie gibt den Abstand der Geländeoberfläche zur Mittelwasserlinie in cm an

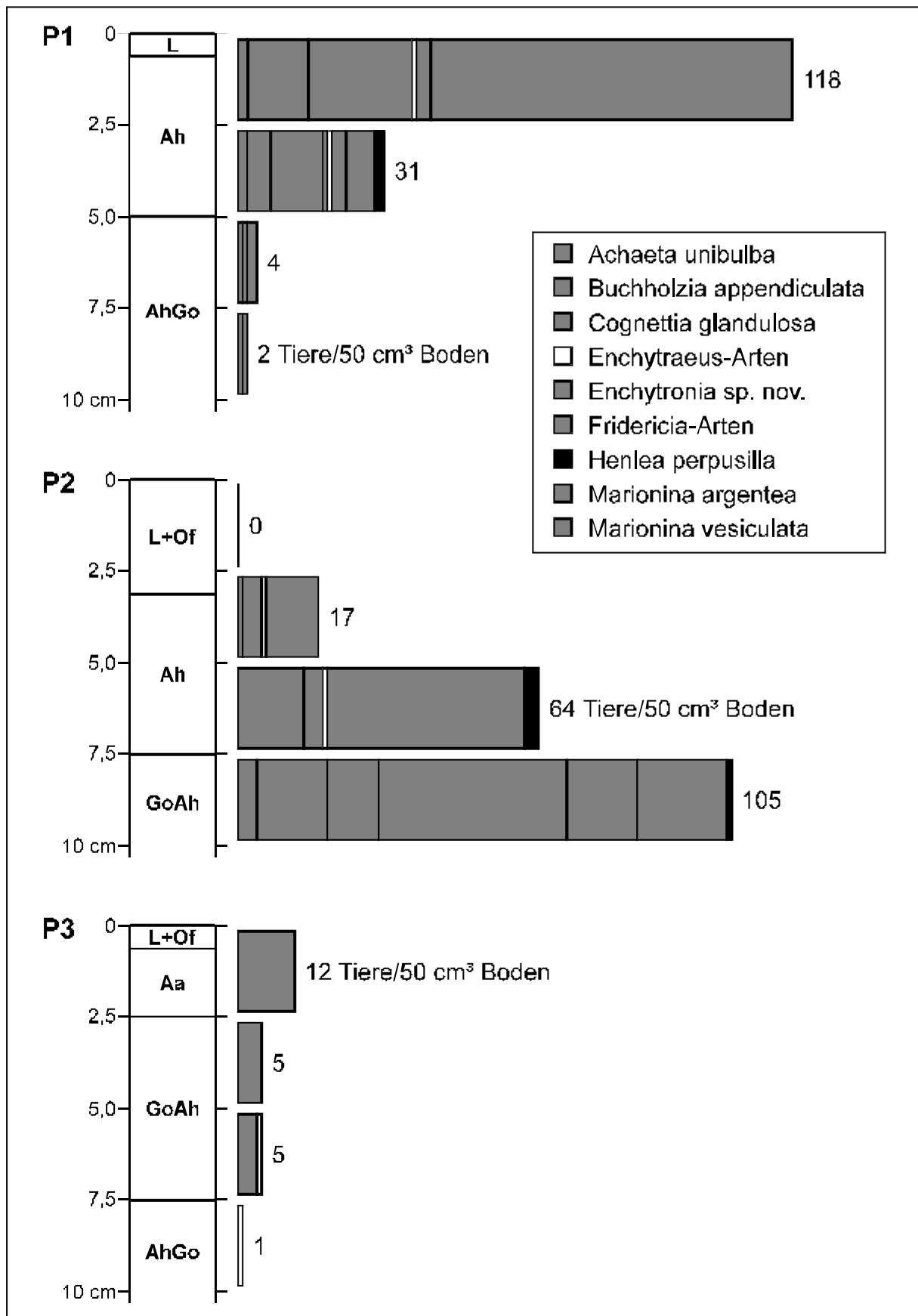


Abbildung IV-16: Humusprofil sowie Abundanz und Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer entlang dem Gradienten zunehmender Vernässung auf dem Transekt 3 durch eine Flutmulde (Testfläche Eichwald).

Eine solche Abfolge der Regenwurmzönosen innerhalb eines Transektes, die ähnlich auch an anderen Stellen im Vor- und Hinterland festgestellt wurde, lässt sich mit dem spezifischen Verhalten der Arten gegenüber dem Faktor Bodenfeuchtigkeit erklären. *Lumbricus terrestris* ist ein Tiefgräber (anecischer Lebensformtyp), der seine senkrechte Wohnröhre im wasserungesättigten, belüfteten Bereich des Bodens anlegt. Er kommt nur dort vor, wo dieser Bereich in ausreichender Mächtigkeit dauerhaft vorhanden ist oder sich nach einer Überflutung schnell wieder bildet. Auf der Skala der Ellenberg'schen Feuchtezeigerwerte ist *L. terrestris* ein „Frischezeiger“ (F5). *Octolasion tyrtaeum* ist dagegen ein „Nässezeiger“ (F9). Diese endogäische Art verhält sich gegenüber Luftmangel relativ unempfindlich und dringt auch in den reduzierten Bereich ein. *Eiseniella tetraedra* bevorzugt ebenfalls nasse Böden, besiedelt als epigäische Art aber mehr die oberflächennahe oxidierte Zone. Neben diesen Zeigerarten gibt es andere, denen kein Feuchtezeigerwert zuzuordnen ist, weil sie ein zu weites Spektrum unterschiedlicher Bodenfeuchteverhältnisse tolerieren.

Differenzierter wird das Bild, wenn man die Gruppe der Kleinringelwürmer in den Standortvergleich einbezieht (Tabelle IV-5). Mit der Höhe der Artenzahl steigt die Aussagekraft von Zeigerwertberechnungen. Feuchte- und Nässezeiger treten unter den Kleinringelwürmern auch am Probenahmepunkt P1 auf. Die Feuchtezahlen der Mesofauna spiegeln Redox- und Feuchteverhältnisse in den kleineren Porenräumen wider, in denen die Tiere leben. Die Einordnung der Artengemeinschaft in das System der Zersetzergesellschaften (vgl. GRAEFE 1993a, 1998, BEYLICH et al. 1994) erfolgt anhand von Charakterarten aus beiden Gruppen (s. Anhang IV-1 und IV-3). *Lumbricus terrestris* ist die Verbandscharakterart des Lumbricion (1.1), das bei P1 ausgebildet ist. Bei P2 bis P4 kommen mit *Eiseniella tetraedra* bzw. *Octolasion tyrtaeum* Charakterarten des Eiseniellion (1.3) vor. *Aporrectodea rosea* und *Allolobophora chlorotica* sowie die Mehrzahl der Kleinringelwurmartens sind Ordnungscharakterarten der Ordnung Lumbricetalia (1.), die beide Verbände umfasst. Die mittleren Feuchtezahlen zeigen die Zunahme der Vernässung von P1 nach P3 an, während die quantitativen Parameter Abundanz und Biomasse eine Abnahme der biologischen Aktivität von P2 nach P4 erkennen lassen. Insgesamt ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der bodenzoologischen und der von WACHENDORF et al. (1999) vorgenommenen bodenkundlichen Charakterisierung des Transekts.

Im Transekt 2 wiederholt sich das Ergebnis der bisher dargestellten Transekte (Lütkenwisch und Eichwald): Die Zersetzergesellschaft wandelt sich innerhalb weniger Meter mit zunehmender Vernässung vom Fridericio-Lumbricetum über das Octolasiatum tyrtaei zum Eisenielletum (ohne Abbildung, siehe Anhang IV-7).



Tabelle IV-5: Veränderung der Annelidenzönose entlang dem Gradienten zunehmender Vernässung auf dem Transekt 3 durch eine Flutmulde (Testfläche Eichwald), Legende s. Anhang IV-2

	<b>F</b>	<b>R</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
<b>Regenwürmer</b>			<b>Makrofauna-Abundanzklasse</b>			
Lumbricus terrestris	5	7	??			
Aporrectodea rosea	x	7	??			
Allolobophora chlorotica	x	7		??	???	
Lumbricus rubellus	x	x		??		
Dendrobaena octaedra	x	x		??		
Octolasion tyrtaeum tyrtaeum	9	7		???		
Eiseniella tetraedra	9	7			???	?
<b>Kleinringelwürmer</b>			<b>Mesofauna-Abundanzklasse</b>			
Buchholzia appendiculata	x	7	??			
Enchytraeus minutus agg.	x	7	?			
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7		?	?	
Fridericia bulboides	x	7	??	??	???	
Fridericia bulbosa	x	7	?			
Fridericia ratzeli	x	7	?			
Fridericia bisetosa	x	7		?		
Fridericia perrieri	x	7				
Fridericia sp. juv.	x	7	??	??		
Henlea perpusilla	x	7	?	?		
Enchytronia sp. nov.	x	7	??	??		
Achaeta unibulba	6	7		??		
Marionina vesiculata	7	7	?	?		
Marionina argentea	8	7	??	??		
Cognettia glandulosa	9	7	??	??		
Artenzahl			13	15	5	1
Biomasse der Regenwürmer (g/m <sup>2</sup> )			53	55	49	0,4
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m <sup>2</sup> )			79.000	95.000	12.000	0
gewichtete mittlere Feuchtezahl			7,3	8,1	9,0	9,0
Zersetzergesellschaftstyp			1.1	1.3	1.3	1.3
	Makrofauna-Abundanzklassen		Mesofauna-Abundanzklassen			
		bis 10		bis 1.000		
	?	über 10 bis 30	?	über 1.000 bis 3.000		
	??	über 30 bis 100	??	über 3.000 bis 10.000		
	???	über 100 bis 300	???	über 1.0000 bis 30.000		
	???	über 300 Individuen/m <sup>2</sup>	???	über 30.000 Individuen/m <sup>2</sup>		

#### IV.4.2.4 Oberholz

Die Teststandorte 17 und 19 liegen außerhalb der Gehölzanpflanzungen, wobei der Erste eine trockenere und der Zweite eine feuchtere Variante repräsentiert. Die Standorte 18 und 20 sind die entsprechenden Vergleichsflächen im Bereich der Anpflanzungen. Am Standort 18 wurden die Probenpunkte auf die gemeißelten Streifen zwischen die Pflänzlinge gesetzt. Am Standort 20 wurden sie direkt in die Pflanzlöcher gelegt, die mit einem sandigen, stark humosen Substrat aufgefüllt sind.

Alle vier Teststandorte zeichnen sich durch einen bemerkenswert niedrigen Besatz an Kleinringelwürmern aus (Abbildung IV-4). Auch die Siedlungsdichte der Regenwürmer ist vergleichsweise gering. Das Aufmeißeln des Bodens hat jedoch einen positiven Effekt auf den Regenwurmbesatz (Abbildung IV-3). Ein Einfluss des eingebrachten Fremdsubstrates auf die Artenzusammensetzung ist nicht festzustellen (Ausnahme ev. der Chilopode *Necrophloeophagus flavus*). Bei den im Substrat lebenden Kleinringelwürmern handelt es sich überwiegend um Opportunisten. Die Zersetzergesellschaft der Standorte 17 und 18 lässt sich als Fridericio-Lumbricetum im Übergangsbereich zum Octolasietum tyrtaei synökologisch einordnen. An den feuchteren Standorten 19 und 20 ist das Octolasietum tyrtaei ausgebildet.

#### IV.4.2.5 Drei-Felder-Versuch

Auf der Testfläche Drei-Felder-Versuch wurden die Teststandorte 21 im Lolio-Cynosuretum, 22 im Glycerietum maximae und 23 im Phalaridetum arundinaceae beprobt. Die bodenbiologischen Zustandsparameter der drei Standorte liegen weder in qualitativer (Abbildung IV-9) noch in quantitativer Hinsicht (Abbildung IV-3 und IV-4) weit auseinander. Die Zersetzergesellschaft ist in allen Fällen das typische Octolasietum tyrtaei.

Abbildung IV-17 zeigt die Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer am Beispiel der Teststandorte 21 und 23. Die vorkommenden Arten sind unterschiedlich eingemischt. *Henlea*-Arten leben vor allem im Wurzelfilz und werden daher vorwiegend in den oberen cm des Bodens gefunden. *Marionina argentea* besiedelt mehr den Mineralboden, wobei die als Nässezeiger eingestufte Art auch in luftarmen Böden noch in großer Zahl vorkommen kann (Standort 21).

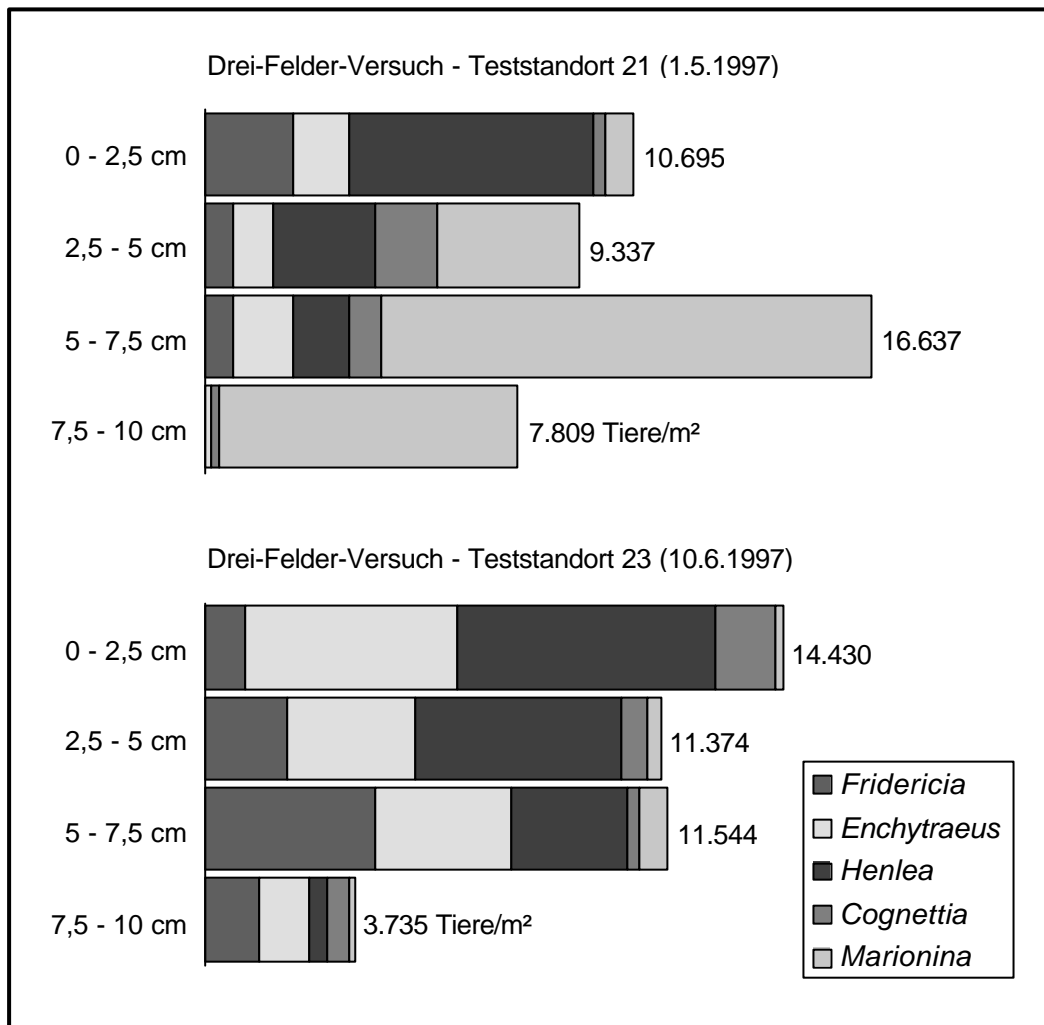


Abbildung IV-17: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer an den Teststandorten 21 und 23 (Testfläche Drei-Felder-Versuch)

#### IV.4.2.6 Cumlosen

Die beiden untersuchten Standorte liegen außendeichs im Bereich der Weichholzaue. Der eher geringen Artenzahl stehen relativ hohe Individuenzahlen der Enchytraeiden und bei Standort 25 auch der Lumbriciden gegenüber. Als Charakterarten des Eiseniellions treten *Eiseniella tetraedra*, *Octolasion tyrt. tyrtaeum* und *Cognettia glandulosa* auf. Der Teststandort zeigt damit erwartungsgemäß die an jährliche Überschwemmungen und insgesamt nasse Bedingungen angepasste Zersetzergesellschaft.

## IV.5 Diskussion

Die im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Arten der Makrofauna sind überwiegend auch von Auen im Einzugsgebiet des Rheins (z.B. VOLZ 1976, SPANG 1996, 1997), der Donau (z.B. ZULKA 1991, BAUER et al. 1998, PIŽL 1998) und der Oder (z.B. ZERM 1996, 1997a, 1997b) bekannt. Regionale Abweichungen betreffen vor allem seltene oder endemische Arten, die an der unteren Mittelelbe nicht zu erwarten sind. Die weite Verbreitung in den Auen bedeutet jedoch nicht, dass diese Arten an Auen gebunden wären. Mit Ausnahme von *Proctodrilus antipae* handelt es sich bei allen gefundenen Regenwürmern um Arten, die auch außerhalb der Aue häufig vorkommen (BOUCHÉ 1972, GRAEFE 1993a, HÖSER 1997). Für die anderen untersuchten Tiergruppen lässt sich Ähnliches feststellen (vgl. RÖMBKE et al. 1997). Ob die für die Wissenschaft neuen Kleinringelwurmartarten nur in Auengebieten vorkommen, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. Schon jetzt kann man aber für die Bodenbiozönose sagen, dass sich das „Auentypische“ weniger im Auftreten besonderer Arten als vielmehr im außergewöhnlichen Artenreichtum der Aue manifestiert.

Im Gegensatz zur ubiquitären Verbreitung der meisten Arten steht ihre enge Bindung an bestimmte Standortfaktoren im räumlichen Maßstab des Mikrohabitats. Bei Transektuntersuchungen entlang von Feuchte- und Nährstoffgradienten wird dies besonders deutlich. Die regelmäßigen Veränderungen bei zunehmender Vernässung zeigen die Aufnahmen auf verschiedenen Transekten (Tabelle IV-4 und IV-5).

Regenwürmer und Kleinringelwürmer sind, obwohl sie im Boden leben, in phylogenetisch-physiologischem Sinne noch Wassertiere. Ihre feuchte Haut besitzt keinen Verdunstungsschutz und hat direkten Kontakt mit der Bodenlösung. Trockenphasen überstehen die Tiere individuell durch Ausweichen in größere Tiefen oder auf Populationsebene durch Regeneration aus abgelegten Eikokons. Einige Regenwurmartarten legen auch Ruhezeiten ein, wobei sie sich in einer mit Losung ausgekleideten Höhle zusammenrollen. Überflutung mit fließendem Wasser können Regenwürmer und Kleinringelwürmer unbeschadet überdauern. Von *Lumbricus terrestris* ist bekannt, dass er in der Lage ist, lang anhaltende Überflutung zu überleben (DUNGER 1983). ROOTS (1956) überprüfte das Unterwasserverhalten von Regenwurmartarten im Laborexperiment und stellte fest, dass die Tiere im vollständig untergetauchten Boden 31 bis 50 Wochen überleben, wenn das darüber stehende Wasser belüftet wird. Bei stagnierendem Wasser ist Sauerstoffmangel der begrenzende Faktor. Vor allem Sommerhochwässer können deshalb drastische Auswirkungen haben. VOLZ (1976) beobachtete in der Rheinaue eine hohe Mortalität und das Fehlen erwachsener Würmer unmittelbar nach Abfluss des Hochwassers. Die Regeneration erfolgte erst Wochen später dank überlebender Jungtiere und Kokons. PIŽL (1999) registrierte in der Marchaue nach einem starken Sommerhochwasser eine zwei- bis dreifach niedrigere Siedlungsdichte und weniger Regenwurmartarten als vor dem Hochwasser. Die

Untersuchungen auf der Testfläche Lütkenwisch zeigen, dass nach Abfließen des Winterhochwassers auch an den tiefsten Punkten der Transekte eine Besiedlung durch endogäische und epigäische Regenwurmarten gegeben ist. *L. terrestris* kommt allerdings nur in den höher gelegenen Bereichen vor. Auf ein Hochwasserereignis, das im Zeitmaßstab des Individuums ein Störfaktor ist, reagiert die Lebensgemeinschaft mit Resilienz, indem die Artenzusammensetzung nach einer Weile in die Ausgangslage zurückkehrt (vgl. GIGON & GRIMM 1987). Auf einer längeren Zeitskala erweist sich dagegen der Störfaktor als ein integraler Bestandteil des Systems, von dem die standortstypische Artenzusammensetzung abhängig ist. Die Zonierung verschiedener Zersetzergesellschaftstypen in Abhängigkeit von der Höhenlage und vom Relief ist ein Indiz dafür. Aus dem räumlichen Muster von Humusform und korrespondierender Bodenbiozönose kann auf die Persistenz des Systems in einem mehrjährigen Zeitmaßstab geschlossen werden (GRAEFE 2001).

Das **Lumbricion** findet sich auf den höher gelegenen Flächen sowohl außendeichs als auch binnendeichs unter Wald wie im Offenland. Es koinzidiert in der Regel mit den Vegetationstypen Quercu-Ulmetum, *Elymus repens*-Gesellschaft, Dauco-Arrhenatheretum, Leucanthemo-Rumicetum thyrsoflori und Lolio-Cynosuretum (Tabelle IV-6). Weil den Systemdefinitionen von Pflanzengesellschaften und Zersetzergesellschaften Prozesse unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung zugrunde liegen, muss die Koinzidenz aber nicht in jedem Fall gegeben sein. Im Untersuchungsgebiet zeigt das Lumbricion die potentiellen Standorte der Hartholzau an.

Tabelle IV-6: Koinzidenz von Zersetzer- und Pflanzengesellschaften an den Teststandorten

Zersetzergesellschaft	Pflanzengesellschaft	Standort
Lumbricion	Quercu-Ulmetum minoris	1, 2, 3, 9
	<i>Elymus repens</i> - <i>Alopecurus pratensis</i> -Gesellschaft	10, 18
	Leucanthemo-Rumicetum thyrsoflori	5
	Dauco-Arrhenatheretum eliatoris	11, 17
Eiseniellion oder Lumbricion	Scirpo-Phragmitetum	8, 16
Eiseniellion	Lolio-Cynosuretum	21
	Ranunculo-Alopecuretum geniculati	12, 19, 20
	Ranunculo-Alopecuretum / Phalaridetum Übergangsgesellschaft	6
	Glycerietum maximae	15, 22
	Caricetum gracilis	14
	Salicetum albae	24
	Salicetum triandro-viminalis	25
Phalaridetum arundinaceae	7, 13, 23	
Lumbricion / Achaeto-Cognettion - Übergangsgesellschaft	Quercu-Ulmetum	4

In Geländemulden des Deichvorlandes, in denen Wasser nach dem Abfließen der Flut zurückbleibt, entwickelt sich das **Eiseniellion**. Das Eiseniellion findet sich auch binnendeichs an Gewässerufeln, in durchnässten, luftarmen Böden, oft in Verbindung mit den Vegetationstypen Ranunculo-

*Alopecuretum geniculati*, *Glycerietum maximae* und *Caricetum gracilis*. Das Eiseniellion kennzeichnet im Allgemeinen die potentiellen Standorte der Weichholzaue. Auf der Testfläche Drei-Felder-Versuch findet sich das Eiseniellion mit dem *Lolio-Cynosuretum*, obwohl für diese Pflanzengesellschaft ein *Lumbricion* zu erwarten wäre. Der Teststandort liegt in diesem Fall in einer leichten Senke mit feuchteren - und für das *Lolio-Cynosuretum* vermutlich nicht typischen - Bedingungen als die umgebenden Bereiche. Die Koinzidenz mit dem *Phalararidetum arundinaceae* und dem *Scirpo-Phragmitetum* ist nicht völlig eindeutig. Ersteres stellt einen Übergangsbereich dar zwischen der *Elymus repens-Alopecurus-pratensis*-Gesellschaft und dem *Ranunculo-Alopecuretum geniculati* und damit bei den Zersetzergesellschaften zwischen Eiseniellion und *Lumbricion* (vgl. HELLWIG 2000). Die Grenzen der Zersetzergesellschaften sind nicht scharf zu ziehen, das es insbesondere in den Flutrinnen mit Hoch- oder Qualmwassereinfluss in Abhängigkeit vom Wasserstand zu horizontalen Verschiebungen der Populationsgrenzen kommen kann. Dies gilt vorwiegend für die Regenwürmer, die ungünstigen Bedingungen durch Wanderungen ausweichen können. Die beiden Teststandorte im *Scirpo-Phragmitetum* weisen unterschiedliche edaphische Verhältnisse auf. Daher ist als Zersetzergesellschaft außendeichs das Eiseniellion, binnendeichs das *Lumbricion* entwickelt.

Das **Achaeto-Cognettion** ist an schlecht gepufferte, zur Versauerung neigende, oft sandige Substrate gebunden. Es wurde nur an dem binnendeichs gelegenen Teststandort 4 im Elbholz angetroffen. Ohne Rückdeichung (0-Variante, Szenario 1, vgl. NEUSCHULZ et al. 1999) wird die Sukzession auch auf dem Sandrücken der Testfläche Eichwald zwischen Deich und Wald auf diesen Zersetzergesellschaftstyp zulaufen. Bei den Rückdeichungsszenarien 2 und 3 wird sich das *Achaeto-Cognettion* in den öfter überfluteten Bereichen wegen der damit verbundenen Nährstoffanreicherung nicht entwickeln können.

Ein Vergleich der quantitativen Kenngrößen für die biologische Aktivität mit der Oberbodenart der Teststandorte zeigt, dass die leichteren Böden mit höherem Sandanteil (Elbholz, Eichwald) stärker belebt sind als die schweren Tonböden im Oberholz. In die gleiche Richtung weisen auch die vom Teilprojekt Forstwissenschaft durchgeführten Köderstreifentests (PATZ et al. 1999, unveröff.). Aus diesen geht außerdem hervor, dass die Aktivität auf bewaldeten Parzellen höher ist als auf unbewaldeten Nachbarflächen. Es könnte demnach geschehen, dass sich der ungünstige biologische Bodenzustand der Aufforstungsfläche Oberholz über eine positive Rückkopplung zwischen der Bodenbiozönose und dem älter werdenden Bestand verbessern wird.

Die Ergebnisse des Teilprojekts Bodenkunde zeigen, dass im Außendeichgebiet bei Überflutung mit der Sedimentation ein Schwermetalleintrag stattfindet. Im Deichvorland liegen die Gehalte der Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink im Oberboden schon heute oberhalb der

Vorsorgewerte der BBodSchV (1999). Für den Wirkungspfad Boden-Bodenorganismen wird in der Verordnung bisher allerdings kein Prüfwert angegeben. Die Toxizität von Zink und Kupfer für Regenwürmer und Kleinringelwürmer (Enchytraeiden) ist in diversen Studien nachgewiesen worden (z.B. SPURGEON et al. 1994, POSTHUMA et al. 1998). In der Umgebung einer Metallhütte fanden SPURGEON & HOPKIN (1999) signifikant weniger Regenwürmer bei Zinkgehalten von  $\geq 1290$  mg/kg. Für Enchytraeiden geben BENGTTSSON & RUNDGREN (1982) eingeschränkte Individuen- und Artenzahlen im Freiland bei  $\geq 388$  mg Zn/kg an. Diese Werte sind in der Flutrinne der Testfläche Lütkenwisch überschritten. Eine Beeinträchtigung der Ringelwurmzönose durch die z.T. erheblichen Schwermetallgehalte ist im Deichvorland in Senken mit erhöhter Sedimentation daher nicht auszuschließen. Im Falle einer Rückdeichung sollte ein Schadstoffmonitoring der Böden auch im Hinblick auf den biologischen Bodenzustand erfolgen.

## IV.6 Literatur Teil IV

- ANDERSEN, J. M. (1975): The enigma of soil animal species diversity. In: VANEK, J. (Ed.). *Progress in Soil Zoology*. Academia, Prague, 51-58.
- BAUER, R., KÜPPER, K., MÜLLER, H. W. (1998): Characterization of the lumbricid fauna in alluvial soils in the Danube River floodplain area east of Vienna. *Linzer biol. Beitr.* 30/1: 11-20.
- BBODSCHV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). *Bundesgesetzblatt*, Teil 1, 36: 1554-1583.
- BENGTSSON, G., RUNDGREN, S. (1982): Population density and species number of enchytraeids in coniferous forest soils polluted by a brass mill. *Pedobiologia* 24: 211-218.
- BEYLICH, A., FRÜND, H.-C., GRAEFE, U. (1994): Ökosystemare Umweltbeobachtung und Bioindikation mit Zersetzergesellschaften. *Umweltbundesamt Wien (Hrsg.): Ecoinforma* 5: 389-401.
- BOUCHÉ, M. B. (1972): *Lombricien de France. Écologie et Systématique*. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. 671 S.
- DUNGER, W. (1983): *Tiere im Boden*. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg. 280 S.
- DUNGER, W., FIEDLER, H. J. (1989): *Methoden der Bodenbiologie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 432 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (1992): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. 2. Aufl. *Scripta Geobotanica* 18: 258 S.
- GIGON, A., GRIMM, V. (1997): Stabilitätskonzepte in der Ökologie: Typologie und Checkliste für die Anwendung. In: FRÄNZLE, O., MÜLLER, F., SCHRÖDER, W. (Hrsg.): *Handbuch der Umweltwissenschaften*, Kap. III-2.3. Ecomed, Landsberg.
- GILLER, P. S. (1996): The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. *Biodiversity and Conservation* 5: 135-168.
- GRAEFE, U. (1993a): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 69: 95-98.
- GRAEFE, U. (1993b): Veränderungen der Zersetzergesellschaften im Immissionsbereich eines Zementwerkes. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 72: 531-534.
- GRAEFE, U. (1997a): Von der Spezies zum Ökosystem: der Bewertungsschritt bei der bodenbiologischen Diagnose. *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 69, 2: 45-53.
- GRAEFE, U. (1997b): Bodenorganismen als Indikatoren des biologischen Bodenzustands. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 85: 687-690.
- GRAEFE, U. (1998): Annelidenzönosen nasser Böden und ihre Einordnung in Zersetzergesellschaften. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 88: 109-112.
- GRAEFE, U. (2001): Metabiotische Steuerung der Diversität im System Bodenbiozönose/Humusform. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 95: 47-50.



- GRAEFE, U., BELOTTI, E. (1999): Strukturmerkmale der Bodenbiozönose als Grundlage für ein natürliches System der Humusformen. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 89: 181-184.
- GRAEFE, U., ELSNER, D.-C., NECKER, U. (1998): Monitoring auf Boden-Dauerbeobachtungsfächen: Bodenzoologische Parameter zur Kennzeichnung des biologischen Bodenzustandes. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 87: 343-346.
- GRAEFE, U., SCHMELZ, R. M. (1999): Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. *Newsletter on Enchytraeidae* 6: 59-67.
- HELLWIG, M. (2000): Untersuchungen zur Syndynamik und Bioindikation von Pflanzengesellschaften an der unteren Mittelelbe bei Lenzen. Dissertation Universität Hannover, 147 S. und Anhang
- HELLWIG, M., KUNITZ, T., SPEIER, M., POTT, R. (1999): Untersuchungen zur Syndynamik und Bioindikation von Pflanzengesellschaften im potentiellen Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow an der unteren Mittelelbe. *Auenreport - Beiträge aus dem Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe – Brandenburg, Sonderband 1/1999*, 55-68.
- HÖSER, N. (1997): Standörtliche Bindung als Kriterium der Artentrennung bei der Regenwurm-Gattung *Proctodrilus Zicsi*, 1985. *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 69, 2: 151-156.
- NEUSCHULZ, F., PURPS, J., HAPE, M. (1999) Auenregeneration durch Deichrückverlegung – Methodik und Zwischenergebnisse eines Forschungsverbundvorhabens im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunktes „Elbe-Ökologie“. *Auenreport - Beiträge aus dem Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe – Brandenburg, Sonderband 1/1999*, 6-15
- PIŽL, V. (1998): Earthworm communities in hardwood floodplain forests of the Morava and Dyje Rivers as influenced by different inundation regimes. Abstract im Tagungsband des Symposium zu Europäischen Auwäldern in Smolenich (Slowakische Republik).
- POSTHUMA, L., VAN GESTEL, C. A. M., SMIT, C. E., BAKKER, D. J., VONK, J. W. (Hrsg.) (1998): Validation of toxicity data and risk limits for soils: final report. Report 607505004. Bilthoven, National Institute of Public Health and the Environment, 230 S.
- RÖMBKE, J., BECK, L., FÖRSTER, B., FRÜND, H.-C., HORAK, F., RUF, A., ROSCICZEWSKI, C., SCHEURIG, M., WOAS, S. (1997): Boden als Lebensraum für Bodenorganismen, bodenbiologische Standortklassifikation - Literaturstudie -. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe: Texte und Berichte zum Bodenschutz 4/97: 437 S.
- SCHEU, S. (2001): Plants and generalist predators as links between the below-ground and above-ground system. *Basic and Applied Ecology* 2: 3-13.
- SPANG, W. D. (1996): Die Eignung von Regenwürmern (Lumbricidae), Schnecken (Gastropoda) und Laufkäfern (Carabidae) als Indikatoren für auentypische Standortbedingungen. Eine Untersuchung im Oberrheintal. *Heidelberger Geographische Arbeiten, Heft 102*, 236 S.

- SPANG, W. D. (1997): Lumbriciden und terrestrische Gastropoden als Indikatoren hydrologischer Rahmenbedingungen in der Oberrheinaue. *Arbeitsberichte Landschaftsökologie Münster* 18: 245-261.
- SPURGEON, D. J., HOPKIN, S. P. (1999): Seasonal variation in the abundance, biomass and biodiversity of earthworms in soils contaminated with metal emissions from a primary smelting works. *Journal of Applied Ecology*, 36: 173-183.
- SPURGEON, D. J., HOPKIN, S. P., JONES, T. D. (1994): Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny): Assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. *Environ. Poll.* 84: 123-130.
- VOLZ, P. (1976): Die Regenwurm-Populationen im Naturschutzgebiet „Hördter Rheinaue“ und ihre Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsregime des Standorts. *Mitt. Pollichia* 64: 110-120.
- WACHENDORF, C., GRÖNGRÖFT, A., SCHWARTZ, R. (1999): Die Bedeutung der Kohlenstoff- und Stickstoffmineralisierung für die Entwicklung der Humusformengliederung von Offenlandstandorten. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 91: 1553-1556.
- ZERM, M. (1996): Myriapode Antennata und terrestrische Isopoda (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla; Oniscoidea) im Nationalpark Unteres Odertal, unter besonderer Berücksichtigung des Standortfaktors Überschwemmung. Diplomarbeit Freie Universität Berlin, 209 S.
- ZERM, M. (1997a): Die Fauna der Tausend-, Hundert- und Zwergfüßer (Myriapoda: Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) sowie der Landasseln (Isopoda: Oniscoidea) im Unteren Odertal, unter besonderer Berücksichtigung des Standortfaktors Überschwemmung. *Zool. Beitr. N. F.* 38 (1): 97-134.
- ZERM, M. (1997b): Distribution and phenology of *Lamyctes fulvicornis* and other lithobiomorph centipedes in the floodplain of the Lower Oder Valley, Germany (Chilopoda, Henicopidae: Lithobiidae). *Ent. scan. Suppl.* 51: 125-132.
- ZULKA, K. P. (1991): Überflutung als ökologischer Faktor: Verteilung, Phänologie und Anpassungen der Diplopoda, Lithobiomorpha und Isopoda in den Flussauen der Marsch. Dissertation Universität Wien, 65 S.

## IV.7 Anhang

Anhang IV-1:	Tabellarische Übersicht der Arten	2
Anhang IV-2:	Zeichenerklärung zu den tabellarischen Darstellungen	4
Anhang IV-3:	Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen	6
Anhang IV-4:	Arteninventar und Abundanzklassen der Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer und Hundertfüßer	7
Anhang IV-5:	Arteninventar und Abundanzklassen der Kleinringelwürmer	8
Anhang IV-6:	Primärdatenblätter Testfläche Elbholz	9
Anhang IV-7:	Primärdatenblätter Testfläche Lütkenwisch	24
Anhang IV-8:	Primärdatenblätter Testfläche Eichwald	40
Anhang IV-9:	Primärdatenblätter Testfläche Oberholz	71
Anhang IV-10:	Primärdatenblätter Testfläche Drei-Felder-Versuch	79
Anhang IV-11:	Primärdatenblätter Testfläche Cumlosen	87

**Anhang IV-1: Tabellarische Übersicht der Arten**

Lumbricidae	Ökolog. Verhalten			Lebensform		Soziol. Verhalten			Häufigk.
	F	R	S	Typ	C/N	O	V	A	
<b>Allolobophora</b>									
<i>chlorotica</i> (Savigny)	x	7	0	g	eu	1.			7
<b>Aporrectodea</b>									
<i>caliginosa</i> (Savigny)	x	7	0	g	eu	1.			9
<i>longa</i> (Ude)	x	7	0	a	eu	1.			6
<i>rosea</i> (Savigny)	x	7	0	g	eu	1.			7
<b>Dendrobaena</b>									
<i>octaedra</i> (Savigny)	x	4	0	e	meso				7
<b>Dendrodrilus</b>									
<i>rubidus</i> (Savigny)	x	x	0	e	meso				7
<b>Eiseniella</b>									
<i>tetraedra</i> (Savigny)	9	7	1	e	eu	1.	3		9
<b>Lumbricus</b>									
<i>castaneus</i> (Savigny)	x	7	0	e	eu	1.			7
<i>rubellus</i> Hoffmeister	x	x	0	e	x				8
<i>terrestris</i> Linnaeus	5	7	0	a	eu	1.			7
<b>Octolasion</b>									
<i>tyrtaeum lacteum</i> (Örley)	x	7	0	g	eu	1.			6
<i>tyrtaeum tyrtaeum</i> (Savigny)	9	7	0	g	meso	1.	3	1	8
<b>Proctodrilus</b>									
<i>antipae</i> (Michaelsen)	8	7	0	g	eu	1.	3		3
<i>tuberculatus</i> (Cernosvitov)	8	7	0	g	eu	1.	3		3
Enchytraeidae	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	Häufigk.
<b>Achaeta</b>									
<i>aberrans</i> Nielsen & Christensen	5	3	0	s	2-4c	2.	1	1	6
<i>abulba</i> Graefe	5	5	0	s	4b				5
<i>affinoides</i> Graefe	5	4	0	s	2-4bc				6
<i>bibulba</i> Graefe	5	5	0	s	2-4b				5
<i>bohemica</i> (Vejdovský)	5	7	0	k	4a	1.	1		5
<i>camerani</i> (Cognetti)	5	3	0	s	34b-d	2.	1	1	7
<i>dzwilloi</i> Graefe	5	7	0	k	4a	1.	1		6
<i>eiseni</i> Vejdovský	5	7	0	k	4a	1.	1		5
<i>pannonica</i> Graefe	5	8	0	k	4a	1.			5
<i>unibulba</i> Graefe	6	7	0	k	4a	1.			6
<b>Buchholzia</b>									
<i>appendiculata</i> (Buchholz)	x	7	0	r/f	12ab	1.			6
<i>fallax</i> Michaelsen	x	7	0	k	4a	1.			4
<b>Cernosvitoviella</b>									
<i>atrata</i> (Bretscher)	8	x	0		4ab				5
<b>Cognettia</b>									
<i>glandulosa</i> (Michaelsen)	9	6	0	s/f	12ab	1.	3		6
<i>sphagnetorum</i> (Vejdovský)	x	2	0	s/f	12b-d	2.			9
<b>Enchytraeus</b>									
<i>buchholzi</i> Vejdovský	x	7	x	r	2-4a	1.			9
<i>crypticus</i> Westheide & Graefe	x	7	x	r	2-4a	1.			5
<i>lacteus</i> Nielsen & Christensen	x	7	x	r	2-4a	1.			6
<i>minutus</i> Nielsen & Christensen	x	7	x	r	2-4a	1.			9
<i>norvegicus</i> Abrahamsen	5	5	0	s	4bc				5

**Anhang IV-1: Tabellarische Übersicht der Arten**

Enchytraeidae	Ökolog. Verhalten			Lebensform		Soziol. Verhalten			Häufigk.
	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	
<b>Enchytronia</b>									
<i>annulata</i> Nielsen & Christensen	5	6	0	s	4a	1.			5
<i>minor</i> Möller	5	7	0	k	4a	1.			6
<i>parva</i> Nielsen & Christensen	5	6	0	s	4ab				6
sp. nov. (omni)	6	7	0	k	4a	1.			5
<b>Fridericia</b>									
<i>alata</i> Nielsen & Christensen	x	7	0	k	4a	1.			4
<i>bisetosa</i> (Levinsen)	x	7	0	k	4a	1.			6
<i>bulboides</i> Nielsen & Christensen	x	7	0	k	4a	1.			8
<i>bulbosa</i> (Rosa)	x	7	0	k	4a	1.			6
<i>connata</i> Bretscher	x	7	0	k	4a	1.			5
<i>deformis</i> Möller	x	7	0	k	4a	1.			5
<i>galba</i> (Hoffmeister)	x	7	0	k	4a	1.			7
<i>hegemon</i> (Vejdovský)	x	7	0	k	4a	1.			4
<i>leydigi</i> (Vejdovský)	x	7	0	k	4a	1.			5
<i>maculata</i> Issel	x	7	0	k	4a	1.			4
<i>nemoralis</i> Nurminen	x	7	0	k	4a	1.			4
<i>paroniana</i> Issel	x	7	0	k	4a	1.			6
<i>perrieri</i> (Vejdovský)	x	7	0	k	4a	1.			5
<i>ratzeli</i> (Eisen)	x	7	0	k	4a	1.			5
<i>striata</i> (Levinsen)	x	6	0	s	12a-c				5
<i>sylvatica</i> Healy	x	7	0	k	4a	1.			7
sp. nov. (gran)	x	7	0	k	4a	1.			5
<b>Hemifridericia</b>									
<i>parva</i> Nielsen & Christensen	x	7	0	k	2-4a				4
<b>Henlea</b>									
<i>perpusilla</i> Friend	x	7	1	k	2-4a				8
<i>ventriculosa</i> (Udekem)	x	7	1	k	2-4a				7
<b>Marionina</b>									
<i>argentea</i> (Michaelsen)	8	7	1	k	4a	1.			6
<i>brendae</i> Rota	5	7	0	k	4a	1.			3
<i>clavata</i> Nielsen & Christensen	5	1	0	s	23cd	2.	1	1	8
<i>communis</i> Nielsen & Christensen	5	7	0	k	2a	1.	1	2	7
<i>filiformis</i> Nielsen & Christensen	9	5	0	s	34bc				4
<i>libra</i> Nielsen & Christensen	x	7	0	k	2a	1.			2
<i>minutissima</i> Healy	5	7	0	k	4a	1.			3
<i>riparia</i> Bretscher	10	7	0	k	4a	1.	3		4
<i>vesiculata</i> Nielsen & Christensen	7	6	0	s	4a	1.			5
<b>Oconnorella</b>									
<i>cambrensis</i> (O'Connor)	5	4	0	s	2-4bc				6
<i>tubifera</i> (Nielsen & Christensen)	5	6	0	s	2-4b	1.	1		4
<b>Stercutus</b>									
<i>niveus</i> Michaelsen	5	7	0	k/j	14ab	1.	1	1	8
<b>Polychaeta</b>									
<b>Hrabeiella</b>									
<i>periglandulata</i> Pizl & Chalupský	5	6	0	s	4a-c				6
<b>Parergodrilus</b>									
<i>heideri</i> Reisinger	7	7	0	k	2a				3

## Anhang IV-2: Zeichenerklärung zu den tabellarischen Darstellungen

### Ökologisches Verhalten

(nach GRAEFE & SCHMELZ 1999, in Anlehnung an ELLENBERG et al. 1992)

- F Feuchtezahl** – Vorkommen im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit
- 5 *Frischezeiger*, Schwergewicht in mittelfeuchten Böden, in nassen Böden fehlend
  - 7 *Feuchtezeiger*, Schwergewicht in gut durchfeuchteten, aber nicht nassen Böden
  - 9 *Nässezeiger*, Schwergewicht in oft durchnässen (luftarmen) Böden
  - 11 *aquatische Art*
- R Reaktionszahl** – Vorkommen im Gefälle der Bodenreaktion und des Kalkgehaltes
- 1 *Starksäurezeiger*, niemals in schwach sauren bis alkalischen Böden vorkommend
  - 3 *Säurezeiger*, Schwergewicht in sauren Böden, ausnahmsweise bis in den neutralen Bereich
  - 5 *Mäßigsäurezeiger*, in stark sauren wie in neutralen bis alkalischen Böden selten
  - 7 *Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger*, niemals in stark sauren Böden
  - 9 *Basen- und Kalkzeiger*, stets in kalkreichen Böden
- S Salzzahl** – Vorkommen im Gefälle des Salzgehaltes in der Bodenlösung bzw. im Wasser
- 0 *nicht salzertragend* (bei Durchschnittsberechnungen mit zu verwenden!)
  - 1 *salzertragend*, meist in salzarmen bis -freien Böden, gelegentlich aber in etwas salzhaltigen Böden vorkommend
  - 2 *oligohalin*, öfter in Böden oder Gewässern mit sehr geringem Salzgehalt
  - 3 *oligo/mesohalin*, in Böden oder Gewässern mit geringem bis mäßigem Salzgehalt
  - 4 *mesohalin*, meist in Böden oder Gewässern mit mäßigem Salzgehalt
  - 5 *meso/polyhalin*, in Böden oder Gewässern mit mäßigem bis hohem Salzgehalt
  - 7 *steno-euhalin*, stets in Böden oder Gewässern mit hohem Salzgehalt
  - 9 *hypersalin*, in Böden oder Gewässern mit sehr hohem bis extremem Salzgehalt

gerade Zahlen für Zwischenstufen

- x *indifferentes oder ungeklärtes Verhalten*

**umF, umR, umS** ungewichtete mittlere Zeigerwerte  
**gmF, gmR, gmS** gewichtete mittlere Zeigerwerte

### Lebensform

**Typ** Ökologische Typisierung der Regenwurmart (nach BOUCHÉ 1972)

- e *epigäische Art*, Auflagehumusbewohner
- g *endogäische Art*, Mineralbodenbewohner
- a *anecische Art*, Tiefgräber

**C/N** Vorkommen der Regenwurmart in Beziehung zum C/N-Verhältnis (nach BOUCHÉ 1972)

- eu *eubiotische Art*, Schwergewicht in Böden mit C/N-Verhältnis < 13
- meso *mesobiotische Art*, Schwergewicht in Böden mit C/N-Verhältnis > 13

**S-Typ** Strategietypen der Kleinringelwurmart (nach GRAEFE & SCHMELZ 1999)

- r *r-selektierter Opportunist* mit rascher Entwicklung und hoher Fortpflanzungsrate (geschlechtlich oder ungeschlechtlich)
- k *K-selektierte persistente Art* mit langsamer Entwicklung und einer der Umweltkapazität angenäherten Fortpflanzungsrate
- s an Säurestress angepasste *stresstolerante Art*
- f Art mit ungeschlechtlicher Vermehrung durch *Fragmentation*
- j Art mit *jahreszeitlich* festgelegtem Entwicklungszyklus

## Anhang IV-2: Zeichenerklärung zu den tabellarischen Darstellungen

### Lebensform

**H-Typ** Vorkommen der Kleinringelwurmarten im Kontinuum der Humushorizonte und Humusformen (nach GRAEFE & BELOTTI 1999)

- 1 im L-Horizont, Streubewohner
- 2 im Of-Horizont (Vermoderungshorizont)
- 3 im Oh-Horizont (Humusstoff-Horizont)
- 4 im Ah-Horizont, Mineralbodenbewohner
- a in A-Mull, L-Mull und F-Mull (MU)
- b in A-Moder (Mullartiger Moder: MOM)
- c in H-Moder (Typischer Moder: MO)
- d in F-Moder (Rohhumusartiger Moder und Rohhumus: RO)

Beispiele

	MU	MOM	MO	RO
L	1a	1b	1c	1d
Of	2a	2b	2c	2d
Oh			3a	3b
Ah	4a	4b	4c	4d

*Achaeta camerani*

	MU	MOM	MO	RO
L	1a	1b	1c	1d
Of	2a	2b	2c	2d
Oh			3c	3d
Ah	4a	4b	4c	4d

*Cognettia glandulosa*

	MU	MOM	MO	RO
L	1a	1b	1c	1d
Of	2a	2b	2c	2d
Oh			3c	3d
Ah	4a	4b	4c	4d

*Fridericia bulboides*

	MU	MOM	MO	RO
L	1a	1b	1c	1d
Of	2a	2b	2c	2d
Oh			3a	3b
Ah	4a	4b	4c	4d

*Henlea perpusilla*

	MU	MOM	MO	RO
L	1a	1b	1c	1d
Of	2a	2b	2c	2d
Oh			3c	3d
Ah	4a	4b	4c	4d

*Stercutus niveus*

	MU	MOM	MO	RO
L	1a	1b	1c	1d
Of	2a	2b	2c	2d
Oh			3c	3d
Ah	4a	4b	4c	4d

*Hrabeiella periglandulata*

### Soziologisches Verhalten

- O** Ordnungscharakterart
- V** Verbandscharakterart
- A** Assoziationscharakterart

Die Zahlen entsprechen dem Schlüssel in der Tabelle „Übersicht der Zersetzergesellschaften“

**Häufigkeit** des Auftretens im zugehörigen Zersetzergesellschaftstyp (norddeutsche Region)

- 1 äußerst selten
- 2 sehr selten
- 3 selten
- 4 mäßig selten
- 5 weder selten noch häufig
- 6 mäßig häufig
- 7 häufig, aber keineswegs überall
- 8 sehr häufig
- 9 fast überall

### Makrofauna-Abundanzklassen

- |   |      |                                    |
|---|------|------------------------------------|
| 1 |      | bis 10                             |
| 2 | ?    | über 10 bis 30                     |
| 3 | ??   | über 30 bis 100                    |
| 4 | ???  | über 100 bis 300                   |
| 5 | ???? | über 300 Individuen/m <sup>2</sup> |

### Mesofauna-Abundanzklassen

- |   |      |                                       |
|---|------|---------------------------------------|
| 1 |      | bis 1.000                             |
| 2 | ?    | über 1.000 bis 3.000                  |
| 3 | ??   | über 3.000 bis 10.000                 |
| 4 | ???  | über 10.000 bis 30.000                |
| 5 | ???? | über 30.000 Individuen/m <sup>2</sup> |

**Anhang IV-3: Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen (aus: GRAEFE 1998)**

<b>Ordnung</b>	<b>Verband</b>	<b>Assoziation</b>
1. <b>Lumbricetalia</b> mäßig saure bis kalkreiche Standorte	1.1 <b>Lumbricion</b> gut durchlüftete, ungestörte Böden	1.11 <b>Stercuto-Lumbricetum</b> Wälder mit Mull-Humusformen
		1.12 <b>Fridericio-Lumbricetum</b> Grünländer und Äcker auf Lehmböden
	1.2 <b>Enchytraeion</b> gestörte und eutrophierte Böden	1.21 <b>Fridericio-Enchytraetum</b> Äcker auf Sandböden
		1.22 <b>Buchholzio-Enchytraetum</b> eutrophierte, verdichtete Böden im urbanen Raum
		1.23 <b>Eisenietum</b> Kompostplätze
	1.3 <b>Eiseniellion</b> durchnässte und luftarme Böden	1.31 <b>Octolasietum tyrtaei</b> basenreiche Niedermoore, Schwarzerlen-Bruchwälder
		1.32 <b>Eisenielletum</b> Fließgewässerufer
2. <b>Cognettietalia</b> saure Standorte mit Auflagehumus oder Torf	2.1 <b>Achaeto-Cognettion</b> durchlüftete basenarme Böden	2.11 <b>Achaeto-Cognettietum</b> Wälder und Heiden mit Moder-Humusformen
	2.2 <b>Cognettion sphagnetorum</b> nasse basenarme Böden	2.21 <b>Cognettietum sphagnetorum</b> oligotrophe Moore
3. <b>Henleetalia</b> mäßig saure bis kalkreiche Standorte mit Auflagehumus	3.1 <b>Mesenchytraeo-Henleion</b> kältebedingte Zersetzungshemmung	3.11 <b>Mesenchytraeo-Henleetum</b> Permafrost-Böden in der Tundra
	3.2 <b>Fridericio-Henleion</b> regenwurmmarme Böden mit geringer Bioturbation	3.21 <b>Fridericio-Henleetum</b> Sukzessionsstadium der Marsch-Entwicklung
4. <b>Salzbeeinflusste Zersetzergesellschaften</b> (noch nicht untergliedert)		





