Bodenzoologische Untersuchungen an 6 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein im Jahr 2015

Auftragnehmer:

IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH
Tornberg 24 a, 22337 Hamburg

Bearbeiter:

Dr. Anneke Beylich
Ulfert Graefe
Birgit Egberts

im Auftrag des
Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt
und ländliche Räume
des Landes Schleswig-Holstein

Dezember 2016

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 6
2 Probenahme und Auswertung 9
2.1 Untersuchungsmethodik 9
2.2 Probenahme 9
2.3 Datenauswertung 10
3 Standortverhältnisse 12
3.1 Allgemeiner Überblick 12
3.2 BDF01 List / Sylt 16
3.3 BDF21 Speicherkoog Dithmarschen 19
3.4 BDF24 Bornhöved 21
3.5 BDF25 Kudensee / Landscheide 24
3.6 BDF33 Hellbachtal 28
3.7 BDF37 Hamburger Hallig 31
4 Ergebnisse und Diskussion 33
4.1 BDF01 List / Sylt 33
4.2 BDF21 Speicherkoog Dithmarschen 41
4.3 BDF24 Bornhöved 48
4.4 BDF25 Kudensee / Landscheide 54
4.5 BDF33 Hellbachtal 61
4.6 BDF37 Hamburger Hallig 67
4.7 Vergleichende Diskussion 71
5 Methodendiskussion 79
6 Zusammenfassung 80
7 Literaturverzeichnis 84
8 Anhang 87
8.1 Verzeichnis der Tabellen - Anhang 88
8.2 Verzeichnis der Abbildungen - Anhang 88
8.3 Rohdaten und ergänzende Darstellungen zu den BDF 89
8.4 Zeichenerklärung zu den tabellarischen Darstellungen 126
8.5 Zersetzergesellschaftstypen und Referenzwertbereiche 128
8.6 Übersicht Bodenlebensgemeinschaftstypen mit den dafür typischen Standortfaktoren-Kombinationen aus BEYLICH et al. (2005) 130
8.7 Verzeichnis der Abkürzungen 132
8.8 Glossar 133

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Von der LABO empfohlene und bei der Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein eingesetzte Verfahren zur Bodenbiologie 8
Tabelle 2: Flächenbezogene Datenauswertung der bodenzoologischen Untersuchungen..... 11
Tabelle 3: Abiotische Randbedingungen auf den untersuchten BDF 12
Tabelle 4: Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen im Probenahmejahr 2015 14
Tabelle 5: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der BDF24 seit Beginn der Untersuchungen..... 22
Tabelle 6: Bewirtschaftungemaßnahmen auf der BDF24 im Untersuchungsjahr 2015..... 23
Tabelle 7: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der BDF25 seit Beginn der Untersuchungen..... 26
Tabelle 8: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der BDF seit Beginn der Untersuchungen..... 30
Tabelle 9: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF01 List / Sylt 34
Tabelle 10: Aspektvielfalt der Annelidenzönose auf der BDF List / Sylt 2015..... 35
Tabelle 11: Entwicklung der mittleren Zeigerzahlen in den drei Teilbereichen der BDF01 37
Tabelle 12: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF01..... 40
Tabelle 13: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF21 Speicherkoog 42
Tabelle 14: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF21..... 47
Tabelle 15: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF24 Bornhöved 49
Tabelle 16: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF24..... 53
Tabelle 17: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF25 Kudensee..... 55
Tabelle 18: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF25..... 60
Tabelle 19: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF33 Hellbachtal 62
Tabelle 20: Entwicklung des Feuchtezeigerspektrums auf der BDF33 Hellbachtal 63
Tabelle 21: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF33..... 66
Tabelle 22: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF37 Hamburger Hallig 68
Tabelle 23: Entwicklung des Feuchtezeigerspektrums auf der BDF37..... 68
Tabelle 24: Ausgewählte Parameter der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF37 70
Tabelle 25: Artenzusammensetzung und ihre Entwicklung im Flächenvergleich..... 73
Tabelle 26: Klassifikation, Zeigerverhältnisse und Entwicklungstendenzen der Bodenlebensgemeinschaft sowie ihre Beziehungen zu anderen Standorteigenschaften 82

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Lage der zurzeit betriebenen und der im Rahmen der Untersuchungen 2015 beprobten Boden-Dauerbeobachtungsflächen 6
Abbildung 2: Bereiche für bodenbiologische Untersuchungen an bzw. auf einer BDF 7
Abbildung 3: Grundwasserflurabstände von vier der untersuchten BDF 13
Abbildung 4: Die 2015 untersuchten BDF im Ökogramm der Standortfaktoren. Bodenlebensgemeinschaftstypen 13
Abbildung 5: Lage der bodenzoologischen Probenahmepunkte auf der BDF01 16
Abbildung 6: Höhenlinienkarte der BDF01 17
Abbildung 7: Höhenlinienkarte der BDF21 19
Abbildung 8: Grundwasserflurabstände auf der BDF21 (Jahresmittel 2010-2015) 20
Abbildung 9: Grundwasserflurabstand auf der BDF21 im Untersuchungsjahr 2015 20
Abbildung 10: Höhenlinienkarte der BDF24 21
Abbildung 11: Detailansicht vom Bewuchs der BDF24 am Tag der Probenahme 2015 23
Abbildung 12: Höhenlinienkarte der BDF25 24
Abbildung 13: Grundwasserflurabstände auf der BDF25. Jahresmittel 2010-2015 25
Abbildung 14: Grundwasserflurabstand auf der BDF25 im Untersuchungsjahr 2015 25
Abbildung 15: Grabenräumung auf der BDF25 am Tag der Probenahme 2015 27
Abbildung 16: Höhenlinienkarte der BDF33 28
Abbildung 17: Grundwasserstände auf der BDF33 für die Jahre 2010-2015 29
Abbildung 18: Grundwasserflurabstand auf der BDF33 im Untersuchungsjahr 2015 sowie in den vier vorhergehenden Jahren 29
Abbildung 19: Höhenlinienkarte der BDF37 31
Abbildung 20: Grundwasserstände auf der BDF37 für die Jahre 2011-2015 32
Abbildung 21: Grundwasserflurabstand auf der BDF37 im Untersuchungsjahr 2015 32
Abbildung 22: BDF01 am Tag der Probenahme 2015, Blick nach Nordost 33
Abbildung 23: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF01 in den vier Probenahmejahren 36
Abbildung 24: Heterogenität der Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF01 im Zeitverlauf 38
Abbildung 25: Position der BDF01 List auf den Dreieckdiagrammen 38
Abbildung 26: Zwei ausgewählte Profile der BDF01 39
Abbildung 27: BDF21 am Tag der Probenahme 2015 41
Abbildung 28: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF21 in den vier Probenahmejahren 44
Abbildung 29: Position der BDF21 Speicherkoog auf den Dreieckdiagrammen 45
Abbildung 30: BDF24 am Tag der Probenahme 2015 48
Abbildung 31: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF24 in den vier Probenahmejahren 51
Abbildung 32: Position der BDF24 Bornhöved auf den Dreieckdiagrammen 51
Abbildung 33: Die BDF25 am Tag der Probenahme 2015 54

Abbildung 34: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF25 in den vier Probenahmejahren 57
Abbildung 35: Position der BDF25 Kudensee auf den Dreieckdiagrammen 57
Abbildung 36: Entwässerungsgraben mit Grabenaushub 59
Abbildung 37: BDF33 am Tag der Probenahme 2015 61
Abbildung 38: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF33 in den vier Probenahmejahren 64
Abbildung 39: Position der BDF33 Hellbachtal auf den Dreieckdiagrammen 64
Abbildung 40: Die BDF37 am Tag der Probenahme 2015 67
Abbildung 41: Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF37 in den zwei Probenahmejahren 69
Abbildung 42: Zeitliche Entwicklung der Artenzahlen der untersuchten BDF von der Erstuntersuchung bis 2015 74
Abbildung 43: Aktivitätsparameter und ihre Entwicklung im Flächenvergleich 76
Abbildung 44: Mikrobielle Biomasse in g C / m2 (CFE-Methode) der 2015 bodenzoologisch untersuchten BDF 78

1 Einleitung

Der Geologische Dienst des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR-SH) betreibt als obere Bodenschutzbehörde (Fachbehörde) seit 1989 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF), von denen zurzeit 37 in Betrieb sind. Zentrale Ziele der Boden-Dauerbeobachtung bzw. des Monitorings sind die Beschreibung des aktuellen Zustandes der Böden, die langfristige Überwachung der Veränderungen der Böden und die Ableitung von Prognosen der zukünftigen Entwicklung. Das Untersuchungsprogramm wird nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) durchgeführt und umfasst neben Bodenphysik und -chemie auch die Bodenbiologie.

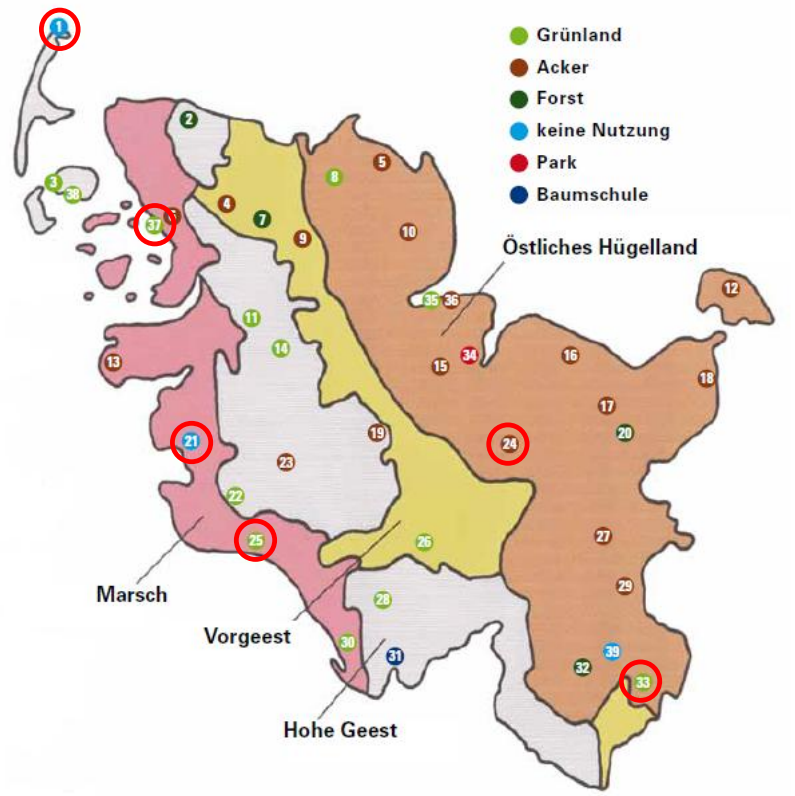


Abbildung 1: Lage der zurzeit betriebenen und der im Rahmen der Untersuchungen 2015 beprobten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (letztere umrandet) (aus: LLUR 2011, verändert)

Die bodenbiologischen Untersuchungen gliedern sich in bodenmikrobiologische und bodenzoologische Untersuchungen (Tabelle 1). Vegetationskundliche Untersuchungen werden auf ausgewählten extensiv oder gar nicht genutzten BDF durchgeführt. Die im vorliegenden Bericht dargestellten Untersuchungen umfassen die Regenwürmer (Lumbriciden) und Kleinringelwürmer (Enchyträen u.a.) als obligatorische bodenzoologische Untersuchungsparameter nach BARTH et al. (2000). Die Untersuchungsintervalle betragen für die empfindlich reagierenden bodenmikrobiologischen Parameter 3 Jahre, für die etwas langsamer reagierenden bodenzoologischen Parameter dagegen 6 Jahre, um alle 6 Jahre die bodenbiologischen Untersuchungen gemeinsam auswerten zu können.

Die bodenzoologischen Untersuchungen erfolgen im Herbst, meist im Oktober oder November, da in diese Zeit eine Hauptaktivitätsphase der Bodenfauna fällt. Im zeitigen Frühjahr darauf erfolgt die Probenentnahme für bodenmikrobiologische Untersuchungen. Letztere erfolgt in einem Zeitfenster, das einerseits vom Ende des Frostes und andererseits von einer nennenswert gestiegenen Aktivität aufgrund der Erwärmung des Bodens begrenzt wird, meist von Mitte März bis Ende März. Für die verschiedenen biologischen Untersuchungen werden jeweils andere Stellen an bzw. auf den BDF aufgesucht, so dass sie sich nicht gegenseitig beeinflussen (Abbildung 2).

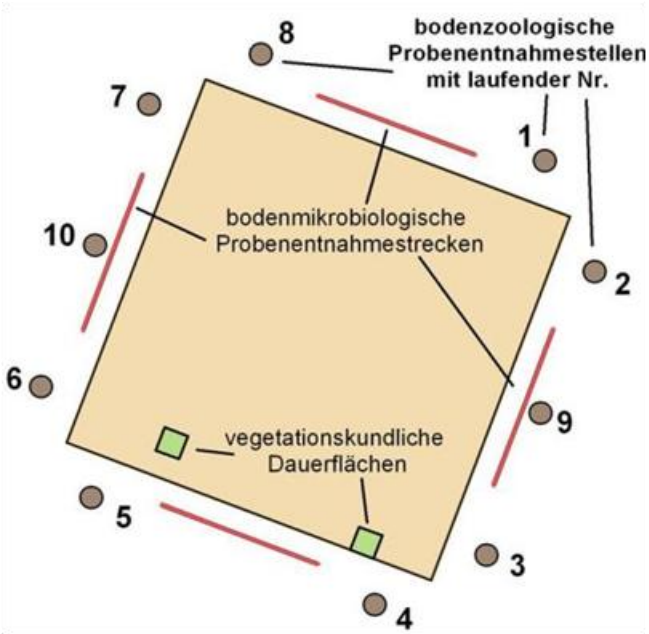


Abbildung 2: Bereiche für bodenbiologische Untersuchungen an bzw. auf einer BDF (aus: LLUR 2014)

Die Ergebnisse aller bodenbiologischen Untersuchungen können aufgrund der gewählten Intervalle gut miteinander verknüpft und bewertet werden. Der zeitliche Abstand von vier bis fünf Monaten der bodenzoologischen Untersuchungen zu den bodenmikrobiologischen Untersuchungen fällt in den Winter, d. h. in den Zeitraum eingeschränkter biologischer Aktivität und ist daher als unproblematisch anzusehen.

Im Jahr 2015 wurden sechs BDF bodenzoologisch untersucht (Abbildung 1). Dabei handelte es sich um zwei extensiv bewirtschaftete Feuchtgrünländer (BDF25 und BDF33), eine Düne (BDF01), eine Salzwiese (BDF37), eine Sukzessionsfläche (BDF21) sowie eine Ackerfläche (BDF24). Die Untersuchungsergebnisse werden den eingangs genannten zentralen Zielen der Boden-Dauerbeobachtung entsprechend bewertet. Hierbei werden die Beziehungen der Bodenzoologie zu folgenden Faktoren besonders betrachtet:

- Bodenform und abiotische Standortfaktoren
- Wetter bzw. Klima
- Bewirtschaftung
- Bodenmikrobiologie.

Die Informationen zu den Standortverhältnissen wurden zum Teil aus Berichten der Voruntersuchung der betreffenden BDF oder aus dem „Gesamtgutachten 1992 -2012“ übernommen (IFAB 2008, IFAB 2014). Die Daten zur Bewirtschaftung sowie die Klimadaten wurden vom LLUR zur Verfügung gestellt. Informationen zu Frost vor der Probenahme wurden aus den Internetportalen wetter.com oder wetteronline.de von einer der jeweiligen BDF nahegelegenen Messstation entnommen.

Tabelle 1: Von der LABO empfohlene und bei der Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein eingesetzte Verfahren zur Bodenbiologie. [1] Stickstoffhaushalt, [2] Schwermetallanzeiger, [3] Phosphorhaushalt. Quelle: LLUR

Untersuchungen		Parameter	Methode	Probenent-nahme	Umwelt-relevanz	Intervall
Bodenmikrobiologische Untersuchungen	obligatorische Parameter	mikrobielle Biomasse	Substrat-induzierte Respiration (n. ANDERSON & DOMSCH 1978, HEINEMEYER et al. 1989), DIN ISO 14 240-1	Randfläche	Bodenfruchtbarkeit, Stoffumsetzung	3 Jahre auf allen BDF
		mikrobielle Biomasse	Fumigations-Extraktions-Methode (n. VANCE et al. 1987), DIN ISO 14 240-2			
		mikrobielle Basalatmung	Durchflußverfahren (DOMSCH 1962), DIN 19 737			
		metabolischer Quotient	Berechnung aus mikrobieller Basalatmung und Biomasse (n. ANDERSON & DOMSCH 1990)			
	ergänzende Parameter	Argininammonifikation	Alef & Kleiner (1987)		Bodenfruchtbarkeit, Stoffumsetzung [1]	
		Arylsulfataseaktivität	Tabatabai & Bremner (1970)		[2]	
		alkalische Phosphatase	Hoffmann (1968)		[3]	
Bodenzoologische Untersuchungen	obligatorische Parameter	Lumbriciden	Handauslese in Anlehnung an DIN ISO 23611-1: 2006	Randfläche	Bodenfruchtbarkeit, Stoffumsetzung, Stoffeintrag	6 Jahre auf allen BDF
		Lumbriciden	Formalin-Austreibung in Anlehnung an DIN ISO 23611-1: 2006			
		Kleinanneliden	Naßextraktion nach GRAEFE (1991) bzw. GRAEFE in DUNGER & FIEDLER (1998), s.a. DIN ISO 23611-3: 2007			

2 Probenahme und Auswertung

2.1 Untersuchungsmethodik

Zur Austreibung von Regenwürmern aus dem Boden stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die für die verschiedenen Lebensformtypen (streubewohnend, mineralbodenbewohnend, tiefgrabend) und verschiedene Altersstadien unterschiedlich effektiv sind. Für eine möglichst repräsentative Erfassung der Regenwürmer sollten daher mehrere Methoden kombiniert werden. Für die bodenzoologischen Untersuchungen der BDF wurden Handauslese, Kempson-Extraktion und Formalin-Extraktion verwendet.

Für die Kleinringelwürmer wurde eine stratifizierende Probenahme gewählt, indem die Proben vertikal in vier Teilproben unterteilt wurden. So können auch Umwelteinflüsse, die sich auf die Vertikalverteilung der Tiere auswirken, erfasst werden.

Die 10 Probenahmestellen einer BDF wurden jeweils um die Kernfläche herum angeordnet, um diese so wenig wie möglich zu stören (Abbildung 2). An den Eckpunkten der quadratischen BDF wurden rechtwinklig zur Diagonale in beiden Richtungen Abstände von 5 m ausgemessen und als Probenahmepunkte 1 bis 8 festgelegt. Die Punkte 9 und 10 wurden an den Ost- bzw. Westrand gelegt. Die Abmessungen der BDF01 weichen von diesem Schema ab und werden in Abschnitt 3.2 gesondert dargestellt. An jedem der 10 Probenpunkte einer BDF wurden die im Folgenden beschriebenen Probenahmen unmittelbar nebeneinander ausgeführt. Auf den BDF01 und BDF37 wurde auf die Formalin-Extraktion verzichtet, da keine tiefgrabenden Regenwürmer zu erwarten waren.

Während der Probenahme wurden Informationen zur Witterung, Bestockung, Bewirtschaftung (soweit erkennbar) sowie Auffälligkeiten schriftlich festgehalten und teils fotografisch dokumentiert. Dafür wurden die vom Auftraggeber vorbereiteten Gelände-Protokollbögen verwendet.

2.2 Probenahme

2.2.1 Regenwürmer

Für die Erfassung der oberflächennahen Regenwürmer wurden mit einem Stechring jeweils zwei 250 cm² 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 m² große Fläche mit einem in den Boden gedrückten Metallring abgegrenzt und mit 10 Liter einer 0,4%igen Formalinlösung übergossen. Alle Tiere wurden mit NOTOXhisto™ fixiert. Die Gewichtsbestimmung erfolgte einzeln auf einer Präzisionswaage mit 0,01 g Ablesegenauigkeit. Für die Erfassung von Regenwürmern im Freiland liegt seit 2006 eine Methodennorm vor (DIN ISO 23611-1: 2006). Da es als ungünstig angesehen wurde, im laufenden Untersuchungsprogramm die Methoden zu ändern, weicht die hier verwendete Methode in Details vom Standard ab (z.B. Probengröße). Die grundsätzliche Vorgehensweise entspricht der Norm. Mit der Kempson-Extraktion wurde zusätzlich eine Methode verwendet, die im Standard nicht vorgesehen ist, aber einen Effektivitätsgewinn bedeutet.

Auf der BDF01 waren bisher keine Regenwürmer gefunden worden. Die Situation wurde vor Ort mit einer Handauslese von einem Bodenausstich (250 cm²) je Probenpunkt überprüft. Dabei wurde an

zwei Punkten jeweils ein Regenwurm gefunden. An diesen Punkten wurden Proben nach der oben beschriebenen Methode für die Handauslese mit anschließender Kempsonextraktion genommen. Eine Formalinextraktion wurde nicht vorgenommen, da, wenn überhaupt, nur epigäische Regenwürmer zu erwarten waren.

2.2.2 Kleinringelwürmer

Für die Erfassung der Kleinringelwürmer wurden 10 cm tiefe Bodenproben mit dem Stechrohr entnommen. Die Einstichfläche betrug 19,63 cm². Die Proben wurden in 4 gleiche Tiefenstufen von 0-2,5 cm, 2,5-5 cm, 5-7,5 cm und 7,5-10 cm geteilt. Mit dieser Probenahmetiefe wird der Hauptaktivitätsbereich der Tiere auf Flächen ohne Bodenbearbeitung üblicherweise erfasst.

Aus den Bodenproben wurden die Tiere mit der Wassertauchmethode nach GRAEFE (in DUNGER & FIEDLER 1997) extrahiert. Die Wässerung erfolgte über 48 Stunden bei einmaligem Wasserwechsel nach 12 bis 24 Stunden. Die Tiere wurden im lebenden Zustand unter dem Stereomikroskop gezählt und unter dem Mikroskop mit Hilfe der Bestimmungswerke von NIELSEN & CHRISTENSEN (1959), SCHMELZ (2003), SCHMELZ & COLLADO (2010) u.a. determiniert. Für die auf der BDF37 vorkommenden marinen Arten wurde außerdem Spezialliteratur herangezogen (u.a. COLLADO & SCHMELZ 2001, KOSSMAGK-STEPHAN 1985, BRINKHURST & JAMIESON 1971). Auch die Erfassung der Kleinringelwürmer ist standardisiert (DIN ISO 23611-3: 2007). Die hier verwendete Methodik entspricht dieser Norm.

2.3 Datenauswertung

Eine Übersicht der vorgenommenen Auswertungen zeigt Tabelle 2. Die flächenbezogenen Werte der Regenwürmer wurden rechnerisch aus den Datensätzen der beiden Erfassungsmethoden kombiniert. Hierzu wurden die Fangergebnisse der Formalinaustreibung und der Handauslese/Kempson-extraktion für jeden Probenahmepunkt getrennt auf den Quadratmeter umgerechnet und punktbezogen verglichen. Von den beiden so erhaltenen Werten für die Biomasse einer Art an einem Punkt wurde der höhere ausgewählt. Der geringere Wert wurde nicht weiter berücksichtigt. Die bei den Biomassewerten vorgenommene Auswahl wurde anschließend auch auf die Abundanzwerte übertragen, so dass beide Zahlenangaben auf dem gleichen Tiermaterial beruhen. Diesem Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass die Methode mit der jeweils höheren artspezifischen Effizienz das realistischere Ergebnis liefert. In den Primärdatenprotokollen im Anhang sind als Parameter der beschreibenden Statistik Mittelwert, Median, Standardabweichung und Variationskoeffizient angegeben. Die quantitativen Unterschiede zwischen den Untersuchungsterminen wurden mit Hilfe eines H-Tests nach Kruskal und Wallis auf Signifikanz geprüft. Bei vorliegender Signifikanz wurden paarweise Vergleiche mit dem Dwass-Steel-Critchlow-Fligner-Test vorgenommen. Diese Berechnungen erfolgten mit Systat 13 for Windows©, Version 13.1.

Die qualitativen Parameter wurden auf der Grundlage von Expertenwissen über das ökologische Verhalten der Arten bestimmt. Für Regenwürmer wurde die Einteilung in Lebensformtypen nach BOUCHÉ (1972) verwendet. Die Zeigerwerte und Strategietypen der Kleinringelwürmer wurden von GRAEFE & SCHMELZ (1999) übernommen. Die biozönotische Einordnung der Artengemeinschaft in Zersetzergesellschaftstypen (Bodenbiozönosetypen) erfolgte nach GRAEFE (1993) und BEYLICH & GRAEFE (2002). Außerdem wurde der Bodenlebensgemeinschaftstyp nach BEYLICH et al. (2005) angesprochen. Für die Bewertung der Artenzahlen, der Gesamtabundanzen und der Regenwurmbiomasse wurden die Referenzwerte aus BEYLICH et al. (2005) sowie BEYLICH & GRAEFE (2009) herangezogen. Eine Einstufung der vorliegenden Daten anhand der Referenzwertbereiche erfolgte folgendermaßen: Werte mittel / im Referenzbereich (=25er bis 75er Perzentil), Werte hoch bzw. niedrig (= oberhalb bzw. unterhalb des 75er bzw. 25er Perzentils, aber innerhalb der Maxima

bzw. Minima), Werte extrem hoch bzw. niedrig (=außerhalb der Maxima bzw. Minima) (Perzentile, Maxima und Minima der in BEYLICH & GRAEFE 2009 zugrunde gelegten Daten).

Für die Bewertung der mikrobiellen Biomasse wurde die Einstufung nach HÖPER & KLEEFISCH (2001), abgewandelt in BEYLICH et al. (2005), herangezogen. Außerdem wurden vom LLUR Daten zur mikrobiellen Biomasse bezogen auf den Quadratmeter zur Verfügung gestellt. Damit wurde ein besserer Vergleich von mikrobieller und Regenwurmbiomasse möglich. Da die mikrobielle Biomasse allerdings in g mikrobieller Kohlenstoff je m^2 ausgedrückt wird, während die Regenwurmbiomasse in g Frischgewicht je m^2 gemessen wird, sind die Werte nicht äquivalent.

Tabelle 2: Flächenbezogene Datenauswertung der bodenzoologischen Untersuchungen (aus GRAEFE et al. 2001)

Parameter	**Indikatorfunktion**
Gesamtabundanz der Regenwürmer (Ind./m²), Gesamtbiomasse der Regenwürmer (g/m²), Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)	Bodenzoologische Indikatoren der biologischen Aktivität im Boden
Artenzusammensetzung und Artenzahl, Abundanz, Dominanz und Frequenz der Arten	Bodenzoologische Indikatoren der Biodiversität im Boden
Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer: insgesamt sowie auf Gattungs- und Artebene	Zeiger für die vertikale Ausdehnung und Stärke der biologischen Aktivität
Biomasse und Biomassedominanz der Regenwurmarten	Zeiger für die ökologische Bedeutung der Arten
Funktionelle Kennwerte der Lebensgemeinschaft: Lebensformtypen- und Strategietypen-Spektren, Zeigerwert-Spektren und mittlere Zeigerwerte, Zersetzergesellschaftstyp	Indikatoren für den biologischen Bodenzustand bzw. die integrale Wirkung ökologischer Faktoren auf die Bodenbiozönose

3 Standortverhältnisse

3.1 Allgemeiner Überblick

3.1.1 Boden und Geologie

Die 2015 untersuchten BDF sind hinsichtlich ihrer naturräumlichen und geologischen Ausgangbedingungen sehr unterschiedlich. Zwei Flächen sind Niedermoorstandorte: Die BDF25 in der Holsteinischen Elbmarsch sowie die BDF33 im Westmecklenburgischen Seenhügelland (STATISTIKAMT NORD 2013). Die BDF01 befindet sich auf einer Düne der Nordfriesischen Geestinsel Sylt, während die BDF37 eine Salzwiese im Vordeichsland der Nordfriesische Marschinseln und Halligen repräsentiert. Die in der Dithmarscher Marsch gelegene BDF21 ist eine Sukzessionfläche im Speicherkoog Dithmarschen. Die BDF24 Bornhöved ist im Ostholsteinischen Hügelland gelegen. Entsprechend den sehr unterschiedlichen Standort- und Nutzungsbedingungen decken die abiotischen Bodeneigenschaften ein große Bandbreite ab (Tabelle 3). Die Niedermoorstandorte weisen naturgemäß hohe Humusgehalte auf. Auf Flächen mit relativ hoher Entwicklungsdynamik (BDF01, BDF21) schwanken der Humusgehalt und damit auch das C/N-Verhältnis über die Zeit recht stark. Nur die beiden sandigen Flächen zeigen stark saure pH-Werte. Die Marschböden der BDF21 und 37 weisen dagegen erwartungsgemäß eine neutrale Bodenreaktion auf, während die Niedermoorstandorte mäßig sauer sind. Durch hoch anstehendes Grundwasser geprägt sind die beiden Niedermoorstandorte sowie die Salzwiese. Die Sukzessionfläche ist aufgrund von Grabenentwässerung aktuell nur im Unterboden grundwasserbeeinflusst (Abbildung 3). Die BDF37 wird bei hohen Wasserständen der Nordsee überflutet, was üblicherweise mehrmals im Jahr der Fall ist. Die BDF01 ist in Teilbereichen von hoch auflaufender Flut beeinflusst. Nähere Informationen zu den Grundwasserständen finden sich, sofern relevant, in den Abschnitten 3.2-3.7.

Tabelle 3: Abiotische Randbedingungen auf den untersuchten BDF. Werte für den oberen Mineralboden, über den gesamten Untersuchungszeitraum. Parameter: [1] nach KA5, [2] Masse-% Humus, [3] Stufe nach KA5, Tab.92, [4] Corg/Nt, [5] Ld-Stufe, KA5, Tab.20 S.125, [6] KA5, Tab.20 S.125; pt + 0,09 x %T (Quelle: LLUR/IFAB 2014)

BDF	Bodenart [1]	Humusgehalt [2]	pH-Wert ($CaCl_2$) [3]	pH-Wert ($CaCl_2$)	C/N-Verhältnis [4]	effektive Lagerungsdichte [5]	effektive Lagerungsdichte [6]
01	mS	1,2-5,5	sehr stark sauer	3,7-4,0	11,2-27,9	Ld1-Ld2	1,10-1,37
21	Lu	5,2-9,3	sehr schwach sauer - neutral	6,2-7,2	9,9-27,7	Ld1	1,21-1,29
24	Su2	1,5-1,8	stark sauer	4,2-4,8	9,2-23,5	Ld2-Ld3	1,49-1,63
25	Hn	29,5-38,0	mäßig sauer	4,6-5,2	11,5-14,3	Ld1	0,93-0,97
33	mSgs über Hn	15,3-22,3	mäßig sauer	5,2-5,4	9,8-12,9	Ld1	0,55-0,68
37	Tu2	4,1-7,0	sehr schwach alkalisch	7,2-7,3	9,2-11,2	Ld1	1,02-1,16

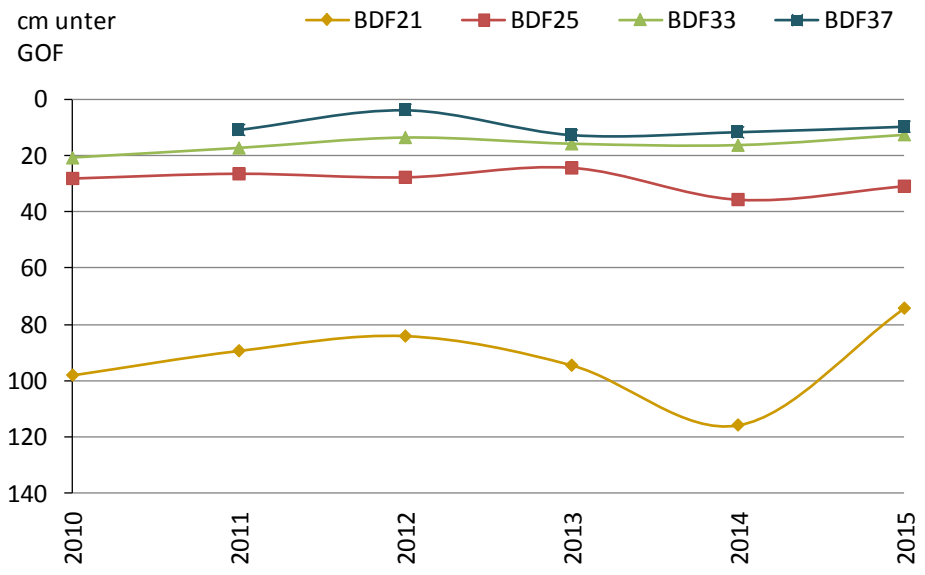


Abbildung 3: Grundwasserflurabstände von vier der untersuchten BDF (Jahresmittel, ab 2010). Daten: LLUR

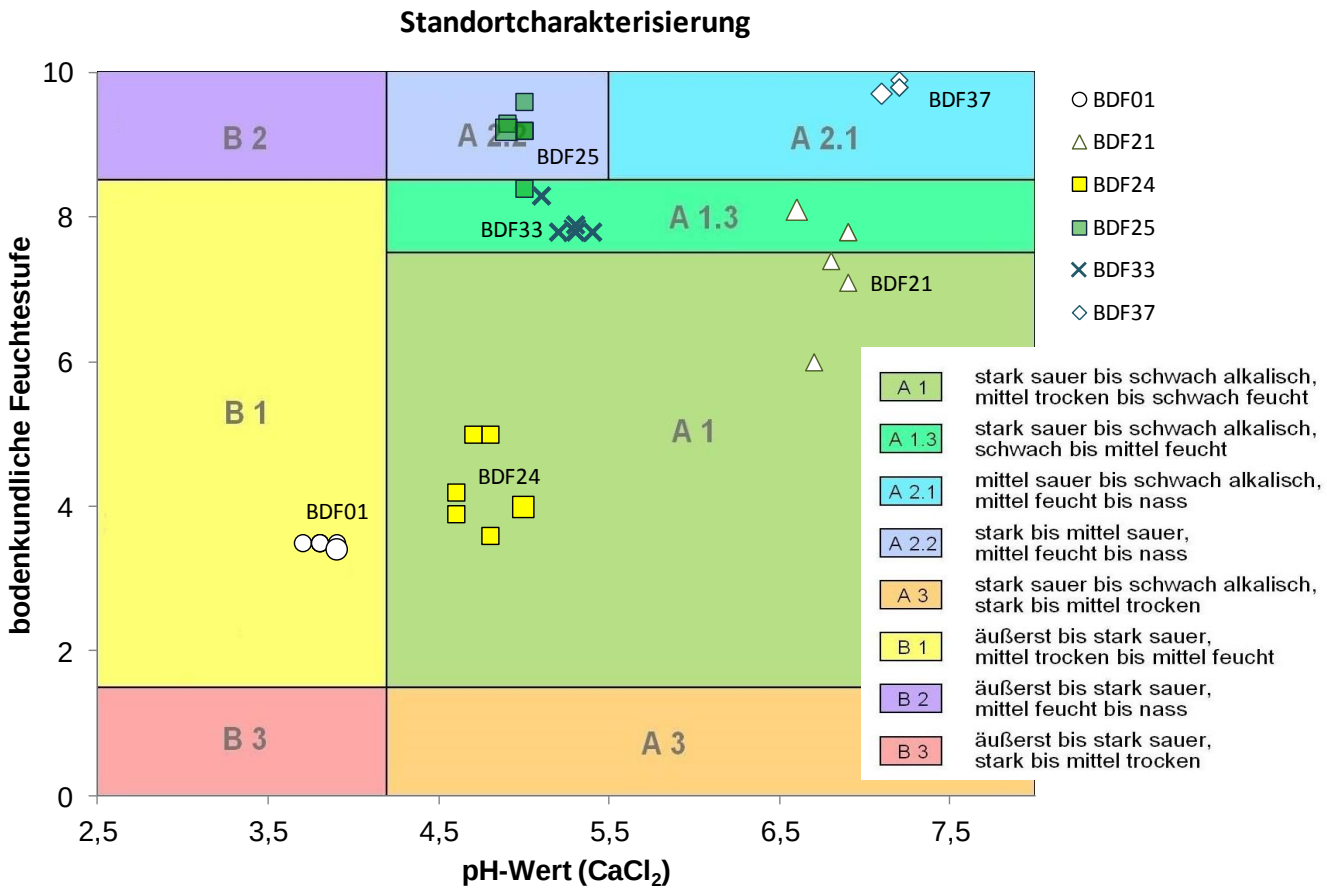


Abbildung 4: Die 2015 untersuchten BDF im Ökogramm der Standortfaktoren. Bodenlebensgemeinschaftstypen A 1 – B 3 nach BEYLICH et al. (2005). Große Symbole: 2015, kleine Symbole: Untersuchungsjahre 2010-2014. Übersicht der Bodenlebensgemeinschaftstypen siehe Anhang, Tabelle 41. Datenquelle pH und BKF: LLUR

3.1.2 Bewirtschaftung

Die untersuchten BDF sind überwiegend extensiv beweidet durch Schafe (BDF01, BDF37) bzw. Rinder (BDF25, BDF33). Nur die BDF24 wird intensiv landwirtschaftlich genutzt, zu Beginn der Untersuchungen als Acker, später phasenweise als Grünland. Die BDF21 wird nicht bewirtschaftet.

3.1.3 Klima- und Witterungseinflüsse

Die Jahrestemperatur war im Mittel der Jahre 2010-2015 etwa um ein Grad höher als im langjährigen Mittel (Tabelle 4). Die Niederschlagssummen waren im Mittel der Jahre 2010-2015 auf vier der Flächen (BDF21, BDF24, BDF25, BDF37) deutlich höher als im langjährigen Mittel. Bei den beiden übrigen Flächen (BDF01 und BDF33) sind die Niederschläge dagegen in Mittel der letzten sechs Jahre im Vergleich zum langjährigen Mittel nicht gestiegen. Bei allen Flächen mit Ausnahme der BDF01 lag der Jahresniederschlag im Jahr 2015 erheblich höher als im langjährigen Mittel. Für die BDF01 ergaben sich keine deutlichen Veränderungen der Niederschlagssummen über die Zeit.

Tabelle 4: Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen im Probenahmejahr 2015, im Mittel der Jahre 2010-2015 sowie im langjährigen Mittel (Quelle: LLUR)

BDF	Jahres-Mittel 2015	Jahres-Mittel 2010 -2015	Jahres-Mittel 1961 -1990	Monats-Mittel	Monate											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					Durchschnittstemperatur in °C											
BDF01	10,1	9,5	8,4	**2015**	4,3	3,1	5,6	7,5	10,5	13,4	16,5	18,1	14,6	10,8	9,1	8,1
				2010-2015	1,8	1,3	4,2	8,0	11,5	14,3	17,7	17,5	14,8	11,3	7,2	4,0
BDF21	9,8	9,2	8,3	**2015**	3,0	2,2	5,5	7,7	10,7	14,0	17,0	18,1	13,4	9,5	8,3	7,9
				2010-2015	1,2	1,1	4,3	8,4	11,7	14,7	17,9	17,1	14,1	10,5	6,3	3,2
BDF24	9,6	9,0	8,2	**2015**	2,8	2,0	5,2	7,6	10,5	14,0	16,9	18,1	13,0	9,1	7,9	7,6
				2010-2015	0,9	1,0	4,2	8,2	11,6	14,8	17,9	17,0	13,7	10,2	6,0	2,8
BDF25	9,9	9,4	8,2	**2015**	3,1	2,3	5,6	7,9	10,9	14,3	17,3	18,5	13,4	9,5	8,3	8,0
				2010-2015	1,3	1,3	4,5	8,7	11,9	15,0	18,2	17,3	14,1	10,5	6,2	3,2
BDF33	9,8	9,2	8,3	**2015**	3,0	1,9	5,5	8,0	11,2	15,0	17,8	18,8	12,9	8,4	7,4	7,5
				2010-2015	0,8	1,0	4,5	9,0	12,3	15,5	18,6	17,3	13,7	9,8	5,6	2,8
BDF37	9,7	9,1	8,1	**2015**	3,2	2,2	5,4	7,5	10,6	13,6	16,6	17,8	13,4	9,8	8,4	7,7
				2010-2015	1,2	1,1	4,2	8,1	11,5	14,5	17,6	16,9	13,9	10,5	6,4	3,1
					Niederschlagssumme in mm											
BDF01	737	701	745	**2015**	55	26	59	21	57	25	83	109	77	32	112	81
				2010-2015	44	24	23	24	40	47	76	121	83	80	63	77
BDF21	930	853	807	**2015**	95	32	67	23	86	40	167	79	87	34	158	62
				2010-2015	69	39	31	29	73	66	97	113	93	72	76	96
BDF24	877	828	773	**2015**	121	27	72	25	64	28	117	67	67	51	163	75
				2010-2015	81	45	34	32	70	74	84	93	74	61	76	106
BDF25	950	857	814	**2015**	107	32	72	34	62	47	145	92	106	39	156	58
				2010-2015	75	45	33	29	70	68	98	104	94	66	74	102
BDF33	738	687	692	**2015**	97	18	80	27	37	18	99	85	54	43	132	48
				2010-2015	69	37	37	31	57	57	76	88	55	47	55	79
BDF37	915	863	747	**2015**	102	35	71	21	68	38	138	72	87	44	160	79
				2010-2015	69	34	28	31	56	69	92	120	106	85	76	97

Entsprechend der sehr unterschiedlichen Wasserhaushaltseigenschaften und pH-Werte liegen die untersuchten BDF im Ökogramm der Standortfaktoren weit auseinander (Abbildung 4). Am trockensten ist der Dünenstandort mit schwach trockenen Verhältnissen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die BDF01 im Hinblick auf alle Bodeneigenschaften einschließlich des Wasserhaushalts sehr heterogen ist, so dass die BKF die Feuchteverhältnisse in Teilbereichen der BDF wohl nur unzureichend kennzeichnet. Die BDF24 weist überwiegend schwach frische Verhältnisse auf. Die Lage des Punktes für 2015 hat sich im Ökogramm im Vergleich zu den Vorjahren durch einen etwas höheren pH-Wert nach rechts verschoben. Die höchste BKF weist erwartungsgemäß die BDF37 auf und ist damit als „nass“ zu bezeichnen. Im mittel bis stark feuchten Bereich liegen die BDF25 und BDF33, wobei die BDF33 etwas niedrigere BKF-Werte aufweist. Die Werte der BDF21 fallen im Ökogramm in die Bereiche zweier Lebensgemeinschaftstypen, die an schwach bzw. mittel feuchten Standorten vorkommen. Inwieweit die BKF-Werte die für die Bodenlebensgemeinschaften der untersuchten BDF relevanten Bedingungen widerspiegeln, wird in Abschnitt 4.7 diskutiert.

Hinsichtlich der BKF sind auf fünf der sechs 2015 untersuchten BDF keine deutlichen Abweichungen im Vergleich zu den Vorjahren festzustellen. Für die BDF21 wurde für das Untersuchungsjahr die höchste BKF seit 2010 berechnet.

3.2 BDF01 List / Sylt

Die BDF liegt auf der Insel Sylt in einem Dünengebiet im Naturschutzgebiet „Nord-Sylt“. Sie erstreckt sich vom Nordhang eines etwa in Ost-West-Richtung verlaufenden Dünenkammes über dessen Kuppe bis zum Fuß des Südhangs (Abbildung 6). Der Südrand der BDF wird von Hochwässern der Nordsee erreicht. Auf der Düne finden sich verschiedene Vegetationszonen entsprechend der Entwicklung von der Weiß- zur Braundüne. Die Vegetation wechselt dabei kleinflächig. Während sich am Hangfuß der Düne (Südende der BDF) Vegetationselemente der Strandnelkenwiese finden, folgen im südlichen Hangbereich bis zur Kuppe erst Weißdüne, dann Sandtrockenrasenvegetation der Graudüne (LLUR 2016). Nördlich der Kuppe schließt sich der Bereich der Braundüne an, in der sich mosaikartig Krähenbeeren-Heide mit Silbergras, Moos- und Flechtenbewuchs abwechselt. Um den Gradienten unterschiedlicher Standortbedingungen auf der Fläche besser erfassen zu können, wurde bei der Ausweisung der BDF vom üblichen Schema abgewichen und eine rechteckige Abmessung gewählt (Abbildung 5). Die bodenzoologischen Probenahmepunkte orientieren sich an den verschiedenen Vegetationsbereichen. Da sich die Bodenlebensgemeinschaften der verschiedenen Vegetationsbereiche deutlich voneinander unterscheiden, wird bei der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse nicht nur auf die Mittelwerte der gesamten BDF eingegangen, sondern zusätzlich eine Differenzierung in die folgenden drei Teilbereiche vorgenommen: Nordhang (Probenpunkte 1/2/7/8), Südhang (Punkte 3/6/9/10) und Hangfuß (Punkte 4/5).

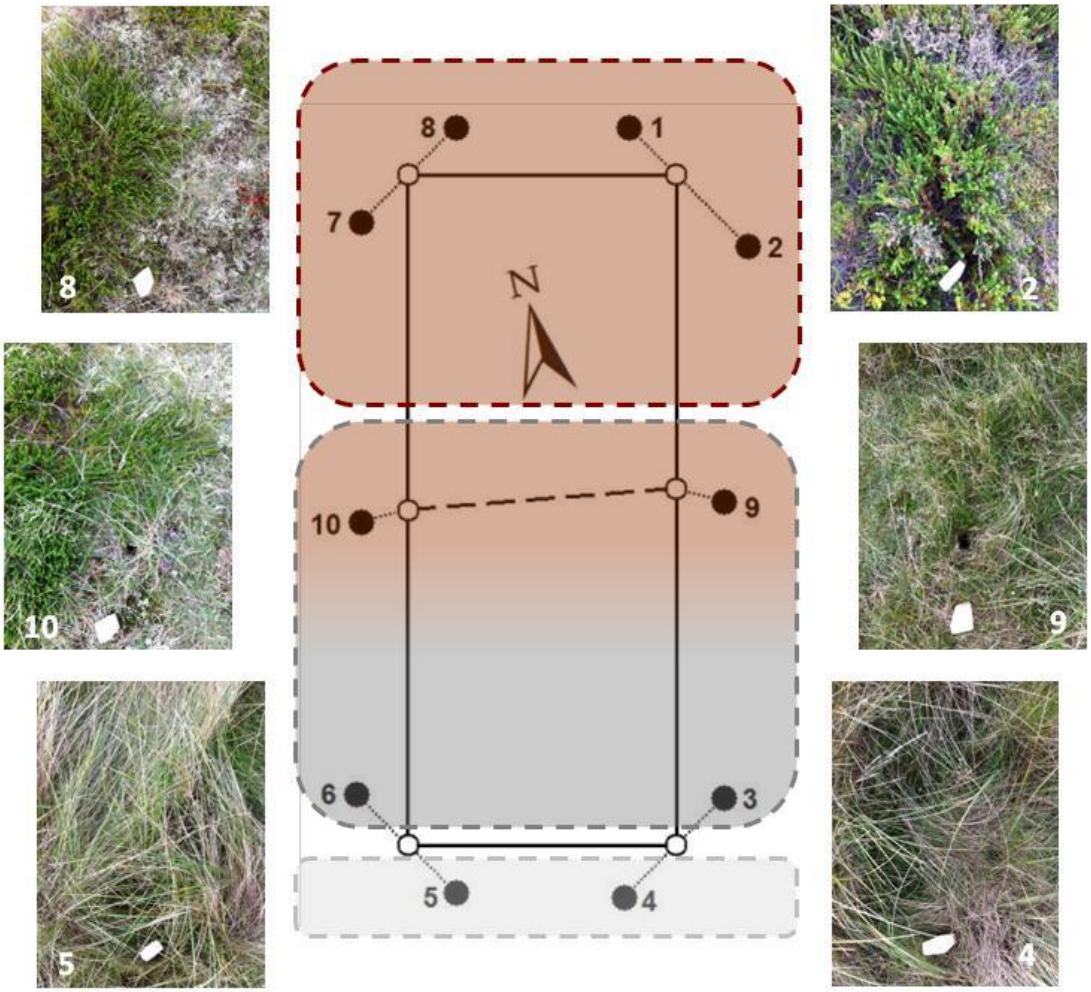


Abbildung 5: Lage der bodenzoologischen Probenahmepunkte auf der BDF01. Teilbereiche für die getrennte Datenauswertung gestrichelt umrahmt (siehe Text).

3.2.1 Langfristige Standortsverhältnisse

Boden und Geologie

Der sandige nährstoffarme Rohboden der BDF01 wird bodenkundlich als podsolierter Regosol aus mittelsandigem Feinsand angesprochen. Zu Beginn der Untersuchungen war nur eine geringe Humusakkumulation festzustellen, mit Corg-Gehalten des Bodens von 0,7-1,3 %. Dadurch sind die Nahrungsressourcen für Bodenorganismen begrenzt. Außerdem befand sich der pH-Wert im Mittel in einem für viele Bodenlebewesen ungünstigen Bereich (3,7). Es ist schon in diesem frühen Stadium der Bodenbildung zu Podsolierungserscheinungen gekommen.

Bewirtschaftung

Die Fläche ist insgesamt stark gestört durch Schafvertritt und Kaninchenbauten. Es erfolgt ganzjährig eine extensive Beweidung durch Schafe.

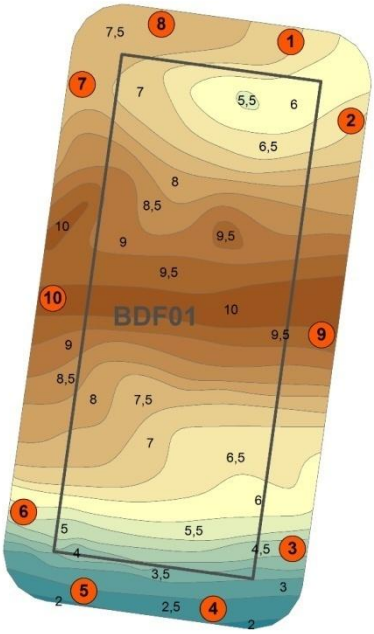


Abbildung 6: Höhenlinienkarte der BDF01 mit Probepunkten für die bodenzoologischen Untersuchungen (Quelle: LLUR)

3.2.2 Mittelfristige und aktuelle Standortverhältnisse (2010-2015)

Boden und Geologie

Corg-Gehalte lagen im Mineralboden bei der mikrobiologischen Probenahme im Jahr 2016 < 2 %. Der pH lag bei 3,8 bis 3,9.

Bewirtschaftung

Vor etwa 10 Jahren ist der Schafbesatz reduziert worden (LLUR, schriftl. Mitteilung). Es erfolgt eine Zufütterung zur Lamm-Zeit und in den Wintermonaten. Ansonsten erfolgen keine weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen. Der starke Kaninchenbesatz im Gebiet wird bejagt und zudem durch den Fuchsbestand kontrolliert.

Witterung

Die Witterung im Zeitraum 2010-2015 ist durch ein um 1,1°C höheres Temperatur-Jahresmittel gegenüber dem langjährigen Mittel gekennzeichnet (Tabelle 4). Der mittlere Jahresniederschlag ist dagegen leicht gesunken.

Für das Untersuchungsjahr 2015 wurde eine um 0,6° höhere Jahresmitteltemperatur gemessen als im Mittel für den Zeitraum 2010-2015. Die Sommermonate waren dabei vergleichsweise kühl, während die Monate Januar bis März sowie November und Dezember überdurchschnittlich warm waren (Tabelle 4). Die Niederschläge lagen 2015 im Jahresmittel sehr nah am langjährigen Mittel. Juni und Oktober waren ausgesprochen trocken. In den der Probenahme vorangehenden Wochen war es weder zu besonderer Trockenheit noch zu Bodenfrost gekommen.

3.3 BDF21 Speicherkoog Dithmarschen

3.3.1 Langfristige Standortsverhältnisse

Boden und Geologie

Die BDF befindet sich in der Dithmarscher Marsch im Speicherkoog Dithmarschen, der in den 1970er Jahren eingedeicht wurde. Es handelt sich um eine seit 1979 unbewirtschaftete Sukzessionsfläche mit einer Vegetation aus Gräsern, Hochstauden, Büschen und einzelnen Bäumen. Der Bodentyp ist eine Kalkmarsch. Bei der Profilerstaufnahme war Carbonat bis in den Oberboden vorhanden; der pH-Wert lag ursprünglich über 7. Der C_{org}-Gehalt schwankt seit Beginn der Untersuchungen zwischen 3 und 5,4 % im Mineralboden. Der oberste phasenweise grundwasserbeeinflusste Horizont reichte laut Profilbeschreibung ursprünglich bis 5 cm unter Flur. Der Schlag ist allerdings von tiefen Entwässerungsgräben umgeben. Die Gräben auf der BDF selbst sind weniger tief (Abbildung 7).

Bewirtschaftung

Die BDF wird nicht bewirtschaftet.

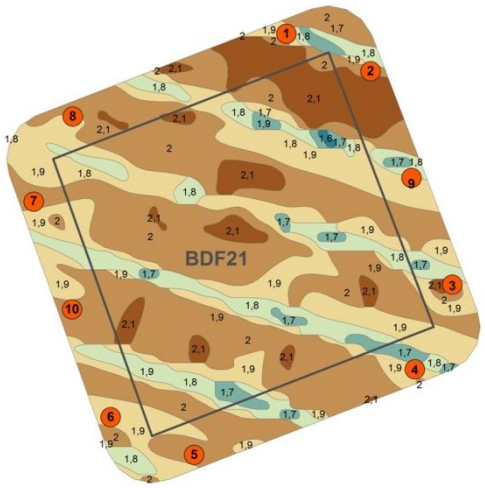


Abbildung 7: Höhenlinienkarte der BDF21 mit Probepunkten für die bodenzoologischen Untersuchungen (Quelle: LLUR)

3.3.2 Mittelfristige und aktuelle Standortverhältnisse (2010-2015)

Boden, Geologie und Vegetation

Die Vegetation auf der BDF hat sich in den letzten Jahren gewandelt von einer schlagflurähnlichen Pflanzengesellschaft zu einer Grünlandgesellschaft: Inzwischen dominieren Gräser gegenüber den Stauden. Ursache ist offenbar der starke Verbiss durch Rehwild. Aufgrund der Grabenentwässerung ist ein Grundwassereinfluss auf der BDF nur eingeschränkt gegeben (Abbildung 8). In den Gräben treten hinsichtlich der Vegetation keine Feuchtezeiger auf (LLUR 2016). Allerdings unterscheiden sich die mittleren Grundwasserflurabstände zwischen Winter- und Sommerhalbjahr ganz erheblich (Abbildung 8; Sommermittelwert: 130 cm, Wintermittelwert: 55 cm). Im Probenahmemonat September 2015 stand das Grundwasser etwa 70 cm unter Flur an (Abbildung 9).

Der pH-Wert liegt inzwischen bei knapp unter 7. Der C_{org}-Gehalt im Mineralboden lag 2013 bei 5,4% und 2016 bei 3,5 % und somit auf dem Niveau der Vorjahre.

Bewirtschaftung

Die BDF wird weiterhin nicht bewirtschaftet.

Witterung

Die Witterung im Zeitraum 2010-2015 ist durch ein um 0,9°C höheres Temperatur-Jahresmittel gegenüber dem langjährigen Mittel gekennzeichnet (Tabelle 4). Der mittlere Jahresniederschlag lag im Zeitraum 2010-2015 46 mm höher als im langjährigen Mittel. Für das Untersuchungsjahr 2015 wurde eine um 0,6° höhere Jahresmitteltemperatur gemessen als im Mittel für den Zeitraum 2010-2015. Die Sommermonate waren dabei vergleichsweise kühl, während die Monate Januar bis März sowie November und Dezember überdurchschnittlich warm waren (Tabelle 4). Die Niederschlagssumme lag 2015 erheblich über dem langjährigen und auch über dem mittelfristigen Mittel. Besonders feucht waren der Juli und der November. In den der Probenahme vorangehenden Wochen war es weder zu besonderer Trockenheit noch zu Bodenfrost gekommen.

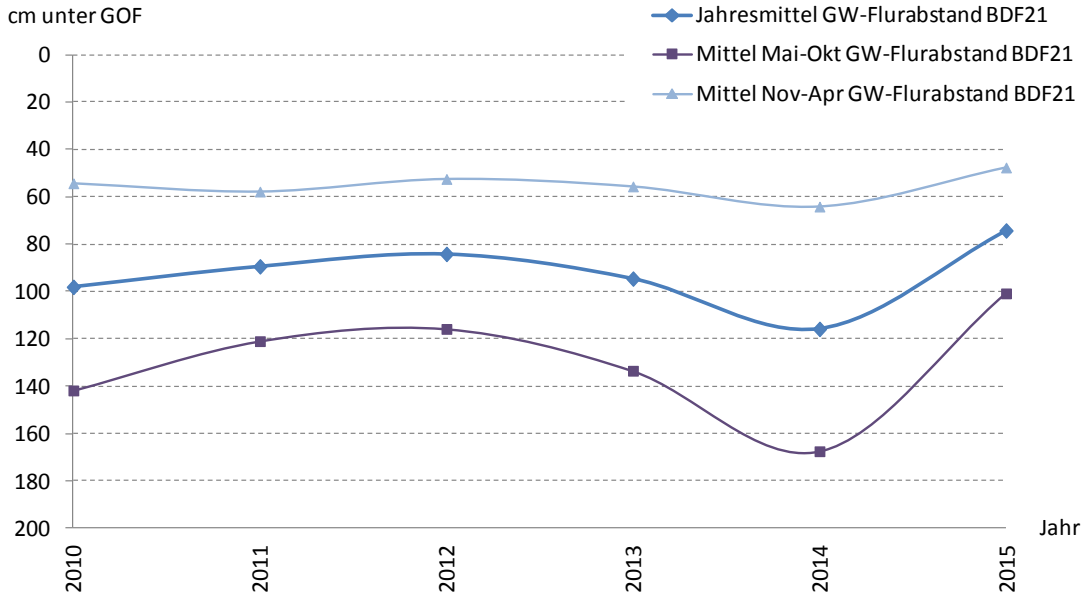


Abbildung 8: Grundwasserflurabstände auf der BDF21 (Jahresmittel 2010-2015)

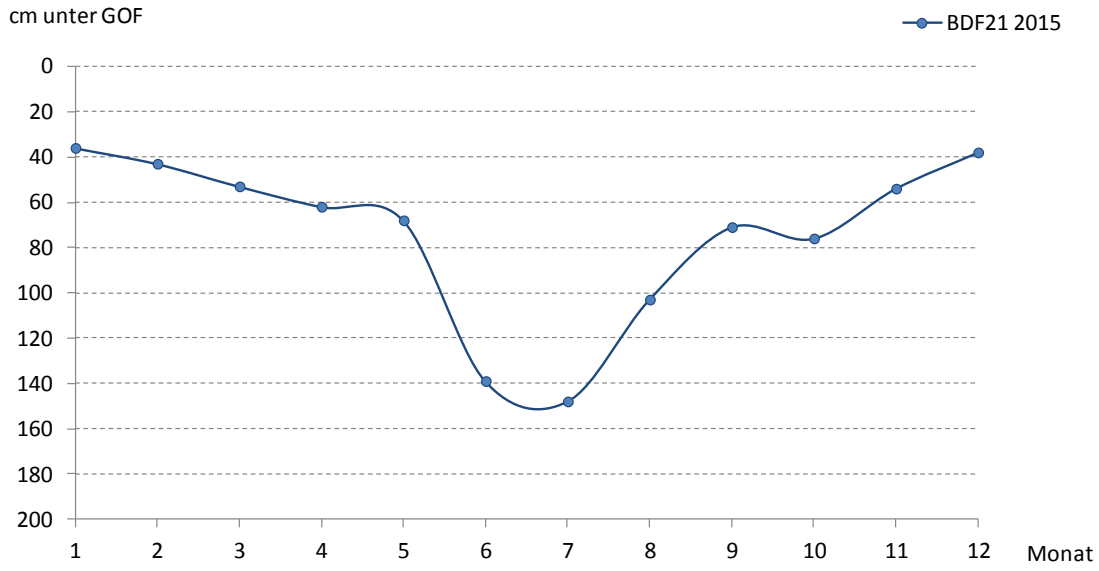


Abbildung 9: Grundwasserflurabstand auf der BDF21 im Untersuchungsjahr 2015 (Monatsmittelwerte)

3.4 BDF24 Bornhöved

3.4.1 Langfristige Standortsverhältnisse

Boden und Geologie

Die BDF24 liegt im Ostholsteinischen Hügelland westlich des Belauer Sees, mit leichtem Gefälle von Nordwest nach Südost (Abbildung 10). Der Bodentyp ist eine Braunerde aus Geschiebedecksand über Schmelzwassersand. Stau- oder Grundwassereinfluss ist nicht gegeben. Wegen des basenarmen, sandigen Substrats kommt es zur Versauerung des Bodens, wenn dem nicht durch Kalkung entgegengewirkt wird. Der pH-Wert lag zu Beginn der Untersuchungen bei 4,2. Der Corg-Gehalt war mit < 1% niedrig.

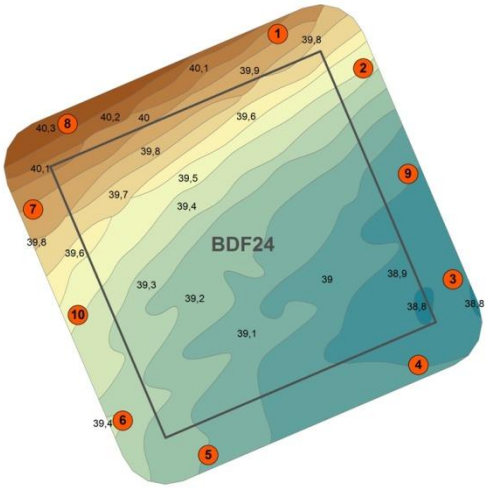


Abbildung 10: Höhenlinienkarte der BDF24 mit Probepunkten für die bodenzoologischen Untersuchungen (Quelle: LLUR)

Bewirtschaftung

Seit Beginn der Untersuchungen bis 1996 wurde Mais angebaut. Daran schloss sich bis 2001 eine Phase des Getreideanbaus an (Tabelle 5). Ab 2002 wurden verschiedene Getreide und Mais im Wechsel angebaut. 2008 wurde Gras eingesät und die Fläche einige Jahre als Grünland genutzt.

3.4.2 Mittelfristige und aktuelle Standortverhältnisse (2010-2015)

Boden und Geologie

Die einzige Kalkung im Untersuchungszeitraum erfolgte laut Schlagkartei im Jahr 1997. Der pH-Wert war danach auf 4,8 angestiegen und lag 2013 bei 4,6 (IFAB 2014). Im Herbst 2015 erfolgte durch das Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg eine mikrobiologische Probenahme parallel zur bodenzoologischen Probenahme und mit derselben vertikalen Differenzierung wie bei den Kleinringelwurm-Proben (Beprobungstiefe 10 cm). Die an diesen Proben gemessenen pH-Werte zeigen einen starken Abfall der pH-Werte von der obersten Tiefenstufe (pH nahe 6) bis in 10 cm Tiefe (pH nahe 4,5). Die aktuellste Messung vom März 2016 (Mischprobe) ergab einen pH von 5,4 (LLUR 2016). Möglicherweise hat nach 2013 eine nicht in der Schlagkartei dokumentierte Kalkung stattgefunden. Der Corg-Gehalt lag in den letzen Jahren knapp über 1 % und ist damit im Vergleich zum Untersuchungsbeginn geringfügig angestiegen.

Bewirtschaftung

2012 wurde die vorübergehend als Mähweide bewirtschaftete Fläche wieder umgebrochen und Mais eingesät. 2013 folgten nach Bodenbearbeitung eine Einsaat von Hafer sowie im Herbst ein erneuter Umbruch und die Aussaat von Grünfutter. 2014 und 2015 erfolgte keine Bodenbearbeitung (Tabelle 5, Tabelle 6). Im Untersuchungsjahr 2015 bestand die Kultur aus Gras und Luzerne (Abbildung 11).

Tabelle 5: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der BDF24 seit Beginn der Untersuchungen. Probenahmejahre Bodenzoologie grau markiert. Daten offensichtlich für einige Jahre unvollständig (1992-1996; 2006?)

Jahr	Kultur	org. & min. N	Kalkwirkung	Org. Düngung		Bodenbearbeitung		
		kg N /ha	kg CaO/ha	Gülle m^3/ha	Erntereste	tief	mitteltief	flach
1990	Mais	28		37		Pflug		
1991	Mais	29		50 [1)]		Pflug		
1992	Mais							
1993	Mais							
1994	Mais							
1995	Mais							
1996	Mais							
1997	Hafer		922 [2)]			2x Pflug		
1998	Roggen				1	Pflug		
1999	Wintergerste				1			
2000	Ackerbrache							
2001	Hafer	59	-33			Pflug		
2002	Mais	40	-36	15		Pflug		
2003	Hafer	95	-53	20		2x Pflug		
2004	Wintergerste	146	-81					
2005	Mais	40	-36	30		Pflug		
2006	Zuckerrueben							
2007	Roggen		0				1	
2008	Wintergerste	122	-68			Pflug	1	1
2009	Mähweide	108						
2010	Wiese	108		30				
2011	Mähweide	108						
2012	Silomais	108				Pflug		
2013	Hafer	108				2x Pflug		2
2014	Mähweide	108						
2015	Wiese	108						

[1)] 1991: zusätzlich Rindermist (330 dt/ha)

[2)] 1997: Kalkung (1920 kg CaO/ha)

Witterung

Die Witterung im Zeitraum 2010-2015 ist durch ein um 0,8°C höheres Temperatur-Jahresmittel gegenüber dem langjährigen Mittel gekennzeichnet (Tabelle 4). Der mittlere Jahresniederschlag lag im Zeitraum 2010-2015 höher als im langjährigen Mittel.

Im Untersuchungsjahr 2015 lag die Jahresmitteltemperatur um 0,6° höher als der Mittelwert des Zeitraums 2010-2015. Die Sommermonate waren dabei vergleichsweise kühl, während die Monate Januar bis März sowie November und Dezember überdurchschnittlich warm waren (Tabelle 4). Die Niederschlagssumme lag 2015 etwa 100 mm über dem langjährigen und knapp 50 mm über dem mittelfristigen Mittel. Besonders feucht waren Januar, Juli und November. In den der Probenahme vorangehenden Wochen war es weder zu besonderer Trockenheit noch zu Bodenfrost gekommen.

Tabelle 6: Bewirtschaftungemaßnahmen auf der BDF24 im Untersuchungsjahr 2015

Datum	Maßnahmen	Art	Menge	Einheit
05.04.	Pflege_Grasnarbe	Striegel	1	Arbeitsgaenge
03.05.	Duengung	Rinderguelle	10	m³/ha
20.06.	Ernte	Gras	15	dt TM/ha
01.07.	Duengung	Rinderguelle	10	m³/ha
15.08.	Ernte	Gras	15	dt TM/ha
22.08.	Duengung	Rinderguelle	10	m³/ha
28.09.	Ernte	Gras	10	dt TM/ha

Abbildung 11: Detailansicht vom Bewuchs der BDF24 am Tag der Probenahme 2015

3.5 BDF25 Kudensee / Landscheide

3.5.1 Langfristige Standortsverhältnisse

Boden und Geologie

Die BDF25 befindet sich in der Holsteinischen Elbmarsch. Der Standort ist ein holozänes Niedermoor aus Niedermoortorf über Mudde. Der Gehalt an organischer Substanz in Niedermooren ist wegen der nässebedingten Zersetzungshemmung sehr viel höher als bei Mineralböden. Aufgrund der Entwässerung des Oberbodens der BDF ist allerdings im Unterschied zu nicht entwässerten Niedermooren die Zersetzung hier stark vorangeschritten, so dass der Oberboden aus stark zersetztem Niedermoortorf besteht. Die Grundwassermessungen auf der BDF ergeben Jahresmittel um 30 cm Grundwasserflurabstand (Abbildung 3). Eine deutliche Veränderung der mittleren Grundwasserflurabstände im Zeitraum 2010-2015 ist nicht erkennbar. Das Grundwasser steht im Winterhalbjahr höher an als im Sommer und als im Jahresmittel. So kam es z.B. bei der bodenzoologischen Probenahme 2008 zu Wasserüberstau in Teilbereichen. Der pH-Wert liegt im mäßig sauren Bereich.

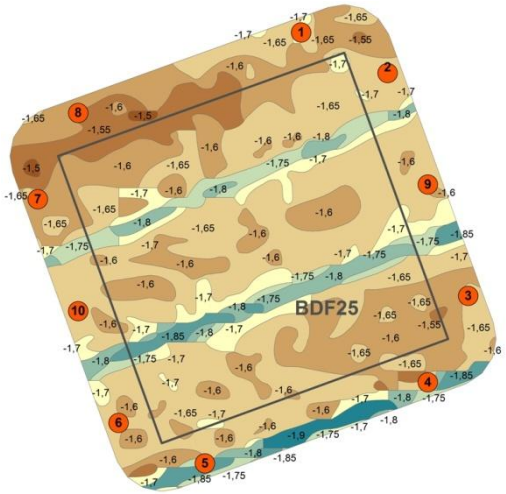


Abbildung 12: Höhenlinienkarte der BDF25 mit Probepunkten für die bodenzoologischen Untersuchungen (Quelle: LLUR)

Bewirtschaftung

Die BDF befindet sich auf einer Mähweide mit Beet-Graben-Struktur (Abbildung 12). Hinsichtlich der Vegetation liegt eine Basalgesellschaft des Wirtschaftsgrünlandes vor (Molinio-Arrhenateretea-Basalgesellschaft mit Feuchtezeigern). Seit 1995 wird die BDF extensiv bewirtschaftet. Organische oder mineralische Düngung finden seither nicht mehr statt (Tabelle 7).

3.5.2 Mittelfristige und aktuelle Standortverhältnisse (2010-2015)

Boden und Geologie

Der pH-Wert liegt weiterhin um 5. Die Grundwasserflurabstände haben sich im Jahresmittel kaum verändert. Allerdings scheint der Unterschied zwischen den mittleren Grundwasserflurabständen von Sommer- und Winterhalbjahr sich in den letzten Jahren zu vergrößern (Abbildung 13). Im der Probenahme vorangehenden Monat Oktober 2015 lag der Grundwasserflurabstand bei etwa 25 cm (Abbildung 14).

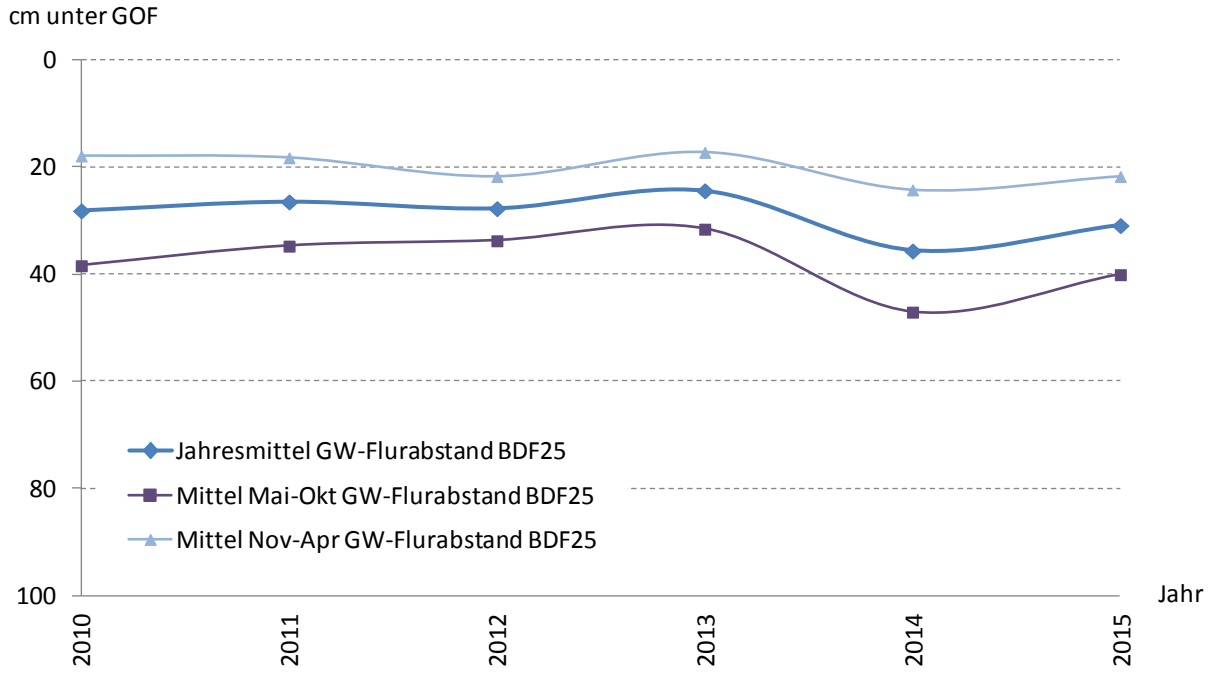


Abbildung 13: Grundwasserflurabstände auf der BDF25. Jahresmittel 2010-2015.

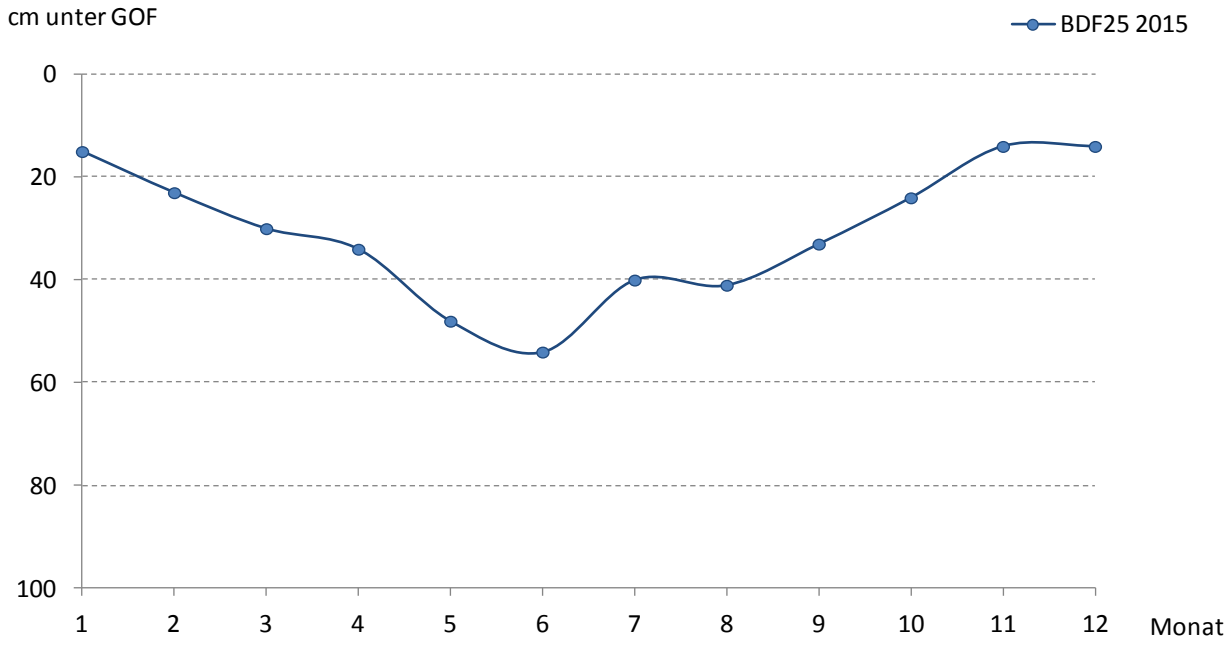


Abbildung 14: Grundwasserflurabstand auf der BDF25 im Untersuchungsjahr 2015 (Monatsmittelwerte)

Bewirtschaftung

Seit 2011 wird die BDF üblicherweise von Mai bis Oktober beweidet (Jungvieh, 1,6 GvE 2011-2015). Die BDF wird nicht gedüngt, jedoch wird bei Räumung der kleinen Entwässerungsgräben mit dem Traktor das Material aus den Gräben mehr oder weniger flächig verteilt (Abbildung 15). Bei den größeren Gräben wird der feste Aushub neben dem Graben deponiert (Abbildung 36).

Witterung

Die Witterung im Zeitraum 2010-2015 ist durch ein um 1,2°C höheres Temperatur-Jahresmittel gegenüber dem langjährigen Mittel gekennzeichnet (Tabelle 4). Der mittlere Jahresniederschlag lag im Zeitraum 2010-2015 ca. 40 mm höher als im langjährigen Mittel.

Im Untersuchungsjahr 2015 lag die Jahresmitteltemperatur um 0,5° höher als der Mittelwert des Zeitraums 2010-2015. Die Sommermonate waren dabei vergleichsweise kühl, während die Monate Januar bis März sowie November und Dezember überdurchschnittlich warm waren (Tabelle 4). Die Niederschlagssumme lag 2015 gut 130 mm über dem langjährigen und auch deutlich über dem mittelfristigen Mittel. Besonders feucht waren Januar, Juli, September und November. In den der Probenahme vorangehenden Wochen war es nicht zu Bodenfrost gekommen.

Tabelle 7: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der BDF25 seit Beginn der Untersuchungen. Probenahmejahre der Bodenzoologie grau markiert.

Jahr	Kultur	org. & min. N	Kalkwirkung	Org. Düngung		Pflege der Grasnarbe
		kg N /ha	kg CaO/ha	Mist dt/ha	Jauche m³/ha	
1990	Maehweide	135,4	-75	20	10	Wiesenschleppe, Walze
1991	Maehweide	135,4	-75	20	10	Wiesenschleppe, Walze
1992	Maehweide	81,08	-45	15		Wiesenegge, Walze
1993	Maehweide	45,15	-42	30		Wiesenegge, Walze
1994	Maehweide	45,3	-42	60		Wiesenegge, Walze
1995	Wiese					Wiesenegge, Walze
1996	Wiese					Wiesenegge
1997	Weide					Wiesenegge
1998	Maehweide					Wiesenegge
1999	Maehweide					Wiesenegge, Walze
2000	Weide					
2001	Maehweide					Wiesenegge
2002	Maehweide					
2003	Maehweide					Wiesenegge
2004	Maehweide					
2005	Maehweide					Nachmahd
2006	Weide					
2007	Weide					Nachmahd
2008	Maehweide					
2009	Maehweide					
2010	Maehweide					
2011	Weide					Schleppe
2012	Weide					Schleppe
2013	Weide					
2014	Weide					
2015	Weide					

Abbildung 15: Grabenräumung auf der BDF25 am Tag der Probenahme 2015

3.6 BDF33 Hellbachtal

3.6.1 Langfristige Standortsverhältnisse

Boden, Geologie, Grundwasser

Die BDF33 liegt im Südosten Schleswig-Holsteins im Naturschutzgebiet „Hellbachtal“ und gehört naturräumlich bereits zum Westmecklenburgischen Seenhügelland (STATISTIKAMT NORD 2013). Auch bei diesem Standort handelt es sich um ein Niedermoor, welches allerdings einen Sandauftrag erfahren hat. Den Oberboden bildet daher ein anmooriger Horizont, in dem Sand und stark zersetzter Niedermoortorf vermischt sind. Aufgrund der Grabenentwässerung ist auch der darunter liegende Torf vererdet. Der pH-Wert liegt seit Beginn der Untersuchungen stabil bei 5,2-5,4.

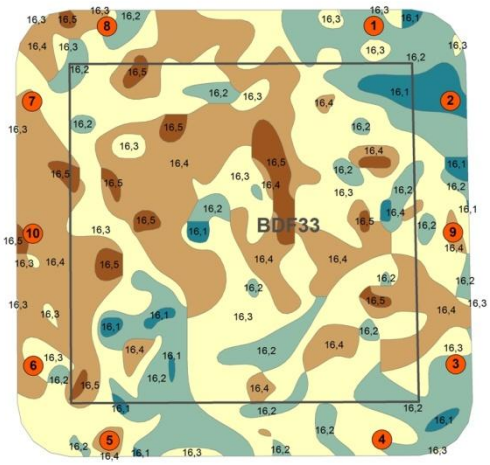


Abbildung 16: Höhenlinienkarte der BDF33 mit Probepunkten für die bodenzoologischen Untersuchungen (Quelle: LLUR)

Die Grünlandfläche mit der BDF grenzt unmittelbar an den Hellbach und ist durch oberflächennah anstehendes Grundwasser beeinflusst. Relativ regelmäßig kommt es auch zum Überstau / zur Überschwemmung der Fläche. Nach Auskunft des Bewirtschafters werden die Vorfluter (Gräben) nicht mehr regelmäßig geräumt, was in den letzten Jahren zu steigenden Wasserständen geführt hat.

Bewirtschaftung

Die Feuchtgrünlandfläche wird extensiv bewirtschaftet. Organische Dünger wurden im Untersuchungszeitraum nicht aufgebracht. Bis zum Jahr 2000 kam regelmäßig Mineraldünger zum Einsatz. Zwischen 1993 und 2002 wurde die Fläche phasenweise mit geringer Besatzdichte beweidet, allerdings nicht jedes Jahr. Zwischen 1994 und 2000 wurden Maßnahmen zur Pflege der Grasnarbe durchgeführt. Für die Jahre 2003 bis 2006 liegen in der Schlagkartei keine Daten vor. Bei den Probenahmen wurden teils Spuren intensiver Wildschweinaktivität dokumentiert. Die BDF ist im Untersuchungszeitraum nicht gekalkt worden. Eine Veränderung des pH-Wertes über die Zeit ist nicht erkennbar.

3.6.2 Mittelfristige und aktuelle Standortverhältnisse (2010-2015)

Boden und Geologie

Die Abbildung 17 zeigt, dass der Grundwasserflurabstand im Probenahmejahr 2015 insgesamt etwas geringer war als in den vorherigen Jahren. Eine Tendenz für sinkende Grundwasserflurabstände ist damit auch bei einer mittelfristigen Betrachtung erkennbar. Während sich bei der BDF Kudensee eine Differenz der Grundwasserflurabstände zwischen Winter- und Sommerhalbjahr von 15-20 cm ergibt, kommt es bei der BDF Hellbachtal auch im Sommerhalbjahr oft kaum zu einem nennenswerten Absinken des Grundwasserstandes. Erstaunlicherweise hat die BDF33 dennoch eine niedrigere BKF

als die BDF25 (Abbildung 4). Abbildung 18 zeigt, dass es in den vergangenen Jahren auf der BDF33 manchmal auch im Sommer zu Grundwasserständen nahe der GOF kam. Dies war 2015 zwar nicht der Fall, doch lag im der Probenahme vorangehenden Monat Oktober 2015 der Grundwasserflurabstand im Mittel bei etwa 8 cm und damit vergleichsweise hoch (Abbildung 18).

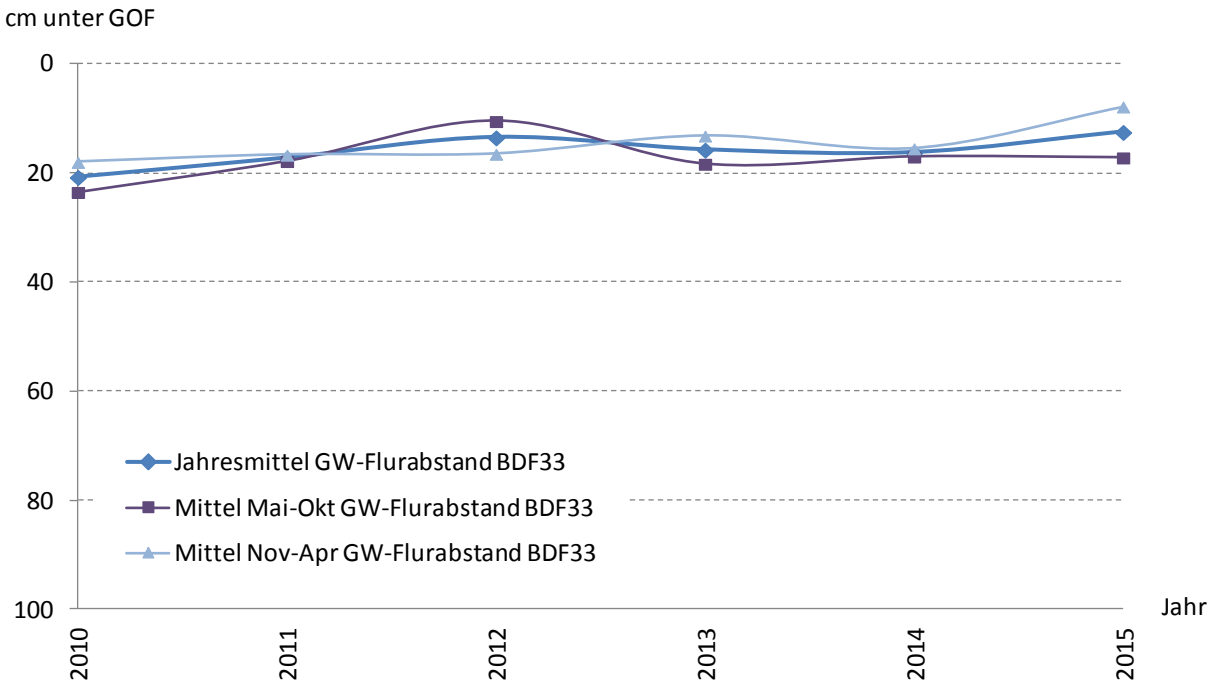


Abbildung 17: Grundwasserstände auf der BDF33 für die Jahre 2010-2015 auf Basis monatlicher Messungen. (Quelle: LLUR).

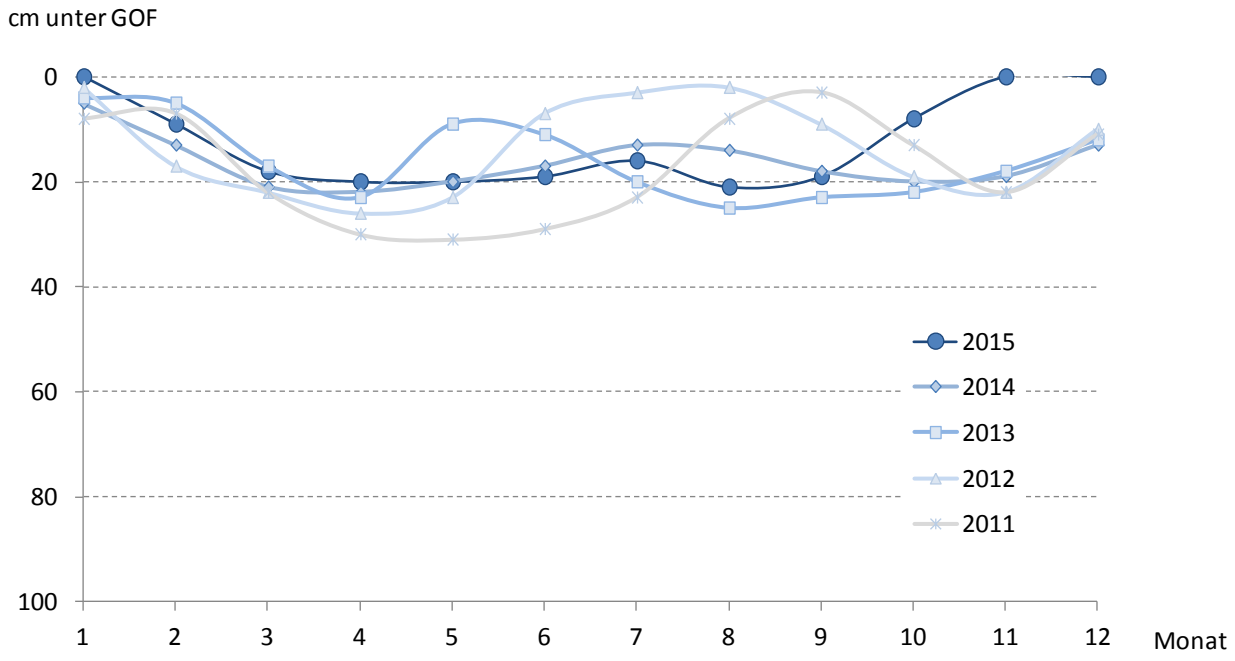


Abbildung 18: Grundwasserflurabstand auf der BDF33 im Untersuchungsjahr 2015 sowie in den vier vorhergehenden Jahren (Monatsmittelwerte).

Bewirtschaftung

Seit 2011 wird die BDF wenige Wochen im Jahr beweidet (Jungvieh, 0,5 GvE). Gelegentlich erfolgt eine Pflege der Grasnarbe (Walze, Mulcher). Die letzte derartige Behandlung ist in der Schlagkartei für November 2015 angegeben, möglicherweise kurz vor der Probenahme. Eine weitere Bewirtschaftung erfolgte nicht.

Tabelle 8: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der BDF33 seit Beginn der Untersuchungen. Probenahmejahre Bodenzoologie grau markiert.

Jahr	Kultur	org. & min. N [kg N /ha]	Kalkwirkung [kg CaO/ha]	Pflege der Grasnarbe
1990	Weide			
1991	Weide			
1992	Weide			
1993	Weide	48,6	-27	
1994	Weide	43,2	-24	
1995	Weide	59,4	-33	
1996	Weide	48,6	-27	
1997	Weide	48,6	-27	
1998	Weide	48,6	-27	
1999	Weide	24,3	-13,5	
2000	Weide	24,3	-13,5	
2001	Weide			
2002	Weide			
2003	Grünlandbrache			
2004	Grünlandbrache			
2005	Grünlandbrache			
2006	Grünlandbrache			
2007	Weide			
2008	Weide			
2009	Gras			
2010	Weide			
2011	Gras			
2012	Weide			
2013	Weide			
2014	Weide			Mulcher
2015	Weide			Mulcher

Witterung

Die Temperatur im Zeitraum 2010-2015 ist durch ein um 0,9°C höheres Jahresmittel gegenüber dem langjährigen Mittel gekennzeichnet (Tabelle 4). Der mittlere Jahresniederschlag im Zeitraum 2010-2015 entsprach etwa dem langjährigen Mittel. Im Untersuchungsjahr 2015 lag die Jahresmitteltemperatur um 0,6° höher als der Mittelwert des Zeitraums 2010-2015. Die Sommermonate waren bis auf den August vergleichsweise kühl, während die Monate Januar sowie November und Dezember überdurchschnittlich warm waren (Tabelle 4). Die Niederschlagssumme lag 2015 etwas über dem langjährigen und dem mittelfristigen Mittel. Besonders feucht waren März und November. In den der Probenahme vorangehenden Wochen war es bereits zu leichtem Bodenfrost gekommen.

3.7 BDF37 Hamburger Hallig

3.7.1 Langfristige Standortsverhältnisse

Boden und Geologie

Die BDF37 befindet sich an der nordfriesischen Nordseeküste auf einer Salzwiese im Naturschutzgebiet „Hamburger Hallig“. Das Grundwasser steht oberflächennah an. Darüber hinaus hat die Hamburger Hallig mehrmals im Jahr Landunter - die Salzwiesen werden folglich regelmäßig von Meerwasser überspült (LKN-SH 2014). Der Marschboden ist salz- und carbonathaltig. Der pH-Wert auf der BDF liegt stabil bei etwas über 7. Der C_{org}-Gehalt zeigt im Verlauf der Untersuchungen von 2,4% auf über 8% ansteigende Messwerte. Da auch steigende N_{tot}-Gehalte gemessen wurden, ändert sich das C/N-Verhältnis kaum.

Bewirtschaftung

Die Salzwiesen der Hamburger Hallig werden extensiv mit Schafen beweidet.

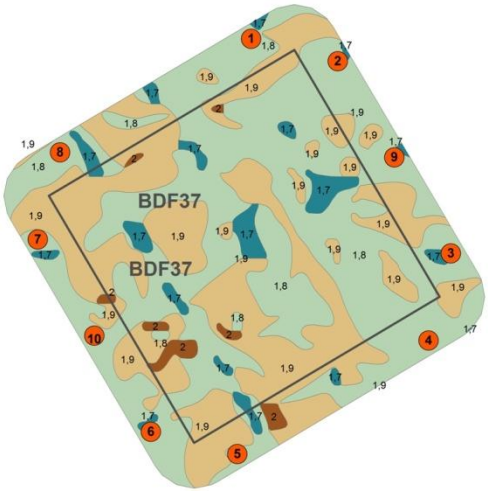


Abbildung 19: Höhenlinienkarte der BDF37 mit Probepunkten für die bodenzoologischen Untersuchungen (Quelle: LLUR)

3.7.2 Mittelfristige und aktuelle Standortverhältnisse (2010-2015)

Boden und Geologie

Der Grundwasserflurabstand betrug in den letzten Jahren im Jahresmittel etwa 10 cm (Abbildung 20). Im der Probenahmemonat September 2015 lag der Grundwasserflurabstand im Mittel bei etwa 9 cm (Abbildung 20).

Veränderungen der Bodeneigenschaften sind nicht bekannt.

Bewirtschaftung

Zu Details der extensiven Beweidung ist nichts bekannt.

Witterung

Die Witterung im Zeitraum 2010-2015 ist durch ein um 1°C höheres Temperatur-Jahresmittel gegenüber dem langjährigen Mittel gekennzeichnet (Tabelle 4). Der mittlere Jahresniederschlag lag im Zeitraum 2010-2015 über 100 mm höher als im langjährigen Mittel.

Im Untersuchungsjahr 2015 lag die Jahresmitteltemperatur um 0,6° höher als der Mittelwert des Zeitraums 2010-2015. Die Sommermonate waren dabei vergleichsweise kühl, während die Monate

Januar bis März sowie November und Dezember überdurchschnittlich warm waren (Tabelle 4). Die Niederschlagssumme lag 2015 etwas höher als der mittelfristige Mittelwert und damit erheblich über dem langjährigen Mittel. Besonders feucht waren Januar, Juli und November. In den der Probenahme vorangehenden Wochen war es weder zu besonderer Trockenheit noch zu Bodenfrost gekommen.

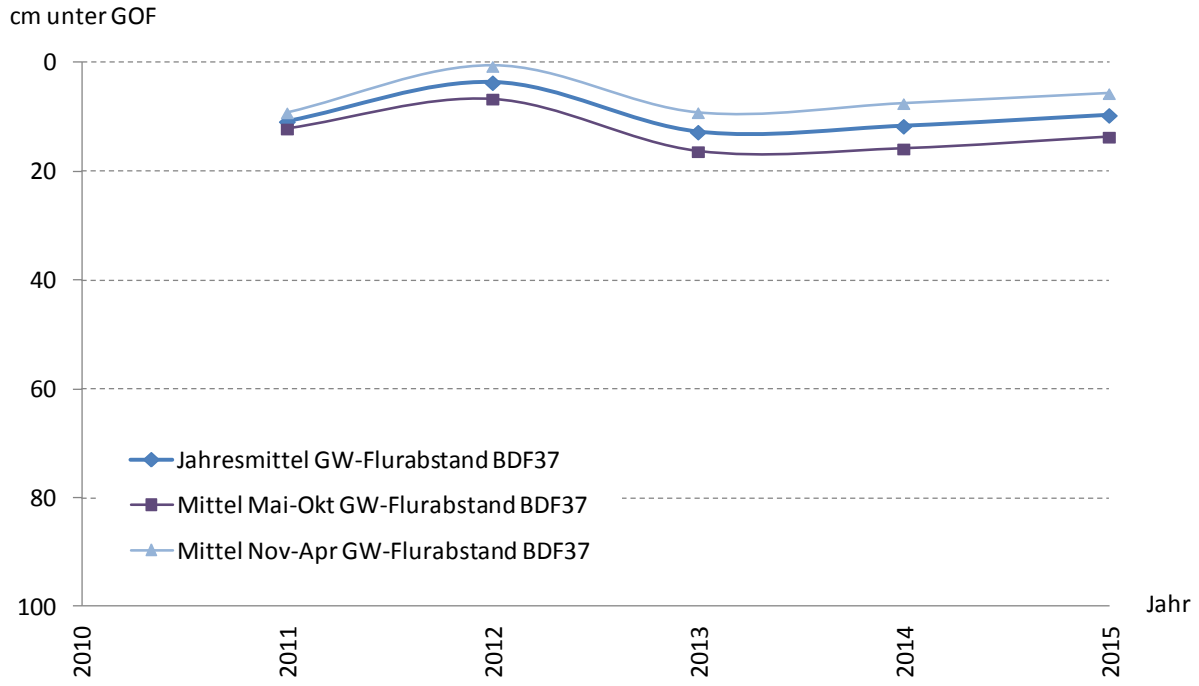


Abbildung 20: Grundwasserstände auf der BDF37 für die Jahre 2011-2015 auf Basis monatlicher Messungen. (Quelle: LLUR).

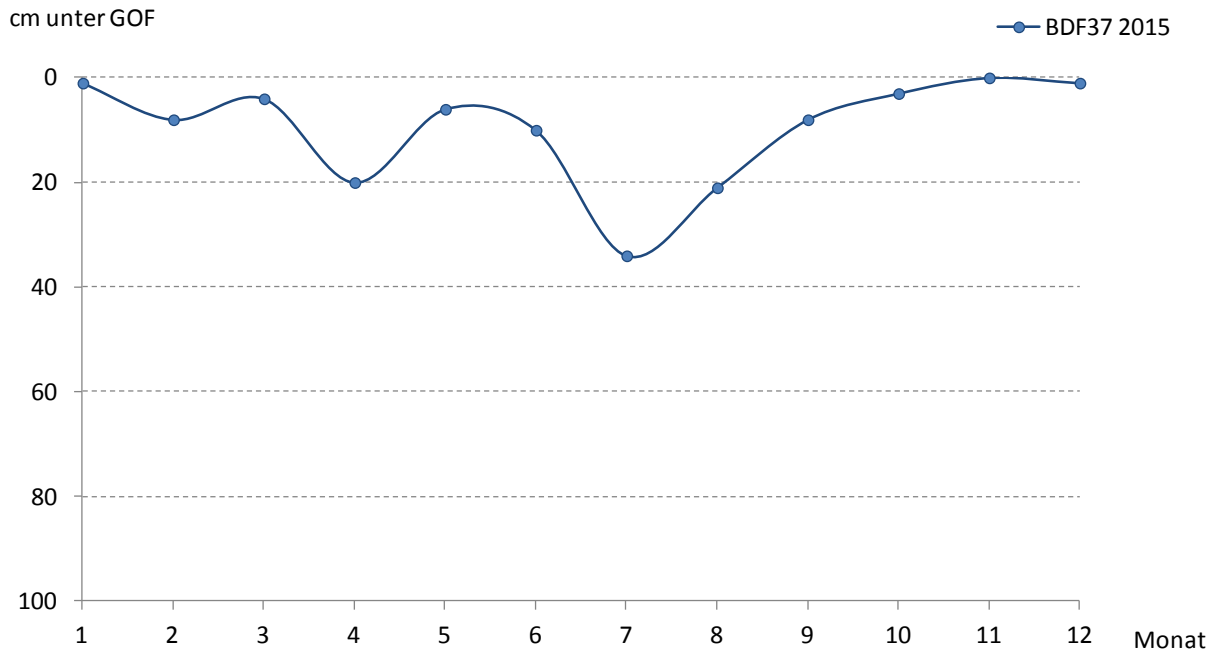


Abbildung 21: Grundwasserflurabstand auf der BDF37 im Untersuchungsjahr 2015 (Monatsmittelwerte)

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 BDF01 List / Sylt

Die bodenzoologische Erstuntersuchung der BDF List erfolgte am 20.6.1995. Die Wiederholungsuntersuchungen wurden am 28.11.2001, 12.11.2008 und 13.10.2015 durchgeführt.

4.1.1 Situation beim Fang der Tiere

Am Tag der Probenahme betrug die Lufttemperatur an der Bodenoberfläche 11,3°C und in 10 cm Tiefe 10,6°C. Frost war in den Wochen vor der Probenahme nicht aufgetreten. Der Boden war schwach feucht bis feucht (feu2–feu3 nach KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005)). Am Tag der Probenahme und am vorangegangenen Tag waren keine Niederschläge zu verzeichnen. Die Vegetationsdecke war weitgehend geschlossen. Punktuell gab es kleinere vegetationsfreie Stellen, durch Kaninchen und Schafvertritt hervorgerufen. Der Spülsaum der letzten hoch aufgelaufenen Flut war in 8-10 m Entfernung von der südlichen Schmalseite der BDF (Probenpunkte 4 und 5) erkennbar.

Abbildung 22: BDF01 am Tag der Probenahme 2015, Blick nach Nordost (Probepunkte 8 und 1)

4.1.2 Fangergebnisse

Auf der BDF wurden 2015 erstmalig an zwei Probepunkten (Punkte 2 und 9) Regenwürmer gefunden (Tabelle 9). Sie gehörten zur epigäischen Art *Lumbricus rubellus*. Die Berechnung eines Mittelwertes über alle Punkte täuscht allerdings darüber hinweg, dass Regenwürmer nach wie vor im

salzbeeinflussten Bereich des Hangfußes bzw. in Bereichen der Weiß- und Graudüne mit geringer Humusanreicherung im Oberboden kaum zu erwarten sind.

Kleinringelwürmer wurden mit einer mittleren Gesamtabundanz von 41.000 Tieren/m^2 gefunden (Tabelle 9). Die Art *Cognettia sphagnetorum* stellte mehr als die Hälfte der erfassten Individuen (Dominanz 53 %). Ebenfalls vergleichsweise häufig traten *Marionina clavata* (11 %) sowie *Achaeta aberrans* (9 %) auf. Insgesamt wurden 16 Arten aus 7 Gattungen gefunden. Das Artenspektrum reicht von Stark- bis zu Schwachsäurezeigern. Es sind einige mehr oder weniger salztolerante Arten vertreten, die zum Teil gleichzeitig Nässezeiger sind. Es kommen allerdings auch Frischezeiger vor, so dass die mittlere Feuchtezahl bei 5,8 liegt.

Die Vertikalverteilung zeigt eine starke Konzentration der Kleinringelwürmer auf die oberste Tiefenstufe (Anhang: Abbildung 46). Da der Gehalt organischer Substanz mit zunehmender Tiefe rasch abnimmt, fehlt den Tieren unterhalb der obersten Zentimeter die Lebensgrundlage. Allerdings kann der oberste, humusreiche Horizont durch Verwehungen oder Viehtritt mit Sand überdeckt werden. Dadurch kann die Vertikalverteilung in einzelnen Proben vom üblichen Muster abweichen (vgl. Abbildung 26).

Tabelle 9: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF01 List / Sylt

BDF01	F	R	S	20.6.1995	28.11.2001	12.11.2008	13.10.2015
Regenwürmer				Makrofauna-Abundanzklasse			
Lumbricus rubellus	x	x	0				■
Kleinringelwürmer				Mesofauna-Abundanzklasse			
Marionina clavata	5	1	0	■□□□	■□□	■	■□□
Cognettia sphagnetorum	x	2	0	■□□□	■□□□	■□□	■□□□
Achaeta aberrans	5	3	0	■□	■□	■	■□□
Enchytronia parva	5	6	0	■	■	■	■□
Enchytronia sp. (sept)	5	6	0		■□	■	■
Enchytronia minor	5	7	0		■	■	■□
Achaeta sp. (list)	x	7	x				■
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7	x	■	■□□	■□	■
Enchytraeus minutus agg.	x	7	x	■	■□□	■□□	■
Fridericia bulboides	x	7	0		■		■□
Fridericia sp. (gros)	x	7	x		■		■
Fridericia sp. juv.	x	7	x		■		■
Henlea ventriculosa	x	7	1	■	■□		■
Henlea nasuta	x	7	1			■	■
Marionina argentea	8	7	1		■	■□□	■□
Marionina achaeta	9	7	4			■	
Marionina spicula	10	7	5		■	■	■
Artenzahl der Anneliden				7	14	12	17
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)				0	0	0	0,4
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)				0	0	0	6
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)				41.000	52.000	20.000	41.000
gewichtete mittlere Feuchtezahl				5,0	5,7	6,8	5,8
gewichtete mittlere Reaktionszahl				3,2	5,1	5,6	5,0
gewichtete mittlere Salzzahl				0,1	0,4	0,9	0,4
Zersetzergesellschaftstyp				Achaeto-Cognettietum, am Hangfuß (Südseite) salzbeeinflusst, zeitweilig durch Schafkot eutrophiert			

Im Folgenden sollen die drei Teilbereiche der BDF näher betrachtet werden, die sich hinsichtlich Bodenbildung, Humusanreicherung und Vegetation unterscheiden (vgl. 3.2). Der Bereich der Braundüne mit Krähenbeerenheide (Nordhang) wird fast ausschließlich von Starksäurezeigern besiedelt, während Feuchte- und Salzzeiger fehlen (Punkte 1/2/7/8; Tabelle 10). Hier ist die Versauerung, aber auch die Humusanreicherung am weitesten fortgeschritten, so dass einige säuretolerante Arten hier vergleichsweise günstige Bedingungen vorfinden und hohe Dichten erreichen. Der Bereich der Graudüne am oberen Südhang ist dagegen durch das Auftreten von Schwachsäurezeigern neben den Säurezeigern gekennzeichnet (Punkte 3/6/9/10). Die Artenzahl ist dadurch höher. Die mittlere Reaktionszahl deutet hier auf eine weniger starke Versauerung hin, während Feuchte- und Salzzeiger auch hier überwiegend fehlen. Am Hangfuß (Punkte 4/5) treten ausschließlich Schwachsäurezeiger auf. Eine Versauerung des ursprünglich durch Muschelschalenreste kalkhaltigen Sandes hat hier erst in geringem Umfang stattgefunden bzw. wird durch regelmäßigen Baseneintrag gebremst. Ein Teil der hier vorkommenden Arten sind gleichzeitig Salz- und Nässezeiger. Dementsprechend sind Feuchte-, Reaktions-, und Salzzahl erheblich höher als in den oberhalb gelegenen Dünenbereichen. Die Bodenlebensgemeinschaft am Hangfuß der Düne ist damit deutlich durch den Einfluss von Meerwasser geprägt. Einige der an Südhang und Hangfuß vorkommenden Arten (Gattung *Enchytraeus*) sind außerdem als r-Strategen anzusehen, die oft an Standorten mit unregelmäßigem Nährstoffeintrag (Schafkot, Strandanwurf) vorkommen. Aufgrund ihrer Toleranz gegenüber Störungen im weitesten Sinne sind diese Arten auch regelmäßig auf Ackerflächen anzutreffen.

Tabelle 10: Aspektvielfalt der Annelidenzönose auf der BDF List / Sylt 2015

BDF01	F	R	S	Punkte 1/2/7/8	Punkte 3/6/9/10	Punkte 4/5
Regenwürmer				Makrofauna-Abundanzklasse		
Lumbricus rubellus	x	x	0	■	■	
Kleinringelwürmer				Mesofauna-Abundanzklasse		
Marionina clavata	5	1	0	■□□□	■	
Cognettia sphagnetorum	x	2	0	■□□□□	■□□□	
Achaeta aberrans	5	3	0	■□□	■□	
Enchytronia parva	5	6	0	■	■□□	
Enchytronia sp. (sept)	5	6	0	■	■	
Enchytronia minor	5	7	0		■□□	
Achaeta sp. (list)	x	7	x			■□
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7	x		■□	■
Enchytraeus minutus agg.	x	7	x		■	■□□
Fridericia bulboides	x	7	0		■□□	■□
Fridericia sp. (gros)	x	7	x			■
Fridericia sp. juv.	x	7	x			■
Henlea ventriculosa	x	7	1			■□
Henlea nasuta	x	7	1			■□
Marionina argentea	8	7	1	■	■□	■□□
Marionina spicula	10	7	5			■
Artenzahl der Anneliden				7	11	10
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)				0,4	0,7	0
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)				10	5	0
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)				54.000	42.000	15.000
gewichtete mittlere Feuchtezahl				5,3	5,5	8,5
gewichtete mittlere Reaktionszahl				2,8	5,3	7,0
gewichtete mittlere Salzzahl				0,1	0,1	1,2
Zersetzergesellschaftstyp				Achaeto-Cognettietum	➔	Fridericio-Henleetum (salzbeeinflusst)

4.1.3 Klassifikation

Das Artenspektrum am Nordhang der BDF entspricht dem Zersetzergesellschaftstyp Achaeto-Cognettietum, der für bodensaure Heiden und Forsten mit der Humusform Moder charakteristisch ist. Ein reiner Oh-Horizont ist allerdings nur unter der Krähenbeerenheide entwickelt. An Stellen mit Silbergras-, Moos- und Flechtenbewuchs hat sich vor allem durch Windverwehung eine stark mit Sand vermischte organische Auflage gebildet. Am Hangfuß liegt eine salzbeeinflusste Zersetzergesellschaft vor, die durch das Auftreten von Salzzeigern und salztoleranten Arten gekennzeichnet ist. Im Bereich der Graudüne auf dem Südhang zeigt das gleichzeitige Vorkommen von Stark- und Schwachsäurezeigern eine Übergangssituation an. Im Vergleich mit den Referenzwerten für saure Heidestandorten (BEYLICH & GRAEFE 2009) liegen im Bereich der Braundüne Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer sowie die mittleren Feuchte- und Reaktionszeigerwerte im Erwartungsbereich (Kategorie 2, s. Tabelle 39 im Anhang). Für salzbeeinflusste Zersetzergesellschaften wurden bislang keine Referenzwerte formuliert. Auch Bodenlebensgemeinschaftsttypen nach dem Ansatz von BEYLICH et al. (2005) wurden für salzbeeinflusste Standorte sowie Rohböden nicht definiert. Der Bodenlebensgemeinschaftstyp B1, der für die im Ökogramm dargestellte Standortfaktoren-Kombination typisch ist (Abbildung 4), ist nur im Bereich der Braundüne ausgebildet.

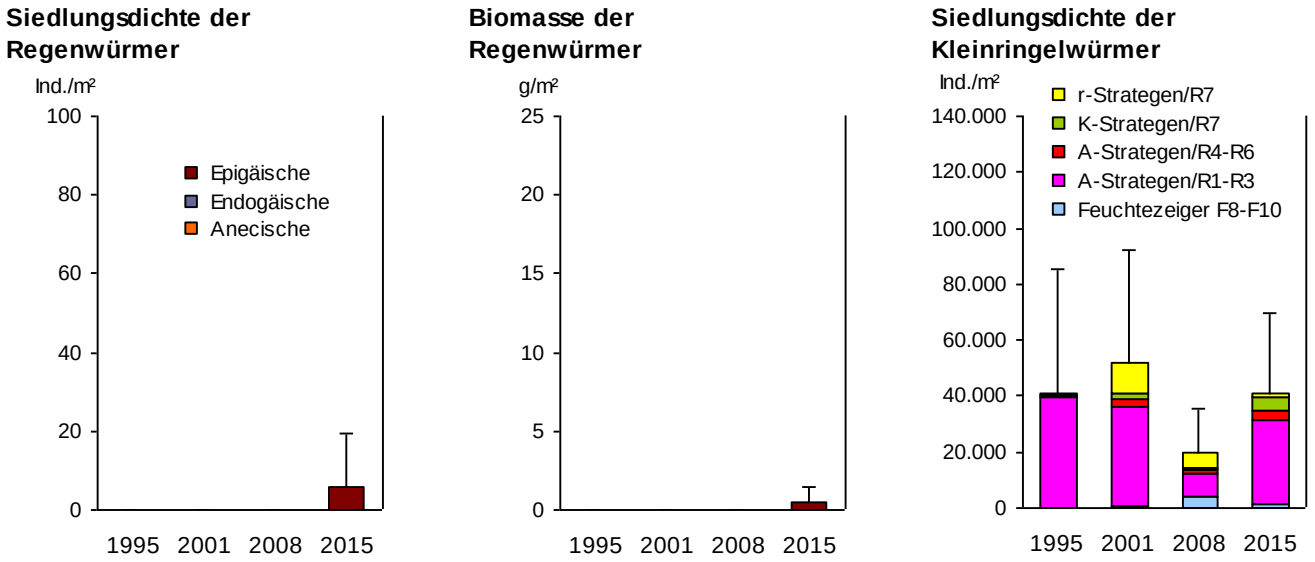


Abbildung 23: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF01 in den vier Probenahmejahren. Differenzierung nach Lebensformtypen (epigäisch, endogäisch, anecisch) der Regenwürmer bzw. nach Strategietypen (K-, r- und A-Strategen sowie ggf. Feuchtezeiger) der Kleinringelwürmer (Erläuterungen siehe Anhang 8.05). Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiede der Kleinringelwurm-Abundanzen nicht statistisch signifikant.

4.1.4 Zeitreihenvergleich

Die Besiedlung der BDF01 mit Kleinringelwürmern zeigt in drei Untersuchungsjahren recht ähnliche Abundanzwerte, nur im Jahr 2008 lag die Dichte deutlich niedriger (Abbildung 23). Insgesamt lässt sich ein Anstieg der Artenzahl auf der BDF feststellen. Die Artenzahl je Probe war jedoch nur 2001 signifikant höher als 1995.

Auch für den Zeitreihenvergleich ist eine Betrachtung der unterschiedlichen Teilbereiche der BDF aufschlussreich. Der Bereich der Braundüne am Nordhang zeigt seit der Erstuntersuchung

durchgehend eine sehr hohe Dominanz von Starksäurezeigern (Abbildung 24, jeweils linke Säule). Die Flächenanteile der Krähenbeere haben sich in diesem Teilbereich der BDF vergrößert. Auch die Akkumulation von Auflagehumus hat sich punktuell verstärkt. In diesem Bereich findet sich ein Probenpunkt, an dem 2015 erstmalig Regenwürmer gefunden wurden. Das Artenspektrum der Kleinringelwürmer ist jedoch über den gesamten Untersuchungszeitraum im Wesentlichen das gleiche geblieben. Dementsprechend zeigen sich im Dreieckdiagramm für die verschiedenen Strategietypen keine Verschiebungen (Abbildung 25, links). Auch die mittleren Zeigerzahlen haben sich nur wenig verändert (Tabelle 11). Deutliche Veränderungen zeigen sich dagegen am Südhang im Bereich der Graudüne. Während bei der Erstuntersuchung fast ausschließlich Starksäurezeiger vorkamen, kamen in den folgenden Untersuchungsjahren Arten dazu, die eine geringere Säuretoleranz aufweisen. Dies waren im Jahr 2001 überwiegend opportunistische Arten, 2008 außerdem zu einem erheblichen Anteil Feuchtezeiger, 2015 dagegen vermehrt Mäßig- und Schwachsäurezeiger (Abbildung 24, mittlere Säulen). Dies spiegelt sich im Anstieg der mittleren Reaktionszahl bezogen auf die Gesamtfläche zwischen dem ersten und dem dritten Untersuchungstermin wieder. Die Dreieckdiagramme verdeutlichen, dass der Südhang durch eine höhere Veränderungsdynamik und auch durch einen leichten Rückgang der Versauerung gekennzeichnet ist (Abbildung 25, Mitte). Ursachen sind u.a. mechanische Störungen sowie Stoffeinträge durch Beweidungsereignisse unterschiedlicher Intensität und Wind. Am Hangfuß sind wesentliche Artengruppen ebenfalls seit der Erstuntersuchung präsent, wenngleich 1995 einige Gruppen, nämlich Nässe- und Salzzeiger, bedingt durch die Probenahme im Sommer und dadurch wohl trockenere Verhältnisse fehlten (Abbildung 24, rechte Säulen). Die mittlere Feuchtezahl wird durch Witterung und Überflutungsgeschehen im Probenahmejahr mit gesteuert und kann daher recht große Schwankungen aufweisen (Tabelle 11). Ähnliches gilt für die Salzzahl am Fuß der Düne. Verschiebungen bei den Anteilen der r-Strategen (Opportunisten) stellen meist eine kurzfristige Reaktion auf aktuelle Einflüsse im Probenahmejahr dar, wie z.B. eine mehr oder weniger starke Präsenz der Schafe auf der BDF.

Tabelle 11: Entwicklung der mittleren Zeigerzahlen in den drei Teilbereichen der BDF01, ohne 1995 wegen abweichender Probenahmesaison.

BDF01	**Jahr**	**Punkte 1/2/7/8**	**Punkte 3/6/9/10**	**Punkte 4/5**
gewichtete mittlere Feuchtezahl	2001	5,0	5,0	9,0
	2008	5,0	6,1	7,9
	2015	5,3	5,5	8,5
gewichtete mittlere Reaktionszahl	2001	2,9	5,1	7,0
	2008	2,8	5,4	7,0
	2015	2,8	5,3	7,0
gewichtete mittlere Salzzahl	2001	0,0	0,0	1,6
	2008	0,0	0,3	2,0
	2015	0,1	0,1	1,2

Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer – Heterogenität innerhalb der BDF01

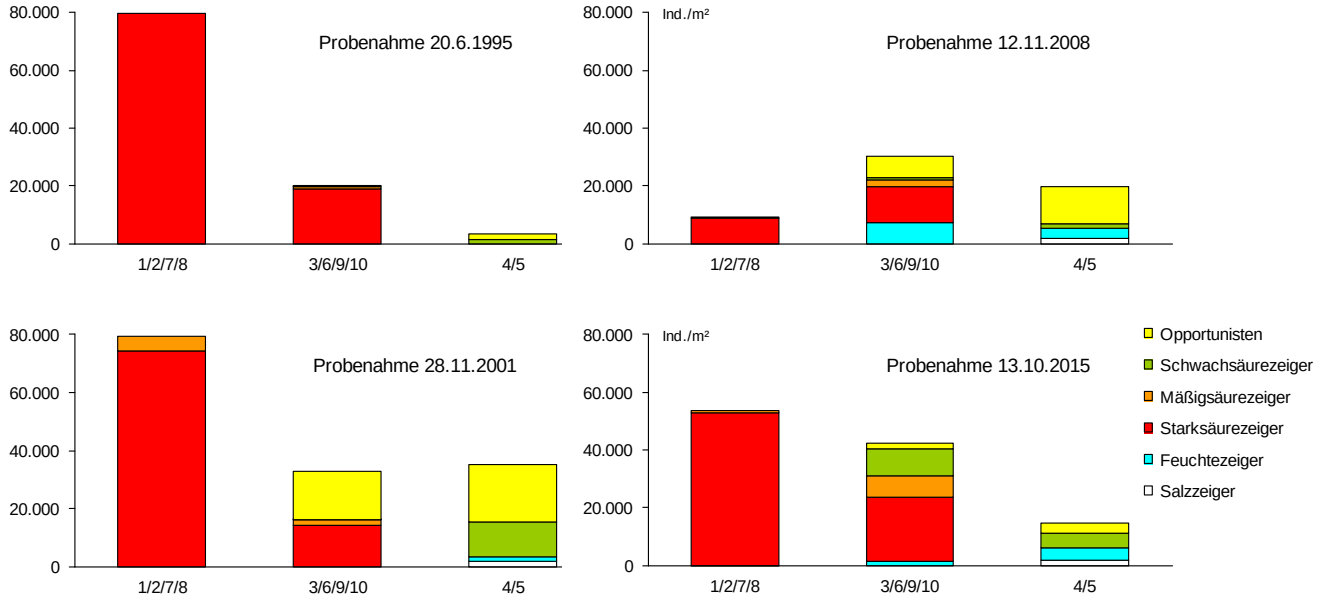


Abbildung 24: Heterogenität der Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF01 im Zeitverlauf. Punkte 1/2/7/8: Nordhang (Braundüne); Punkte 3/6/9/10 Kuppe und Südhang (Graudüne); Punkte 4/5: Hangfuß (Grau-/Weißdüne)

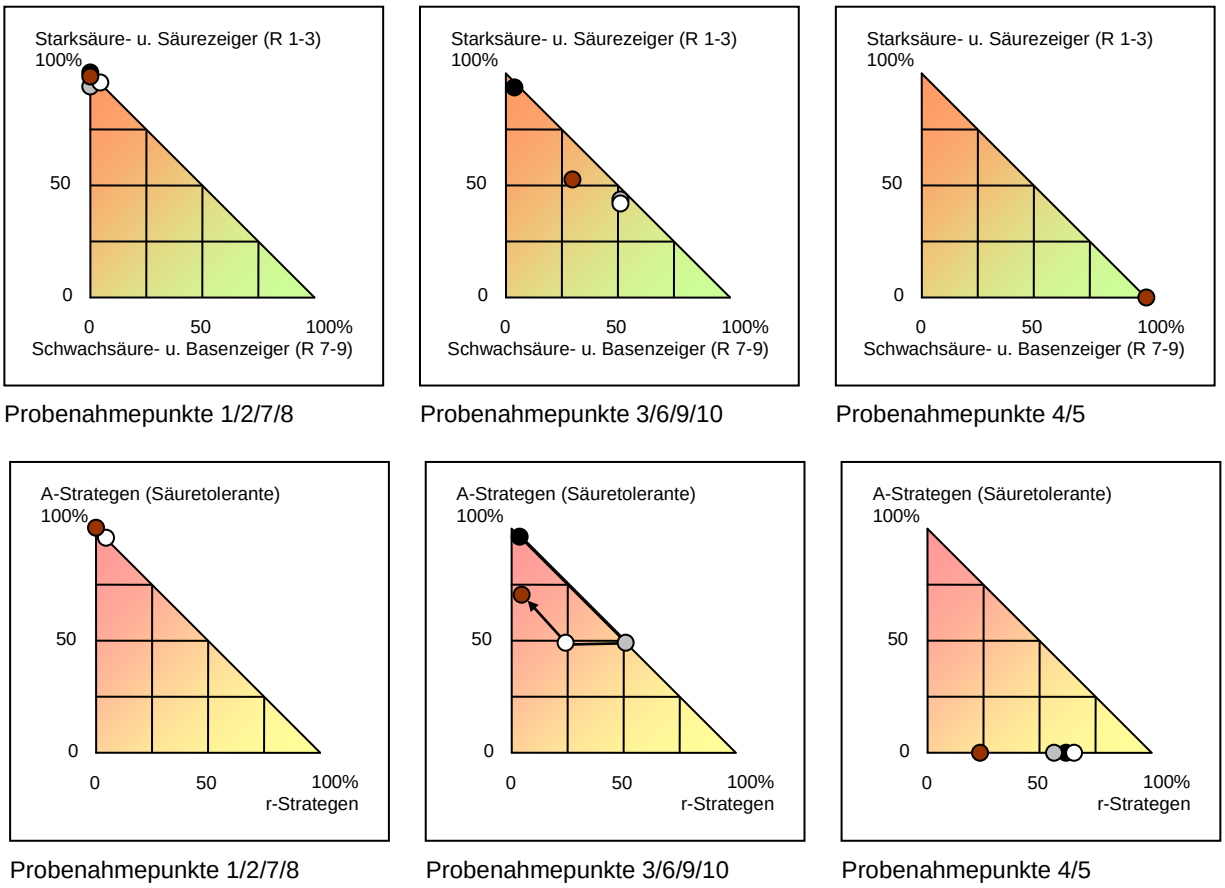


Abbildung 25: Position der BDF01 List auf den Dreieckdiagrammen, differenziert nach den drei Bereichen Nordhang (Punkte 1/2/7/8), Südhang (Punkte 3/6/9/10) und Hangfuß (4/5)
(●: Erstuntersuchung, ●: 1. Wiederholung, ○ : 2. Wiederholung, ●: 3. Wiederholung)

4.1.5 Beziehungen zur Bodenform und zu abiotischen Standortfaktoren

Die auf der BDF kleinräumig wechselnden Bedingungen hinsichtlich Entkalkung, Versauerung, Salzeintrag, Vegetationsentwicklung und Humusakkumulation bestimmen die oben geschilderte Ausprägung verschiedener Zersetzergesellschaftstypen.

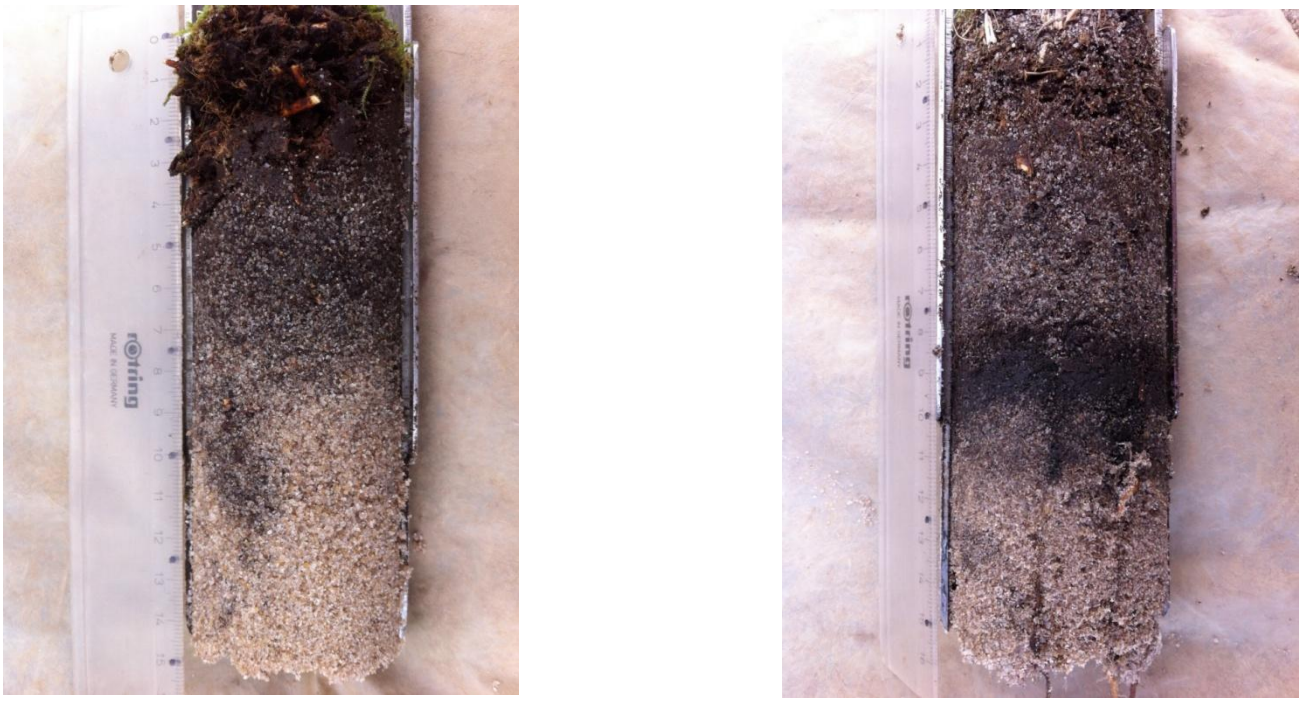


Abbildung 26: Zwei ausgewählte Profile der BDF01. Punkt 2 (links) zeigt einen relativ ungestörten Profilaufbau mit organischer Auflage und darunter dem A-Horizont. Bei Punkt 9 (rechts) ist ab etwa. 8 cm Tiefe der ehemalige A-Horizont erkennbar, über dem Material aufgeweht oder durch andere mechanische Störungen abgelagert worden ist.

4.1.6 Beziehungen zum Klima und zur Witterung

Die in Tabelle 4 dokumentierte Tendenz zu höheren Jahresmitteltemperaturen bei gleichbleibenden Niederschlägen könnte insbesondere auf dem hier gegebenen sandigen Rohboden zu Phasen stärkerer Austrocknung beitragen. Wieweit es dazu kommt, hängt allerdings von der Verteilung der Niederschläge übers Jahr in Kombination mit dem Temperaturverlauf ab. Die Spätsommermonate 2015 zeigen keine außergewöhnliche Trockenheit. Nur im Juni waren die Niederschläge vergleichsweise gering. Die bodenzoologischen Ergebnisse von 2015 liefern keine Hinweise auf trockenheitsbedingte Beeinträchtigungen der Bodenlebensgemeinschaft. Der mittlere Feuchtezeigerwert zeigt in den höher gelegenen Bereichen der Düne eher eine steigende Tendenz seit der Erstuntersuchung. Am Fuß der Düne wird dieser Wert neben dem Niederschlag auch durch das Überflutungsgeschehen geprägt und erlaubt daher kaum Aussagen über witterungsbedingte Veränderungen.

4.1.7 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Die im Gebiet frei laufenden Schafe bevorzugen zum Weiden vermutlich die Grünlandbereiche südlich des Dünenfußes. Bei der Probenahme 2001 wurden jedoch auf der BDF erhebliche Mengen Schafkot gefunden, was bedeutet, dass sich die Tiere phasenweise auch im Bereich der Dünen bzw. der BDF aufhalten, z.B. bei Überflutung des tiefer gelegenen Weidelandes. Damit gehen dann jeweils Nährstoffeintrag und Trittschäden einher. Die Probenahmen sind davon in unterschiedlichem Maße

beeinflusst, je nachdem, wie lange ein solches Ereignis zurückliegt. Im Untersuchungsjahr 2015 war nur wenig Schafkot auf der BDF zu sehen. Der geringe Anteil an r-Strategen der Kleinringelwürmer, die Nährstoffeintrag und Störungen anzeigen können, spricht ebenfalls für eine geringe Schafaktivität auf der BDF im aktuellen Untersuchungsjahr.

4.1.8 Beziehungen zur Vegetation

Die verschiedenen Vegetationsgesellschaften entsprechen den Entwicklungsstadien von Weiß- zu Braundüne auf der BDF (vgl. Abschnitt 3.2). Die im Hinblick auf die Interpretation der bodenzoologischen Daten vorgenommene Unterteilung der BDF in drei Teilbereiche folgt den Vegetationsgesellschaften. Die Ausdehnung der Krähenbeerenheide (Braundüne / Achaeto-Cognettietum) hat seit Beginn der Untersuchungen offenbar zugenommen. Wie auch bei den Anneliden ergibt sich für die Vegetation am Hangfuß eine deutlich höhere mittlere Reaktionszahl als am Nordhang. Die mittlere Feuchtezahl der Zersetzer ist dagegen am Hangfuß höher, während die der Vegetation im Bereich der Braundüne höher ist.

4.1.9 Beziehungen zur Bodenmikrobiologie

Die mikrobiellen Parameter weisen über die Zeit starke Schwankungen auf (Tabelle 12). Ursache dafür ist vermutlich die starke räumliche und zeitliche Dynamik der Bodenbedingungen des Standorts durch Beweidung, Viehtritt und Verwehungen. Insbesondere die Gehalte organischer Substanz in den Proben verändern sich durch diese Einflüsse und steuern damit die mikrobiologische Aktivität. Allerdings zeigt sich eine Tendenz zur Zunahme des Anteils mikrobieller Biomasse an der gesamten organischen Substanz (Cmic/Corg).

Die Veränderungen der zoologischen Parameter zeigen räumliche Gradienten und zeitliche Trends an, die aus den mikrobiologischen Untersuchungen wegen eines anderen Probenahmedesigns nicht deutlich werden. Auf die Fläche bezogen ist die mikrobiologische Aktivität aufgrund der geringen Mächtigkeit der Horizonte mit nennenswertem Gehalt organischer Substanz eher gering. In der dünnen organischen Auflage, die 2013 erstmals getrennt vom Mineralboden mikrobiologisch beprobt wurde, liegt die gewichtsbezogene mikrobielle Aktivität (CFE) allerdings mit 1477 [µg C / g Boden-TS] im Bereich von Grünland-Oberböden. Auch die Aktivität der Kleinringelwürmer ist in den obersten 2,5 cm des Bodens vergleichsweise hoch und nimmt darunter sprunghaft ab.

Tabelle 12: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF01, gemessen im Mineralboden, wenn nicht anders angegeben (Quelle: LLUR)

Parameter	1996	1999	2002	2007	2011	2013	2016
Cmic (CFE) [µg C / g Boden-TS]	137	33	209	225	508	229	386
Cmic (CFE) [g C / m²]		2	14	13	28	14	26
Cmic (SIR) [µg C / g Boden-TS]		42	197	138	306	-	-
Cmic (SIR) [g C / m²]		3	14	8	17	-	-
Cmic/Corg % (CFE)	1,0	0,5	1,3	0,7	2,5	1,9	3,0
Cmic/Corg % (SIR)		0,6	1,3	0,4	1,5		-
Corg [cg/g Boden, entspricht %]	1,33	0,71	1,56	3,21	2,08	1,17	1,31
Corg [kg C / m²]			1,07	1,91	1,14	0,69	0,87
C/N	11,2	11,5	23,7	27,9	14,4	11,3	12,3
Ld (eff. Lagerungsdichte)		1,37	1,37	1,19	1,10		
Trockenrohdichte [g Boden TS / cm³]						1,19	1,33

4.2 BDF21 Speicherkoog Dithmarschen

Die bodenzoologische Erstuntersuchung der BDF Speicherkoog Dithmarschen erfolgte am 2.11.1993. Die Wiederholungsuntersuchungen wurden am 10.11.1999, am 7.10.2006 und am 24.9.2015 durchgeführt.

4.2.1 Situation beim Fang der Tiere

Am Tag der Probenahme 2015 wurde eine Lufttemperatur an der Bodenoberfläche von 18,6°C bzw. eine Bodentemperatur in 10 cm Tiefe von 15,6°C gemessen. Frost war in den Wochen vor der Probenahme nicht aufgetreten. Der Boden war schwach feucht (feu2 nach KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005)). In den 24 Stunden vor der Probenahme waren mäßige Niederschläge zu verzeichnen. Die Vegetationsdecke war geschlossen. Die Vegetation bestand aus Gräsern, Kräutern, Stauden sowie Pioniergehölzen. Der Probenpunkt 3 befindet sich unter einem Baum. Hier war die Krautschicht nur schwach entwickelt.

Abbildung 27: BDF21 am Tag der Probenahme 2015

4.2.2 Fangergebnisse

Die Gesamtabundanz der Regenwürmer betrug 525 Tiere/m^2 bei einer Gesamtbiomasse von 60 g/m^2 (Tabelle 13). Am häufigsten kam die einzige endogäische Art *Aporrectodea caliginosa* vor (Dominanz 31 %). Ebenfalls häufig war die epigäische Art *Lumbricus castaneus* (28 %), gefolgt von weiteren epigäischen Arten (*Dendrobaena octaedra* (21 %), *Lumbricus rubellus* (14 %) und *Dendrodrilus*

rubidus (6 %)). Bis auf die letztgenannte Art kamen die Arten jeweils an allen zehn Probenpunkten vor. Anecische Regenwürmer wurden nicht nachgewiesen.

Für die Kleinringelwürmer wurde eine Gesamtabundanz von 16.000 Tieren/m^2 ermittelt. Die Gattung *Enchytraeus* war mit insgesamt 46 % der Tiere vertreten, wozu die Art *Enchytraeus minutus* allein 30 % beitrug. Die Gattung *Fridericia* wies eine Dominanz von 34 % auf. Vier weitere Gattungen waren mit je einer Art vertreten. Die Hälfte der Kleinringelwürmer wurde in der obersten Tiefenstufe gefunden (Anhang: Abbildung 48). Darunter nahm die Siedlungsdichte schrittweise ab. Die Art *Buchholzia appendiculata* kam ausschließlich in der obersten Tiefenstufe vor, was ihrem bekannten Verbreitungsschwerpunkt im L- und Of-Horizont entspricht.

Tabelle 13: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF21 Speicherkoog Dithmarschen

BDF21	F	R	S	2.11.1993	10.11.1999	7.10.2006	24.9.2015
Regenwürmer				Makrofauna-Abundanzklasse			
Dendrobaena octaedra	x	4	0			■	■□□□
Dendrodrilus rubidus	x	x	0	■	■□	■	■□
Lumbricus rubellus	x	x	0	■	■□□	■□	■□□
Eiseniella tetraedra	9	7	0		■□	■□□	
Lumbricus castaneus	x	7	0			■	■□□□
Aporrectodea caliginosa	x	7	0	■	■□□□	■□□□□	■□□□
Kleinringelwürmer				Mesofauna-Abundanzklasse			
Henlea heleotropha	x	7	1	■□	■		
Henlea nasuta	x	7	1	■	■		
Henlea perpusilla	x	7	1	■□□□	■□□	■	■
Henlea ventriculosa	x	7	1	■	■		
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7	x	■□	■□	■	■□
Enchytraeus bulbosus	x	7	x	■	■□	■□□	■
Enchytraeus minutus agg.	x	7	x	■□	■□□	■□□	■□□
Fridericia parathalassia	x	7	3	■□□	■	■	
Fridericia minor	x	7	1	■	■		
Fridericia bulboides	x	7	0	■	■	■□	■□
Fridericia christeri	x	7	0	■	■□	■□	■
Fridericia deformis	x	7	0				■
Fridericia paroniana	x	7	0	■□□	■□□	■□	■
Fridericia ratzeli	x	7	0		■	■	
Fridericia sp. (para)	x	x	x				■
Fridericia sp. juv.	x	7	0	■□□	■□	■□□	■□
Buchholzia appendiculata	x	7	0	■□	■□□	■□□	■□
Marionina communis	5	7	0	■	■	■□□□	■□
Enchytronia annulata	5	6	0				■
Artenzahl der Anneliden				18	20	18	18
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)				3	48	89	60
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)				19	325	578	525
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)				45.000	27.000	39.000	16.000
gewichtete mittlere Feuchtezahl				5,0	7,7	6,7	5,0
gewichtete mittlere Reaktionszahl				7,0	7,0	6,9	6,6
gewichtete mittlere Salzzahl				0,7	0,3	0,1	0,03
Zersetzergesellschaftstyp				Entwicklung vom Fridericio-Henleetum voraussichtlich zum Fridericio-Lumbricetum			

4.2.3 Klassifikation

Im Folgenden werden zur Orientierung die Referenzwerte für frische Grünlandstandorte herangezogen (BEYLICH & GRAEFE 2009), auch wenn es sich bei dieser Sukzessionsfläche mit noch junger Bodenbildung nicht um einen typischen Grünlandstandort handelt. Im Vergleich zu den Referenzwerten (vgl. Tabelle 39 im Anhang) ist die Abundanz der Kleinringelwürmer im Jahr 2015 als niedrig, die der Regenwürmer als hoch zu bezeichnen. Die Biomasse der Regenwürmer fällt dagegen ebenfalls niedrig aus, da die großen tiefgrabenden Arten hier fehlen. Die Artenzahl der Regenwürmer liegt im mittleren Bereich, während die der Kleinringelwürmer sehr niedrig ist. Auffällig ist der hohe Anteil Opportunisten (r-Strategen) unter den Kleinringelwürmern im Vergleich zu Grünland-BDF (IFAB 2014). Dazu gehören nicht nur die auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Standorten häufigen *Enchytraeus*-Arten, sondern auch *Buchholzia appendiculata* - eine der wenigen Arten, die bevorzugt in der Streu basenreicher Standorte vorkommt und sich durch Fragmentation rasch vermehren kann.

Die vorgefundenen Arten sind mit nur zwei Ausnahmen Schwachbasen- bis Schwachsäurezeiger. Es kommen aktuell zwei Frischezeiger, aber keine Nässezeiger auf der BDF vor (Tabelle 13). Die meisten Arten haben allerdings keinen Feuchtezeigerwert. Salzzeiger treten nicht mehr auf. Die mittleren Zeigerwerte kennzeichnen den Boden als frischen, schwach sauren Lebensraum für die Bodenlebensgemeinschaft.

Die Artengemeinschaft ist gekennzeichnet durch das Vorkommen mehrerer *Fridericia*- und *Enchytraeus*-Arten sowie eine relativ hohe Dominanz von *Buchholzia appendiculata*. Bei den Regenwürmern dominieren epigäische Arten über endogäische. Die zu Beginn der Untersuchungen zahlreichen schwach salztoleranten Arten der Gattung *Henlea* sind kaum noch vorhanden. Die Zersetzergesellschaft befindet sich damit wie schon im Jahr 2006 in einem Übergangszustand zwischen dem Fridericio-Henleetum und dem Fridericio-Lumbricetum. Für letzeres fehlen im Wesentlichen die anecischen Regenwürmer. Deren Fehlen fällt auch bei der Zuordnung des Bodenlebensgemeinschaftstyps nach BEYLICH et al. 2005 auf. Hinsichtlich der Standortfaktoren-kombination wäre der Typ A 1.2.2 gegeben (vgl. Tabelle 41 im Anhang). Die dafür zu erwartende Biomasse wird trotz der Abwesenheit von tiefgrabenden Regenwürmern erreicht.

4.2.4 Zeitreihenvergleich

Nachdem die Besiedlung mit Regenwürmern bei der Erstuntersuchung sehr gering war, hatte die Regenwurmdichte in den folgenden Jahren sprunghaft zugenommen (Abbildung 28). Die höchste Regenwurmaktivität wurde im Untersuchungsjahr 2006 festgestellt. 2015 lag die Siedlungsdichte auf einem ähnlichen Niveau, wogegen die Regenwurmbiomasse im Vergleich zu 2006 zurückgegangen war. Das liegt an dem bei der aktuellen Untersuchung sehr viel höheren Anteil kleiner epigäischer Arten, die zwar erheblich zur Gesamtabundanz, aber weniger zur Gesamtbiomasse beitragen. Der niedrige Anteil epigäischer Regenwürmer bei der 2. Wiederholungsuntersuchung ist auch im Dreieckdiagramm der Lebensformtypen klar erkennbar (Abbildung 29).

Die Gesamtartenzahl der Regenwürmer ist im Untersuchungsverlauf ebenfalls angestiegen. Die Artenzahl je Probe ist 2015 signifikant höher als in allen anderen Jahren. Interessant ist jedoch, dass die Art *Eiseniella tetraedra* 2015 nicht mehr gefunden wurde, obgleich sie im vorigen Untersuchungsjahr häufig war. Diese Art gilt als Nässezeiger. Durch ihr Verschwinden ist der mittlere Feuchtezeigerwert auf 5,0 zurückgegangen. Von Auftreten bzw. Fehlen dieser Art hängt auf dieser BDF ganz wesentlich die mittlere Feuchtezahl ab, da nur wenige andere Arten einen Feuchtezeigerwert haben (Tabelle 13). Veränderungen der mittleren Feuchtezahl sind daher von eingeschränkter Aussagekraft. Dennoch ist festzustellen, dass es aktuell aus bodenzoologischer Sicht kaum mehr Hinweise auf Grund- oder Stauwassereinfluss auf der Fläche gibt. Allerdings sind

die Grundwasserflurabstände im Winterhalbjahr (November bis April) offenbar erheblich geringer als im Sommerhalbjahr (Abbildung 8). Dieser Einfluss wird mit einer Probenahme im Frühherbst möglicherweise nicht ausreichend abgebildet. Eine präzise Definition der Grenzwerte hinsichtlich Höhe und zeitlicher Verteilung der Grundwasserstände, die ein Vorkommen anecischer Regenwürmer unterbinden, liegt bisher nicht vor. Möglicherweise ist lediglich ihre Einwanderung bzw. die Etablierung einer stabilen Population in den wenigen Jahrzehnten seit der Eindeichung noch nicht gelungen, im Gegensatz zu den epigäischen und endogäischen Arten. Eine Übersicht von EMMERLING & STRUNK (2012) gibt für anecische Regenwurmarten Ausbreitungsgeschwindigkeiten von < 10 m pro Jahr an, während die epigäische Art *Lumbricus rubellus*, die auf der BDF21 seit der Erstuntersuchung vorkommt, sich offenbar etwas schneller ausbreitet (s.a. DUNGER 1991). Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann eine Einschleppung mit landwirtschaftlichem Gerät eine Besiedlung beschleunigen. Ob auf den an die BDF angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen tiefgrabende Regenwürmer vorkommen, so dass von dort aus eine Besiedlung stattfinden könnte, ist uns nicht bekannt.

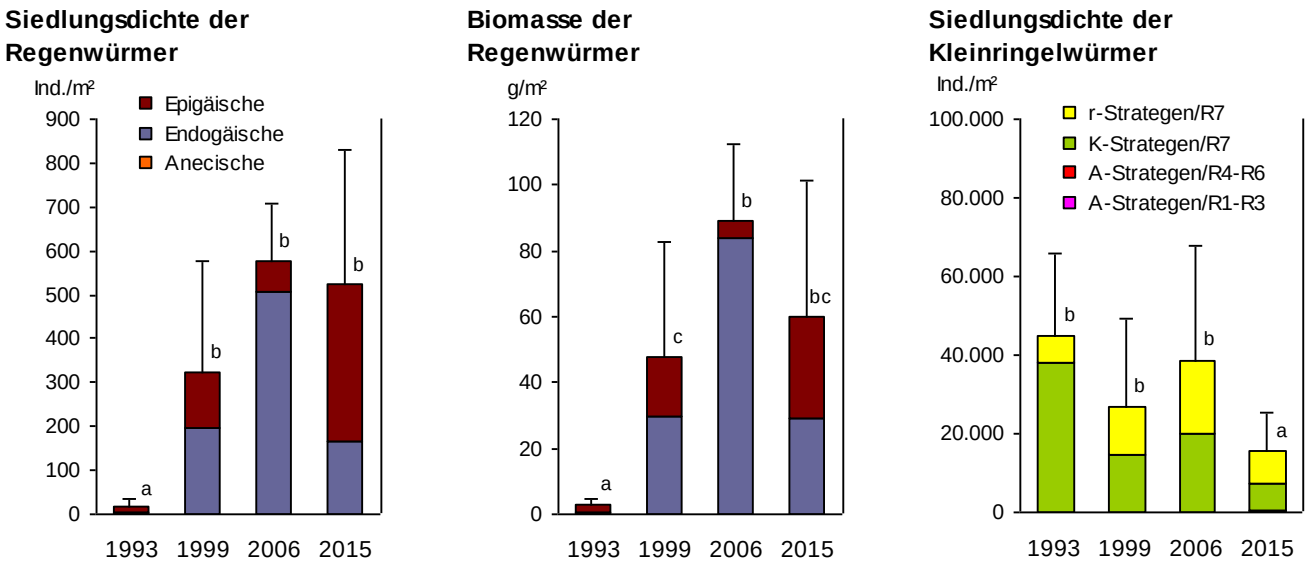
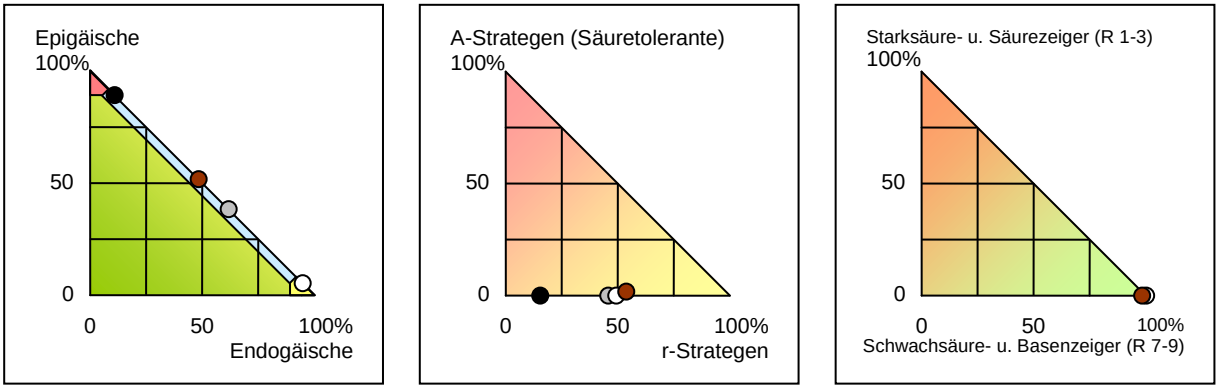


Abbildung 28: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF21 in den vier Probenahmejahren. Differenzierung nach Lebensformtypen (epigäisch, endogäisch, anecisch) der Regenwürmer bzw. nach Strategietypen (K-, r- und A-Strategen sowie ggf. Feuchtezeiger) der Kleinringelwürmer (Erläuterungen siehe Anhang 8.05). Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtabundanzen bzw. –biomassewerte

Die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer lag 2015 signifikant niedriger als in den vorherigen Untersuchungsjahren. Möglicherweise spielen hier, mehr als in den Vorjahren, Konkurrenzverhältnisse mit den sehr vielen kleinen, epigäischen Regenwürmern eine Rolle (BEYLICH & GRAEFE 2012).

Die Artenzahl der Kleinringelwürmer zeigt nach dem Untersuchungsjahr 1999 eine abnehmende Tendenz. Die bis dahin vorkommenden salzertragenden Arten sind fast vollständig verschwunden. Offenbar ist 25-30 Jahre nach der Eindeichung der Salzgehalt im Boden für die Bodenfauna kein relevanter Einflussfaktor mehr. Allerdings sind im Laufe der Zeit kaum neue Arten hinzugekommen. Mit *Enchytronia annulata* ist 2015 erstmals eine Kleinringelwurmart nachgewiesen worden, die einen Reaktionszeigerwert < 7 hat. 2006 war bereits erstmals ein Säurezeiger unter den Regenwürmern

aufgetreten, der 2015 zahlreich vorhanden war (*Dendrobaena octaedra*). Dies ist ein Hinweis auf die beginnende Entkalkung des Oberbodens. Im Strategietypendiagramm der Kleinringelwürmer macht sich dies jedoch noch kaum bemerkbar (Abbildung 29).



Lebensformtypen-Diagramm der Regenwürmer

Strategietypen-Diagramm der Kleinringelwürmer

Reaktionszeiger-Diagramm der Kleinringelwürmer

Abbildung 29: Position der BDF21 Speicherkoog auf den Dreieckdiagrammen
(●: Erstuntersuchung, ●: 1. Wiederholung, ○ : 2. Wiederholung, ●: 3. Wiederholung)

Die Entwicklung der Besiedlung mit Regenwürmern und Kleinringelwürmern steht in Zusammenhang mit der Entwicklung der Streuauflage. Bei der Erstuntersuchung bestand noch ein dichter Graswurzelfilz mit einer Tendenz zum Moder. Die Streuzersetzung verlief langsam und eine Einmischung organischer Substanz in den Mineralboden erfolgte aufgrund des Fehlens von Schlüsselarten unter den Regenwürmern kaum. Seither ist durch die Fraßtätigkeit der Regenwürmer insgesamt und die wühlende Tätigkeit der Endogäischen im Grenzbereich Auflage – Mineralboden ein Mull entstanden. Da die für Grünlandstandorte typischen anecischen Regenwürmer fehlen, wird die anfallende Streu nicht immer vollständig in den Mineralboden eingearbeitet und es kommt in Abhängigkeit von der vorherrschenden Vegetation zur Ausbildung eines mehr oder weniger mächtigen Of-Horizonts. Hier finden opportunistische Arten der Kleinringelwürmer, die als Sekundärzersetzer und/oder Mikrobenfresser an den intensiven Umsetzungsprozessen im Übergangsbereich Mineralboden/Streu dieses Mullstandorts beteiligt sind, gute Bedingungen vor. Das Dreieckdiagramm der Strategietypen zeigt ab der zweiten Untersuchung einen hohen Anteil an r-Strategen (Abbildung 29). Im Untersuchungsjahr 2006 erreichten zwei Arten der Kleinringelwürmer, die bevorzugt im Of-Horizont des F-Mulls vorkommen, eine Dominanz von zusammen 45 % der gefundenen Kleinringelwürmer (*Buchholzia appendiculata*, *Marionina communis*). 2015 hat die Dominanz dieser beiden Arten abgenommen, während die Zahl der epigäischen Regenwürmer, die ja ebenfalls in der Auflage aktiv sind, stark zugenommen hat. Möglicherweise steht dies in Zusammenhang mit der Veränderung der Vegetation von einer staudengeprägten Gesellschaft (u.a. schmalblättriges Weidenröschen) zu einer mehr durch Gräser geprägten Gesellschaft und damit einer Veränderung der Streuqualität.

Zu beobachten ist insgesamt, dass sich die Entwicklung einiger quantitativer Parameter in Wellenbewegungen vollzieht. Diese verlaufen teils gleichgerichtet (Kleinringelwurm-Abundanz und Regenwurm-Biomasse), teils entgegengesetzt (Dominanz epigäischer Regenwürmer / Kleinringelwürmer des Of-Horizonts). Die wechselnde Dominanz einzelner Gruppen im Verlauf einer Sukzession ist an das Entstehen und Verschwinden ökologische Nischen gekoppelt, die teils durch die Veränderung der Bodeneigenschaften und der Vegetation, teils aber auch durch die Aktivität der Organsimen selbst entstehen (vgl. DUNGER 1990).

Der Zersetzergesellschaftstyp würde erst mit der Einwanderung anecischer Regenwürmer eine deutliche Wandlung erfahren, in deren Verlauf durch die Verlagerung der Umsetzung in den Mineralboden die Bedeutung der in der Streu aktiven Arten abnehmen und sich die Konkurrenzverhältnisse verändern würden.

4.2.5 Beziehungen zur Bodenform und zu abiotischen Standortfaktoren

Die abiotischen Standortfaktoren dieser Kalkmarsch unterlagen im Verlauf des Untersuchungszeitraums verschiedenen Veränderungen, wie Entsalzung und beginnende Versauerung. Die Entwicklung des Artenspektrums der Anneliden zeichnet diese Veränderungen recht gut nach, was u.a. an der Abnahme der mittleren Zeigerzahlen für diese Faktoren erkennbar ist. Die Entsalzung des Marschbodens kann aus bodenzoologischer Sicht als abgeschlossen angesehen werden. Der stark humose, kalkhaltige Boden mit einer sehr geringen Lagerungsdichte weist insgesamt gute Bedingungen für eine aktive, artenreiche Bodenlebensgemeinschaft auf.

4.2.6 Beziehungen zum Klima und zur Witterung

Die Witterungsdaten zeigen, dass das Jahr 2015 einen dem langjährigen Mittel gegenüber erheblich erhöhten Jahresniederschlag aufwies. Damit in Einklang steht die 2015 im Vergleich zu den Vorjahren höhere BKF von 8,1, die damit in selben Bereich liegt wie die BKF der BDF33 (Abbildung 4). Insbesondere der Juli 2015 war überdurchschnittlich feucht bei eher unterdurchschnittlichen Temperaturen (Tabelle 12). Die gegenüber dem langjährigen Mittel ebenfalls deutlich höhere mittlere Jahrestemperatur kommt durch höhere Temperaturen in den Wintermonaten zustande. Die Witterung im Probenahmejahr war für die Bodenfauna damit eher günstig. Auf die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer hat sich das allerdings nicht fördernd ausgewirkt. Die vergleichsweise hohen Niederschläge haben außerdem nicht zu einer Erhöhung der mittleren Feuchtezahl der Anneliden beigetragen. Möglicherweise entzieht die üppige Vegetation dem Boden derart intensiv Wasser, dass höhere Niederschläge während der Vegetationsperiode kaum eine Erhöhung der Bodenfeuchte bewirken.

4.2.7 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Entfällt, da keine Bewirtschaftung stattfindet.

4.2.8 Beziehungen zur Vegetation

Für das Jahr 2015 wurde eine mittlere Feuchtezahl der Vegetation von 5,8 festgestellt (LLUR 2016). Die mittlere Feuchtezahl der Anneliden liegt etwas niedriger, zeigt aber noch ähnliche Feuchteverhältnisse an. Die mittlere Reaktionszahl beider Organismengruppen liegt nahe 7, was mit dem recht hohen pH-Wert in Einklang steht. Durch die Veränderung der Vegetationszusammensetzung kam es in den letzten Jahren auch zu einer Veränderung der Streuqualität.

4.2.9 Beziehungen zur Bodenmikrobiologie

Die mikrobielle Biomasse (CFE) ist seit 1999 auf inzwischen sehr hohe Werte angestiegen und zeigt damit Parallelen zur Siedlungsdichte der Regenwürmer (Tabelle 14). Die mikrobielle Biomasse (CFE) in g Cmic auf den m^2 bezogen liegt höher als die flächenbezogene Regenwurmbiomasse (g Frischgewicht), die durch das Fehlen anecischer Regenwürmer vergleichsweise gering ausfällt. Auch der Anteil des mikrobiellen Kohlenstoffs am Gesamtkohlenstoff zeigt seit 1999 tendenziell steigende Werte. Dies deutet auf eine Veränderung der Qualität der organischen Substanz hin. Die recht auffälligen Schwankungen des Corg sind möglicherweise zum Teil methodisch bedingt (Schwierigkeiten der getrennten Beprobung von organischer Auflage und Mineralboden).

Tabelle 14: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF21, gemessen im Mineralboden, wenn nicht anders angegeben (Quelle: LLUR)

Parameter	1996	1999	2002	2007	2011	2013	2016
Cmic (CFE) [µg C / g Boden-TS]	1.168	195	315	695	1.185	1.172	1.492
Cmic (CFE) [g C / m²]		19	30	61	114	111	106
Cmic (SIR) [µg C / g Boden-TS]		583	319	920	831	515	840
Cmic (SIR) [g C / m²]		55	31	81	80	49	60
Cmic/Corg % (CFE)	2,6	0,5	1,1	1,3	3,4	2,1	4,2
Cmic/Corg % (SIR)		1,6	1,1	1,7	2,3	0,9	2,4
Corg [cg/g Boden, entspricht %]	4,5	3,6	3,0	5,4	3,5	5,4	3,5
Corg [kg C / m²]			2,88	4,73	3,40	5,17	2,51
C/N	12,6	10,5	9,9	27,7	10,7	10,5	10,2
Ld (eff. Lagerungsdichte)		1,28	1,29	1,21	1,29		
Trockenrohdichte [g Boden TS / cm³]						0,95	0,95

4.3 BDF24 Bornhöved

Die Bodenzoologische Erstuntersuchung der BDF24 Bornhöved erfolgte am 4.11.1992. Die Wiederholungsuntersuchungen fanden am 30.11.1998, am 31.10.2005 und am 25.9.2015 statt.

4.3.1 Situation beim Fang der Tiere

Bei der Probenahme 2015 betrug die Lufttemperatur am Boden 12,3°C und die Temperatur in 10 cm Tiefe 14,5°C. Nachtfröste waren noch nicht aufgetreten. Niederschläge hatte es unmittelbar vor der Probenahme nicht gegeben. Der Boden war feucht (feu3 nach KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005)). Die geschlossene Vegetationsdecke bestand aus Luzerne und Gräsern (Abbildung 30).

Abbildung 30: BDF24 am Tag der Probenahme 2015

4.3.2 Fangergebnisse

Für die Regenwürmer wurde 2015 eine Gesamtabundanz von 116 Tieren/m^2 sowie eine Gesamtbiomasse von 32 g/m^2 ermittelt (Tabelle 15). Es kamen zwei Arten vor, die endogäische *Aporrectodea caliginosa* (Dominanz 91 % / Frequenz 100 %) und die anecische Art *Lumbricus terrestris* (9 % / 80 %).

Die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer betrug 40.000 Tier/m^2. Es kamen 13 Arten vor, darunter erstmals auf dieser BDF auch der terrestrische Polychaet *Hrabeiella periglandulata*. Mit Abstand am häufigsten war die Art *Enchytronia parva* (42 %), die an zwei Punkten eine Massenentwicklung

zeigte. Die Gattung *Enchytronia* stellte dadurch etwa die Hälfte aller Tiere. Ebenfalls zahlreich vertreten war *Henlea ventriculosa* (23 %), die als einzige Kleinringelwurmart an jeder Probestelle präsent war. Etwa 68 % der Tiere wurden in der obersten Tiefenstufe gefunden. Zur zweiten Tiefenstufe hin nahm die Zahl sprunghaft ab (Anhang: Abbildung 50). Die Gattungen *Fridericia* und *Henlea* kamen fast ausschließlich in den oberen 2,5 cm vor.

Tabelle 15: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF24 Bornhöved

BDF24	F	R	4.11.1992	30.11.1998	31.10.2005	25.9.2015
Regenwürmer			Makrofauna-Abundanzklasse			
Aporrectodea caliginosa	x	7	■□		■□□	■□□□
Lumbricus terrestris	5	7			■	■□
Kleinringelwürmer			Mesofauna-Abundanzklasse			
Cognettia sphagnetorum	x	2		■		
Achaeta aberrans	5	3	■□			
Achaeta affinoides	5	4	■□□	■□	■	
Achaeta bibulba	5	5	■□□□	■□□		■
Enchytraeus norvegicus	5	5	■	■		
Hrabeiella periglandulata	5	6				■
Enchytronia annulata	5	6				■
Enchytronia parva	5	6		■□	■□	■□□□
Enchytronia minor	5	7		■□	■	■□
Enchytronia sp. (pygm)	5	7				■
Enchytronia sp. (plic)	x	x				■
Enchytraeus dichaetus	x	7				■□□
Enchytraeus minutus agg.	x	7	■□□	■□□	■□□	■□□
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7	■		■□	
Buchholzia appendiculata	x	7			■	
Fridericia bulboides	x	7	■	■	■	■□
Fridericia granosa	x	7		■	■	
Fridericia maculatiformis	x	7	■			
Fridericia bisetosa	x	7		■		
Fridericia minor	x	7			■	
Fridericia sp. juv.	x	7	■	■	■	
Henlea perpusilla	x	7	■	■□	■□	■
Henlea ventriculosa	x	7	■	■□□	■	■□□
Marionina communis	5	7		■	■	■
Achaeta unibulba	6	7	■			
Achaeta pannonica	5	8	■			
Achaeta sp. (serp)	x	x	■		■	
Artenzahl der Anneliden			15	14	16	15
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)			12	0	17	32
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)			16	0	47	116
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)			37.000	21.000	11.000	40.000
gewichtete mittlere Feuchtezahl			5,1	5,0	5,0	5,0
gewichtete mittlere Reaktionszahl			5,9	6,1	6,8	6,7
Zersetzergesellschaftstyp			Fridericio-Enchytraeetum, Entwicklung Richtung Fridericio-Lumbricetum			Fridericio-Lumbricetum

4.3.3 Klassifikation

Die BDF24 ist seit der Einrichtung zwar überwiegend als Acker, aber phasenweise nach Graseinsaat auch als Grünland genutzt worden. 2014 und 2015 wurde nicht gepflügt. Auf sandigen Ackerstandorten ist generell eine geringere Besiedlung mit Regen- und auch Kleinringelwürmern zu erwarten als auf lehmigen Ackerstandorten oder Grünland (vgl. Tabelle 39 im Anhang), denn wendende Bodenbearbeitung hat auf sandigen Ackerflächen durch deren geringe Strukturstabilität besonders nachteilige Wirkungen auf die Bodenfauna. Die Werte für die Gesamtabundanzen beider Tiergruppen und die Regenwurmbiomasse liegen 2015 auf der BDF24 deutlich über den Referenzbereichen für

sandige Ackerstandorte (BEYLICH & GRAEFE 2009). Die Artenzahlen liegen dagegen im Referenzbereich. Die Referenzwerte für Grünlandstandorte werden andererseits nicht erreicht mit Ausnahme der Abundanz der Kleinringelwürmer. Betrachtet man die Erwartungswerte für Bodenlebensgemeinschaftstypen nach BEYLICH et al. (2005) hinsichtlich der Regenwurmbiomasse, ergibt sich ein ähnliches Bild: Für sandige Ackerstandorte (Typ A 1.4.1) wird die erwartete Biomasse überschritten, während sie für sandige Grünlandstandorte (Typ 1.2.1) nicht erreicht wird. Die Aktivität der Bodenfauna spiegelt also recht deutlich den Wechsel zwischen Acker- und Grünlandnutzung sowie den Wegfall der Bearbeitung in den beiden Jahren vor der Probenahme wider. Hervorzuheben ist, dass die anecische Regenwurmart *Lumbricus terrestris* inzwischen offenbar eine stabile Population aufweist, was auf tonarmen Ackerböden nur unter günstigen Bewirtschaftungsbedingungen, im Grünland aber regelmäßig der Fall ist (KRÜCK et al. 2006).

Die mittlere Feuchtezahl liegt bei 5, da nur Frischezeiger oder Arten ohne Feuchtezeigerwert nachgewiesen wurden. Die mittlere Reaktionszahl liegt bei 6,7, da Schwachsäurezeiger überwiegen. Der Anteil an r-Strategen unter den Kleinringelwürmern liegt derzeit eher unter dem Durschnitt für Acker-BDF auf Sandstandorten in Schleswig-Holstein, aber über dem sandiger Grünlandstandorte und steht folglich ebenfalls mit der wechselnden Nutzung der BDF in Einklang (IFAB 2014).

Die Bodenlebensgemeinschaft an diesem Standort ist gekennzeichnet durch das Vorkommen endogäischer und anecischer Regenwürmer sowie von *Fridericia*- und *Enchytronia*-Arten unter den Kleinringelwürmern. Das Artenspektrum ist typisch für den Zersetzergesellschaftstyp Fridericio-Lumbricetum. Der geringe Anteil *Fridericia*-Arten sowie die hohe Dominanz der Gattung *Enchytronia*, zu der auch einige Mäßigsäurezeiger gehören, ist charakteristisch für eine Variante des Gesellschaftstyps, die häufig in sandigen, zur Versauerung neigenden Grünland-Böden gefunden wird.

4.3.4 Zeitreihenvergleich

Die Aktivität der Regenwürmer hat auf der BDF24 seit der Erstuntersuchung zugenommen. Die Gesamtabundanz der Regenwürmer sowie die Artenzahl je Probe waren 2015 signifikant höher als 1992. (Im Jahr 1998 wurden aufgrund ungünstiger Witterung keine Regenwürmer gefangen.) Die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer verhielt sich zunächst gegenläufig zu der der Regenwürmer, um dann ebenfalls 2015 den höchsten Wert zu erreichen (Abbildung 31). Zu Beginn der Untersuchungen wurde ein pH-Wert von 4,2 gemessen. Unterhalb dieses pH-Werts kommen endogäische und anecische Regenwurmarten meist nicht vor - entsprechend eingeschränkt war die Besiedlung 1992 (GRAEFE et al. 2002). Durch die Kalkung im Jahr 1997 wurde der pH etwas angehoben, so dass sich die Bedingungen für diese Arten verbesserten. Gleichzeitig gingen dadurch die Säurezeiger unter den Kleinringelwürmern zurück, ohne dass dies in gleichem Maße durch eine Zunahme der Schwachsäurezeiger kompensiert wurde. Zwischen 2013 und 2015 ist der pH-Wert von 4,6 auf 5,4 im Mittel angestiegen, wobei 2015 ein starker vertikaler Gradient des pH-Wertes innerhalb der oberen 10 cm dokumentiert ist (s. Abschnitt 3.4.2). Die Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer zeichnet diesen Gradienten nach: Schwachsäurezeiger der Gattungen *Henlea* und *Fridericia* konzentrieren sich in der obersten Tiefenstufe, während darunter überwiegend Mäßigsäurezeiger auftreten (s. Anhang: Abbildung 50). Deren starke Präsenz bewirkt, dass die mittlere Reaktionszahl nach 2005 nicht weiter angestiegen ist. In den Dreieckdiagrammen erreicht der Anteil A-Strategen bzw. der Schwachsäurezeiger 2015 gerade die Werte von 1998 (Abbildung 32). Die Ergebnisse von 2015 deuten darauf hin, dass eine nicht in der Schlagkartei verzeichnete Kalkung stattgefunden hat, deren Wirkung hinsichtlich pH-Wert sowie Aktivität und Artenspektrum der Kleinringelwürmer sich derzeit aber nur auf die obersten Zentimeter des Profils erstreckt. Bereits jetzt ist aber auch ein positiver Effekt der Kalkung bezüglich der Aktivität insbesondere der tiefgrabenden Regenwürmer denkbar, da sie zur Nahrungsaufnahme an die Bodenoberfläche kommen.

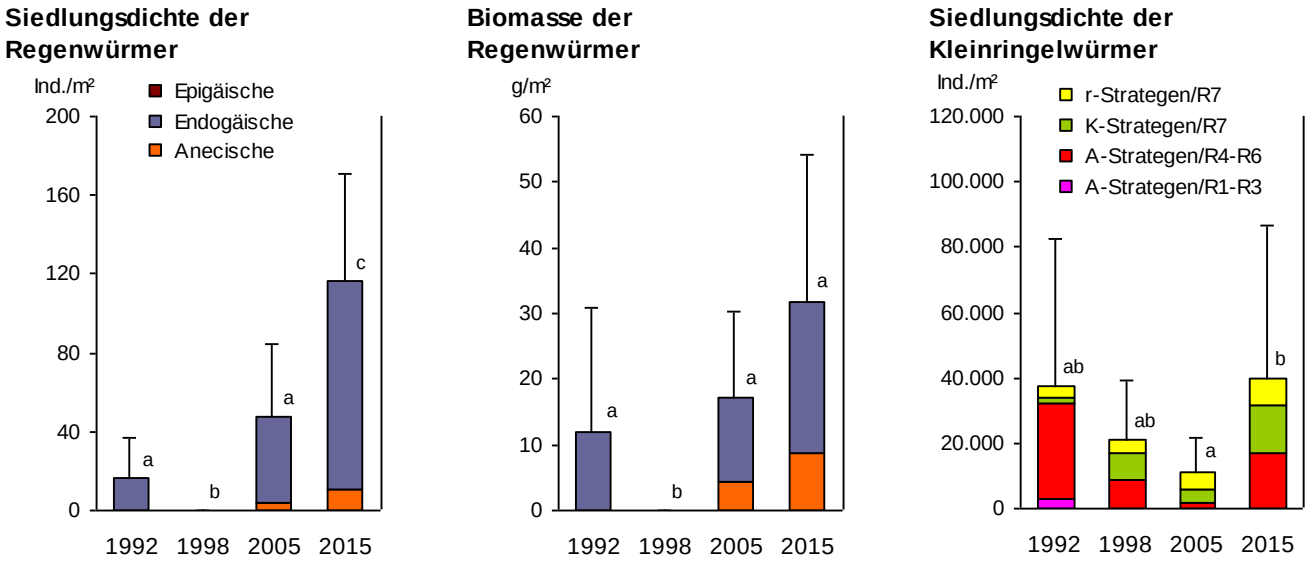
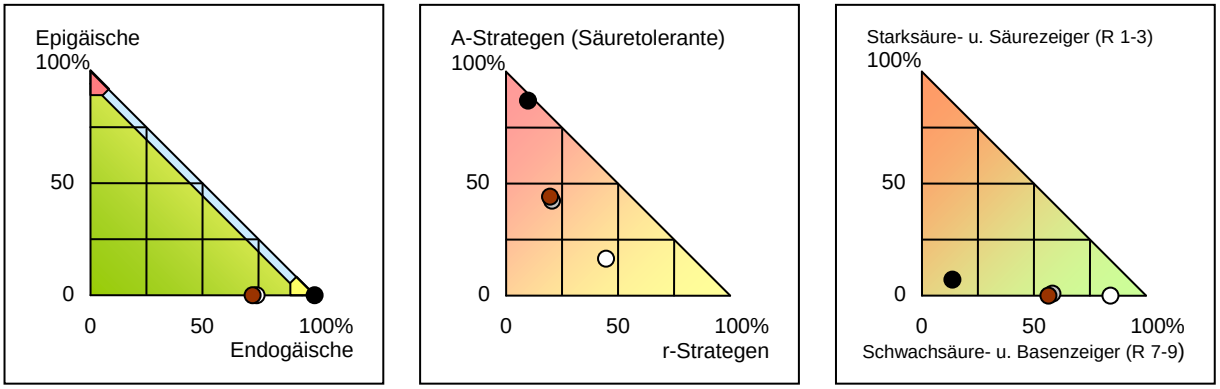


Abbildung 31: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF24 in den vier Probenahmejahren. Differenzierung nach Lebensformtypen (epigäisch, endogäisch, anecisch) der Regenwürmer bzw. nach Strategietypen (K-, r- und A-Strategen) der Kleinringelwürmer (Erläuterungen siehe Anhang 8.05). Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtabundanzen bzw. –biomassewerte



Lebensformtypen-Diagramm der Regenwürmer

Strategietypen-Diagramm der Kleinringelwürmer

Reaktionszeiger-Diagramm der Kleinringelwürmer

Abbildung 32: Position der BDF24 Bornhöved auf den Dreieckdiagrammen
(●: Erstuntersuchung, ●: 1. Wiederholung, ○: 2. Wiederholung, ●: 3. Wiederholung)

4.3.5 Beziehungen zur Bodenform und zu abiotischen Standortfaktoren

Wegen des basenarmen, sandigen Ausgangssubstrats kommt es zur Versauerung des Bodens, wenn dem nicht durch Kalkung entgegengewirkt wird. Daraus erklärt sich der relativ hohe Anteil Mäßigsäurezeiger in diesem Ackerboden. Hinsichtlich des Humusgehalts zeigt diese BDF im Vergleich mit anderen sandigen Acker-BDF niedrige Werte (HÖPER & FILIPINSKI 2014). Die geringe Humosität in Kombination mit dem niedrigen pH-Wert trägt grundsätzlich zu relativ ungünstigen Lebensbedingungen für die Bodenorganismen bei. Durch günstige Bewirtschaftungsbedingungen, wie sie im Jahr 2015 gegeben waren (Kalkung und keine Bodenbearbeitung) kann die Situation verbessert werden (s.u.).

Der Boden ist weder von Stau- noch von Grundwasser beeinflusst. Feuchtezeiger wurden daher im gesamten Untersuchungszeitraum nicht gefunden, von einem Einzelfund abgesehen.

4.3.6 Beziehungen zum Klima und zur Witterung

Die Witterungsbedingungen für die Bodenfauna waren im Untersuchungsjahr recht günstig. Die Niederschläge waren im Jahresmittel überdurchschnittlich hoch. Die Temperaturen lagen in den Wintermonaten eher über dem Durchschnitt, in den Sommermonaten eher darunter. Frost- bzw. Trockenperioden, die die Bodenfauna in ihrer Aktivität einschränken, waren daher nicht stark ausgeprägt.

4.3.7 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Die Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer im aktuellen Probenahmejahr ist typisch für nicht wendende Bearbeitung. Auch in den Jahren 1992 und 2005 war die oberste Tiefenstufe am stärksten besiedelt, der Rückgang der Siedlungsdichte mit der Tiefe war jedoch weniger stark. In diesen Jahren war im Frühjahr bearbeitet worden und die Probenahme fand nach der Maisernte statt. Im Jahr 1998 lag das Pflügen dagegen erst acht Wochen zurück, so dass hier noch eine „umgekehrte“ Vertikalverteilung erkennbar war, u.a. wegen der Konzentration der Nahrungsressourcen in den unteren Tiefenstufen. Wie bereits dargestellt, ist der seit kurzem angestiegene pH-Wert wohl auf eine Kalkung seit der letzten Bodenbearbeitung zurückzuführen. Da die Kalkwirkung sich bisher auf die obersten Zentimeter des Bodens beschränkt, ist die Bodenlebensgemeinschaft nach wie vor durch einen hohen Anteil Mäßigsäurezeiger unter den Kleinringelwürmern gekennzeichnet, die unterhalb 2,5 cm stark dominieren. Die im Jahr 2015 relativ hohe Aktivität der Regen- und Kleinringelwürmer ist also durch günstige Bedingungen hinsichtlich der Bodenbearbeitung und Kalkung zu erklären. Bei Wiederaufnahme des Pflügens ist mit einem Rückgang der Regenwurmpopulation zu rechnen.

4.3.8 Beziehungen zur Vegetation

Auf Acker-BDF finden aktuell keine Untersuchungen der Vegetationsgesellschaften statt.

4.3.9 Beziehungen zur Bodenmikrobiologie

Die mikrobielle Biomasse ist seit Untersuchungsbeginn erheblichen angestiegen (Tabelle 16). Diese Entwicklung zeigt sich allerdings bei den Werten Cmic je Gramm Boden deutlicher als Cmic je m2. Zu beachten ist, dass die Beprobungstiefe der mikrobiologischen Untersuchungen nach 2010 von 30 cm auf 10 cm geändert wurde, um der veränderten Bewirtschaftung Rechnung zu tragen. Es bleibt zu prüfen, ob „Sprünge“ in den Daten zwischen 2010 und 2011 hierauf zurückzuführen sind. Zieht man den Referenzwert für die Bodenlebensgemeinschaften sandiger Grünlandstandorte heran, so ist die mikrobielle Biomasse (SIR) 2015 als hoch zu bezeichnen und liegt jetzt oberhalb des zu erwartenden Bereiches (Beylich et al. 2005, nach HÖPER & KLEEFISCH 2001). Die Regenwurmbiomasse zeigt im Untersuchungszeitraum ebenfalls eine steigende Tendenz und 2015 den höchsten Wert.

Auf der BDF24 zeigt sich damit in der Untersuchungsperiode 2015/2016 insgesamt eine höhere biologische Aktivität als bei allen bisherigen Untersuchungen.

Tabelle 16: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF24, gemessen im Mineralboden, wenn nicht anders angegeben (Quelle: LLUR)

Parameter	1995	1998	2001	2005	2010	2011	2013	2016
Cmic (CFE) [µg C / g Boden-TS]	110	94	94	76	124	266	198	735
Cmic (CFE) [g C / m²]		45	45	33	59	41	26	114
Cmic (SIR) [µg C / g Boden-TS]		122	151	124	180	151	100	381
Cmic (SIR) [g C / m²]		59	73	54	85	23	13	60
Cmic/Corg % (CFE)	1,3	1,0	0,9	0,8	1,2	2,6	1,6	6,7
Cmic/Corg % (SIR)		1,3	1,5	1,3	1,7	1,5	0,8	3,5
Corg [cg/g Boden, entspricht %]	0,85	0,94	1,04	0,97	1,06	1,02	1,21	1,10
Corg [kg C / m²]				4,23	5,00	1,58	1,61	1,71
C/N	14,9	23,5	9,2	12,2	12,3	10,7	10,0	10,4
Ld (eff. Lagerungsdichte)		1,63	1,64	1,49	1,61			
Trockenrohdichte [g Boden TS / m³]						1,55	1,33	1,55

4.4 BDF25 Kudensee / Landscheide

Die bodenzoologische Erstuntersuchung der BDF Kudensee erfolgte am 11.7.1995. Die Wiederholungsuntersuchungen wurden am 20.11.2002, 29.11.2008 und 5.11.2015 durchgeführt.

4.4.1 Situation beim Fang der Tiere

Die Probenahme 2015 fand bei einer Lufttemperatur von 12,7°C und einer Bodentemperatur (in 10 cm Tiefe) von 9,3°C statt. Frost war in den vorangegangenen Wochen nicht aufgetreten. Der Boden war stark feucht (feu4 nach KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005)). Auffallend war der starke Viehvertritt (Abbildung 33). In geringem Umfang waren Maulwurfshaufen und Geilstellen vorhanden. Die Probepunkte 4 und 5 liegen direkt an einem Entwässerungsgraben. Der bei der Grabenpflege anfallende Aushub bedeckte auch mehr oder weniger diese Punkte (Abbildung 36). Die Proben wurden knapp neben dem Aushub genommen.

Abbildung 33: Die BDF25 am Tag der Probenahme 2015

4.4.2 Fangergebnisse

Für die Regenwürmer wurden eine Abundanz von 664 Tieren/m^2 sowie eine Biomasse von 141 g/m^2 ermittelt (Tabelle 17). Es wurden je vier endogäische bzw. epigäische Arten nachgewiesen. Knapp die Hälfte der Tiere entfiel auf die endogäische Art *Aporrectodea caliginosa* (Dominanz 47 % / Frequenz 100 %). Die zweithäufigste Art war mit *Lumbricus rubellus* eine epigäische Art (30 % / 100 %). Die übrigen Arten hatten eine Dominanz von < 10 %. Hinsichtlich der Biomasse dominierte

L. rubellus mit 47 % vor *A. caliginosa* (37 %) und *Octolasion tyrtaeum* (9 %). Die übrigen Arten trugen aufgrund ihrer geringeren Größe nur wenig zur Gesamtbiomasse bei. *Eiseniella tetraedra* und *Eisenia fetida* kamen jeweils nur an einem Probenpunkt vor. Die Art *Eisenia fetida* ist als Kompostwurm bekannt und tritt im Freiland nur selten auf.

Tabelle 17: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF25 Kudensee/Landscheide

BDF25	F	R	11.7.1995	20.11.2002	29.11.2008	5.11.2015
Regenwürmer			Makrofauna-Abundanzklasse			
Aporrectodea caliginosa	x	7	■□□□	■□□□	■□□□□	■□□□□
Aporrectodea rosea	x	7	■□	■	■□□	■□□
Allolobophora chlorotica	x	7	■□	■	■	■□
Octolasion tyrtaeum	9	7		■□□	■□□	■□□
Eiseniella tetraedra	9	7		■	■	■
Eisenia fetida	x	x				■
Lumbricus rubellus	x	x	■□□□	■□□	■□□□	■□□□
Dendrodrilus rubidus	x	x	■□□	■□	■□	■□□
Dendrobaena octaedra	x	4			■	
Kleinringelwürmer			Mesofauna-Abundanzklasse			
Marionina clavata	5	1			■	■
Cognettia sphagnetorum	x	2	■□	■□□	■□□	■□□
Achaeta aberrans	5	3	■	■□□	■	■□
Achaeta affinoides	5	4				■
Achaeta bibulba	5	5			■	
Enchytronia parva	5	6			■	
Marionina communis	5	7	■□	■	■	■
Buchholzia appendiculata	x	7		■	■	■□□
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7	■□□	■	■	■
Enchytraeus minutus agg.	x	7	■□□	■	■	■
Fridericia benti	x	7		■		■
Fridericia bisetosa	x	7				■
Fridericia bulboides	x	7	■□□	■	■	■
Fridericia christeri	x	7		■		
Fridericia galba	x	7	■			■
Fridericia glandifera	x	7	■□			
Fridericia paroniana	x	7		■	■	
Fridericia perrieri	x	7				■
Fridericia ratzeli	x	7	■			■
Fridericia cylindrica	7	7	■□	■	■	■
Fridericia sp. juv.	x	7	■□□□	■□	■	■□
Hemifridericia parva	x	7				■
Achaeta unibulba	6	7	■□	■□	■	■
Henlea perpusilla	x	7	■□□	■□	■	■
Henlea ventriculosa	x	7	■□□	■	■	■
Henlea heleotropha	x	7		■		
Enchytronia sp. (omni)	6	7	■□	■□	■	■
Marionina vesiculata	7	6	■□□	■	■	■
Marionina argentea	8	7	■	■	■	■□□
Cernosvitoviella atrata	8	x		■	■	■
Cognettia glandulosa	9	6	■□□	■□	■	■□□
Marionina filiformis	9	5		■□□	■	■□
Bryodrilus ehlersi	x	x			■	■
Artenzahl der Anneliden			23	29	31	35
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)			54	77	118	141
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)			484	328	739	664
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)			62.000	35.000	11.000	35.000
gewichtete mittlere Feuchtezahl			6,8	7,4	7,1	7,5
gewichtete mittlere Reaktionszahl			6,6	6,1	6,1	6,2
Zersetzergesellschaftstyp			Octolasietum tyrtaei			

Es wurden 27 Kleinringelwurmarten gefunden, die sich auf 11 Gattungen verteilen. Ein Viertel der Tiere gehörte der Art *Buchholzia appendiculata* an. Ebenfalls zahlreich waren *Cognettia sphagnetorum* (14 %), *Cognettia glandulosa* (13 %) und *Marionina argentea* (12 %). Allerdings kam keine Art in allen Proben vor. Etwa die Hälfte der Arten wurde nur in ein oder zwei Proben nachgewiesen. Die Säurezeiger *Cognettia sphagnetorum*, *Achaeta aberrans* und *Achaeta affinoides* kamen fast ausschließlich an den Probepunkten 4 und 5 vor, die durch den Grabenaushub beeinflusst waren, der vermutlich im Vergleich zum Kernbereich der BDF deutlich saurer ist bzw. nach Ablagerung schnell versauert. Auch der Kompostwurm *Eisenia fetida* kam einzig am Probenpunkt 4 vor. Der organische, sehr nährstoffhaltige Grabenaushub bietet dieser Art offenbar geeignete Lebensbedingungen. Auffällig war außerdem die geringe Anzahl Tiere in den Proben 1, 7 und 8. Auch die Regenwürmer zeigten in den Proben 1 und 8 eine relativ geringe Besiedlung.

Die Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer zeigt das für Feuchtgrünland typische Bild: Die oberen 2,5 cm sind am intensivsten besiedelt, darunter nimmt die Dichte sprunghaft ab (Anhang: Abbildung 52). In den unteren beiden Tiefenstufen kommen ausschließlich Arten vor, die einen Feuchtezeigerwert > 5 aufweisen oder hinsichtlich der Feuchte indifferent sind. Dies zeigt klar, dass hier die Vernässung bzw. der damit verbundene Sauerstoffmangel nicht von allen Arten toleriert werden.

4.4.3 Klassifikation

Die BDF25 wies im Untersuchungsjahr 2015 bezüglich Abundanz und Biomasse im Vergleich mit den Referenzwerten extrem hohe Werte auf (Tabelle 39 im Anhang). Darüber hinaus sind auch die Artenzahlen beider Tiergruppen außergewöhnlich hoch. Die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer liegt dagegen im durchschnittlichen Bereich.

Wie für einen Niedermoorstandort mit hoch anstehendem Grundwasser zu erwarten, fehlen anecische Regenwürmer, während epigäische Arten eine größere Rolle spielen. Es kommt eine Reihe Nässezeiger vor, während Frischezeiger weniger häufig sind. Die mittlere Feuchtezahl liegt dadurch bei 7,5. Die Mehrheit der Arten gehört außerdem den Schwachsäurezeigern an, so dass die mittlere Reaktionszahl über 6 liegt. Die gewichteten mittleren Zeigerzahlen befinden sich damit im Bereich der Erwartungen (Tabelle 40 im Anhang). Zu berücksichtigen ist, dass die mittlere Reaktionszahl ohne die nur in den Proben 4 und 5 auftretenden Säurezeiger noch etwas höher liegen würde. Die r-Strategen sind überwiegend durch die Art *Buchholzia appendiculata* vertreten, die einen Verbreitungsschwerpunkt in organischen Horizonten mit intensivem Stoffumsatz hat. Im Vergleich mit allen Daten bisheriger Untersuchungen auf Niedermoor-Grünland-BDF erreichen die r-Strategen auf der BDF25 im Jahr 2015 einen hohen Wert (IFAB 2014).

Das Fehlen anecischer Regenwürmer und das Vorkommen verschiedener Charakterarten kennzeichnen den Zersetzergesellschaftstyp auf Verbandsebene als Eiseniellion (Tabelle 38 im Anhang). Auf Assoziationsebene lässt sich der Typ wegen des Auftretens der Charakterart *Octolasion tyrtaeum* dem Octolasietum tyrtaei zuordnen. Der Bodenlebensgemeinschaftstyp nach BEYLICH et al. (2005) wird für diesen Standort über die Bodenkundliche Feuchtestufe und den pH-Wert sowie auch hier durch die bereits genannten Charakteristika des Artenspektrums definiert. Es liegt hier der Typ A 2.2 vor (Abbildung 4). Erwartungswerte für die Regenwurmbiomasse werden bei diesem Ansatz nicht angegeben. Zieht man ersatzweise den Erwartungsbereich für entwässerte Standorte auf organischem Ausgangssubstrat heran (Bodenlebensgemeinschaftstyp A 1.2.3), werden die Referenzwerte erreicht.

4.4.4 Zeitreihenvergleich

Im Untersuchungsjahr 2015 war zwar die Biomasse der Regenwürmer höher als in allen vorhergehenden Untersuchungsjahren, die Unterschiede sind allerdings nicht statistisch signifikant. Das

gleiche gilt für die ebenfalls gegenüber der ersten und zweiten Untersuchung recht hohe Abundanz (Abbildung 34). Im Vergleich zu den Vorjahren ist der Anteil epigäischer Regenwürmer höher, hinsichtlich der Biomasse ebenso wie hinsichtlich der Abundanz (Abbildung 35, links). Dafür ist hauptsächlich die Art *Lumbricus rubellus* verantwortlich, die im Gegensatz zu den meisten anderen epigäischen Arten recht groß ist und den weitaus größten Teil der epigäischen Biomasse stellt.

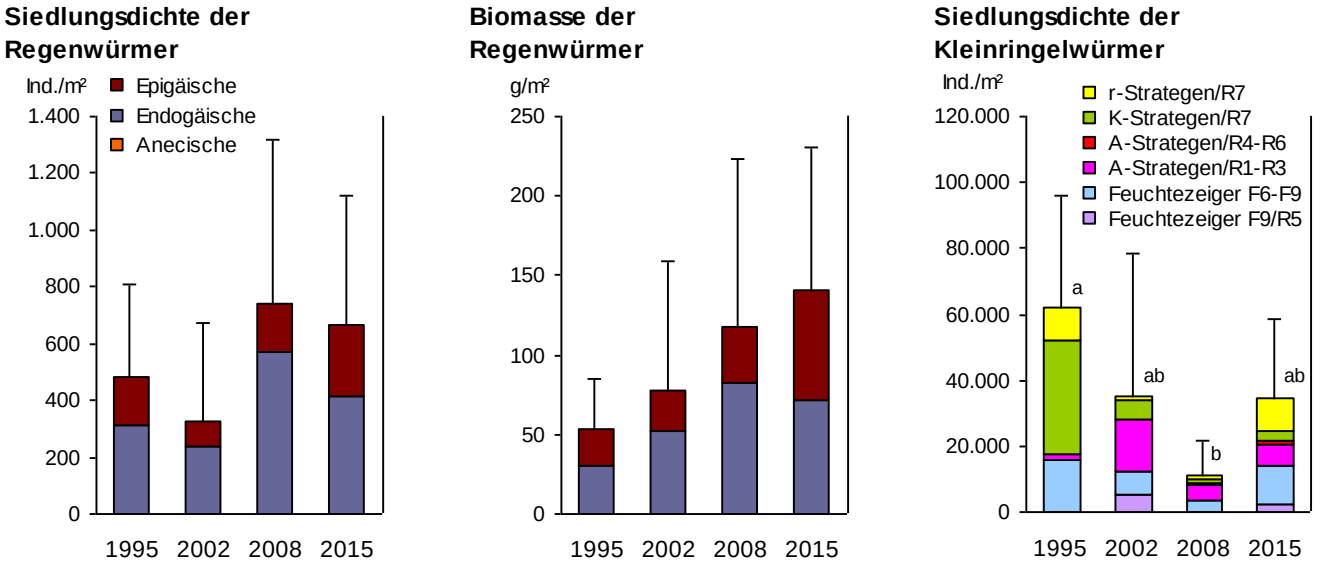
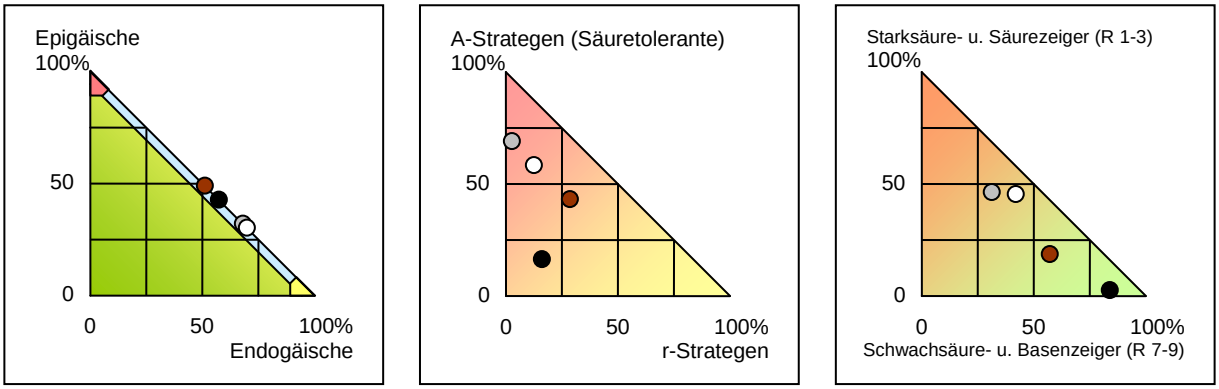


Abbildung 34: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF25 in den vier Probenahmejahren. Differenzierung nach Lebensformtypen (epigäisch, endogäisch, anecisch) der Regenwürmer bzw. nach Strategietypen (K-, r- und A-Strategen sowie Feuchtezeiger) der Kleinringelwürmer (Erläuterungen siehe Anhang 8.05). Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtabundanzen



Lebensformtypen-Diagramm der Regenwürmer

Strategietypen-Diagramm der Kleinringelwürmer

Reaktionszeiger-Diagramm der Kleinringelwürmer

Abbildung 35: Position der BDF25 Kudensee auf den Dreieckdiagrammen
(●: Erstuntersuchung, ●: 1. Wiederholung, ○ : 2. Wiederholung, ●: 3. Wiederholung)

Nachdem die Abundanz der Kleinringelwürmer über die ersten drei Untersuchungstermine eine Abnahme zeigte, lag sie 2015 auf ähnlichem Niveau wie 2002. Das Dreieckdiagramm zeigt, dass der Anteil der A-Strategen gegenüber den beiden vorhergehenden Untersuchungsjahren gesunken ist,

während der Anteil r-Strategen 2015 einen Höchststand erreicht (Abbildung 35, Mitte). Innerhalb der r-Strategen hat es eine Artenverschiebung gegeben von den *Enchytraeus*-Arten hin zu *Buchholzia appendiculata*. Die Bedeutung der Starksäure- und Säurezeiger hat gegenüber der 1. und 2. Wiederholungsuntersuchung abgenommen (Abbildung 35, rechts). Die gewichtete mittlere Reaktionszahl hat allerdings nur leicht zugenommen, da zu ihrer Berechnung die Abundanzklassen verwendet werden und nicht die in den Dreieckdiagrammen verwendeten Prozentwerte. Die mittlere Feuchtezahl ist im Vergleich mit der Voruntersuchung wieder leicht angestiegen, da einige Nässezeiger unter den Kleinringelwürmern höhere Siedlungsdichten erreichten. Die Schwankungen der mittleren Feuchtezahl innerhalb der Wiederholungsuntersuchungen sind möglicherweise witterungsbedingt. Ein Vergleich mit der Erstuntersuchung ist in dieser Hinsicht wenig sinnvoll, da 1995 im Juli Proben genommen wurden und die Nässezeiger wahrscheinlich saisonbedingt unterrepräsentiert waren. Dass Vernässung bei jener Probenahme im Oberboden kaum eine Rolle spielte, wird auch an der, im Gegensatz zu den Herbstprobenahmen, recht gleichmäßigen Verteilung der Kleinringelwürmer über die gesamte Probenahmetiefe deutlich (Anhang: Abbildung 52).

4.4.5 Beziehungen zur Bodenform und zu abiotischen Standortfaktoren

Wesentliche Standortfaktoren sind hier das hoch anstehende Grundwasser und das organische Substrat. Folglich spielen Arten eine große Rolle, die an vernässte Boden mit Sauerstoffmangelzuständen angepasst sind und/oder bevorzugt in organischen Horizonten vorkommen. Aufgrund der mäßig sauren Bodenreaktion treten überwiegend Schwach- und Mäßigsäurezeiger auf. Punktuell weichen die Bedingungen ab, wie etwa durch den Grabenaushub an den Punkten 4 und 5, woraus ein dementsprechend abweichendes Artenspektrum resultiert. An den Probenpunkten 1 und 8 fiel bei der Probenahme auf, dass der Boden verdichtet war, Steine enthielt und die Extraktionslösung für den Regenwurmfang kaum versickerte. Möglicherweise hat hier einmal ein Bodenauftrag stattgefunden. Die Höhenlinienkarte zeigt, dass der Bereich zwischen den Punkten 7, 8 und 1 etwas höher gelegen ist als die übrige Fläche (Abbildung 12). Die geringe Dichte der Kleinringelwürmer und teils auch der Regenwürmer in diesem Bereich deutet auf ungünstige Lebensbedingungen hin.

4.4.6 Beziehungen zum Klima und zur Witterung

Die Jahresniederschlagssumme 2015 lag deutlich höher als der langjährige und mittelfristige Mittelwert. Zwar war der Vormonat der Probenahme (Oktober 2015) eher arm an Niederschlägen. Einige der Sommermonate wiesen jedoch überdurchschnittliche Niederschläge auf. Möglicherweise hat dies zur gegenüber der Voruntersuchung etwas erhöhten mittleren Feuchtezahl beigetragen. Im Vergleich mit dem Zeitraum 2010-2014 weisen allerdings weder BKF noch die mittleren Grundwasserstände des Jahres 2015 auffällige Abweichungen auf (Abbildung 4, Abbildung 13). Die Darstellung der Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer zeigt, dass hohe Gesamtabundanzen dieser Tiergruppe nur dann erreicht werden, wenn der Boden soweit abgetrocknet ist, dass eine nennenswerte Besiedlung bis in 10 cm Tiefe möglich ist (Anhang: Abbildung 52). Dies war bisher nur 1995 der Fall.

4.4.7 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Die extensive Bewirtschaftung geht mit hoher Regenwurmaktivität und durchschnittlicher Aktivität der Kleinringelwürmer einher. Der erhebliche Viehvertritt hatte 2015 keinen erkennbar negativen Einfluss auf die Gesamtabundanzen, ist aber möglicherweise für den erhöhten Anteil r-Strategen verantwortlich unter den Kleinringelwürmern, da diese Arten auch als Störungszeiger angesehen werden. Die speziellen Bedingungen im Bereich der Ablagerung des Grabenaushubs (Probenpunkte 4 und 5) wurden bereits oben dargestellt (s.a. Abbildung 36).

Abbildung 36: Entwässerungsgraben mit Grabenaushub (hellerer Grasbewuchs) und den Probepunkten 4 und 5

4.4.8 Beziehungen zur Vegetation

Über die im Gesamtgutachten (IFAB 2014) dargestellte Situation hinausgehende Informationen zu vegetationskundlichen Untersuchungen liegen uns derzeit nicht vor.

4.4.9 Beziehungen zur Bodenmikrobiologie

Die mikrobielle Biomasse schwankt stark auf hohem Niveau und zeigt damit Parallelen zur überwiegend ebenfalls sehr hohen Gesamtabundanz der Regenwürmer. Mikrobielle Biomasse und Regenwurmbiomasse wiesen 2002 einen niedrigeren Wert auf als in den folgenden Untersuchungsjahren. Für den Lebensgemeinschaftstyp A 2.2 nach BEYLICH et al. (2005) werden keine Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse (SIR) angegeben. Zieht man ersatzweise den Erwartungsbereich für entwässerte Standorte auf organischem Ausgangssubstrat heran (Bodenlebensgemeinschaftstyp A 1.2.3), werden die Referenzwerte überwiegend übertroffen. Auf die Fläche bezogen liegt die mikrobielle Biomasse (g C/m^2) erheblich höher als die Regenwurmbiomasse (g Frischgewicht). Als Ursache für die hohe biologische Aktivität auf dieser BDF ist das organische Ausgangssubstrat zu sehen, welches eine reichhaltige Nahrungsquelle bietet, wenngleich das C/N-Verhältnis etwas weiter ist als auf den anderen Niedermoor-BDF.

Tabelle 18: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF25, gemessen im Mineralboden, wenn nicht anders angegeben (Quelle: LLUR)

Parameter	1996	1999	2002	2006	2011	2013	2016
Cmic (CFE) [µg C / g Boden-TS]	3371	869	2135	2396	4972	3503	3953
Cmic (CFE) [g C / m²]		45	314	103	250	156	181
Cmic (SIR) [µg C / g Boden-TS]		1860	1390	1874	833	1821	1909
Cmic (SIR) [g C / m²]		97	205	81	42	81	87
Cmic/Corg % (CFE)	1,7	0,5	1,2	1,1	2,5	0,8	1,9
Cmic/Corg % (SIR)		1,0	0,8	0,8	0,4	0,4	0,9
Corg [cg/g Boden, entspricht %]	19,86	18,97	17,15	22,08	20,27	47,54	21,20
Corg [kg C / m²]			25,24	9,49	10,20	21,13	9,71
C/N	12,7	11,5	13,3	14,3	13,7	13,3	13,7
Ld (eff. Lagerungsdichte)		0,94	0,97		0,93		
Trockenrohdichte [g Boden TS / cm³]					0,50	0,44	0,46

4.5 BDF33 Hellbachtal

Die BDF Hellbachtal wurde bodenzoologisch erstmals am 16.11.1993 untersucht. Wiederholungsuntersuchungen erfolgten am 11.11.1999, am 31.10.2006 und am 4.11.2015.

4.5.1 Situation beim Fang der Tiere

Die Lufttemperatur in Bodennähe lag bei der Probenahme 2015 bei 6,8°C, die Bodentemperatur lag bei 8,4°C in 10 cm Tiefe. In den vier Wochen vor der Probenahme war es bereits zu leichten Nachtfrösten gekommen, zuletzt 10 Tage vor der Probenahme. Die Temperaturen am Tag lagen jedoch häufig noch im zweistellig positiven Bereich. Die letzten nennenswerten Niederschläge vor der Probenahme lagen etwa zwei Wochen zurück. Es lag eine geschlossenen Vegetationsdecke aus Gräsern und Kräutern vor. Die Reizlösung für die Regenwurmextraktion versickerte nur schlecht.

Abbildung 37: BDF33 am Tag der Probenahme 2015

4.5.2 Fangergebnisse

Es wurden insgesamt nur zwei Regenwürmer gefunden, die den endogäischen Arten *Allolobophora chlorotica* und *Octolasion tyrtaeum* angehörten. Daraus ergibt sich rechnerisch eine Gesamtabundanz von 0,8 Tieren/m^2 bei einer mittleren Biomasse von 0,2 g/m^2 (Tabelle 19). An acht von zehn Probepunkten wurden mit keiner der verwendeten Methoden Regenwürmer nachgewiesen. Es wurden 17 Kleinringelwurmarten mit einer Gesamtabundanz von 18.000 Tieren/m^2 gefunden. Davon gehören 16 Arten zu den Enchytraeiden, während die Art *Pristina jenkinae* zur Familie der

Naididen gehört. Die Art kann inzwischen als kosmopolitisch angesehen werden, kommt jedoch u.a. häufig in tropischen und subtropischen Süßwasserhabitaten und Böden vor (COLLADO & SCHMELZ 2001). Die Arten *Buchholzia appendiculata* und *Cognettia glandulosa* tragen je etwa ein Viertel zur Gesamtabundanz bei (Anhang: Tabelle 36). Allerdings kommt *C. glandulosa* in fast jeder Probe vor, während *B. appendiculata* schwerpunktmäßig in zwei benachbarten Proben auftritt. Ebenfalls häufig sind zwei Arten der Gattung *Henlea* (Dominanz zusammen 33 %). Alle anderen Arten kommen nur mit geringer Dominanz und meist auch Frequenz vor. In einer Probe wurden keine Kleinringelwürmer gefunden. Auch auf dieser BDF zeigt die Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer das für Feuchtgrünland typische Bild mit einer intensiven Besiedlung der oberen Zentimeter. Im Gegensatz zur BDF25 Kudensee kommen hier unterhalb 2,5 cm fast keine Tiere mehr vor, was für eine starke oberflächennahe Vernässung spricht (Anhang: Abbildung 54).

Tabelle 19: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF33 Hellbachtal

BDF33	F	R	16.11.1993	11.11.1999	31.10.2006	4.11.2015
Regenwürmer			Makrofauna-Abundanzklasse			
Dendrobaena octaedra	x	4	■□□	■	■□	
Dendrodrilus rubidus	x	x	■	■□		
Lumbricus rubellus	x	x	■□□□	■□□	■	
Lumbricus castaneus	x	7	■			
Eiseniella tetraedra	9	7	■□□□	■□	■□□□	
Octolasion tyrtaeum	9	7	■□□	■□	■□□	■
Allolobophora chlorotica	x	7	■□□	■□□	■	■
Aporrectodea caliginosa	x	7			■	
Kleinringelwürmer			Mesofauna-Abundanzklasse			
Buchholzia appendiculata	x	7	■		■□	■□□
Enchytraeus buchholzi agg.	x	7	■	■□□	■	■
Enchytraeus minutus agg.	x	7				■
Fridericia benti	x	7	■	■	■	■
Fridericia bulboides	x	7	■	■	■	■
Fridericia galba	x	7	■	■	■	
Fridericia healyae	x	7			■	
Fridericia hegemon	x	7	■	■	■	■
Fridericia maculata	x	7	■	■	■□	■
Fridericia perrieri	x	7		■	■□	■
Fridericia ratzeli	x	7	■	■		
Fridericia sp. juv.	x	7		■□	■□	■
Hemifridericia parva	x	7	■	■	■□	■
Henlea perpusilla	x	7	■□	■	■□	■□□
Henlea ventriculosa	x	7	■	■	■	■□
Henlea heleotropha	x	7	■	■	■	
Achaeta unibulba	6	7	■			
Fridericia cylindrica	7	7				■
Marionina argentea	8	7	■	■	■□	■
Cognettia glandulosa	9	6	■□□	■□□	■□	■□□
Marionina riparia	10	7	■		■	
Bryodrilus ehlersi	x	x	■		■	■
Pristina jenkinae	x	x			■□□	■
Artenzahl der Anneliden			24	21	25	19
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)			107	45	9,4	0,2
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)			408	203	252	0,8
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)			8.913	15.788	22.154	17.876
gewichtete mittlere Feuchtezahl			8,8	8,9	8,9	8,5
gewichtete mittlere Reaktionszahl			6,6	6,8	6,8	6,9
Zersetzergesellschaftstyp			Octolasietum tyrtaei			

Tabelle 20: Entwicklung des Feuchtezeigerspektrums auf der BDF33 Hellbachtal

Feuchtezeigerspektren

F	16.11.1993	F	11.11.1999	F	31.10.2006	F	4.11.2015
5	umF 8,5	5	umF 8,8	5	umF 9,0	5	umF 8,3
6	■ gmF 8,8	6	gmF 8,9	6	8,9	6	gmF 8,5
7		7		7		7	
8	■	8	■	8	■□	8	■
9	■■■□□□□□□	9	■■■□□□□	9	■■■□□□□□□	9	■■□□
10	■	10		10	■	10	
11		11		11		11	

4.5.3 Klassifikation

Artenzahl und Abundanz der Kleinringelwürmer weisen für die Untersuchung 2015 im Vergleich mit den Referenzwerten leicht unterdurchschnittliche Werte auf (Tabelle 39 im Anhang, BEYLICH & GRAEFE 2009). Sämtliche Parameter der Regenwürmer zeigen extrem niedrige Werte!

Alle nachgewiesenen Arten sind Nässezeiger oder zeigen hinsichtlich der Feuchte ein indifferentes Verhalten. Die mittlere Feuchtezahl liegt dementsprechend recht hoch, was in Einklang mit den Standortbedingungen steht. Säurezeiger kommen nicht vor, so dass die mittlere Reaktionszahl nahe 7 liegt. Auffällig ist der hohe Anteil r-Strategen auf der BDF33 im Jahr 2015 im Vergleich mit allen Daten bisheriger Untersuchungen auf Niedermoor-Grünland-BDF (IFAB 2014). Die r-Strategen sind hier, ähnlich wie auf der BDF25, überwiegend durch die Art *Buchholzia appendiculata* vertreten, die einen Verbreitungsschwerpunkt in organischen Horizonten mit intensivem Stoffumsatz hat.

Trotz der kaum nennenswerten Besiedlung mit Regenwürmern kommt die Charakterart des Zersetzergesellschaftstyps Octolasietum tyrtaei vor, neben weiteren Charakterarten unter den Kleinringelwürmern, die den Typ auf höherer hierarischer Ebene kennzeichnen (*Cognettia glandulosa, Marionina argentea*) (Tabelle 38 im Anhang). Auch das Fehlen anecischer Regenwürmer ist typisch für diesen stark grundwasserbeeinflussten Standort, wenngleich dieser Umstand beim Fehlen fast jeglicher Regenwurmbesiedlung wenig Aussagekraft hat.

Der Bodenlebensgemeinschaftstyp nach BEYLICH et al. (2005) wird für diesen Standort über die Bodenkundliche Feuchtestufe und den pH-Wert als A 1.3 definiert. Dies erscheint hinsichtlich der niedrigen Grundwasserflurabstände nicht plausibel, zumal für den Typ A 1.3 das Vorkommen anecischer Regenwürmer typisch wäre, die bei den hier auftretenden Grundwasserständen sicher nicht zu erwarten sind. Der Lebensgemeinschaftstyp ist daher als A 2.1 zu bezeichnen. Die BDF33 liegt hinsichtlich des pH-Wertes nahe der Grenze zwischen Typ A 2.1 und A 2.2. Damit in Einklang steht, dass in den ersten drei Untersuchungen die Charakterarten beider Lebensbemeinschaftstypen vorkamen (*Eiseniella tetraedra* und *Octolasion tyrtaeum*). Erwartungswerte für die Regenwurmbiomasse werden für beide Gemeinschaftstypen nicht angegeben.

4.5.4 Zeitreihenvergleich

Der Zusammenbruch der Regenwurmpopulation 2015 hat - wenig erstaunlich - signifikant niedrigere Artenzahlen, Abundanz- und -biomassewerte als in den Vorjahren zur Folge. Die Regenwurmbiomasse, ebenso wie die Artenzahl je Probe, war allerdings auch 2006 schon signifikant gegenüber der Erstuntersuchung verringert. Während die Gesamtabundanz der Regenwürmer 2006 noch recht hoch war, zeichneten sich bereits Verschiebungen innerhalb des Artenspektrums ab: Bis dahin häufige Arten kamen nur noch in geringem Umfang vor bei gleichzeitig hoher Dominanz der beiden nässezeigenden Arten (*Eiseniella tetraedra* und *Octolasion tyrtaeum*) (Tabelle 19). Da *E. tetraedra* eine kleine Art ist, war die Regenwurmbiomasse 2006 gegenüber den Voruntersuchungen bereits stark verringert. Die zunehmende Dominanz der Nässezeiger unter den Regenwürmern deutet auf

eine zunehmende Vernässung der Fläche und daher längeren Phasen mit Sauerstoffdefizit im Oberboden hin. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit den steigenden Grundwasserflurabständen (Abbildung 17). Im Sommer 2015 hat vermutlich eine ungünstige Faktorenkombination dazu beigetragen, dass auch die Populationen der nässetoleranten Arten komplett zusammengebrochen sind.

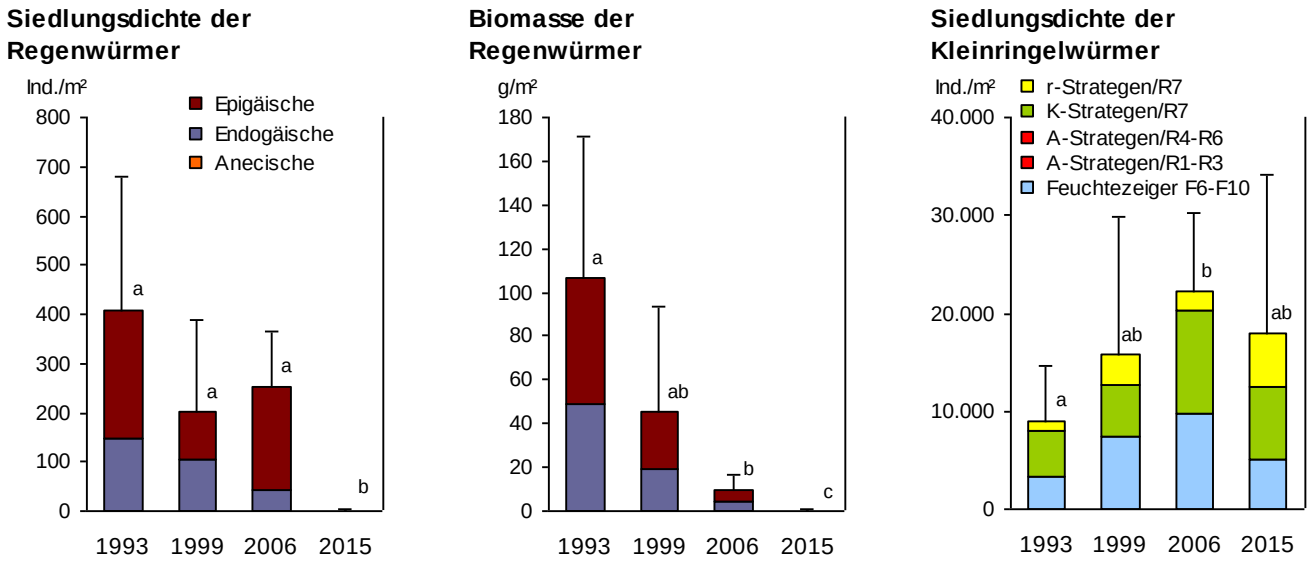
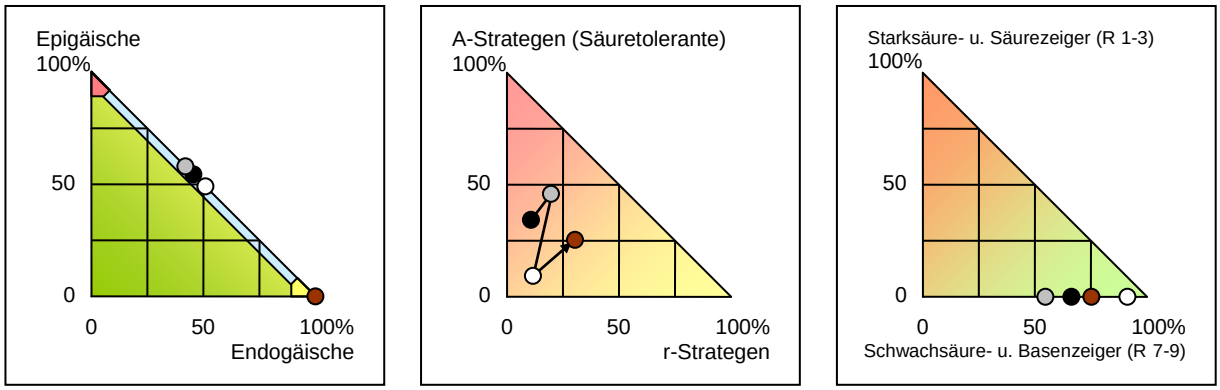


Abbildung 38: Siedlungsdichte (Abundanz) und Biomasse der Regenwürmer sowie Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF33 in den vier Probenahmejahren. Differenzierung nach Lebensformtypen (epigäisch, endogäisch, anecisch) der Regenwürmer bzw. nach Strategietypen (K-, r- und A-Strategen sowie Feuchtezeiger) der Kleinringelwürmer (Erläuterungen siehe Anhang 8.05). Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtabundanzen bzw. –biomassewerte.



Lebensformtypen-Diagramm der Regenwürmer

Strategietypen-Diagramm der Kleinringelwürmer

Reaktionszeiger-Diagramm der Kleinringelwürmer

Abbildung 39: Position der BDF33 Hellbachtal auf den Dreieckdiagrammen
(●: Erstuntersuchung, ●: 1. Wiederholung, ○: 2. Wiederholung, ●: 3. Wiederholung)

Die Kleinringelwürmer zeigen ein anderes Verhalten als die Regenwürmer: Ihre Gesamtabundanz erreichte 2006 den höchsten Wert und lag 2015 im Bereich der vorhergehenden Untersuchungen. Allerdings zeigten sich auch bei dieser Tiergruppe bereits 2006 Besonderheiten hinsichtlich des Artenspektrums. Erstens war die Gesamtartenzahl höher als zuvor und zudem die Artenzahl je Probe signifikant höher als 1999. Zweitens kam es zu einem gehäuften Auftreten von *Pristina jenkinae*, einer

Art, die auch aus tropischen Böden und Fließgewässern bekannt ist. Dies könnte mit einer Zunahme hoher Grundwasserstände insbesondere auch im Sommerhalbjahr bei vergleichsweise hohen Temperaturen in Verbindung stehen. Diese Art wurde allerdings 2015 nur noch vereinzelt nachgewiesen.

Trotz der offenbar eher steigenden Grundwasserstände auf der BDF33 ist die mittlere Feuchtezahl 2015 etwas gesunken. Ursache dafür ist, dass die beiden Regenwurmarten mit einem Feuchtezeigerwert von 9 (Nässezeiger) kaum noch vorkommen, so dass Arten mit einem etwas niedrigeren Feuchtezeigerwert mehr Gewicht bekommen, selbst wenn sie nur in geringem Umfang auftreten.

4.5.5 Beziehungen zur Bodenform und zu abiotischen Standortfaktoren

Aufgrund der standorttypischen Vernässung der Niedermoor-BDF kommen nur Arten vor, die an nasse Standortbedingungen angepasst oder der Bodenfeuchte gegenüber indifferent sind. Für andere Arten, wie z.B. tiefgrabende Regenwürmer, bietet der Standort natürlicherweise keinen geeigneten Lebensraum. Die nur mäßig saure Bodenreaktion trägt zur hohen Dominanz von Schwachsäurezeigern bei.

4.5.6 Beziehungen zum Klima und zur Witterung

Auffällig ist 2015 die hohe Dominanz zweier Enchytraeiden-Arten, die sich durch Fragmentation vermehren und typischerweise in organischen Horizonten schwach saurer Standorte vorkommen. Während die eine Art, *Cognettia glandulosa*, ein ausgesprochener Nässezeiger ist, zeigt die andere, *Buchholzia appendiculata*, ein eher indifferentes Verhalten gegenüber der Bodenfeuchte. Möglicherweise hat eine ungünstige Faktorenkombination im Sommer 2015 (Vernässung bei sommerlichen Temperaturen?) auch die Besiedlung mit Enchytraeiden reduziert. Bis zur Probenahme hatten jedoch einige Enchyträenarten, insbesondere die beiden zur Fragmentation fähigen, eher die Möglichkeit, wieder nennenswerte Populationen aufzubauen als die Regenwurmarten, welche längere Generationszeiten haben und daher ihre Populationen noch nicht wieder regenerieren konnten. Um die weitere Entwicklung zu überprüfen, sollte aus unserer Sicht der Zeitabstand von sechs Jahren bis zur nächsten bodenzoologische Untersuchung auf jeden Fall nicht überschritten werden.

4.5.7 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Das Fehlen einer nennenswerten Bewirtschaftung hat im Hinblick auf Kalkung oder Düngung bisher keine deutlichen Veränderungen der Zersetzergesellschaft hervorgerufen, da der Niedermoorboden von Natur aus ausreichend Nahrungsressourcen für die Bodenlebensgemeinschaft bzw. Pufferkapazität zum Erhalt des pH-Wertes bereithält. Sollten die steigenden Grundwasserstände durch fehlende Räumung der Gräben bedingt sein, sind die oben beschriebenen Veränderungen und insbesondere auch die fehlende Regenwurmbesiedlung mit auf die Bewirtschaftung, d.h. das Entwässerungsmanagement zurückzuführen. Allerdings ist in einem Naturschutzgebiet die Wiedervernässung von Niedermoorflächen vermutlich Bestandteil des Pflegekonzepts und auch aus Sicht der Bodenfauna nicht grundsätzlich negativ zu bewerten, da einige nässezeigende Arten speziell an diese Bedingungen angepasst sind und in anderen Habitaten nicht vorkommen.

Die Verwendung eines Mulchers zur Weidepflege in den zwei Jahren vor der Probenahme fördert u.U. die r-Strategen unter den Kleinringelwürmern, da durch das Mulchen organisches Material zerkleinert, verteilt und damit vermutlich leichter zersetzbar wird.

4.5.8 Beziehungen zur Vegetation

Über die im Gesamtgutachten (IFAB 2014) dargestellte Situation hinausgehende Informationen zu vegetationskundlichen Untersuchungen liegen uns derzeit nicht vor.

4.5.9 Beziehungen zur Bodenmikrobiologie

Die mikrobielle Biomasse schwankt erheblich, liegt aber, wie bei den anderen Niedermoorstandorten auch, deutlich höher als bei den Grünland-BDF auf mineralischem Substrat. Ab 2011 liegen die Werte für die mikrobielle Biomasse (CFE) höher als zuvor. Für den Lebensgemeinschaftstyp A 2.1 nach BEYLICH et al. (2005) werden keine Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse (SIR) angegeben. Zieht man ersatzweise den Erwartungsbereich für entwässerte Standorte auf organischem Ausgangssubstrat heran (Bodenlebensgemeinschaftstyp A 1.2.3), werden die Referenzwerte mit Ausnahme von 2013 übertroffen. Bezüglich möglicher Ursachen für den Zusammenbruch der Regenwurmpopulation liefern die Untersuchungen zur Mikrobiologie keine Hinweise.

Tabelle 21: Ausgewählte Kennwerte der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF33, gemessen im Mineralboden, wenn nicht anders angegeben (Quelle: LLUR)

Parameter	1996	1999	2002	2006	2011	2013	2016
Cmic (CFE) [µg C / g Boden-TS]	1574	1148	1691	2149	4245	3722	3047
Cmic (CFE) [g C / m²]		31	182	48	263	167	145
Cmic (SIR) [µg C / g Boden-TS]		1115	1012	1737	1870	498	1826
Cmic (SIR) [g C / m²]		30	109	39	116	22	87
Cmic/Corg (CFE)	1,6	0,9	1,9	2,1	3,7	1,3	2,6
Cmic/Corg (SIR)		0,9	1,1	1,7	1,6	0,2	1,6
Corg [cg/g Boden, entspricht %]	9,94	12,97	8,92	10,14	11,35	28,67	11,49
Corg [kg C / m²]			9,61	2,28	7,03	12,88	5,48
C/N	12,9	9,8	9,8	11,4	11,1	11,3	11,2
Ld (eff. Lagerungsdichte)		0,60	0,55		0,68		
Trockenrohdichte [g Boden TS / cm³]					0,62	0,45	0,48

4.6 BDF37 Hamburger Hallig

Die bodenzoologische Erstuntersuchung der BDF Hamburger Hallig erfolgte am 27.9.2005. Die 1. Wiederholungsuntersuchung wurde am 15.10.2015 durchgeführt.

4.6.1 Situation beim Fang der Tiere

Während der Probenahme 2015 wurden eine Lufttemperatur von 11,8°C in Bodennähe und eine Bodentemperatur von 10,6°C in 10 cm Tiefe gemessen. Frost war in den vorangegangenen Wochen noch nicht aufgetreten. Der Boden war nass (feu5 nach KA 5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005)). Am Tag vor der Probenahme war es zu erheblichen Niederschlägen gekommen. In den auf der Fläche befindlichen flachen Gräben stand Wasser. Die Vegetationsdecke war etwa 10-25 cm hoch, weitgehend geschlossen und bestand aus verschiedenen salzzeigenden Gräsern und Kräutern. Der Probenpunkt 6 befand sich in einem Graben und wurde daher leicht soweit verschoben, dass ein zusammenhängender Bohrkern gewonnen werden konnte.

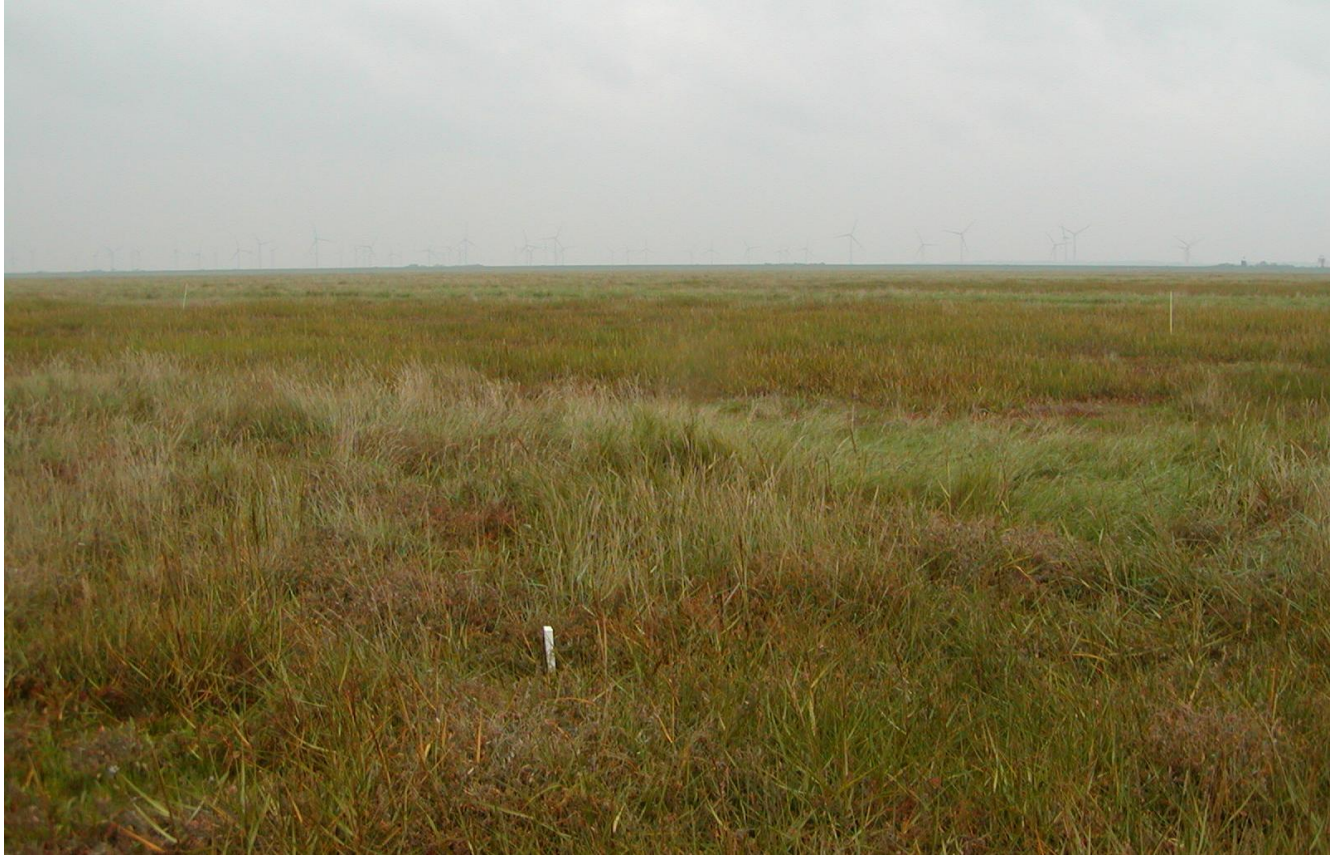


Abbildung 40: Die BDF37 am Tag der Probenahme 2015

4.6.2 Fangergebnisse

Regenwürmer wurden auf der BDF nicht gefunden. Es wurden 10 Kleinringelwurmtaxa mit einer Gesamtabundanz von 38.000 Tieren/m^2 nachgewiesen. Am häufigsten waren die Arten *Marionina subterranea* (Dominanz 36 %) und *Marionina spicula* (31 %), die in allen Proben vorkamen. *Lumbricillus lineatus* und eine mit der verfügbaren Literatur nicht bestimmbare *Marionina*-Art, die wahrscheinlich neu für die Wissenschaft ist, kamen ebenfalls regelmäßig und mit recht hoher Dichte vor (Tabelle 22). Die Vertikalverteilung der Tiere zeigt eine schrittweise Abnahme der Siedlungsdichte von oben nach unten. Über die Hälfte der Tiere wurde in der obersten Tiefenstufe gefunden (Anhang: Abbildung 56).

Tabelle 22: Entwicklung der bodenzoologischen Kennwerte der BDF37 Hamburger Hallig

BDF37	F	R	S	27.9.2005	15.10.2015
Regenwürmer keine Nachweise				Makrofauna-Abundanzklasse	
Kleinringelwürmer				Mesofauna-Abundanzklasse	
Enchytraeus albidus	8	7	5	■□□□	■
Marionina puccinellia	9	7	4		■
Stygocapitella subterranea	10	7	4		■
Lumbricillus lineatus	10	7	5	■□□□	■□□
Marionina spicula	10	7	5	■□□□	■□□□
Marionina subterranea	10	7	5	■□□□	■□□□
Lumbricillus buelowi	11	7	5	■	■
Baltidrilus costatus	11	7	5	■	■
Marionina sp. (poly)	x	x	x	■□□	■□□
Tubificidae sp. juv.	x	x	x	■□	■
Artenzahl der Anneliden				8	10
Biomasse der Regenwürmer (g/m²)				0	0
Abundanz der Regenwürmer (Ind./m²)				0	0
Abundanz der Kleinringelwürmer (Ind./m²)				60.097	38.299
gewichtete mittlere Feuchtezahl				9,7	9,7
gewichtete mittlere Reaktionszahl				7,0	7,0
gewichtete mittlere Salzzahl				5,0	4,4
Zersetzergesellschaftstyp				salzabhängige Gesellschaft	

Tabelle 23: Entwicklung des Feuchtezeigerspektrums auf der BDF37

	Feuchtezeigerspektrum		**Reaktionszeigerspektrum**		**Salzzeigerspektrum**
F	**27.9.2005**	**R**	**27.9.2005**	**S**	**27.9.2005**
3	umF 10,0	1	umR 7,0	0	umS 5,0
4	gmF 9,7	2	gmR 7,0	1	gmS 5,0
5		3		2	
6		4		3	
7		5		4	
8	■□□□	6		5	■■■■■■□□□□□□□□□□□□
9		7	■■■■■■□□□□□□□□□□□□	6	
10	■■■□□□□□□□□□	8		7	
11	■■	9		8	
F	**15.10.2015**	**R**	**15.10.2015**	**S**	**15.10.2015**
3	umF 9,9	1	umR 7,0	0	umS 4,3
4	gmF 9,7	2	gmR 7,0	1	gmS 4,4
5		3		2	
6		4		3	
7		5		4	■■
8	■	6		5	■■■■■■□□□□□□□□□
9		7	■■■■■■■■□□□□□□□□□	6	
10	■■■■□□□□□□□□□	8		7	
11	■■	9		8	

4.6.3 Klassifikation

Die nachgewiesenen Arten sind überwiegend als aquatische Arten anzusehen, die zudem, wie auf einer Salzwiese zu erwarten, meso- bis polyhalin sind, also mittlere bis hohe Salzgehalte ertragen (Tabelle 22, Tabelle 23). Die gefundenen Arten sind, soweit bekannt, nicht nur in Salzwiesen sondern Brackwasserhabitaten allgemein verbreitet (KOSSMAGK-STEPHAN 1985). Wie bereits bei der Erstuntersuchung kommt in den unteren beiden Tiefenstufen hauptsächlich die Art *Marionina subterranea* vor. Die mittlere Feuchtezahl der Artengemeinschaft liegt nahe 10 und charakterisiert den Standort

damit als ein Habitat im Übergangsbereich zwischen terrestrischen und aquatischen Lebensräumen. Die mittlere Salzzahl von 4,4 weist wie zu erwarten auf einen Lebensraum mit mäßigen bis hohen Salzgehalten hin. Alle vorkommenden Arten, die bereits einen Reaktionszeigerwert zugewiesen bekommen haben, werden den Schwachsäurezeigern zugeordnet. Im System der Zersetzergesellschaften sind die terrestrischen Salzbeeinflussten Gesellschaften bisher nicht weiter differenziert, da ausreichend Referenzuntersuchungen fehlen (Tabelle 38 im Anhang). Ähnliches gilt für das System der Bodenlebensgemeinschaften, welches keine salzbeeinflussten Typen umfasst.

4.6.4 Zeitreihenvergleich

Die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer war 2015 signifikant niedriger als 2005 (Abbildung 41). Es wurden jedoch alle Arten wieder gefunden sowie zwei weitere Arten, die 2005 noch nicht nachgewiesen worden waren. Die Art *Enchytraeus albidus* erreichte 2005 eine hohe Dominanz, kam jedoch 2015 nur in geringem Umfang vor. Da diese Art, wie fast alle *Enchytreaus*-Arten zu den r-Strategen gehört, sind starke Abundanzschwankungen, z.B. in Abhängigkeit von Nahrungsverfügbarkeit oder Stressfaktoren, nicht ungewöhnlich.

Die gewichtete mittlere Feuchte- und Reaktionszahl haben sich seit der Erstuntersuchung nicht verändert. Die Salzzahl ist etwas gesunken, da die beiden neu hinzu gekommenen Arten einen etwas niedrigeren Salzzeigerwert haben, als die übrigen Arten. Gravierende Veränderungen der Zersetzergesellschaft sind jedoch nicht zu erkennen.

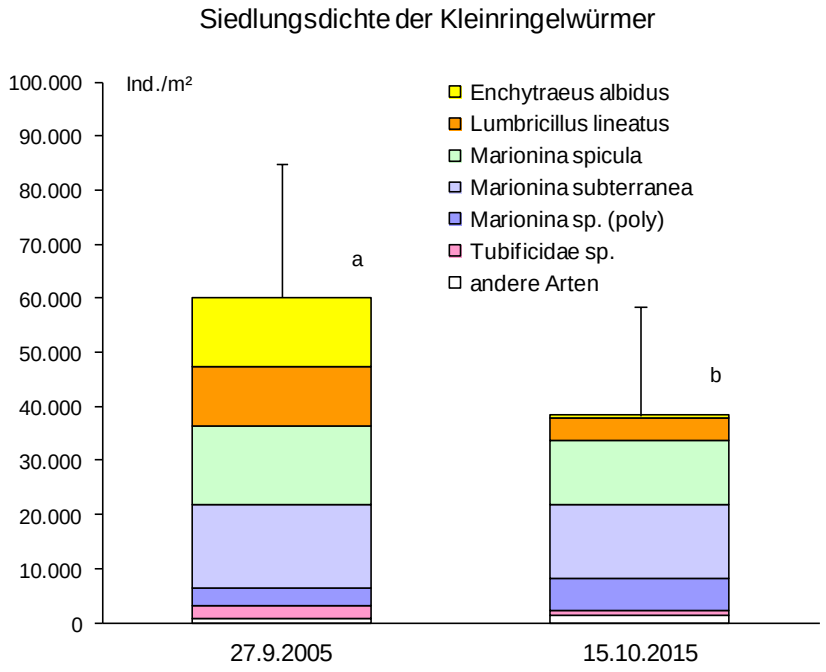


Abbildung 41: Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer auf der BDF37 in den zwei Probenahmejahren. Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtabundanzen.

4.6.5 Beziehungen zur Bodenform und zu abiotischen Standortfaktoren

Der Marschboden ist salzhaltig, carbonathaltig und unterliegt bis zur Geländeoberkante dem Grundwassereinfluss. Die Bodenkundliche Feuchtestufe liegt nahe 10. Dementsprechend kommen nur Arten vor, die gleichzeitig an einen hohen Salzgehalt des Bodens angepasst sind und phasenweise Wasserüberstau tolerieren. Unter den heimischen Regenwurmarten gibt es keine an derartige Bedingungen angepasste Art, sodass Regenwürmer hier nicht vorkommen. Der pH-Wert auf der BDF

liegt stabil bei etwas über 7; eine Versauerung ist aufgrund des regelmäßigen Baseneintrags mit dem Meerwasser nicht zu erwarten. Demzufolge kommen ausschließlich Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger vor.

4.6.6 Beziehungen zum Klima und zur Witterung

Die Jahresmitteltemperatur lag 2015 deutlich über dem langjährigen Mittel. Die Temperaturen lagen dabei in den Wintermonaten eher über dem Durchschnitt, in den Sommermonaten eher darunter. Frostperioden, die die Bodenfauna in ihrer Aktivität einschränken, waren folglich nicht stark ausgeprägt. Die Niederschläge waren im Jahresmittel 2015 überdurchschnittlich hoch. Da das Artenspektrum sowieso aus Nässezeigern bzw. marinen Arten besteht, haben erhöhte Niederschläge keinen Einfluss auf die mittlere Feuchtezahl. Andererseits nehmen neben der Witterung auch die Wasserstände der Nordsee Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt. Daher werden umgekehrt unterdurchschnittliche Jahresniederschläge ebenfalls die mittlere Feuchtezahl eher wenig beeinflussen.

4.6.7 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Auf der BDF findet extensive Schafhaltung statt. Ein Einfluss der Beweidung auf die Bodenlebensgemeinschaft ist derzeit nicht erkennbar.

4.6.8 Beziehungen zur Vegetation

Über die im Gesamtgutachten (IFAB 2014) dargestellte Situation hinausgehende Informationen zu vegetationskundlichen Untersuchungen liegen uns derzeit nicht vor.

4.6.9 Beziehungen zur Bodenmikrobiologie

Die mikrobielle Biomasse steigt seit Untersuchungsbeginn tendenziell an, wenn man vom Jahr 2013 absieht. Nimmt man die Erwartungswerte nach BEYLICH et al. (2005) als Anhaltspunkt, so ist die mikrobielle Biomasse 2016 als sehr hoch zu bezeichnen. Im Gegensatz dazu ist die Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer zwischen den beiden bisher erfolgten Untersuchungen gesunken. Sie ist im Vergleich mit den Feucht-Grünlandstandorten auf Niedermoor aber immer noch als überdurchschnittlich zu bezeichnen. Allerdings ist die Artenzahl geringer als auf den Niedermoorstandorten. Wegen der besonderen Umweltbedingungen einer Salzwiese sind die Erwartungswerte für typische Feucht-Grünländer jedoch wenig geeignet für die Bewertung der Ergebnisse dieser BDF. Geeignete Referenzwerte speziell für Salzwiesen fehlen noch wegen der geringen Untersuchungshäufigkeit der Bodenfauna dieser Ökosysteme.

Tabelle 24: Ausgewählte Parameter der mikrobiologischen Untersuchungen auf der BDF37

Parameter	2002	2006	2011	2013	2016
Cmic (CFE) [µg C / g Boden-TS]	327	851	1797	1219	2094
Cmic (CFE) [g C / m²]	19	48	104	66	104
Cmic (SIR) [µg C / g Boden-TS]	364	534	614	271	1164
Cmic (SIR) [g C / m²]	22	30	35	15	58
Cmic/Corg (CFE)	1,4	2,4	4,4	1,4	4,1
Cmic/Corg (SIR)	1,5	1,5	1,5	0,3	2,3
Corg [cg/g Boden, entspricht %]	2,39	3,54	4,09	8,70	5,09
Corg [kg C / m²]	1,42	1,98	2,36	4,73	2,54
C/N	9,2	11,2	10,5	10,6	10,3
Ld (eff. Lagerungsdichte)	1,16		1,02		
Trockenrohdichte [g Boden TS / cm³]			0,58	0,54	0,5

4.7 Vergleichende Diskussion

4.7.1 Entwicklung der bodenzoologischen Untersuchungsparameter seit der Erstuntersuchung im Flächenvergleich

Auf den sechs im Jahr 2015 bodenzoologisch untersuchten BDF wurden insgesamt 11 Regenwurmarten und 55 Kleinringelwurmarten gefunden. Unter den Kleinringelwürmern gehörten je eine Art zur Familie der Naididen bzw. der Tubificiden sowie zwei Arten zur Gruppe der Polychaeten. Die übrigen Kleinringelwürmer gehörten der Familie Enchytraeiden an. Tabelle 25 bietet eine Gesamtübersicht, wobei die *Enchytraeus*- und *Fridericia*-Arten mit gleichen Zeigerwerten zusammengefasst wurden. Die Anordnung der Arten erfolgte überwiegend nach Zeigerwerten. Da im Jahr 2015 zwei BDF mit bedeutenden Salzgehalten im Boden untersucht wurden, wird als dritte Zeigerzahl neben Reaktions- und Feuchtezahl auch die Salzzahl mit angegeben. Die Aufteilung der Tabelle in Regenwürmer (Makrofauna) und Kleinringelwürmer (Mesofauna) ist der unterschiedlichen Skalierung der Abundanzklassen geschuldet.

Die im Jahr 2015 untersuchten BDF umfassen drei Sonderstandorte, zwei Feuchtgrünländer sowie einen ackerbaulich genutzten Standort. Bodeneigenschaften, wie Bodenart, Wasserhaushalt und pH-Wert, decken ein breites Spektrum ab. Daraus erklärt sich die sehr hohe Zahl der insgesamt gefundenen Arten. Der Bandbreite an Nutzungen und Standortbedingungen entsprechend unterscheiden sich die für die Entwicklung der **standorttypischen Zersetzergesellschaft** jeweils wesentlichen Einflussfaktoren. BDF37 (Salzwiese) und BDF01 (Düne) sind durch ihre Nähe zur Nordsee **salzbeeinflusst**. Die Salzwiese wird regelmäßig vom Meer überflutet und zeigt folglich eine Zersetzergesellschaft aus überwiegend marinen Arten mit einer hohen Toleranz gegenüber Salz (Tabelle 25, gelbe Markierung). Eine gerichtete Veränderung der Bedingungen ist nicht erkennbar, wäre aber nach nur zwei Untersuchungsdurchgängen auch kaum sicher nachweisbar. Der Dünenstandort ist dagegen nur im tief liegenden Bereich durch Salzeintrag geprägt, während in den höher gelegenen Bereichen die **Versauerung** des humusarmen Sandbodens eine große Rolle spielt. Wenngleich die Humusauflage hier aufgrund der besonderen Bedingungen der Bodenentwicklung kein typischer Moder ist, finden wir als Zersetzergesellschaft das Achaeto-Cognettietum, welches üblicherweise auf Standorten mit Moder-Humusformen entwickelt ist, wie z.B. auf der BDF32 (Hahnheide; vgl. IFAB 2014). Die BDF01 zeigt eine hohe räumliche Heterogenität hinsichtlich Bodenentwicklung, Vegetation und Störeinflüssen, so dass Veränderungen der gemittelten Werte hier oft auf Veränderungen in Teilbereichen der BDF zurückzuführen sind.

Welche Entwicklung ein Marschenstandort nach Ausschluss des Salzwassers durchläuft, lässt sich an der Sukzessionsfläche BDF21 (Speicherkoog) nachvollziehen, deren Boden nach etwa 40 Jahren ohne Salzwassereinfluss offenbar keine für die Bodenfauna relevanten Salzgehalte mehr aufweist. Es kommen nur noch einige schwach salztolerante Arten der Gattung *Henlea* vor, die auch auf anderen Flächen präsent sind. Das Artenspektrum und damit der Zersetzergesellschaftstyp nähern sich im Verlauf der **Sukzession** inzwischen der auf Grünland zu erwartenden Situation an. Der Übergang vom Fridericio-Henleetum zum Fridericio-Lumbricetum wäre allerdings erst mit dem Auftreten tiefgrabender Regenwürmer vollständig vollzogen. Die Ursache für deren Fehlen ist derzeit noch unklar. Mögliche Ursache könnte die geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Arten sein.

Standorte mit dauerhaft hoch anstehendem **Grundwasser**, wie die Niedermoorflächen Kudensee (BDF25) und Hellbachtal (BDF33), werden von tiefgrabenden Regenwürmern nicht besiedelt. Charakteristisch für den Zersetzergesellschaftstyp dieser Standorte, das Octolasietum tyrtaei, ist außer dem Fehlen anecischer Regenwürmer das Vorkommen einer Reihe von Nässezeigern unter den Regenwürmern und Kleinringelwürmern (Tabelle 25, blaue Markierung). Die höhere mittlere

Feuchtezahl der BDF33 gegenüber der BDF25 zeigt eine stärkere Vernässung an. Ob der Zusammenbruch der Regenwurmpopulation auf der BDF33 im Untersuchungsjahr 2015 für alle bislang vorkommenden Arten reversibel ist, müssen kommende Untersuchungen zeigen. Das Vorkommen von Säurezeigern auf der BDF25 ist durch abweichende Bedingungen an zwei Probepunkten bedingt (Grabenaushub) und damit nicht für die gesamte BDF repräsentativ.

Die BDF24 (Bornhöved) ist die einzige der untersuchten BDF ohne Einfluss von Grundwasser oder Überflutung und gleichzeitig die einzige Fläche, auf der die anecische Regenwurmart *Lumbricus terrestris* vorkommt, allerdings erst seit dem dritten Untersuchungstermin. Wesentlich für die Bodenlebensgemeinschaft sind auf dieser Fläche Intensität und Art der **landwirtschaftlichen Nutzung**. Für anecische Regenwürmer, die dauerhafte Wohnröhren anlegen, bieten strukturschwache Sandböden vergleichsweise ungünstige Lebensbedingungen. Wenn zudem regelmäßig gepflügt wird und der pH auf Werte nahe 4 absinkt, wie auf dieser BDF zu Beginn der Untersuchungen, kommen tiefgrabende Regenwürmer nicht vor. Umgekehrt können Maßnahmen wie Kalkung, pfluglose Bearbeitung (zumindest phasenweise), organische Düngung, Grünbrache u.ä. die Bedingungen soweit verbessern, dass diese Arten sich einstellen (KRÜCK et al. 2006). Mit der Veränderung der Bewirtschaftungsbedingungen gingen auf der BDF24 außerdem ein Rückgang der Säurezeiger und damit ein Anstieg der mittleren Reaktionszahl einher. Diese BDF ist neben der BDF21 eine der wenigen in Schleswig-Holstein, auf der sich derzeit ein Wandel des Zersetzergesellschaftstyps vollzieht, der hier allerdings an die Fortsetzung bzw. Wiederholung begünstigender Bewirtschaftungsmaßnahmen gebunden ist.

Bezüglich des **Bodenlebensgemeinschaftstyps** nach BEYLICH et al. (2005) ändert sich für die BDF24 durch die beschriebenen Veränderungen dagegen an der Zuordnung nichts, da die Kategorisierung bei diesem Ansatz primär nicht nach dem Artenspektrum sondern nach den Standortfaktoren pH, BKF und Bodenart erfolgt. Für Nassstandorte mit einer Bodenkundlichen Feuchtestufe von 9-10 und einem pH-Wert < 5,5 ist der Gemeinschaftstyp A 2.2 definiert (Tabelle 41 im Anhang), der durch die Charakterart *Octolasion tyrtaeum* gekennzeichnet ist. In diese Kategorie fällt die BDF25. Für die BDF33 wäre derselbe Lebensgemeinschaftstyp zu erwarten, oder eventuell wegen des etwas höheren pH-Wertes der Typ A 2.1. Im Ökogramm (Abbildung 4) fällt die BDF33 allerdings in den Bereich des Lebensgemeinschaftstyps A 1.3 („Feuchtgrünland - anecische, endogäische und epigäische Regenwürmer vorhanden“, da die BKF um 8 und damit niedriger als auf der BDF25 liegt. Diese Zuordnung entspricht nicht den Tatsachen, da auf dieser BDF noch nie anecische Regenwürmer gefunden wurden und die Grundwasserstände sowie die mittlere Feuchtezahl der Artengemeinschaft eher höher sind als auf der BDF25 (Abbildung 3, Tabelle 25). Nicht ganz plausibel erscheint auch die Zuordnung der BDF21 zum Lebensgemeinschaftstyps A 1.3 im Ökogramm infolge der in 2015 recht hohen BKF auf dieser Fläche, denn bei der aktuellen Untersuchung wurden keinerlei feuchtezeigende Arten gefunden. Über die vergangenen fünf Jahre befindet sich die BDF21 hinsichtlich der BKF im Grenzbereich der Bodenlebensgemeinschaftstypen A1.3 und A1.2.2. und zeigt die höchste Spreizung der BKF-Werte der 2015 untersuchten BDF. Die Charakteristika der Bodenlebensgemeinschaft entsprechen eher dem Typ A1.2.2, wenn man vom Fehlen der anecischen Regenwürmer auf diesem Sukzessionsstandort absieht. Für salzbeeinflusste Standorte (BDF37 und BDF01) sind keine Bodenlebensgemeinschaftstypen definiert. Die Zuordnung der BDF01 zum Lebensgemeinschaftstyp B1 entspricht nur den Gegebenheiten im Bereich der Braun-/Graudüne auf Kuppe und Nordhang der BDF. Insgesamt betrachtet ist der Ansatz nach BEYLICH et al. (2005) für die Klassifizierung von Sonderstandorten offensichtlich wenig geeignet. Schon in vorherigen Berichten wurde darauf eingegangen, dass die BKF die Bodenfeuchtebedingungen über das Jahr als Lebensraumfaktor manchmal unzureichend abbildet (IFAB 2011).

Tabelle 25: Artenzusammensetzung und ihre Entwicklung im Flächenvergleich. Blau unterlegt: Arten mit Feuchtezeigerwert > 5 bzw. mittlere Feuchtezahl der Gesellschaft > 5. Orange unterlegt: Arten mit Reaktionszeigerwert < 6. Gelb unterlegt: Salzzeiger / marine Arten. Regenwurmarten mit Rahmen: Tiefgrabende (anecische) Arten.

			BDF	37 Hamb. Hallig		1 List				21 Speicherkoog				24 Bornhöved				25 Kudensee				33 Hellbachtal			
			Untersuchungsjahr	05	15	95	01	08	15	93	99	06	15	92	98	05	15	95	02	08	15	93	99	06	15
			Bodenart	Tu2		fSms				Lu				Su2				Hn				mSgs über Hn			
Art	Zeigerzahl																								
Regenwürmer	**F**	**R**	**S**																						
Dendrobaena octaedra	x	4	0									1	4							1		3	1	2	
Dendrodrilus rubidus	x	x	0							1	2	1	2					3	2	2	3	1	2		
Eisenia fetida	x	x	x																		1				
Lumbricus rubellus	x	x	0						1	1	3	2	3					4	3	4	4	4	3	1	
Allolobophora chlorotica	x	7	0															2	1	1	2	3	3	1	1
Aporrectodea caliginosa	x	7	0							1	4	5	4	2		3	4	4	4	5	5			1	
Aporrectodea rosea	x	7	0															2	1	3	3				
Lumbricus castaneus	x	7	0									1	4												
Lumbricus festivus	x	7	0																			1			
Lumbricus terrestris	5	7	0													1	2								
Eiseniella tetraedra	9	7	0								2	3							1	1	1	4	2	4	
Octolasion tyrtaeum tyrtaeum	9	6	0																3	3	3	3	2	3	1
Kleinringelwürmer																									
Marionina clavata	5	1	0			4	3	1	3											1	1				
Cognettia sphagnetorum	x	2	0			4	4	3	4						1			2	3	3	3				
Achaeta aberrans	5	3	0			2	2	1	3					2				1	3	1	2				
Achaeta affinoides	5	4	0											3	2	1					1				
Achaeta bibulba	5	5	0											4	3		1			1					
Enchytraeus norvegicus	5	5	0											1	1										
Enchytronia annulata	5	6	0										1				1								
Enchytronia parva	5	6	0			1	1	1	2						2	2	4			1					
Enchytronia sp. (sept)	5	6	0				2	1	1																
Hrabeiella periglandulata	5	6	0														1								
Enchytronia minor	5	7	0				1	1	2						2	1	2								
Marionina communis	5	7	0							1	1	4	2		1	1	1	2	1	1	1				
Fridericia -Arten gesamt	x	7	0				1		2	4	3	3	3	1	1	2	2	4	3	1	2	2	3	3	2
Enchytraeus -Arten gesamt	x	7	x			1	4	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	1	1	2	1	3	1	2
Fridericia minor	x	7	1							1	1					1									
Fridericia parathalassia	x	7	3							3	1	1													
Achaeta sp. (list)	x	7	x						1																
Buchholzia appendiculata	x	7	0							2	3	3	2			1			1	1	3	1		2	3
Hemifridericia parva	x	7	0																		1	1	1	2	1
Henlea heleotropha	x	7	1							2	1								1			1	1	1	
Henlea nasuta	x	7	1					1	1	1	1														
Henlea perpusilla	x	7	1							4	3	1	1	1	2	2	1	3	2	1	1	2	1	2	3
Henlea ventriculosa	x	7	1			1	2		1	1	1			1	3	1	3	3	1	1	1	1	1	1	2
Achaeta pannonica	5	8	0											1											
Achaeta unibulba	6	7	0											1				2	2	1	1	1			
Enchytronia sp. (omni)	6	7	0															2	2	1	1				
Marionina vesiculata	7	6	0															3	1	1	1				
Fridericia cylindrica	7	7	0															2	1	1	1				1
Marionina argentea	8	7	1				1	3	2									1	1	1	3	1	1	2	1
Cernosvitoviella atrata	8	x	x																1	1	1				
Marionina filiformis	9	5	0																3	1	2				
Cognettia glandulosa	9	6	0															3	2	1	3	3	3	2	3
Marionina riparia	10	7	0																			1		1	
Enchytraeus albidus	8	7	5	4	1																				
Marionina achaeta	9	7	4					1																	
Marionina pucinellia	9	7	4		1																				
Stygocapitella subterranea	10	7	4		1																				
Lumbricillus lineatus	10	7	5	4	3																				
Marionina spicula	10	7	5	4	4		1	1	1																
Marionina subterranea	10	7	5	4	4																				
Baltidrilus costatus	11	7	5	1	1																				
Lumbricillus buelowi	11	7	5	1	1																				
Achaeta sp. (serp)	x	x	x											1		1									
Enchytronia sp.(plic)	x	x	x														1								
Enchytronia sp. (pygm)	x	x	x														1								
Bryodrilus ehlersi	x	x	x																	1	1	1		1	1
Marionina sp. (poly)	x	x	x	3	3																				
Pristina jenkinae	x	x	x																					3	1
Artenzahl der Anneliden				8	10	7	14	12	17	18	20	18	18	15	14	16	15	23	29	31	35	24	21	25	19
gewichtete mittlere Feuchtezahl				9,7	9,7	5,0	5,7	6,8	5,8	5,0	7,7	6,7	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	6,8	7,4	7,1	7,5	8,8	8,9	8,9	8,5
gewichtete mittlere Reaktionszahl				7,0	7,0	3,2	5,1	5,6	5,0	7,0	7,0	6,9	6,6	5,9	6,1	6,8	6,7	6,6	6,1	6,1	6,2	6,6	6,8	6,8	6,9
gewichtete mittlere Salzzahl				5,0	4,4	0,1	0,4	0,9	0,4	0,7	0,3	0,1	0,0												
pH-Wert ($CaCl_2$) im Oberboden				7,2	7,2	3,7	3,9	3,9	3,8	6,9	7,2	6,2	6,9	4,2	4,7	4,8	4,6	4,9	5,2	4,6	5,0	5,3	5,2	5,2	5,4
Zersetzergesellschaftstyp				Salzbeeinflusste Gesellschaft		Achaeto-Cognettietum / Salzbeeinflusste Gesellschaft				Fridericio-Henleetum → Fridericio-Lumbricetum				Fridericio-Enchytraeetum → Fridericio-Lumbricetum				Octolasietum tyrtaei							

Die **gewichtete mittlere Reaktionszahl (gmR)** zeigt nur auf einer BDF durch ein leichtes Absinken eine Versauerungstendenz an, nämlich durch beginnende Entkalkung auf der BDF21. Auf der BDF24 zeigt sich umgekehrt der Effekt einer früheren Kalkung im Anstieg der Reaktionszahl. Eine offenbar kürzlich erfolgte Kalkung hatte bisher keine Auswirkung auf die gmR. Bei den BDF01 und BDF25 ist die Veränderung der Reaktionszahl nach der Erstuntersuchung möglicherweise durch kurzfristig abweichende Bedingungen an diesem Termin zu erklären.

Die Betrachtung der **Artenzahlen** zeigt, dass im Untersuchungsjahr auf der Mehrzahl der BDF mindestens ebenso viele Arten wie bei der Erstuntersuchung gefunden wurden (Abbildung 42), teils auch mehr (BDF01, BDF25, BDF37). Nur für die BDF33 wurde 2015 die geringste Artenzahl gefunden, u.a. bedingt durch den Ausfall vieler Regenwurmarten. Dennoch fallen die beiden Feuchtgrünlandstandorte insgesamt durch die höchste Artendiversität auf. Hier kommt neben vielen auch auf frischem Grünland anzutreffenden Arten eine Reihe von Arten vor, die an vernässte Standorte besonders angepasst sind. Für den Erhalt der Bodenbiodiversität eines Landschaftsraums haben derartige extensiv genutzte Feuchtgrünländer daher eine hohe Bedeutung. Bei BDF21 und BDF24 lassen die über die Jahre relativ wenig schwankende Artenzahlen nicht erahnen, dass das Artenspektrum sich erheblich verändert hat. Die im Jahr 2015 auf den BDF nachgewiesenen Regenwürmer gelten gemäß Roter Liste mit einer Ausnahme als häufig bis sehr häufig. Die Art *Eiseniella tetraedra* wurde als mittel häufig eingestuft (LEHMITZ et al. 2016).

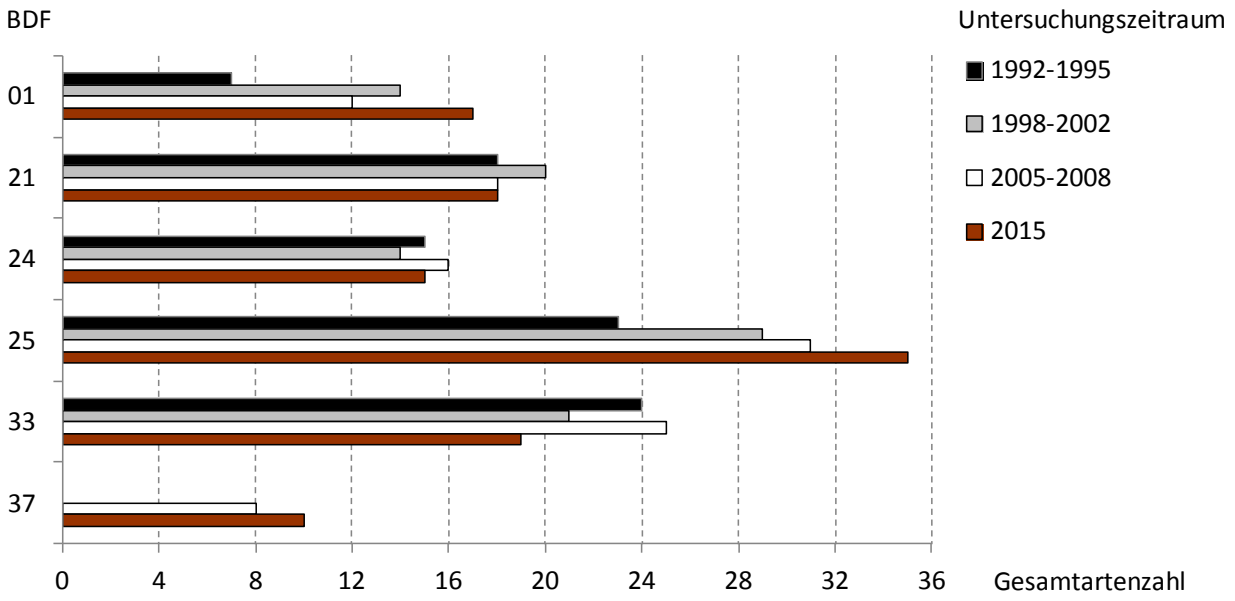


Abbildung 42: Zeitliche Entwicklung der Artenzahlen der untersuchten BDF von der Erstuntersuchung bis 2015

Die Parameter **Biomasse und Abundanz** schwanken stark im gesamten Untersuchungszeitraum (Abbildung 43). Die Aktivität der Regenwürmer zeigt auf der BDF24 seit der Erstuntersuchung eine Zunahme auf niedrigem Niveau. Die BDF21 und BDF25 weisen ebenfalls im Jahr 2015 höhere Werte als bei der Erstuntersuchung auf. Hier waren jedoch teils die Werte der vorigen Untersuchung noch höher. Auf der BDF33 war nicht nur die Regenwurmbesiedlung 2015 extrem niedrig, die Biomasse zeigt bereits seit der Erstuntersuchung eine fallende Tendenz. Die beiden Feuchtgrünlandflächen liegen hinsichtlich Biomasse und Abundanz nur selten innerhalb des Referenzbereiches zwischen 25er- und 75er-Perzentil dieser Standortkategorie (gestrichelte Linien in Abbildung 43). Meist liegen die Werte darunter (BDF33) oder darüber (BDF25). Die BDF24 erreicht hinsichtlich der Regenwurmbesiedlung nach zwei Jahren ohne wendende Bearbeitung Werte über dem Referenzbereich für

sandige Ackerstandorte. Überdurchschnittlich hohe Werte erreichen in den letzten beiden Untersuchungen die Abundanzen der Regenwürmer auf der BDF21. Da große tiefgrabende Regenwürmer fehlen, liegt die Biomasse allerdings eher im Referenzbereich der Feuchtgrünländer.

Die Entwicklung der Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer verläuft manchmal, aber bei weitem nicht immer, gegenläufig zu der der Regenwürmer. Auf der BDF33 ist dies insgesamt der Fall, auf anderen Flächen nur in einzelnen Untersuchungsjahren. Konkurrenzverhältnisse zwischen beiden Gruppen können auftreten, vermutlich insbesondere dann, wenn viele sehr kleine Regenwürmer präsent sind, die ähnliche Ressourcen wie Kleinringelwürmer nutzen (BEYLICH & GRAEFE 2012). Scheinbar gegenläufige Abundanzentwicklungen können aber auch darauf beruhen, dass Kleinringelwurmpopulationen anders auf Veränderungen reagieren bzw. sich nach Störungen schneller wieder regenerieren können. So erreichen auf der BDF24 die Kleinringelwürmer, bedingt durch die starke Präsenz von Säurezeigern, im Gegensatz zu den Regenwürmern teils den Referenzbereich für Grünlandstandorte. Abbildung 43 zeigt außerdem, dass auch an Standorten mit keiner oder geringer Regenwurmbesiedlung die Kleinringelwürmer erhebliche Abundanzen aufweisen können. Einige wenige, an extreme Bedingungen (Versauerung, Salz) angepasste Arten tragen hier zum Stoffumsatz bei.

4.7.2 Witterung und Wasserhaushalt

Obwohl der mittlere Jahresniederschlag 2015 auf fünf der BDF höher lag als im langjährigen Mittel, war eine Erhöhung der gewichteten mittleren Feuchtezahl der Anneliden gegenüber der Voruntersuchung nur bei der BDF25 in geringem Umfang gegeben. Betrachtet man den gesamten Untersuchungszeitraum, zeigen die gmF-Werte auf dieser Fläche allerdings eher Schwankungen als einen deutlichen Aufwärtstrend (Tabelle 25). Für die BDF21 ergab sich seit der 1. Wiederholungsuntersuchung eine deutlicher Rückgang der gmF, vermutlich aufgrund fortschreitender Entwässerung der BDF. Auf der BDF24 hatte der erhöhte Jahresniederschlag keinen Einfluss auf die gmF, da es in dem sandigen Boden nicht zu Staunässe und Sauerstoffdefiziten kommt. Auf der Salzwiese BDF37 wird der Wasserhaushalt stark von den Wasserständen der Nordsee und ggf. Überflutungen bestimmt, so dass erhöhte Jahresniederschläge eine geringere Rolle spielen. Dasselbe gilt für den tief gelegenen Bereich der BDF01, so dass die gmF für die gesamte Fläche wenig aussagekräftig hinsichtlich witterungsbedingter Einflüsse ist. Für die BDF33 ergab 2015 sich eine leicht gesunkene gmF trotz gleichbleibend hoher Grundwasserstände. Vermutlich ist die Ursache dafür der weitgehende Ausfall der Regenwürmer, unter denen zwei Nässezeiger bei den vorherigen Untersuchungen erheblich zur hohen gmF beigetragen hatten. Insgesamt spielen auf den untersuchten Sonderstandorten andere Faktoren, wie Überflutungshäufigkeit oder langfristige Grundwasserstände, für das Vorkommen von Nässezeigern offenbar eine größere Rolle als das mittelfristige Niederschlagsgeschehen.

Die Jahresmitteltemperatur für den Zeitraum 2010-2015 lag rund 1°C höher als das langjährige Mittel. Inwieweit diese klimatische Veränderung bereits Veränderungen im Artenspektrum nach sich zieht, ist schwer abzuschätzen. Auf der BDF33 wurde 2006 erstmals eine Kleinringelwurmart nachgewiesen, die überwiegend aus tropischen Böden weltweit bekannt ist. Diese Art wurde 2015 allerdings nur noch in wenigen Exemplaren gefunden. In Deutschland weit verbreitet ist die Enchyträenart *Buchholzia appendiculata*. Im europäischen Maßstab zeigt sie jedoch einen Verbreitungsschwerpunkt im mediterranen Raum. Die Zunahme dieser Art könnte eine Folge klimatischer Veränderungen sein. Im Untersuchungsjahr 2015 wurde *B. appendiculata* auf der BDF25 und der BDF33 mit deutlich höherer Dominanz nachgewiesen als zuvor. Da die Art jeweils nur an einigen Probepunkten vorkommt und als r-Stratege auf Störungen mit starker Vermehrung reagieren kann, sind die Ursachen für die gestiegene Dominanz im Rahmen der laufenden Untersuchungen schwer festzustellen.

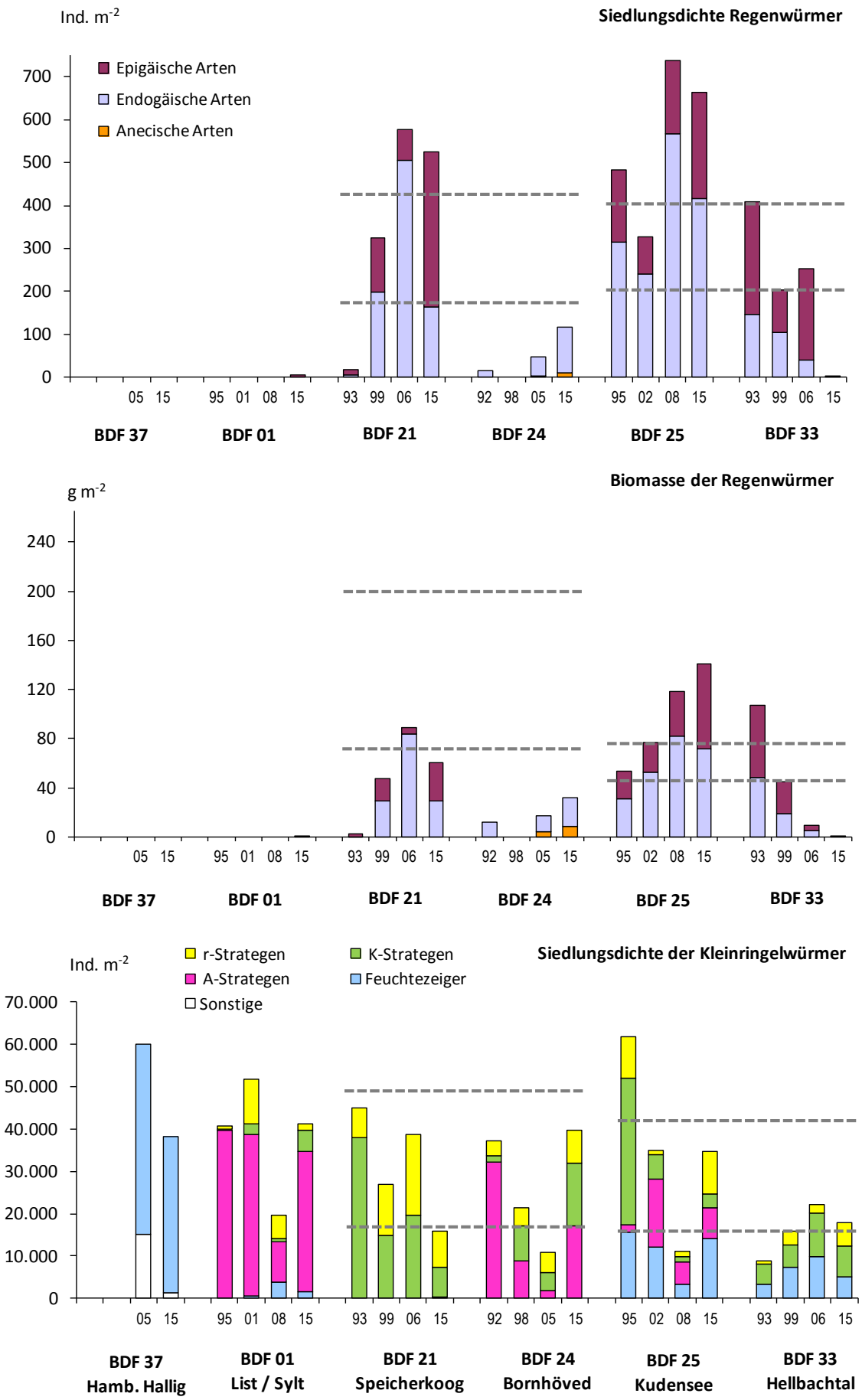


Abbildung 43: Aktivitätsparameter und ihre Entwicklung im Flächenvergleich. Flächensortierung wie in Tabelle 25. Gestrichelte Linien: 25er- und 75er-Perzentil der Referenzwertbereiche für Grünland (BDF21, BDF24) bzw. Feuchtgrünland (BDF25, BDF33) (vgl. Tabelle 39 Anhang).

4.7.3 Beziehungen zur Bewirtschaftung

Die BDF01 und die BDF37 werden extensiv von Schafen beweidet. Auf der BDF01 zeigte sich phasenweise ein deutlicher Düngungseffekt durch Schafkot in erhöhten Anteilen der r-Strategen unter den Kleinringelwürmern. 2015 war dies allerdings nicht der Fall. Für die BDF37 war kein Einfluss der Schafbeweidung erkennbar. Die BDF25 und die BDF33 werden extensiv als Rinderweide genutzt. Die Nutzung bei der BDF33 erstreckt sich nur über wenige Wochen im Jahr, während die BDF25 in den letzen Jahren von Mai bis Oktober beweidet wurde. Einflüsse wie Viehvertritt oder Maßnahmen der Wiesenpflege haben hier wahrscheinlich in einigen Untersuchungsjahren zu einem relativ hohen Anteil r-Strategen beigetragen. Ackerstandorte zeichnen sich wegen der fehlenden Streuauflage und regelmäßiger Störeinflüsse durch ein reduziertes Artenspektrum aus. Die Entwicklung auf der BDF24 zeigt jedoch, dass auf einem sandigen Acker durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (Bodenbearbeitung, Kalkung) die Bedingungen für die Bodenfauna stark zu beeinflussen sind. Insbesondere eine reduzierte Häufigkeit der Bodenbearbeitung wirkt sich positiv aus.

4.7.4 Beziehungen zur Mikrobiologie

Die mikrobielle Biomasse kann auf den beiden Niedermoorstandorten (BDF25, BDF33) deutlich höhere Werte erreichen als auf den übrigen BDF (Abbildung 44). Die Regenwurmbiomasse zeigt auf der BDF25 ebenfalls hohe Werte, während sie auf der BDF33 seit der Erstuntersuchung zurückgegangen ist. Für die sehr niedrige Regenwurmaktivität auf der BDF33 im Herbst 2015 findet sich keine Entsprechung bei der mikrobiellen Biomasse im Frühjahr 2016. Niedrige Werte für die mikrobielle Biomasse wurden auf der BDF01 gefunden sowie auf der BDF24 bis 2013. Auch hierin zeigen sich Parallelen zur Regenwurmaktivität. Der Anstieg der mikrobiellen sowie Regenwurmbiomasse auf der BDF24 in der Untersuchungskampagen 2015/2016 deutet auf für die Bodenlebensgemeinschaft verbesserte Bedingungen hin. Auch die hohe Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer weist in diese Richtung. Ansonsten zeigt die Aktivität der Kleinringelwürmer interessanterweise weniger Gemeinsamkeiten mit der mikrobiellen Biomasse als die Aktivität der Regenwürmer (Abbildung 43). Insbesondere in stark sauren Böden (BDF01, BDF24) erreichen die Enchyträen mit einigen säuretoleranten Spezialisten hohe Dichten, im Gegensatz zur niedrigen Aktivität der Regenwürmer und Mikroorganismen.

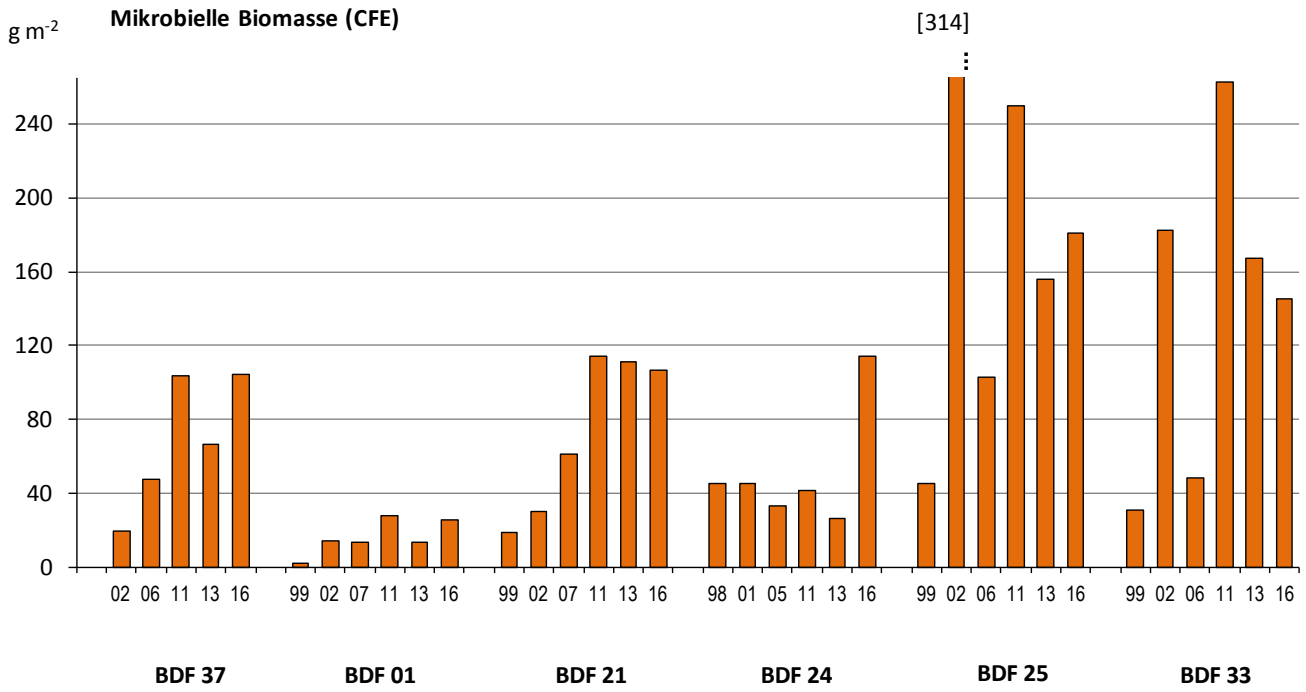


Abbildung 44: Mikrobielle Biomasse in g C / m^2 (CFE-Methode) der 2015 bodenzoologisch untersuchten BDF. Skala der Ordinate entspricht zwecks Vergleichbarkeit der der Regenwurmbiomasse in Abbildung 43. Quelle: LLUR

5 Methodendiskussion

Hinsichtlich der **Witterung** lagen an bzw. kurz vor den Probenahmetagen keine widrigen Verhältnisse (z.B. Frost, Dauerregen) vor, die die Probenahmen hätten beeinträchtigen können. Auf der BDF33 konnte die Reizlösung für die Formolextraktion der Regenwürmer nur schlecht versickern, wahrscheinlich wegen des hohen Grundwasserstandes.

Auf der BDF24 wurde für die Probenahme der Bodenstecher für Grünlandstandorte (**Probenahmetiefe** bis 10 cm) verwendet aufgrund der Vorabinformation, dass die Fläche aktuell als Wiese / Grünland genutzt wird. Aus den inzwischen zur Verfügung stehenden Daten der Schlagkartei wird ersichtlich, dass die Fläche zwar 2014-2015 für den Anbau von Gras / Grünfutter genutzt und in dieser Zeit nicht gepflügt wurde. Die Fläche wird aber alle paar Jahre umgebrochen und es wird im Wechsel Getreide und Grünfutter angebaut. Insofern handelt es sich eher um eine Acker- als um eine Grünlandnutzung. Folglich wäre die Verwendung des Bodenstechers für Ackerstandorte (Probenahmetiefe bis 24 cm) möglicherweise sinnvoller gewesen, da mit einer Probenahmetiefe von nur 10 cm der Ap-Horizont sicher nicht vollständig erfasst wurde. Vermutlich wurde dadurch die Gesamtabundanz etwas unterschätzt. Wir gehen aber davon aus, dass die Probenahme geeignet war, das Artenspektrum vollständig zu erfassen.

Einige BDF weisen erhebliche **Heterogenitäten** auf, was bei der BDF01 durchaus gewollt ist. Bei der BDF25 lässt sich die Beeinflussung von zwei Probepunkten durch die Nähe zum Graben wegen des Zuschnitts des Schlages nicht vermeiden. Die über die gesamte BDF gemittelten Werte haben in diesen Fällen nur beschränkte Aussagekraft. Darauf wird in den Ergebniskapiteln entsprechend eingegangen und Teilbereiche der jeweiligen BDF werden ggf. getrennt betrachtet.

6 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der bodenzoologischen Untersuchung von sechs Boden-Dauerbeobachtungsflächen im Jahr 2015 dargestellt und diskutiert. Fünf der Flächen wurden bereits zum vierten Mal untersucht. Die BDF37 Hamburger Hallig wurde später ins Programm aufgenommen und durchlief 2015 erst den zweiten Untersuchungsdurchgang. Bei den untersuchten BDF handelte es sich um zwei extensiv bewirtschaftete Feuchtgrünländer (BDF25 und BDF33), eine Ackerfläche (BDF24), eine Düne (BDF01), eine Sukzessionsfläche (BDF21) sowie eine Salzwiese (BDF37). Die Ausgangssubstrate der Bodenbildung decken eine weite Bandbreite von Niedermoortorf über Sand, schluffigen Lehm bis hin zu schluffigem Ton ab. Untersucht wurden die Regenwürmer als Vertreter der Makrofauna und die Kleinringelwürmer als Vertreter der Mesofauna. Die Aktivitätsparameter Abundanz und Biomasse (letztere nur für Regenwürmer) sowie die Diversitätsparameter Artenzahl, Artenzusammensetzung, Dominanz und Frequenz der Arten werden mit den Ergebnissen der Voruntersuchungen verglichen. Die Entwicklung ab der Erstuntersuchung wird unter Einbeziehung von Informationen zu abiotischen Bodeneigenschaften, zur Witterung und zur in den Schlagkarteien dokumentierten Bewirtschaftung interpretiert.

Den sehr unterschiedlichen Standortbedingungen entsprechend sind auf den 2015 untersuchten BDF ganz verschiedene Zersetzergesellschaftstypen entwickelt. Die Artenzusammensetzung spiegelt die jeweils wirksamen Einflussfaktoren wieder. Bei der BDF Hamburger Hallig liegt eine salzbeeinflusste Gesellschaft vor. Dies ist bei der BDF List nur im unteren Bereich der Düne der Fall, während im oberen Hangbereich der Gesellschaftstyp saurer Standorte mit Moderauflage auftritt (Achaeto-Cognettietum). Auf dem Sukzessionsstandort BDF21 ist die Entwicklung seit der Erstuntersuchung durch Entsalzung, Entwässerung und Entkalkung geprägt. Für die vollständige Ausprägung des Gesellschaftstyps der Äcker und Grünländer auf Lehmböden (Fridericio-Lumbricetum) fehlen derzeit noch tiefgrabende Regenwürmer. Bemerkenswert ist, dass dieser Gesellschaftstyp inzwischen auf der BDF Bornhöved trotz des sandigen Bodens anzutreffen ist. Aufgrund von Veränderungen in der Bewirtschaftung konnte sich hier eine tiefgrabende Art etablieren. Die Zersetzergesellschaften der BDF25 und BDF33 sind geprägt durch hoch anstehendes Grundwaser, was mit dem Fehlen anecischer Regenwürmer und dem Vorkommen zahlreicher Feuchte- und Nässezeiger einhergeht (Gesellschaftstyp Octolasietum tyrtaei).

Nur auf den vier Flächen, die durch Grundwassereinfluss oder phasenweise Überflutung gekennzeichnet sind, kommen derzeit Feuchte- oder Nässezeiger unter den Kleinringelwürmern vor. Auf der BDF Speicherkoog steht das Grundwasser im Mittel etwa 1 m unter Flur und hat derzeit keinen erkennbaren Einfluss auf die Bodenlebensgemeinschaft oder die Vegetation. Auf der BDF Bornhöved spielt Grund- oder Stauwasser keine Rolle.

Die gewichtete mittlere Feuchtezahl der Boden-Lebensgemeinschaft ist nur auf der BDF25 leicht gestiegen. Es liegt allerdings kein durchgehend steigender Trend seit der Erstuntersuchung vor. Auf den anderen fünf BDF ist die gewichtete mittlere Feuchtezahl seit der letzten Untersuchung gesunken oder gleich geblieben. Die Ergebnisse lassen keine kurzfristige Reaktion auf die Witterung erkennen, die im Untersuchungsjahr durch einen relativ hohen Jahresniederschlag gekennzeichnet war. Auf den untersuchten Sonderstandorten spielen andere Faktoren, wie Überflutungshäufigkeit oder langfristige Grundwasserstände für das Vorkommen von Nässezeigern wahrscheinlich eine größere Rolle als die Witterung.

Die gewichtete mittlere Reaktionszahl ist nur auf den BDF List und Speicherkoog nennenswert abgesunken seit der Voruntersuchung. Auf der BDF Speicherkoog steht dies wohl mit der

beginnenden Entkalkung des Marschbodens in Zusammenhang. Für die BDF List ist diese Veränderung mit Vorsicht zu interpretieren, da die verschiedenen Teilbereiche der BDF eine unterschiedliche Entwicklungsdynamik aufweisen.

Die Gesamtartenzahl liegt auf fünf der untersuchten BDF ebenso hoch wie bei der Erstuntersuchung oder höher. Regenwurmarten, die gemäß der Roten Liste Deutschlands als „selten / sehr selten / extrem selten“ einzustufen wären, kommen derzeit auf den untersuchten BDF nicht vor. Auf der BDF33 kam es 2015 zum fast vollständigen Ausfall der Regenwürmer, so dass das Artenspektrum entsprechend reduziert war. Die Ursache dafür ist bislang unklar. Hier bietet sich die Gelegenheit nachzuforschen, in welchem Zeitraum sich eine fast ausgelöscht Besiedlung wieder regeneriert.

Die Daten der BDF bieten eine wichtige Referenz, da es anderweitig kaum langfristig erhobene bodenzoologische Daten gibt. Diese Tatsache ist auch vor dem Hintergrund bedeutsam, dass im aktuellen Bericht, wie bereits in den Vorjahren, mittelfristige klimatische Veränderungen für mehrere BDF-Standorte dokumentiert sind (Temperaturerhöhung, Jahresniederschläge). Da es sich bei den 2015 untersuchten Standorten teils um Sonderstandorte mit einer, im Vergleich zu landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen, weniger anthropogen beeinflussten Entwicklung handelt, werden sich hier andauernde klimatischer Veränderungen möglicherweise besonders deutlich auswirken. Eine weitere Beobachtung der bodenzoologischen Parameter kann daher wertvolle Informationen zu Richtung und Geschwindigkeit solcher Veränderungen liefern.

Tabelle 26: Klassifikation, Zeigerverhältnisse und Entwicklungstendenzen der Bodenlebensgemeinschaft sowie ihre Beziehungen zu anderen Standorteigenschaften

BDF	Klassifikation	Indikatoren und Zeigerverhältnisse	Entwicklungs-tendenzen	Beziehungen zu Bodenform und abiotischen Faktoren	Beziehungen zu Witterungs-einflüssen	Beziehungen zur Bewirtschaftung	Beziehungen zur Vegetation	Beziehungen zur Bodenmikro-biologie
BDF01	Achaeto-Cognettietum (Kuppe, Nordseite) bzw. Salzbeeinflusste Zersetzergesellschaft (am Hangfuß, Südseite)	Regenwürmer in wenigen Exemplaren; Aktivität der Kleinringelwürmer mittel; am Nordhang hohe Dominanz von Säurezeigern, am Süd-hang dominieren Schwach-säurezeiger, am Hangfuß mehrere Salzzeiger; geringer Anteil r-Strategen	2015 erstmals Regenwürmer nachgewiesen; im mittleren Bereich der BDF starke, ungerichtete Schwankungen der Anteile der Strategietypen	kleinräumig wech-selnde Bedingungen hinsichtlich Entkal-kung, Versauerung und Salzeintrag bestimmen Ausprä-gung verschiedener Zersetzergesell-schaftstypen	2015 keine extreme Witterung mit Auswirkungen auf die Bodenfauna; allg.: Hochwassersituation beeinflusst Anteil Nässezeiger am Hangfuß und damit mittlere Feuchtezahl	schwankende Anteile an r-Strategen durch unterschiedliche Präsenz von Schafen	Zersetzergesell-schaft korres-pondiert mit Entwicklungs-stadien der Düne und der dafür jeweils typischen Vegetation	Hohe mikrobielle Aktivität in der organischen Auflage, geringe im Mineralboden entspricht der vertikalen Aktivi-tätsverteilung der Kleinringelwürmer
BDF21	Fridericio-Henleetum (Salzbeeinflusste Zersetzergesellschaft) ➔Fridericio-Lumbricetum (Zersetzergesellschaft von frischem Grünland)	Siedlungsdichte der Regenwürmer hoch bei niedriger Biomasse, anecische Arten fehlen, epigäische Arten dominieren; Aktivität der Kleinringelwürmer niedrig; hoher Anteil r-Strategen, keine Feuchtezeiger	mittlere Reaktions-zahl leicht abge-sunken, mittlere Feuchtezahl stark abgesunken, mittlere Salzzahl inzwischen nahe 0; Artenzahlen beider Tiergruppen entwickeln sich gegensätzlich	gewichtete mittlere Zeigerzahlen weisen auf vollständige Entsalzung und beginnende Entkalkung hin; Entwässerung verhindert Auftreten von Feuchtezeigern	Jahresniederschlag und BKF lagen 2015 relativ hoch, Auswirkungen auf die Bodenfauna, z.B. hinsichtlich Feuchtezeigern, nicht erkennbar	-	mittlere Feuchte- und Reaktionszei-gerwerte in ähnlichen Bereichen wie bei der Pflanzen-gesellschaft	sehr hohe Werte für mikrobielle Aktivität, Abundanz der Regenwürmer und Dominanz der r-Strategen deuten auf intensive Umsetzungs-prozesse hin
BDF24	Fridericio-Enchytraeetum (Zersetzergesellschaft von sandigen Ackerstandorten) ➔Fridericio-Lumbricetum (Zersetzergesellschaft von frischem Grünland und lehmigen Ackerstandorten)	Regenwurmaktivität für sandige Ackerstandorte hoch, endogäische und anecische Regenwurmarten vorhanden; Aktivität der Kleinringelwürmer für sandige Ackerstandorte sehr hoch; erheblicher Anteil Säurezeiger	anecische Regenwürmer inzwischen mit stabiler Population, Anteil Mäßigsäurezeiger im Vergleich zur vorigen Untersuchung angestiegen	Versauerung des sandigen Bodens bewirkt hohe Dominanz von Mäßigsäurezeigern; Feuchtezeiger nicht zu erwarten mangels Grund- oder Stauwasser	Jahresniederschlag lag 2015 relativ hoch, Trocken- und Frostphasen nicht stark ausgeprägt, daher günstige Bedingungen	reduzierte Bodenbearbeitung in den Vorjahren wirkt sich positiv auf Gesamtabun-danzen beider Tiergruppen und speziell anecische Regenwürmer aus; kürzlich erfolgte Kalkung noch ohne deutliche Wirkung	- [auf Acker-BDF aktuell keine Erhebungen zur Vegetationsge-sellschaft]	mikrobielle Biomasse zeigt ähnlich wie Regenwurm-aktivität steigende Tendenz seit Beginn der Untersuchungen

Tabelle 26: Klassifikation, Zeigerverhältnisse und Entwicklungstendenzen der Bodenlebensgemeinschaft sowie ihre Beziehungen zu anderen Standorteigenschaften

BDF	Klassifikation	Indikatoren und Zeigerverhältnisse	Entwicklungs-tendenzen	Beziehungen zu Bodenform und abiotischen Faktoren	Beziehungen zu Witterungs-einflüssen	Beziehungen zur Bewirtschaftung	Beziehungen zur Vegetation	Beziehungen zur Bodenmikro-biologie
BDF25	Octolasietum tyrtaei (Zersetzergesellschaft von basenreichen Nieder-mooren)	sehr hohe Regen-wurmabundanz und -biomasse, epigäische und endogäische Regenwürmer vorhanden; mittlere Dichte der Kleinringelwürmer, Anteil r-Strategen hoch; insgesamt hohe Artenzahl	gewichtete mittlere Feuchtezahl leicht ansteigend; Artenzahl seit Erstuntersuchung steigend	Grundwasserein-fluss vorhanden, daher erwartungs-gemäß keine tiefgrabenden Regenwürmer; Feuchtezeiger bei beiden Tiergruppen präsent	BKF und GW-Stand 2015 im Bereich der Vorjahre, Jahres-niederschlag jedoch relativ hoch; dadurch ev. Anstieg der mittleren Feuchtezahl	Artenspektrum nahe Graben (Aushub!) abweichend; starker Viehvertritt ohne erkennbare Auswirkung; Extensivierung fördert eventuell hohe Artenzahl	Aktuelle Daten zur Vegetations-kunde lagen uns nicht vor	Mikrobielle Biomasse und Regenwurmbio-masse sehr hoch: organisches Substrat fördert biologische Aktivität
BDF33	Octolasietum tyrtaei (Zersetzergesellschaft von basenreichen Nieder-mooren)	Regenwurmaktivität **extrem** niedrig, nur endogäische Regenwürmer nachgewiesen; Dichte der Kleinringelwürmer mittel, Säurezeiger fehlen, Nässe- und Feuchtezeiger mit mehrerenArten präsent, Anteil r-Strategen relativ hoch	Regenwurmaktivität seit Erstuntersu-chung stark abneh-mend; gewichtete mittlere Feuchte-zahl leicht ab-, gewichtete mittlere Reaktionszahl leicht zunehmend seit Erstuntersu-chung; GW-Stände seit Erstuntersu-chung steigend	Grundwasser ganz-jährig oberflächennah anstehend, daher Feuchte- und Nässezeiger regel-mäßig vorhanden; tiefgrabende Regenwürmer nicht zu erwarten	BKF und GW-Stand 2015 im Bereich der fünf Vorjahre, Jahres-niederschlag etwas über dem langjährigen Mittel	BDF wird nur schwach entwässert, daher hohe GW-Stände; BDF wird sehr extensiv beweidet; Einsatz des Mulchers zur Weidepflege fördert evtl. r-Strategen	Aktuelle Daten zur Vegetations-kunde lagen uns nicht vor	Mikrobielle Biomasse sehr hoch, im Gegensatz zur Regenwurmbio-masse
BDF37	Salzbeeinflusste Zersetzergesellschaft	Mittlere bis hohe Aktivität der Kleinringelwürmer, Regenwürmer fehlen; ausschließlich Nässezeiger oder aquatische Arten mit Toleranz gegenüber Salz; keine Säurezeiger	Artenzahl seit Erstuntersuchung leicht gestiegen	Artenspektrum aus meso- bis polyhalinen Arten spiegelt den bestim-menden Einfluss des Meerwassers wieder	BKF nahe 10 ist durch Grund- bzw. Meerwasserstand bedingt; Witterungseinfluss für 2015 nicht erkennbar	Einfluss der extensiven Schafbeweidung ist nicht erkennbar	Aktuelle Daten zur Vegetations-kunde lagen uns nicht vor	Mikrobielle Biomasse sehr hoch, seit Erst-untersuchung steigend, Sied-lungsdichte der Kleinringelwürmer dagegen sinkend

7 Literaturverzeichnis

AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover, 438 S.

BARTH, N., BRANDTNER, W., CORDSEN, E., DANN, T., EMMERICH, K.-H., FELDHAUS, D., KLEEFISCH, B., SCHILLING, B., UTERMANN, J. (2000): Boden-Dauerbeobachtung – Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., KÖNIG, W., EINSELE, G. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9152, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 127 S.

BEYLICH, A., G. BROLL, U. GRAEFE, H. HÖPER, J. RÖMBKE, A. RUF, B.-M. WILKE (2005): Biologische Charakterisierung von Böden: Ansatz zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. BVB-Materialien 13, 78 S.

BEYLICH, A., GRAEFE, U. (2002): Annelid coenoses of wetlands representing different decomposer communities. In: BROLL, G., MERBACH, W., PFEIFFER, E.-M. (eds.): Wetlands in Central Europe. Soil organisms, soil ecological processes and trace gas emissions. Springer, Berlin: 1-10.

BEYLICH, A.; GRAEFE, U. (2009): Investigations of annelids at soil monitoring sites in Northern Germany: reference ranges and time-series data. Soil Organisms, 81: 175–196.

BEYLICH, A., GRAEFE, U. (2012): Relationships between microannelid and earthworm activity. In: SCHRADER, S. & SCHMELZ, R.M. (Hrsg.): Newsletter on Enchytraeidae No. 12 – Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research, Special Issue 357: 1-12.

BOUCHÉ, M. B. (1972): Lombriciens de France. Écologie et Systématique. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 671 S.

BRINKHURST, R.O., JAMIESON, B.G.M. (1971): Aquatic Oligochaeta of the World. Oliver & Boyd, Edinburgh, 860 pp.

COLLADO, R., SCHMELZ, R.M. (2001): Descriptions of three Pristina species (Naididae, Clitellata) from Amazonian forest soils, including *P. marcusi* sp. nov. Hydrobiologia 463: 1-11.

DIN ISO 23611-1: Bodenbeschaffenheit – Probenahme von Wirbellosen im Boden – Teil 1: Handauslese und Formalinextraktion von Regenwürmern. Berlin: Beuth 2006.

DIN ISO 23611-3: Bodenbeschaffenheit – Probenahme von Wirbellosen im Boden – Teil 3: Probenahme und Bodenextraktion von Enchytraeen. Berlin: Beuth 2007.

DUNGER, W. (1990): Ökologische Grundlagen der Besiedlung der Bergbaufolgelandschaft aus bodenzoologischer Sicht. Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz. 61,1: 59-64.

DUNGER, W. (1991): Zur Primäresukzession humiphager Tiergruppen auf Bergbauflächen. Zool. Jb. Syst. 118: 423-447.

DUNGER, W., FIEDLER, H.J. (1997): Methoden der Bodenbiologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 539 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.

EMMERLING, C., STRUNK, H. (2012): Active dispersal of the endo-anecic earthworm *Aporrectodea longa* (Ude) in an experimental box. Soil Organisms 84(3): 491-498.

GRAEFE, U. (1993): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 69: 95-98.

GRAEFE, U., BELOTTI, E. (1999): Strukturmerkmale der Bodenbiozönose als Grundlage für ein natürliches System der Humusformen. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 89: 181-184.

GRAEFE, U., GEHRMANN, J., STEMPELMANN, I. (2001): Bodenzoologisches Monitoring auf EU-Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 96: 331-332.

GRAEFE, U., ELSNER, D.-CHR., GEHRMANN, J., STEMPELMANN, I. (2002): Schwellenwerte der Bodenversauerung für die Bodenbiozönose. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 98: 39-40.

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.

HÖPER, H., B. KLEEFISCH (2001): Untersuchung bodenbiologischer Parameter im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung in Niedersachsen. Bodenbiologische Referenzwerte und Zeitreihen. Arbeitshefte Boden 2001/4, 94 S.

HÖPER, H., FILIPINSKI, M. (2014): Ist der Humusgehalt unserer Böden wirklich so unter Druck? Die Entwicklung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff im Boden in Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Vortrag zur Fachtagung „25 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein. 5.-6.11.2014“ in Neumünster.

IFAB (2008): Bodenzoologische Untersuchungen an vier Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein im Jahr 2008. Abschlussbericht im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, 78 S.

IFAB (2011): Bodenzoologische Untersuchungen an sechs Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein in den Jahren 2009 bis 2011. Abschlussbericht im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, 138 S.

IFAB (2014): Gesamtgutachten zu den bodenzoologischen Untersuchungen an Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein für den Zeitraum 1992 bis 2012. Abschlussbericht im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, 204 S.

KOSSMAGK-STEPHAN, K.J. (1985): Systematik, Faunistik und Lebenszyklus mariner Oligochaeten in der Nord- und Ostsee. Dissertation Universität Göttingen, 306 S.

KRÜCK, S., JOSCHKO, M., SCHULTZ-STERNBERG, R., KROSCHEWSKI, B., TESSMANN, J. (2006): A classification scheme for earthworm populations (Lumbricidae) in cultivated agricultural soils in Brandenburg, Germany. J Plant Nutr. Soil Sci. 169: 651-660.

LEHMITZ, R., RÖMBKE, J., GRAEFE, U., BEYLICH, A. & KRÜCK, S. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Regenwürmer (Lumbricidae et Criodrilidae) Deutschlands. – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). Naturschutz und Biologische Vielfalt, 70 (4): 565-590.

LKN-SH (2014): Die Hamburg Hallig. Flyer. Hrsg.: Zweckverband Hamburger Hallig in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN).

LLUR (Hrsg.) (2011): Zustände erfassen, Veränderungen erkennen, Handeln ableiten. Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein. Broschüre, 29 S.

LLUR (Hrsg.) (2014): 25 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein. Broschüre, 46 S.

LLUR (2016): Ergebnisprotokoll zum 5. Fachgespräch “Ganzheitliche bodenbiologische Bewertung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Schleswig-Holstein”, 23.2.2016.

MARTINSSON, S., ROTA, E., ERSÉUS, C. (2015): Revision of Cognettia (Clitellata, Enchytraeidae): re-establishment of Chamaedrilus and description of cryptic species in the sphagnetorum complex. Systematics and Biodiversity 13, 3: 257–277.

NIELSEN, C.O., CHRISTENSEN, B. (1959): The Enchytraeidae, critical revision and taxonomy of European species. Natura Jutlandica 8-9, 160 S.

ROTA, E. (2013): How many lookalikes has Marionina argentea (Michaelsen, 1889) (Annelida: Clitellata: Enchytraeidae)? Three new species described from morphological evidence. Zoologischer Anzeiger 252, 1: 123–137.

SCHMELZ, R.M. (2003): Taxonomy of *Fridericia* (Oligochaeta, Enchytraeidae). Revision of species with morphological and biochemical methods. Abh. Naturwiss. Ver. Hamb. (NF) 38, 415 S.

SCHMELZ, R.M., COLLADO, R. (2010): A guide to European terrestrial and freshwater species of Enchytraeidae (Oligochaeta). Soil Organisms, Volume 82 (1): 1-176.

STATISTIKAMT NORD (2013): Statistische Berichte. C IV - LZ 2010, Teil 8 Naturräume und Gemeinden. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 110 S.

TIMM, T. (2013): *Baltidrilus* nom. nov., a substitute name for the genus *Heterochaeta* Claparède, 1863 (Annelida, Clitellata, Tubificidae) non *Heterochaeta* Westwood, 1843 (Insecta, Mantodea, Mantidae). Zootaxa 3734 (4): 499–500.

8 Anhang

8.1 Verzeichnis der Tabellen - Anhang 88
8.2 Verzeichnis der Abbildungen - Anhang 88
8.3 Rohdaten und ergänzende Darstellungen zu den BDF 89
8.3.1 BDF01 List / Sylt 89
8.3.2 BDF21 Speicherkoog Dithmarschen 95
8.3.3 BDF24 Bornhöved 100
8.3.4 BDF25 Kudensee / Landscheide 105
8.3.5 BDF33 Hellbachtal 113
8.3.6 BDF37 Hamburger Hallig 119
8.4 Tabellarische Übersicht der Arten 123
8.5 Zeichenerklärung zu den tabellarischen Darstellungen 126
8.6 Zersetzergesellschaftstypen und Referenzwertbereiche 128
8.7 Übersicht Bodenlebensgemeinschaftstypen mit den dafür typischen Standortfaktoren-Kombinationen aus BEYLICH et al. (2005) 130
8.8 Verzeichnis der Abkürzungen 132
8.9 Glossar 133

8.1 Verzeichnis der Tabellen - Anhang

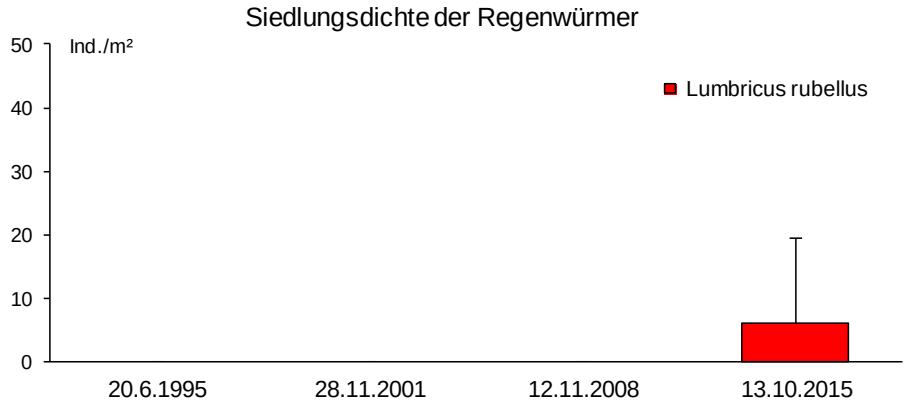
Tabelle 27: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF01 91
Tabelle 28: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF01 92
Tabelle 29: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF21 97
Tabelle 30: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF21 98
Tabelle 31: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF24 102
Tabelle 32: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF24 103
Tabelle 33: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF25 107
Tabelle 34: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF25 108
Tabelle 35: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF33 115
Tabelle 36: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF33 116
Tabelle 37: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF37 121
Tabelle 38: Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen 128
Tabelle 39: Referenzwertbereiche für Abundanz, Biomasse und Artenzahl der Regenwürmer und Kleinringelwürmer (nach BEYLICH & GRAEFE 2009)..... 129
Tabelle 40: Zersetzergesellschaftstypen nach GRAEFE (1993) (Tabelle 38), mittlere Zeigerwert für Bodenreaktion und Bodenfeuchte (GRAEFE & SCHMELZ 1999) und Vorkommen der Lebensformtypen der Regenwürmer (BOUCHÉ 1972) 129
Tabelle 41: Bodenlebensgemeinschaftstypen mit Standortfaktoren-Kombinationen 130
Tabelle 42: Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte zu Tabelle 41 131
Tabelle 43: Vorläufiger Vorschlag für Erwartungswerte der Regenwurmbiomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte zu Tabelle 41 131

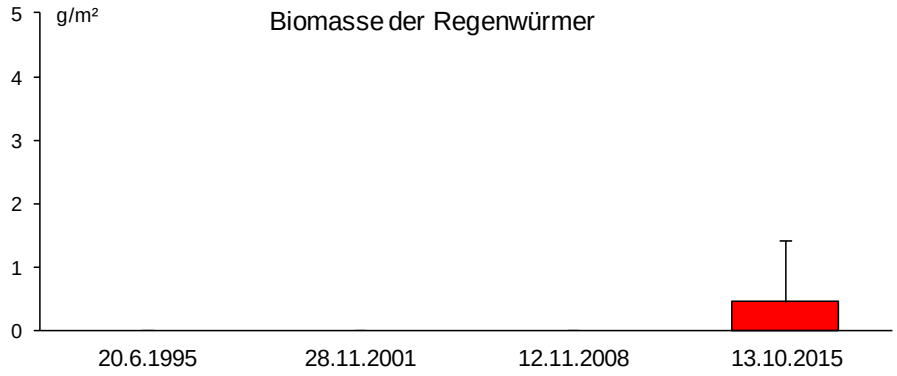
8.2 Verzeichnis der Abbildungen - Anhang

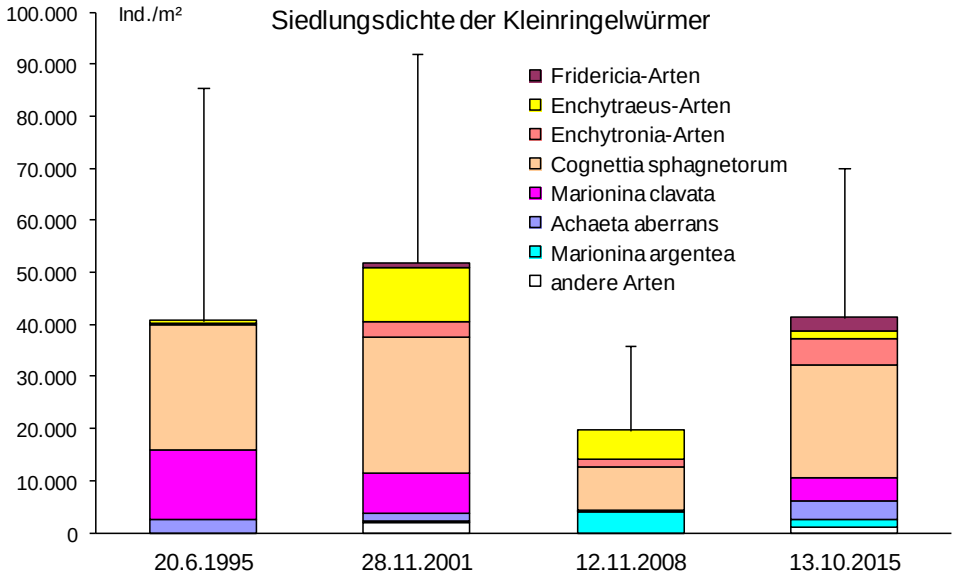
Abbildung 45: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF01 89
Abbildung 46: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF01 90
Abbildung 47: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF21 95
Abbildung 48: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF21 96
Abbildung 49: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF24 100
Abbildung 50: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF24. 101
Abbildung 51: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF25 105
Abbildung 52: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF25 106
Abbildung 53: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF33 113
Abbildung 54: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF33 114
Abbildung 55: Entwicklung der Abundanzen der Kleinringelwürmer auf der BDF37..... 119
Abbildung 56: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF37 120

8.3 Rohdaten und ergänzende Darstellungen zu den BDF

8.3.1 BDF01 List / Sylt







BDF 01 List/Sylt

Abbildung 45: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF01

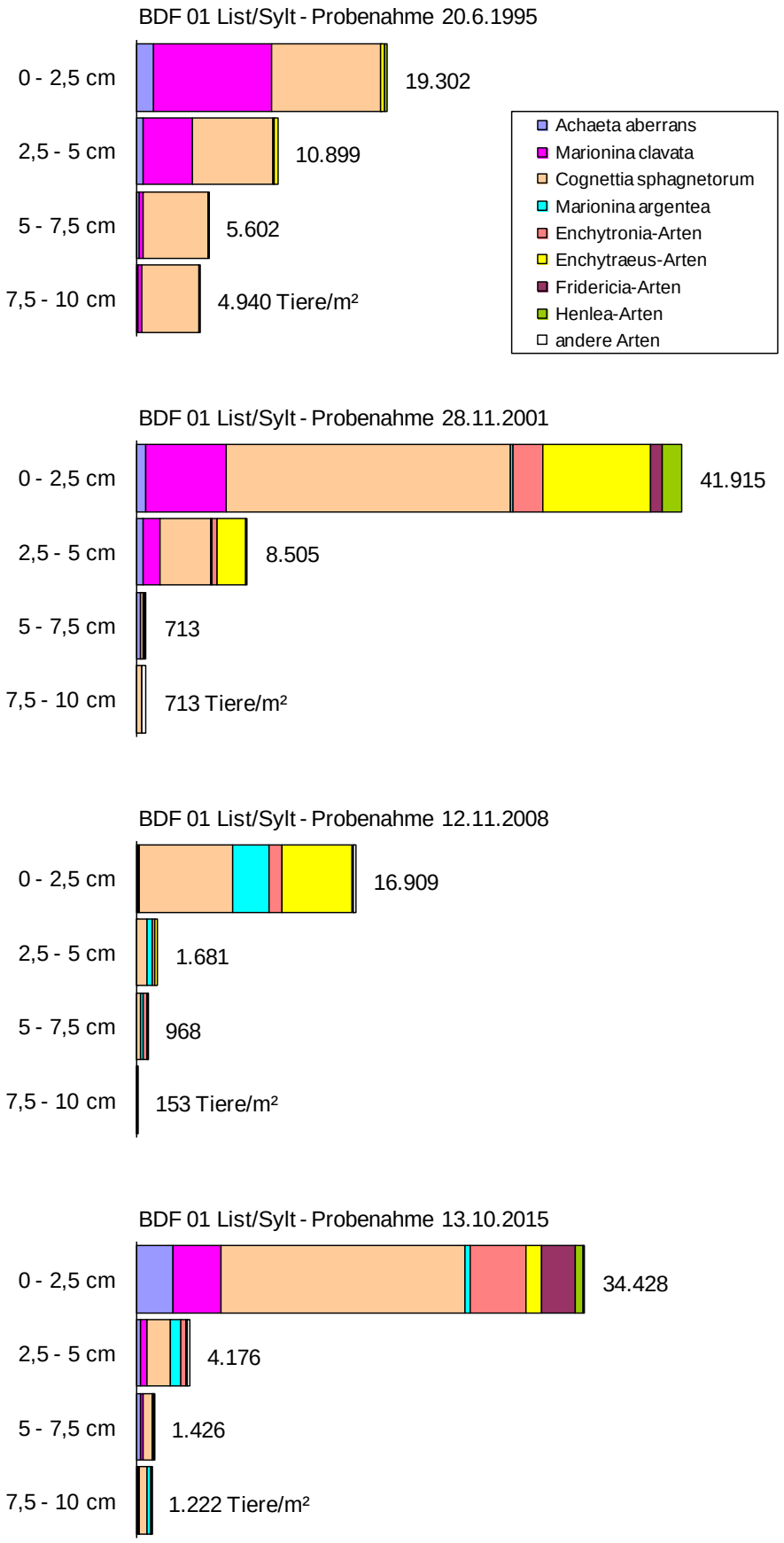


Abbildung 46: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF01

Tabelle 27: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF01

Lumbriciden-Fangergebnis
BDF 01 List/Sylt
NSG, Düne, Schafweide

Probenahme 13.10.2015

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Abundanz (Individuen/m²)												Freq.	Dom.	Ind./m²
Lumbricus rubellus		40							20			20%	100%	6,0
	0	40	0	0	0	0	0	0	20	0				6,0
Artenzahl	1												arithmetisches Mittel	6,0
													Standardabweichung	13,5
													Variationskoeffizient	225%
													Median	0,0
Biomasse (g/m²)													Dominanz	g/m²
Lumbricus rubellus		1,6							2,8				100%	0,44
	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0				0,44
													arithmetisches Mittel	0,44
													Standardabweichung	0,97
													Variationskoeffizient	220%
													Median	0,00
	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0				
											Artenzahl je Probe			
													Mittelwert	0,2
													Standardabweichung	0,42
													Variationskoeffizient	211%

Tabelle 28: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF01

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 13.10.2015
BDF 01 List/Sylt — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Düne, Schafweide — Umrechnungsfaktor 509

0 - 2,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta aberrans	16					1	2	25		11	55	2.801
Achaeta sp. (list)				2							2	102
Cognettia sphagnetorum	124	36	11			54	58	33	21	31	368	18.742
Enchytraeus buchholzi agg.			2		1				4	2	9	458
Enchytraeus minutus agg.			3	2	9						14	713
Enchytronia minor										27	27	1.375
Enchytronia parva							1		46	4	51	2.597
Enchytronia sp. (sept)	5									2	7	357
Fridericia bulboides					7				43		50	2.546
Fridericia sp. (gros)					1						1	51
Fridericia sp. juv.				1							1	51
Henlea nasuta					5						5	255
Henlea ventriculosa					6						6	306
Marionina argentea				4	1		1			1	7	357
Marionina clavata	21	11				3	23	15			73	3.718
Marionina spicula											0	0
	166	47	16	9	30	58	85	73	114	78	676	34.428
2,5 - 5 cm												
Achaeta aberrans	3							2		2	7	357
Achaeta sp. (list)				4							4	204
Cognettia sphagnetorum	21	2	1			4			6	1	35	1.783
Enchytraeus buchholzi agg.			1								1	51
Enchytraeus minutus agg.			2								2	102
Enchytronia minor			1							1	2	102
Enchytronia parva									4		4	204
Enchytronia sp. (sept)	1		1								2	102
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia sp. (gros)											0	0
Fridericia sp. juv.											0	0
Henlea nasuta											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea			1	10					1	4	16	815
Marionina clavata		1				1	6		1		9	458
Marionina spicula											0	0
	25	3	7	14	0	5	6	2	12	8	82	4.176

Tabelle 28: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF01 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 13.10.2015
BDF 01 List/Sylt — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Düne, Schafweide — Umrechnungsfaktor 509

5 - 7,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta aberrans	3					2				1	6	306
Achaeta sp. (list)											0	0
Cognettia sphagnetorum	3	1	1						9		14	713
Enchytraeus buchholzi agg.			1								1	51
Enchytraeus minutus agg.											0	0
Enchytronia minor											0	0
Enchytronia parva									2		2	102
Enchytronia sp. (sept)											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia sp. (gros)											0	0
Fridericia sp. juv.											0	0
Henlea nasuta											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea										1	1	51
Marionina clavata		1					2		1		4	204
Marionina spicula											0	0
	6	2	2	0	0	2	2	0	12	2	28	1.426
7,5 - 10 cm												
Achaeta aberrans	1								1	1	3	153
Achaeta sp. (list)											0	0
Cognettia sphagnetorum	1					2	1		8		12	611
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.					1						1	51
Enchytronia minor											0	0
Enchytronia parva											0	0
Enchytronia sp. (sept)											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia sp. (gros)											0	0
Fridericia sp. juv.											0	0
Henlea nasuta											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea				1	1				2	1	5	255
Marionina clavata		1							1		2	102
Marionina spicula					1						1	51
	2	1	0	1	3	2	1	0	12	2	24	1.222

Tabelle 28: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF01 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 13.10.2015
BDF 01 List/Sylt — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Düne, Schafweide — Umrechnungsfaktor 509

Gesamt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Freq.	Sum.	Dom.	Ind./m²
Achaeta aberrans	23					3	2	27	1	15	60%	71	9%	3.616
Achaeta sp. (list)				6							10%	6	1%	306
Cognettia sphagnetorum	149	39	13			60	59	33	44	32	80%	429	53%	21.849
Enchytraeus buchholzi agg.			4		1				4	2	40%	11	1%	560
Enchytraeus minutus agg.			5	2	10						30%	17	2%	866
Enchytronia minor			1							28	20%	29	4%	1.477
Enchytronia parva							1		52	4	30%	57	7%	2.903
Enchytronia sp. (sept)	6		1							2	30%	9	1%	458
Fridericia bulboides					7				43		20%	50	6%	2.546
Fridericia sp. (gros)					1						10%	1	0%	51
Fridericia sp. juv.				1							10%	1	0%	51
Henlea nasuta					5						10%	5	1%	255
Henlea ventriculosa					6						10%	6	1%	306
Marionina argentea			1	15	2		1		3	7	60%	29	4%	1.477
Marionina clavata	21	14				4	31	15	3		60%	88	11%	4.482
Marionina spicula					1						10%	1	0%	51
	199	53	25	24	33	67	94	75	150	90		810		41.253
Artenzahl	16									arithmetisches Mittel		81		41.253
										Standardabweichung		56		28.730
										Variationskoeffizient		70%		
										Median		71		36.160
	4	2	6	4	8	3	5	3	7	7				
										Artenzahl je Probe				
										Mittelwert		4,9		
										Standardabweichung		2,02		
										Variationskoeffizient		41%		

8.3.2 BDF21 Speicherkoog Dithmarschen

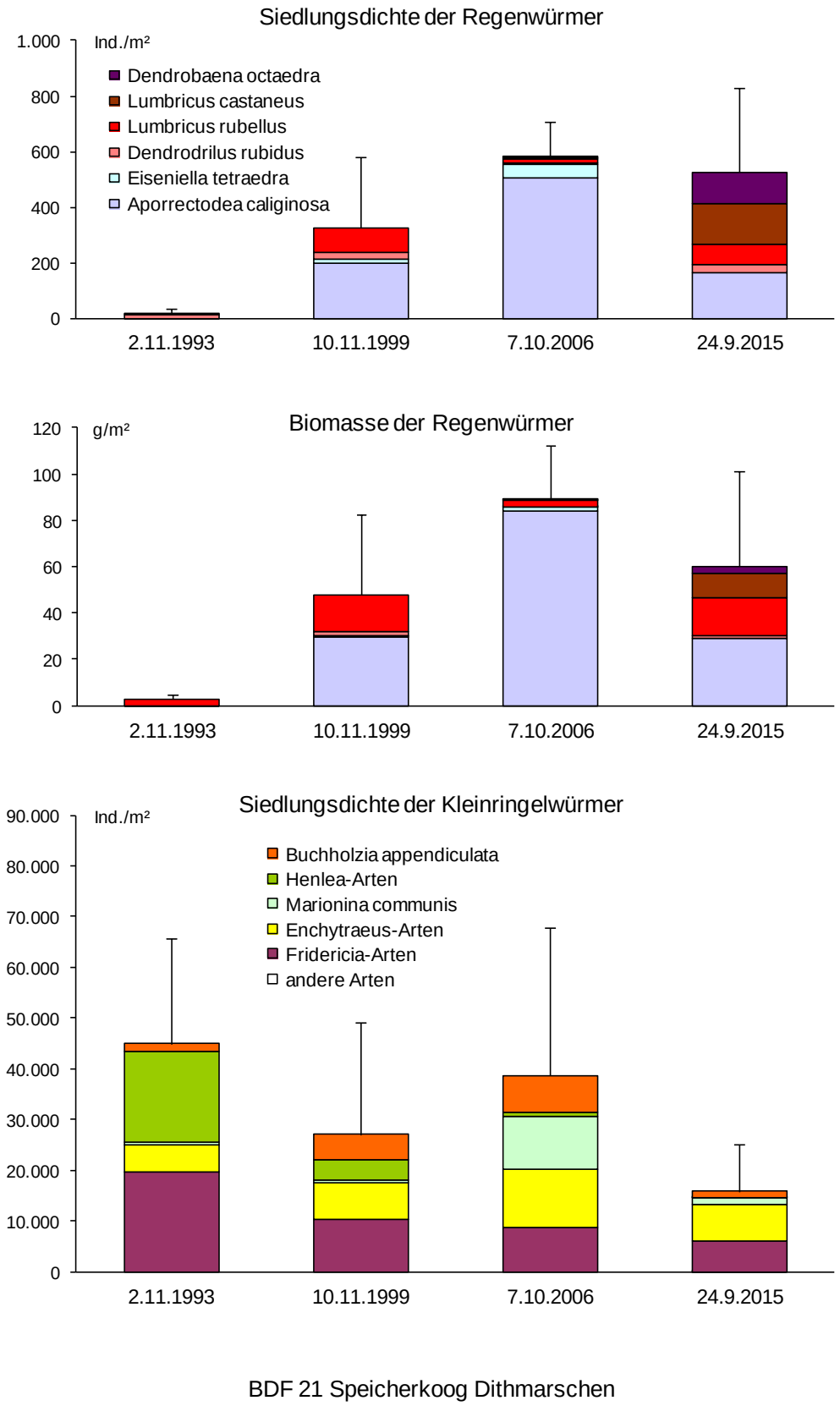


Abbildung 47: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF21

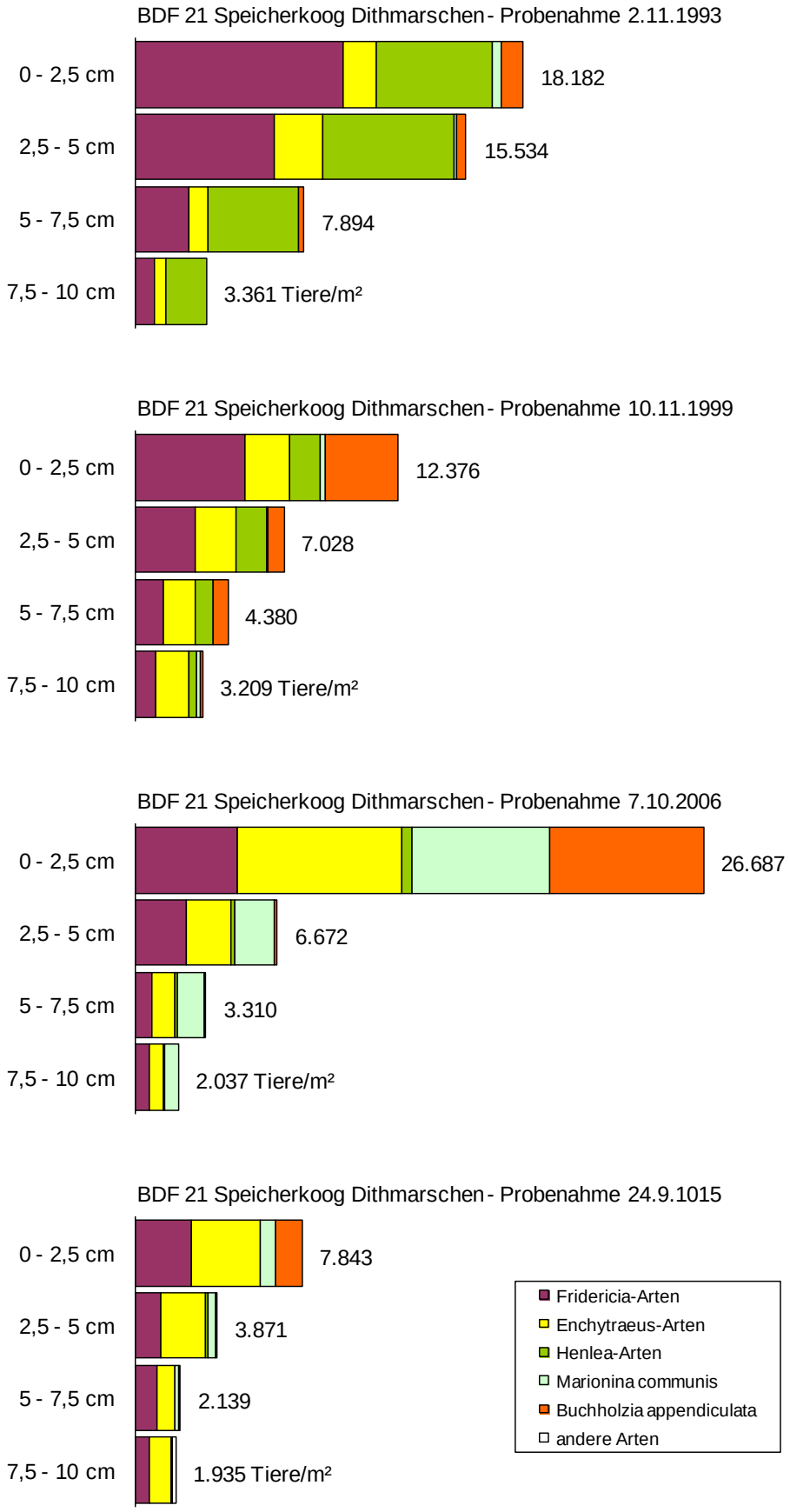


Abbildung 48: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF21

Tabelle 29: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF21

Lumbriciden-Fangergebnis
BDF 21 Speicherkoog Dithmarschen
NSG, Sukzession

Probenahme 24.9.2015

Abundanz (Individuen/m²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Freq.	Dom.	Ind./m²
Aporrectodea caliginosa	60	240	300	300	200	20	40	4	420	60	100%	31%	164,4
Dendrobaena octaedra	100	240	220	40	140	60	100	8	140	80	100%	21%	112,8
Dendrodrilus rubidus	160	40	40	8			4	4	40		70%	6%	29,6
Lumbricus castaneus	68	140	300	40	280	100	80	200	180	60	100%	28%	144,8
Lumbricus rubellus	60	140	60	32	140	40	40	40	180	4	100%	14%	73,6
	448	800	920	420	760	220	264	256	960	204			525,2
Artenzahl	5											arithmetisches Mittel	525,2
												Standardabweichung	303,6
												Variationskoeffizient	58%
												Median	434,0

Biomasse (g/m²)											Dominanz	g/m²
Aporrectodea caliginosa	6,8	27,6	106,2	32,8	28,0	6,4	9,4	1,7	62,2	11,0	48%	29,21
Dendrobaena octaedra	1,0	4,8	4,4	1,2	5,2	2,8	5,8	1,1	3,8	3,6	6%	3,37
Dendrodrilus rubidus	4,6	2,0	2,0	0,3			0,4	0,3	2,2		2%	1,18
Lumbricus castaneus	3,9	6,0	13,2	3,2	17,2	7,8	9,6	27,0	9,0	8,0	17%	10,49
Lumbricus rubellus	9,8	20,0	22,8	6,2	26,8	5,2	9,6	27,0	31,6	0,8	27%	16,00
	26,2	60,4	148,6	43,8	77,2	22,2	34,8	57,1	108,8	23,4		60,24
											arithmetisches Mittel	60,24
											Standardabweichung	41,30
											Variationskoeffizient	69%
											Median	50,42
	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4		
										Artenzahl je Probe		
										Mittelwert	4,7	
										Standardabweichung	0,48	
										Variationskoeffizient	10%	

Tabelle 30: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF21

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 24.9.2015
BDF 21 Speicherkoog Dithmarschen — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Sukzession — Umrechnungsfaktor 509

0 - 2,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Buchholzia appendiculata				10	2			4	4	4	24	1.222
Enchytraeus buchholzi agg.	1	1		3		16					21	1.070
Enchytraeus bulbosus											0	0
Enchytraeus minutus agg.		3		2		34	3			1	43	2.190
Enchytronia annulata											0	0
Fridericia bulboides	1		3						6		10	509
Fridericia christeri		1									1	51
Fridericia deformis				1							1	51
Fridericia paroniana	1			3			5	1		7	17	866
Fridericia sp. (para)		1									1	51
Fridericia sp. juv.	1	1	2	3			11	1	3		22	1.120
Henlea perpusilla											0	0
Marionina communis				9			3	1		1	14	713
	4	7	5	31	2	50	22	7	13	13	154	7.843
2,5 - 5 cm												
Buchholzia appendiculata											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.			1	2		1	2			4	10	509
Enchytraeus bulbosus		1				1					2	102
Enchytraeus minutus agg.	1				5	1	13	1		8	29	1.477
Enchytronia annulata		1									1	51
Fridericia bulboides	2		5						1		8	407
Fridericia christeri				2						3	5	255
Fridericia deformis											0	0
Fridericia paroniana											0	0
Fridericia sp. (para)											0	0
Fridericia sp. juv.	1	3	4						1	2	11	560
Henlea perpusilla							2				2	102
Marionina communis				4			1	1		2	8	407
	4	5	10	8	5	3	18	2	2	19	76	3.871
5 - 7,5 cm												
Buchholzia appendiculata											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.	2			4			1				7	357
Enchytraeus bulbosus										1	1	51
Enchytraeus minutus agg.						1	4		3		8	407
Enchytronia annulata		2									2	102
Fridericia bulboides			10	2					2		14	713
Fridericia christeri					1						1	51
Fridericia deformis											0	0
Fridericia paroniana											0	0
Fridericia sp. (para)											0	0
Fridericia sp. juv.		2		2			2				6	306
Henlea perpusilla											0	0
Marionina communis							2	1			3	153
	2	4	10	8	1	1	9	1	5	1	42	2.139

Tabelle 30: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF21 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 24.9.2015
BDF 21 Speicherkoog Dithmarschen — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Sukzession — Umrechnungsfaktor 509

7,5 - 10 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Buchholzia appendiculata											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.	1			5	1					1	8	407
Enchytraeus bulbosus											0	0
Enchytraeus minutus agg.			2				8		1	2	13	662
Enchytronia annulata		3									3	153
Fridericia bulboides	1		3	1					1		6	306
Fridericia christeri											0	0
Fridericia deformis		3									3	153
Fridericia paroniana											0	0
Fridericia sp. (para)											0	0
Fridericia sp. juv.	1				1		1		1		4	204
Henlea perpusilla											0	0
Marionina communis					1						1	51
	3	6	5	6	3	0	9	0	3	3	38	1.935

Gesamt											Freq.	Sum.	Dom.	Ind./m²
Buchholzia appendiculata				10	2			4	4	4	50%	24	8%	1.222
Enchytraeus buchholzi agg.	4	1	1	14	1	17	3			5	80%	46	15%	2.343
Enchytraeus bulbosus		1				1				1	30%	3	1%	153
Enchytraeus minutus agg.	1	3	2	2	5	36	28	1	4	11	100%	93	30%	4.736
Enchytronia annulata		6									10%	6	2%	306
Fridericia bulboides	4		21	3					10		40%	38	12%	1.935
Fridericia christeri		1		2	1					3	40%	7	2%	357
Fridericia deformis		3		1							20%	4	1%	204
Fridericia paroniana	1			3			5	1		7	50%	17	5%	866
Fridericia sp. (para)		1									10%	1	0%	51
Fridericia sp. juv.	3	6	6	5	1		14	1	5	2	90%	43	14%	2.190
Henlea perpusilla							2				10%	2	1%	102
Marionina communis				13	1		6	3		3	50%	26	8%	1.324
	13	22	30	53	11	54	58	10	23	36		310		15.788

Artenzahl	13	arithmetisches Mittel	31	15.788
		Standardabweichung	18	9.419
		Variationskoeffizient	60%	
		Median	27	13.496

	5	8	4	9	6	3	6	5	4	8

Artenzahl je Probe	
Mittelwert	5,8
Standardabweichung	1,99
Variationskoeffizient	34%

8.3.3 BDF24 Bornhöved

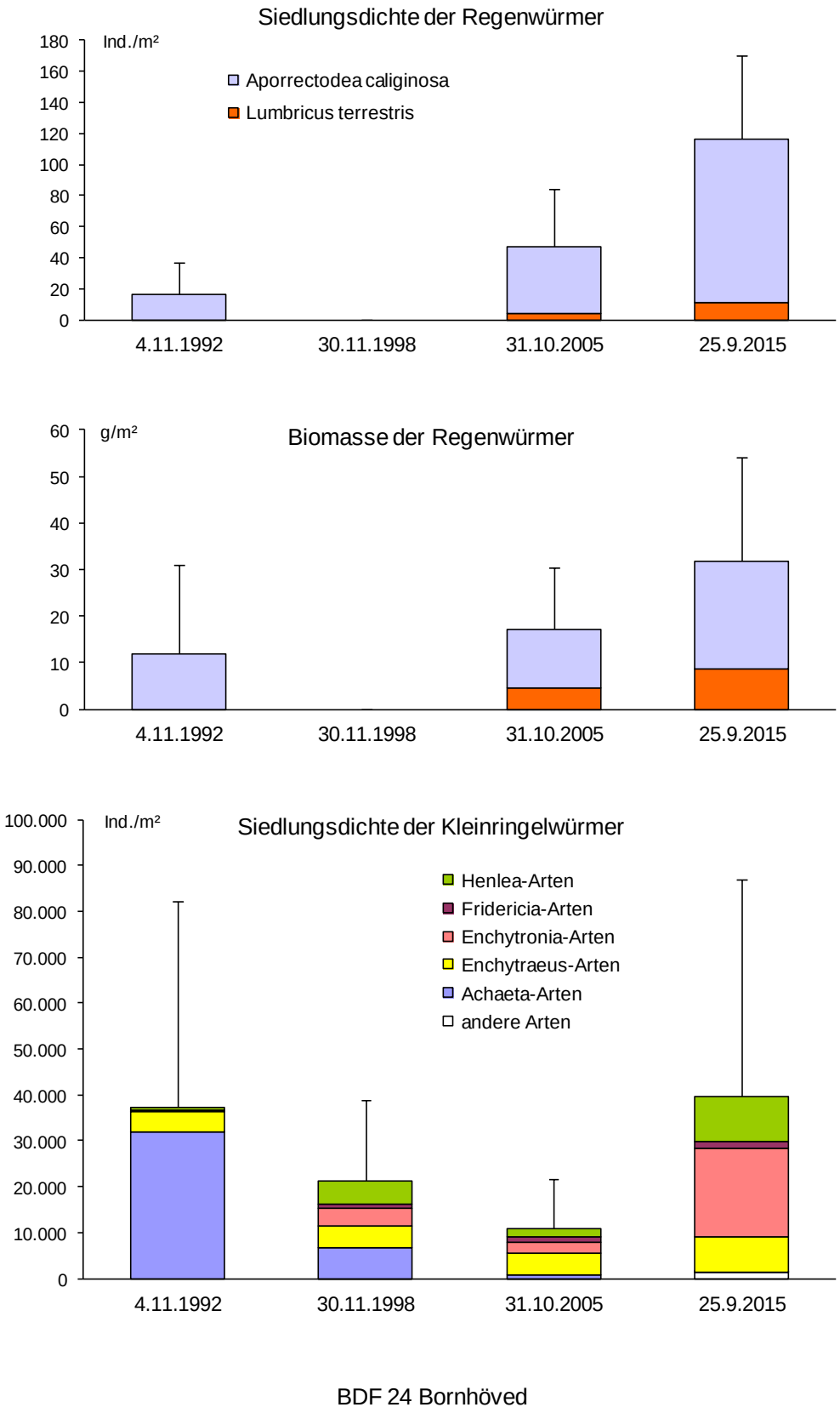


Abbildung 49: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF24

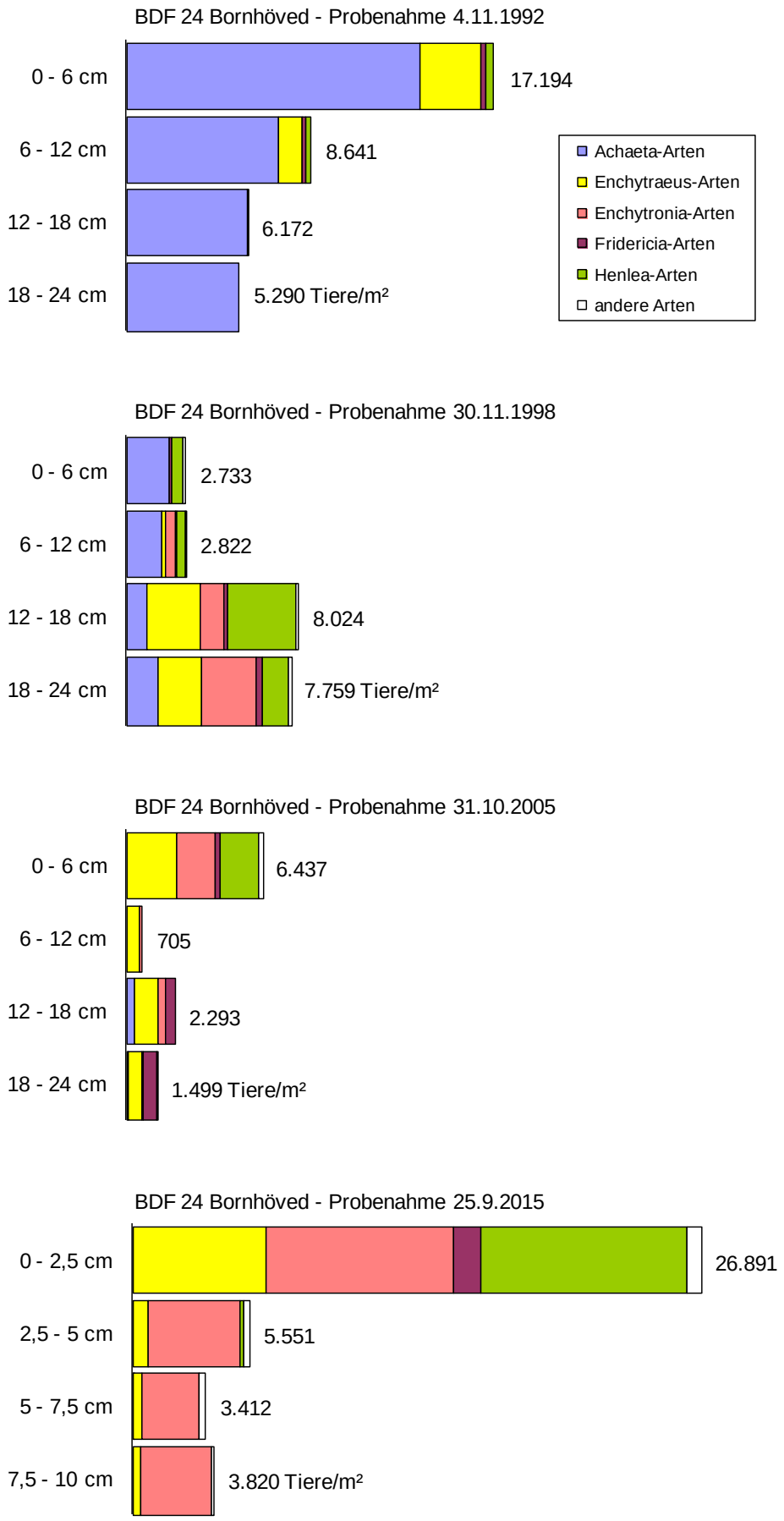


Abbildung 50: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF24. Beachte unterschiedliche Probenahmetiefen.

Tabelle 31: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF24

Lumbriciden-Fangergebnis
BDF 24 Bornhöved
Grünland

Probenahme 25.9.2015

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Abundanz (Individuen/m²)											Freq.	Dom.	Ind./m²
Aporrectodea caliginosa	80	100	80	100	220	100	120	40	56	160	100%	91%	105,6
Lumbricus terrestris		4	8	28	20		12	12	20	4	80%	9%	10,8
	80	104	88	128	240	100	132	52	76	164			116,4
Artenzahl	2											arithmetisches Mittel	116,4
												Standardabweichung	54,0
												Variationskoeffizient	46%
												Median	102,0
Biomasse (g/m²)												Dominanz	g/m²
Aporrectodea caliginosa	4,4	27,4	15,7	26,0	49,4	22,2	25,0	20,0	14,1	27,4		73%	23,16
Lumbricus terrestris		16,2	1,4	31,8	30,0		3,0	2,6	1,7	0,2		27%	8,70
	4,4	43,6	17,0	57,8	79,4	22,2	28,0	22,6	15,8	27,6			31,85
												arithmetisches Mittel	31,85
												Standardabweichung	22,42
												Variationskoeffizient	70%
												Median	25,10
	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2			
											Artenzahl je Probe		
												Mittelwert	1,8
												Standardabweichung	0,42
												Variationskoeffizient	23%

Tabelle 32: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF24

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 25.9.2015
BDF 24 Bornhöved — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland — Umrechnungsfaktor 509

0 - 2,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta bibulba											0	0
Enchytraeus dichaetus						5	1	51		2	59	3.005
Enchytraeus minutus agg.	3		4	1	1			55	1		65	3.310
Enchytronia annulata											0	0
Enchytronia minor				2	1	6	1	4	6		20	1.019
Enchytronia parva		1			2		3	73	74	1	154	7.843
Enchytronia sp. (plic)											0	0
Enchytronia sp. (pygm)											0	0
Fridericia bulboides			1	1	2		8	9	4		25	1.273
Henlea perpusilla						4	6		2		12	611
Henlea ventriculosa	3	7	31	2	26	7	14	6	15	69	180	9.167
Marionina communis			6			1		6			13	662
Hrabeiella periglandulata											0	0
	6	8	42	6	32	23	33	204	102	72	528	26.891
2,5 - 5 cm												
Achaeta bibulba											0	0
Enchytraeus dichaetus								12			12	611
Enchytraeus minutus agg.								2			2	102
Enchytronia annulata											0	0
Enchytronia minor				6		1		3	1		11	560
Enchytronia parva		3	3		6		1	33	26		72	3.667
Enchytronia sp. (plic)						1					1	51
Enchytronia sp. (pygm)			2								2	102
Fridericia bulboides											0	0
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa			1						2		3	153
Marionina communis			1								1	51
Hrabeiella periglandulata								2	3		5	255
	0	3	7	6	6	2	1	52	32	0	109	5.551
5 - 7,5 cm												
Achaeta bibulba									1		1	51
Enchytraeus dichaetus								6			6	306
Enchytraeus minutus agg.								2			2	102
Enchytronia annulata											0	0
Enchytronia minor				1		5	2	1			9	458
Enchytronia parva	6	4			6			11	14	1	42	2.139
Enchytronia sp. (plic)											0	0
Enchytronia sp. (pygm)			1		1						2	102
Fridericia bulboides											0	0
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina communis											0	0
Hrabeiella periglandulata					1			4			5	255
	6	4	1	1	8	5	2	24	15	1	67	3.412

Tabelle 32: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF24 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 25.9.2015
BDF 24 Bornhöved — Einstichfläche 11,34 cm²
Grünland — Umrechnungsfaktor 882

7,5 - 10 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta bibulba											0	0
Enchytraeus dichaetus								5			5	255
Enchytraeus minutus agg.						1		1			2	102
Enchytronia annulata	1										1	51
Enchytronia minor				3	1		2		3		9	458
Enchytronia parva	1	5			6			16	28		56	2.852
Enchytronia sp. (plic)											0	0
Enchytronia sp. (pygm)											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina communis											0	0
Hrabeiella periglandulata		1						1			2	102
	2	6	0	3	7	1	2	23	31	0	75	3.820

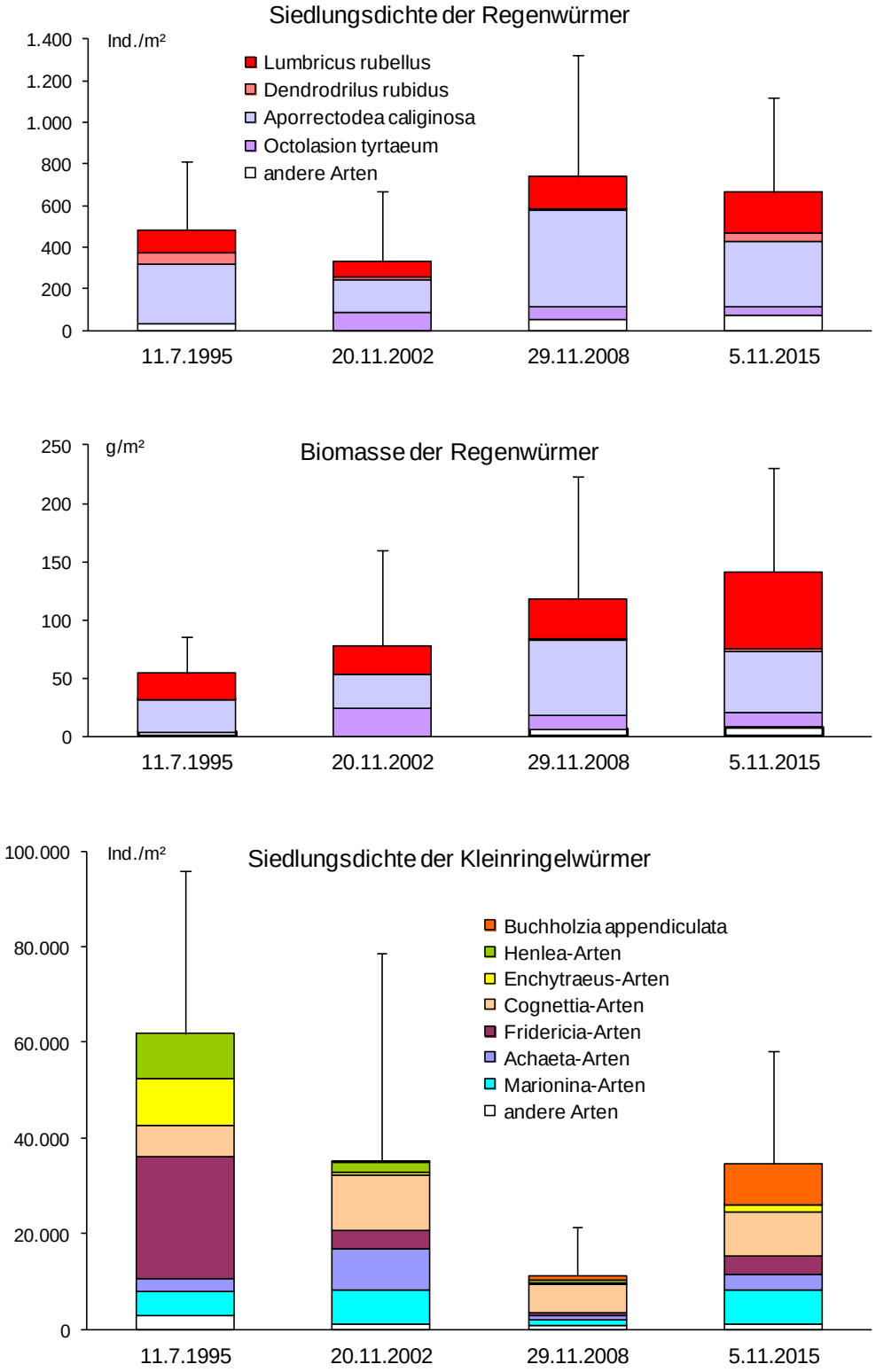
Gesamt											Freq.	Sum.	Dom.	Ind./m²
Achaeta bibulba									1		10%	1	0%	51
Enchytraeus dichaetus						5	1	74		2	40%	82	11%	4.176
Enchytraeus minutus agg.	3		4	1	1	1		60	1		70%	71	9%	3.616
Enchytronia annulata	1										10%	1	0%	51
Enchytronia minor				12	2	12	5	8	10		60%	49	6%	2.496
Enchytronia parva	7	13	3		20		4	133	142	2	80%	324	42%	16.501
Enchytronia sp. (plic)						1					10%	1	0%	51
Enchytronia sp. (pygm)			3		1						20%	4	1%	204
Fridericia bulboides			1	1	2		8	9	4		60%	25	3%	1.273
Henlea perpusilla						4	6		2		30%	12	2%	611
Henlea ventriculosa	3	7	32	2	26	7	14	6	17	69	100%	183	23%	9.320
Marionina communis			7			1		6			30%	14	2%	713
Hrabeiella periglandulata		1			1			7	3		40%	12	2%	611
	14	21	50	16	53	31	38	303	180	73		779		39.674

Artenzahl	13	arithmetisches Mittel	78	39.674
		Standardabweichung	93	47.249
		Variationskoeffizient	119%	
		Median	44	22.409

	4	3	6	4	7	7	6	8	8	3

Artenzahl je Probe	
Mittelwert	5,6
Standardabweichung	1,96
Variationskoeffizient	35%

8.3.4 BDF25 Kudensee / Landscheide



BDF 25 Kudensee/Landscheide

Abbildung 51: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF25

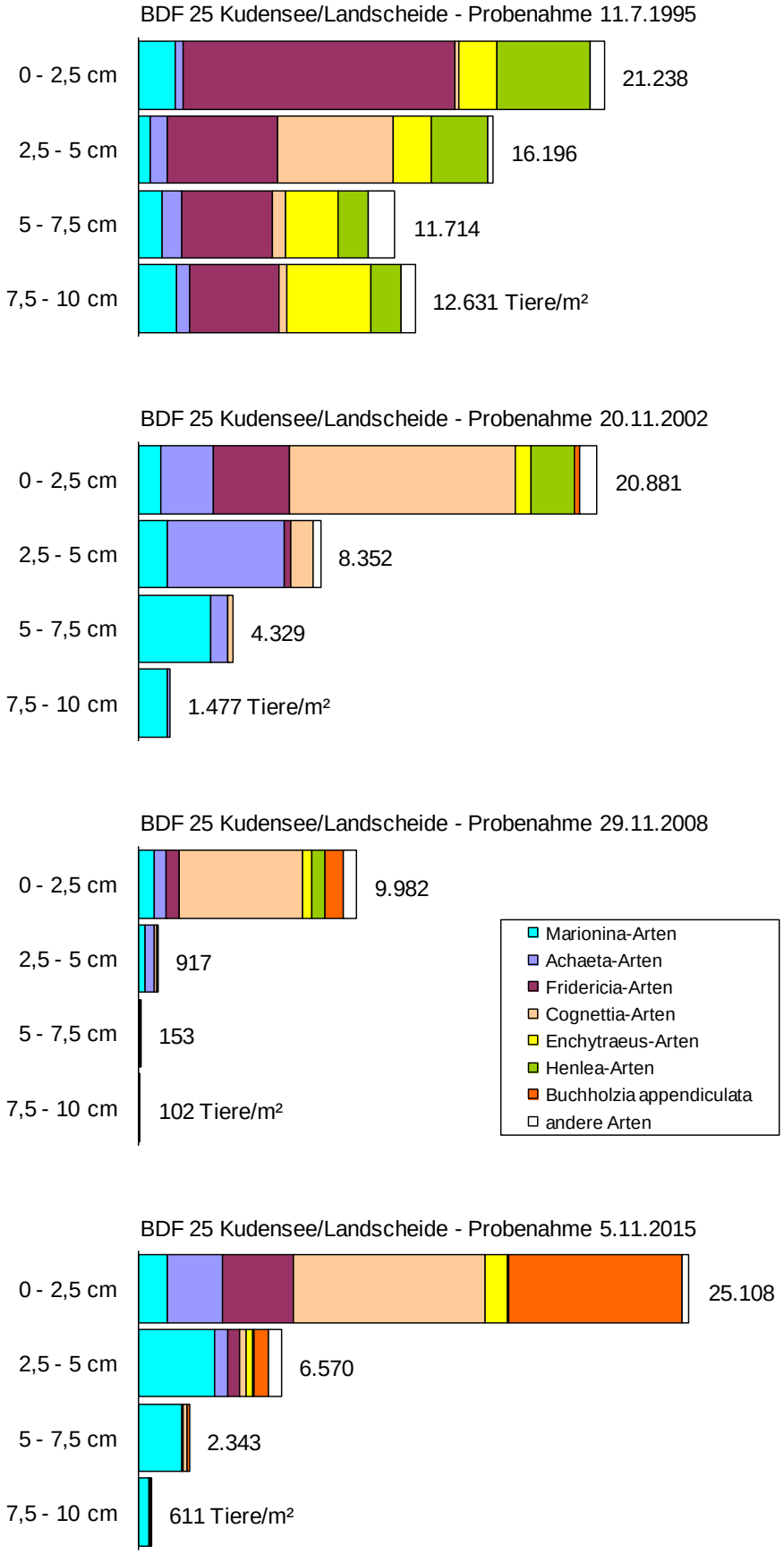


Abbildung 52: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF25

Tabelle 33: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF25

Lumbriciden-Fangergebnis Probenahme 5.11.2015
BDF 25 Kudensee/Landscheide
Grünland, Mähweide

Abundanz (Individuen/m²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Freq.	Dom.	Ind./m²
Allolobophora chlorotica					4	100	40			100	40%	4%	24,4
Aporrectodea caliginosa	20	780	460	260	44	420	300	100	100	620	100%	47%	310,4
Aporrectodea rosea						160	8		4	180	40%	5%	35,2
Dendrodrilus rubidus		4	92	36	4	220			24	20	70%	6%	40,0
Eisenia fetida				40							10%	1%	4,0
Eiseniella tetraedra						60					10%	1%	6,0
Lumbricus rubellus	8	224	248	408	180	320	168	100	200	120	100%	30%	197,6
Octolasion tyrtaeum		100	60			80	64		40	120	60%	7%	46,4
	28	1108	860	744	232	1360	580	200	368	1160			664,0

Artenzahl	8	arithmetisches Mittel	664,0
		Standardabweichung	456,2
		Variationskoeffizient	69%
		Median	662,0

Biomasse (g/m²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dominanz	g/m²
Allolobophora chlorotica					0,5	15,6	8,0			10,8	2%	3,49
Aporrectodea caliginosa	4,0	162,6	83,0	30,2	13,8	53,2	55,6	14,6	15,6	84,4	37%	51,70
Aporrectodea rosea						9,4	1,6		0,6	21,4	2%	3,30
Dendrodrilus rubidus		0,3	7,0	3,5	0,3	13,0			2,3	1,4	2%	2,78
Eisenia fetida				5,2							0%	0,52
Eiseniella tetraedra						0,6					0%	0,06
Lumbricus rubellus	2,8	87,7	71,0	149,6	47,6	116,8	59,3	19,6	72,8	32,2	47%	65,94
Octolasion tyrtaeum		36,2	10,2			22,2	23,3		9,6	30,6	9%	13,21
	6,8	286,8	171,2	188,5	62,1	230,8	147,8	34,2	100,9	180,8		141,00

arithmetisches Mittel	141,00
Standardabweichung	89,04
Variationskoeffizient	63%
Median	159,54

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Artenzahl je Probe	2	4	4	4	4	7	5	2	5	6

Mittelwert	4,3
Standardabweichung	1,57
Variationskoeffizient	36%

Tabelle 34: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF25

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 5.11.2015
BDF 25 Kudensee/Landscheide — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Mähweide — Umrechnungsfaktor 509

0 - 2,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta aberrans				26	4						30	1.528
Achaeta affinoides					13						13	662
Achaeta unibulba	1				1	2		3			7	357
Bryodrilus ehlersi					1						1	51
Buchholzia appendiculata			11		2	26			44	72	155	7.894
Cernosvitoviella atrata											0	0
Cognettia glandulosa		45	10	4	9	1	2		5	3	79	4.023
Cognettia sphagnetorum				56	37						93	4.736
Enchytraeus buchholzi agg.			3				3				6	306
Enchytraeus minutus agg.		3		3	3	2			2		13	662
Enchytronia sp. (omni)		1			1	2					4	204
Fridericia benti			8							1	9	458
Fridericia bisetosa						2					2	102
Fridericia bulboides	1	11					1			1	14	713
Fridericia cylindrica		4	1		2				4	1	12	611
Fridericia galba									1		1	51
Fridericia perrieri									1		1	51
Fridericia ratzeli						2					2	102
Fridericia sp. juv.		6	7		1	1		2	2	3	22	1.120
Hemifridericia parva									1		1	51
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa	1								1		2	102
Marionina argentea			3			1			1		5	255
Marionina clavata						1					1	51
Marionina communis									1	1	2	102
Marionina filiformis				6	6				2		14	713
Marionina vesiculata	3							1			4	204
	6	70	43	95	80	40	6	6	65	82	493	25.108

Tabelle 34: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF25 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 5.11.2015
BDF 25 Kudensee/Landscheide — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Mähweide — Umrechnungsfaktor 509

2,5 - 5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta aberrans				3							3	153
Achaeta affinoides					1						1	51
Achaeta unibulba		7	1								8	407
Bryodrilus ehlersi											0	0
Buchholzia appendiculata			1						4	8	13	662
Cernosvitoviella atrata						1					1	51
Cognettia glandulosa		1	2	1						1	5	255
Cognettia sphagnetorum				1							1	51
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.		1		1					3	1	6	306
Enchytronia sp. (omni)		4				5			2		11	560
Fridericia benti											0	0
Fridericia bisetosa											0	0
Fridericia bulboides		2									2	102
Fridericia cylindrica		1	2								3	153
Fridericia galba									1		1	51
Fridericia perrieri			1								1	51
Fridericia ratzeli											0	0
Fridericia sp. juv.			3								3	153
Hemifridericia parva											0	0
Henlea perpusilla						1					1	51
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea		6	14			10			19	3	52	2.648
Marionina clavata											0	0
Marionina communis											0	0
Marionina filiformis				3	1				2	6	12	611
Marionina vesiculata			1					1	1	2	5	255
	0	22	25	9	2	17	0	1	32	21	129	6.570

Tabelle 34: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF25 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 5.11.2015
BDF 25 Kudensee/Landscheide — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Mähweide — Umrechnungsfaktor 509

5 - 7,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta aberrans											0	0
Achaeta affinoides											0	0
Achaeta unibulba											0	0
Bryodrilus ehlersi											0	0
Buchholzia appendiculata										2	2	102
Cernosvitoviella atrata											0	0
Cognettia glandulosa		1				1					2	102
Cognettia sphagnetorum				1		1					2	102
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.											0	0
Enchytronia sp. (omni)											0	0
Fridericia benti											0	0
Fridericia bisetosa											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia cylindrica						1					1	51
Fridericia galba											0	0
Fridericia perrieri											0	0
Fridericia ratzeli											0	0
Fridericia sp. juv.											0	0
Hemifridericia parva											0	0
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea		2	1			7			10	2	22	1.120
Marionina clavata											0	0
Marionina communis											0	0
Marionina filiformis										16	16	815
Marionina vesiculata									1		1	51
	0	3	1	1	0	10	0	0	11	20	46	2.343

Tabelle 34: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF25 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 5.11.2015
BDF 25 Kudensee/Landscheide — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Mähweide — Umrechnungsfaktor 509

7,5 - 10 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Achaeta aberrans											0	0
Achaeta affinoides											0	0
Achaeta unibulba			1								1	51
Bryodrilus ehlersi											0	0
Buchholzia appendiculata											0	0
Cernosvitoviella atrata											0	0
Cognettia glandulosa						1					1	51
Cognettia sphagnetorum											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.											0	0
Enchytronia sp. (omni)											0	0
Fridericia benti											0	0
Fridericia bisetosa											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia cylindrica											0	0
Fridericia galba											0	0
Fridericia perrieri											0	0
Fridericia ratzeli											0	0
Fridericia sp. juv.											0	0
Hemifridericia parva											0	0
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea						1					1	51
Marionina clavata											0	0
Marionina communis											0	0
Marionina filiformis										9	9	458
Marionina vesiculata											0	0
	0	0	1	0	0	2	0	0	0	9	12	611

Tabelle 34: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF25 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 5.11.2015
BDF 25 Kudensee/Landscheide — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Mähweide — Umrechnungsfaktor 509

Gesamt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Freq.	Sum.	Dom.	Ind./m²
Achaeta aberrans				29	4						20%	33	5%	1.681
Achaeta affinoides					14						10%	14	2%	713
Achaeta unibulba	1	7	2		1	2		3			60%	16	2%	815
Bryodrilus ehlersi					1						10%	1	0%	51
Buchholzia appendiculata			12		2	26			48	82	50%	170	25%	8.658
Cernosvitoviella atrata						1					10%	1	0%	51
Cognettia glandulosa		47	12	5	9	3	2		5	4	80%	87	13%	4.431
Cognettia sphagnetorum				58	37	1					30%	96	14%	4.889
Enchytraeus buchholzi agg.			3				3				20%	6	1%	306
Enchytraeus minutus agg.		4		4	3	2			5	1	60%	19	3%	968
Enchytronia sp. (omni)		5			1	7			2		40%	15	2%	764
Fridericia benti			8							1	20%	9	1%	458
Fridericia bisetosa						2					10%	2	0%	102
Fridericia bulboides	1	13					1			1	40%	16	2%	815
Fridericia cylindrica		5	3		2	1			4	1	60%	16	2%	815
Fridericia galba									2		10%	2	0%	102
Fridericia perrieri			1						1		20%	2	0%	102
Fridericia ratzeli						2					10%	2	0%	102
Fridericia sp. juv.		6	10		1	1		2	2	3	70%	25	4%	1.273
Hemifridericia parva									1		10%	1	0%	51
Henlea perpusilla						1					10%	1	0%	51
Henlea ventriculosa	1								1		20%	2	0%	102
Marionina argentea		8	18			19			30	5	50%	80	12%	4.074
Marionina clavata						1					10%	1	0%	51
Marionina communis									1	1	20%	2	0%	102
Marionina filiformis				9	7				4	31	40%	51	8%	2.597
Marionina vesiculata	3		1					2	2	2	50%	10	1%	509
	6	95	70	105	82	69	6	7	108	132		680		34.632
Artenzahl	27									arithmetisches Mittel		68		34.632
										Standardabweichung		46		23.648
										Variationskoeffizient		68%		
										Median		76		38.706
	4	8	10	5	12	14	3	3	14	11				
										Artenzahl je Probe				
										Mittelwert		8,4		
										Standardabweichung		4,40		
										Variationskoeffizient		52%		

8.3.5 BDF33 Hellbachtal

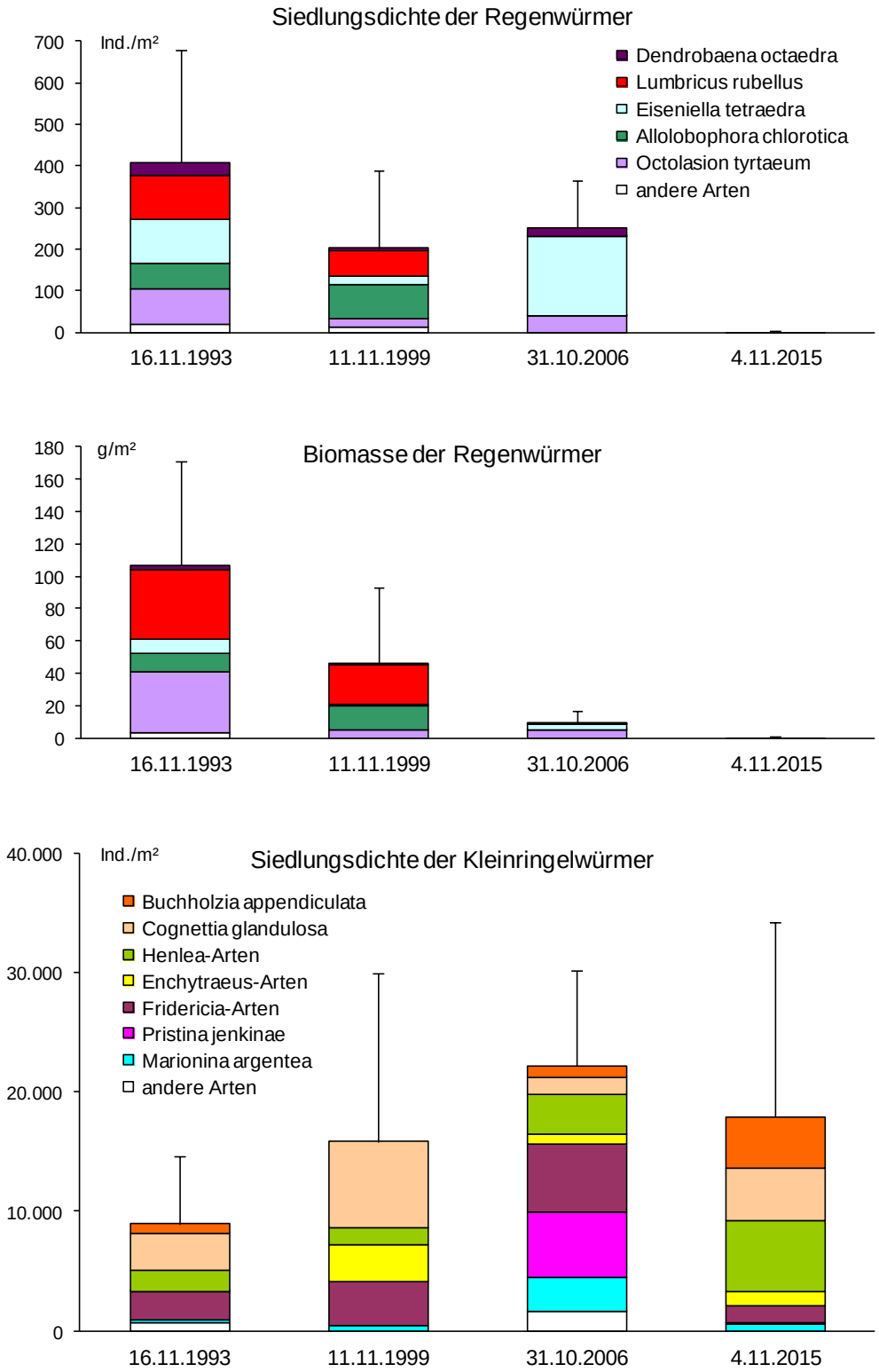


Abbildung 53: Entwicklung der Aktivitätsparameter der BDF33

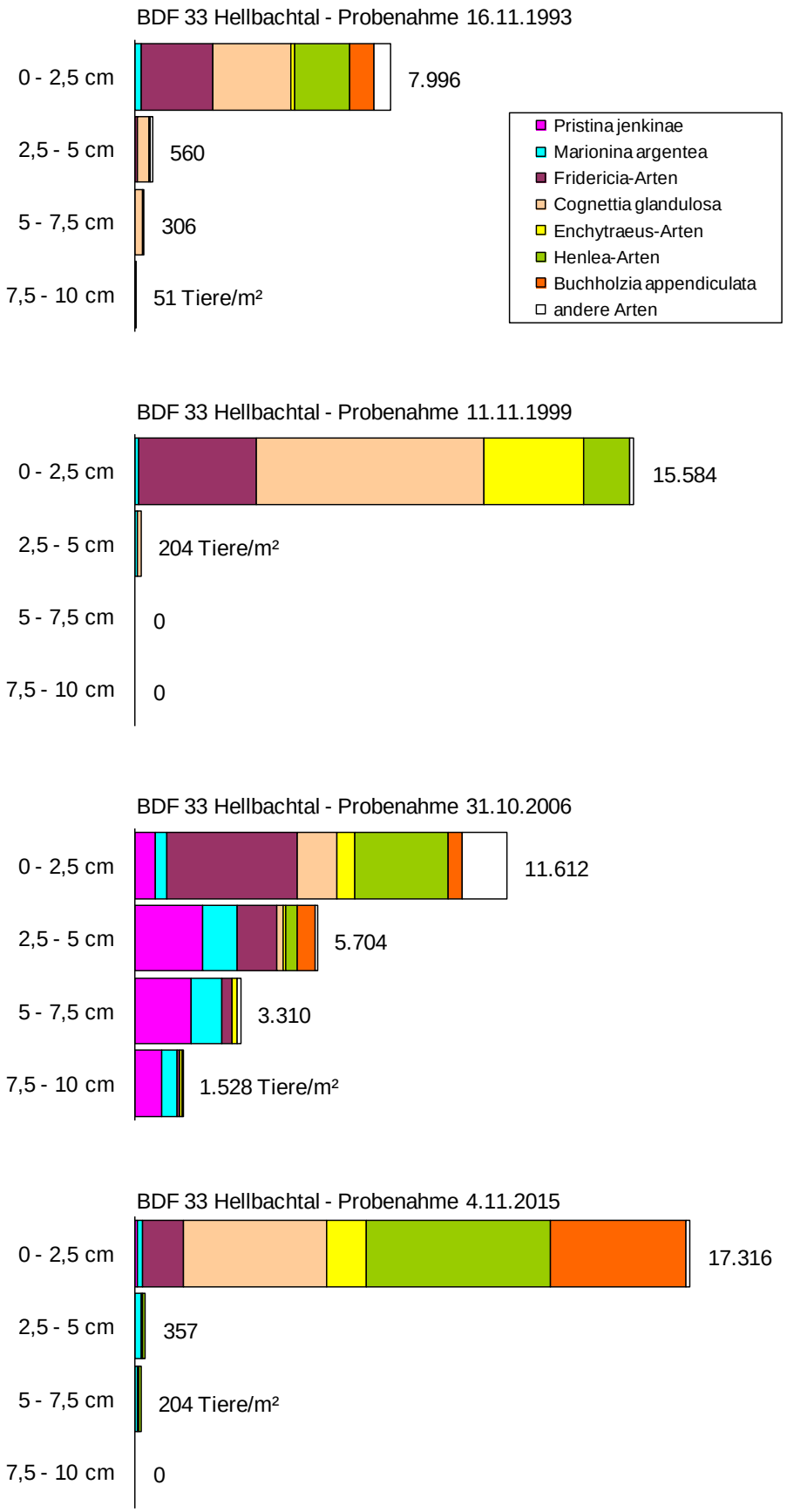


Abbildung 54: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF33

Tabelle 35: Ergebnisse der 4. Regenwurmerfassung auf der BDF33

Lumbriciden-Fangergebnis
BDF 33 Hellbachtal
Grünland, Weide/NSG

Probenahme 4.11.2015

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Abundanz (Individuen/m²)											Freq.	Dom.	Ind./m²
Allolobophora chlorotica								4			10%	50%	0,4
Octolasion tyrtaeum										4	10%	50%	0,4
	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4			0,8
Artenzahl	2										arithmetisches Mittel		0,8
											Standardabweichung		1,7
											Variationskoeffizient		211%
												Median	0,0
Biomasse (g/m²)												Dominanz	g/m²
Allolobophora chlorotica								0,2				12%	0,02
Octolasion tyrtaeum										1,5		88%	0,15
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,5			0,17
											arithmetisches Mittel		0,17
											Standardabweichung		0,48
											Variationskoeffizient		278%
												Median	0,00
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
								Artenzahl je Probe					
											Mittelwert	0,2	
											Standardabweichung	0,42	
											Variationskoeffizient	211%	

Tabelle 36: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF33

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 4.11.2015
BDF 33 Hellbachtal — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Weide/NSG — Umrechnungsfaktor 509

0 - 2,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Bryodrilus ehlersi					1						1	51
Buchholzia appendiculata	53	22				1			7		83	4.227
Cognettia glandulosa	12	3	11	9	10	22	14	6	1		88	4.482
Enchytraeus buchholzi agg.	1	3			2	4		2	1		13	662
Enchytraeus minutus agg.	8	2							1		11	560
Fridericia benti		1			2			1			4	204
Fridericia bulboides		1									1	51
Fridericia cylindrica					1						1	51
Fridericia hegemon								1			1	51
Fridericia maculata	1	5							2		8	407
Fridericia perrieri	1										1	51
Fridericia sp. juv.		1		1		5		1	1		9	458
Hemifridericia parva								1			1	51
Henlea perpusilla	7	1	4		5	42		4	1		64	3.259
Henlea ventriculosa			12	1	4	21		11			49	2.496
Marionina argentea						2		1			3	153
Pristina jenkinae								2			2	102
	83	39	27	11	25	97	14	30	14	0	340	17.316
2,5 - 5 cm												
Bryodrilus ehlersi											0	0
Buchholzia appendiculata											0	0
Cognettia glandulosa											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.											0	0
Fridericia benti											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia cylindrica											0	0
Fridericia hegemon											0	0
Fridericia maculata											0	0
Fridericia perrieri											0	0
Fridericia sp. juv.									1		1	51
Hemifridericia parva											0	0
Henlea perpusilla						2					2	102
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea		1							3		4	204
Pristina jenkinae											0	0
	0	1	0	0	0	2	0	0	4	0	7	357

Tabelle 36 Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF33 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 4.11.2015
BDF 33 Hellbachtal — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Weide/NSG — Umrechnungsfaktor 509

5 - 7,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Bryodrilus ehlersi											0	0
Buchholzia appendiculata											0	0
Cognettia glandulosa											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.											0	0
Fridericia benti											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia cylindrica											0	0
Fridericia hegemon											0	0
Fridericia maculata											0	0
Fridericia perrieri											0	0
Fridericia sp. juv.									1		1	51
Hemifridericia parva											0	0
Henlea perpusilla						1					1	51
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea		2									2	102
Pristina jenkinae											0	0
	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	4	204
7,5 - 10 cm												
Bryodrilus ehlersi											0	0
Buchholzia appendiculata											0	0
Cognettia glandulosa											0	0
Enchytraeus buchholzi agg.											0	0
Enchytraeus minutus agg.											0	0
Fridericia benti											0	0
Fridericia bulboides											0	0
Fridericia cylindrica											0	0
Fridericia hegemon											0	0
Fridericia maculata											0	0
Fridericia perrieri											0	0
Fridericia sp. juv.											0	0
Hemifridericia parva											0	0
Henlea perpusilla											0	0
Henlea ventriculosa											0	0
Marionina argentea											0	0
Pristina jenkinae											0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 36: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF33 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 4.11.2015
BDF 33 Hellbachtal — Einstichfläche 19,63 cm²
Grünland, Weide/NSG — Umrechnungsfaktor 509

Gesamt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Freq.	Sum.	Dom.	Ind./m²
Bryodrilus ehlersi					1						10%	1	0%	51
Buchholzia appendiculata	53	22				1			7		40%	83	24%	4.227
Cognettia glandulosa	12	3	11	9	10	22	14	6	1		90%	88	25%	4.482
Enchytraeus buchholzi agg.	1	3			2	4		2	1		60%	13	4%	662
Enchytraeus minutus agg.	8	2							1		30%	11	3%	560
Fridericia benti		1			2			1			30%	4	1%	204
Fridericia bulboides		1									10%	1	0%	51
Fridericia cylindrica					1						10%	1	0%	51
Fridericia hegemon								1			10%	1	0%	51
Fridericia maculata	1	5							2		30%	8	2%	407
Fridericia perrieri	1										10%	1	0%	51
Fridericia sp. juv.		1		1		5		1	3		50%	11	3%	560
Hemifridericia parva								1			10%	1	0%	51
Henlea perpusilla	7	1	4		5	45		4	1		70%	67	19%	3.412
Henlea ventriculosa			12	1	4	21		11			50%	49	14%	2.496
Marionina argentea		3				2		1	3		40%	9	3%	458
Pristina jenkinae								2			10%	2	1%	102
	83	42	27	11	25	100	14	30	19	0		351		17.876

Artenzahl	17	arithmetisches Mittel	35	17.876
		Standardabweichung	32	16.341
		Variationskoeffizient	91%	
		Median	26	13.242

	7	10	3	3	7	7	1	10	8	0

Artenzahl je Probe

Mittelwert	5,6
Standardabweichung	3,60
Variationskoeffizient	64%

8.3.6 BDF37 Hamburger Hallig

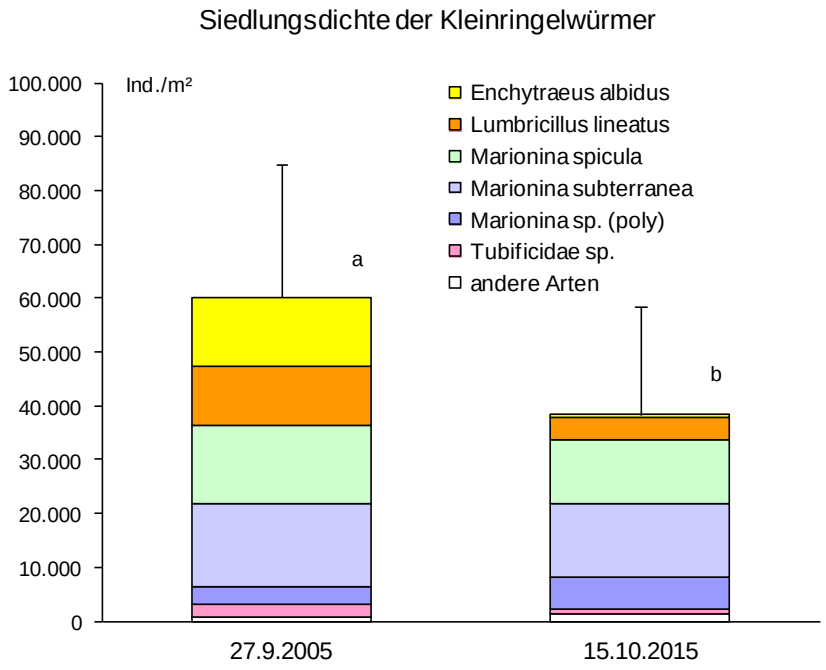


Abbildung 55: Entwicklung der Abundanzen der Kleinringelwürmer auf der BDF37

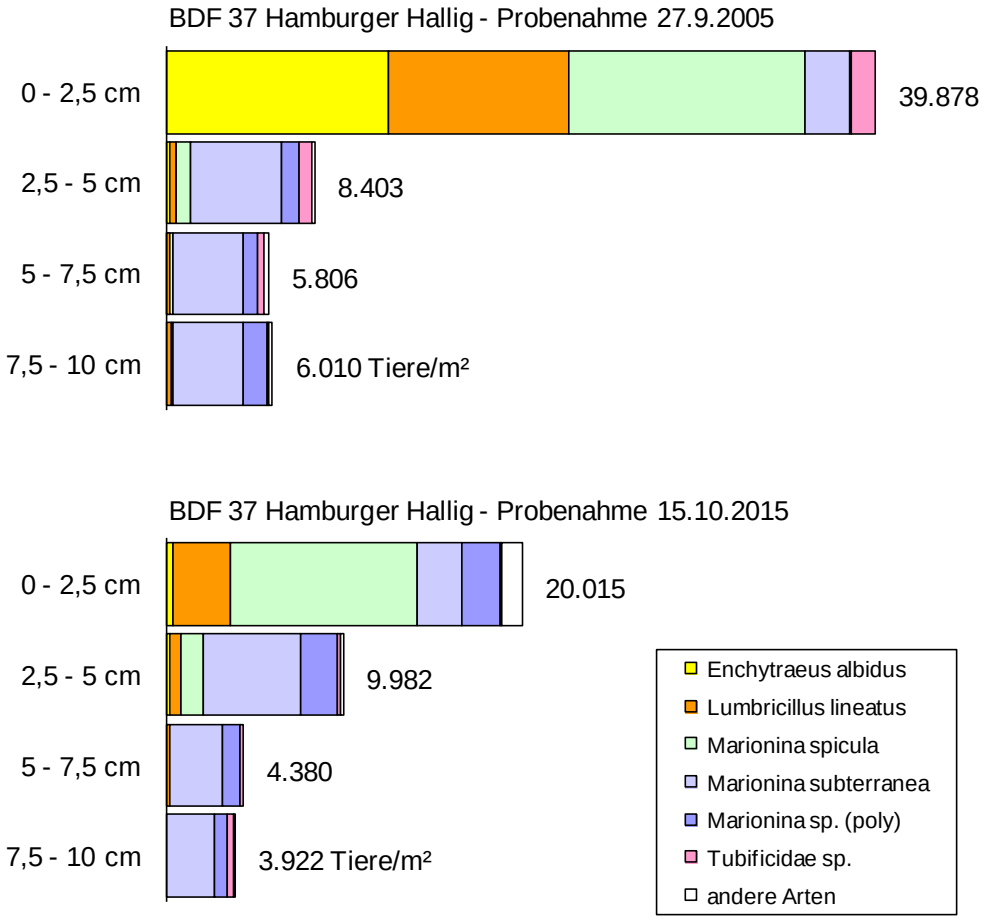


Abbildung 56: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF37

Tabelle 37: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF37

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 15.10.2015
BDF 37 Hamburger Hallig — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Salzwiese, extensive Schafbeweidung — Umrechnungsfaktor 509

0 - 2,5 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe	Ind./m²
Enchytraeus albidus				3	3					2	8	407
Lumbricillus buelowi					8						8	407
Lumbricillus lineatus	12			18	10	3	4	3	1	13	64	3.259
Marionina puccinellia	2	2	3			2	1	1		3	14	713
Marionina spicula	2	12	47	14	3	29	7	68	9	15	206	10.491
Marionina subterranea	2	1	8			13	1	6	14	4	49	2.496
Marionina sp. (poly)	3	9		1		5		24			42	2.139
Baltidrilus costatus											0	0
Tubificidae sp. juv.		1				1					2	102
Stygocapitella subterranea											0	0
	21	25	58	36	24	53	13	102	24	37	393	20.015
2,5 - 5 cm												
Enchytraeus albidus		2		2							4	204
Lumbricillus buelowi						1					1	51
Lumbricillus lineatus				13							13	662
Marionina puccinellia							1				1	51
Marionina spicula	5			11				8			24	1.222
Marionina subterranea	13	6	14	12		14	5	5	38		107	5.449
Marionina sp. (poly)	7	2	1	4		4	1	22			41	2.088
Baltidrilus costatus											0	0
Tubificidae sp. juv.						1		3			4	204
Stygocapitella subterranea					1						1	51
	25	10	15	42	1	20	7	38	38	0	196	9.982
5 - 7,5 cm												
Enchytraeus albidus											0	0
Lumbricillus buelowi											0	0
Lumbricillus lineatus		1		2					1		4	204
Marionina puccinellia											0	0
Marionina spicula											0	0
Marionina subterranea	9	3	11	15		10		1	9		58	2.954
Marionina sp. (poly)	5	3	2	5		5					20	1.019
Baltidrilus costatus											0	0
Tubificidae sp. juv.	2							2			4	204
Stygocapitella subterranea											0	0
	16	7	13	22	0	15	0	3	10	0	86	4.380
7,5 - 10 cm												
Enchytraeus albidus											0	0
Lumbricillus buelowi					2						2	102
Lumbricillus lineatus											0	0
Marionina puccinellia											0	0
Marionina spicula											0	0
Marionina subterranea	8	13	6	12	2	6			6	1	54	2.750
Marionina sp. (poly)	7	1	1	4	1						14	713
Baltidrilus costatus						1					1	51
Tubificidae sp. juv.	2					1			3		6	306
Stygocapitella subterranea											0	0
	17	14	7	16	5	8	0	0	9	1	77	3.922

Tabelle 28: Ergebnisse der 4. Kleinringelwurmerfassung auf der BDF37 (Fortsetzung)

Enchyträen-Extraktionsergebnis — Probenahme 15.10.2015
BDF 37 Hamburger Hallig — Einstichfläche 19,63 cm²
NSG, Salzwiese, extensive Schafbeweidung — Umrechnungsfaktor 509

Gesamt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Freq.	Sum.	Dom.	Ind./m²
Enchytraeus albidus		2		5	3					2	40%	12	2%	611
Lumbricillus buelowi					10	1					20%	11	1%	560
Lumbricillus lineatus	12	1		33	10	3	4	3	2	13	90%	81	11%	4.125
Marionina puccinellia	2	2	3			2	2	1		3	70%	15	2%	764
Marionina spicula	7	12	47	25	3	29	7	76	9	15	100%	230	31%	11.714
Marionina subterranea	32	23	39	39	2	43	6	12	67	5	100%	268	36%	13.649
Marionina sp. (poly)	22	15	4	14	1	14	1	46			80%	117	16%	5.959
Baltidrilus costatus						1					10%	1	0%	51
Tubificidae sp. juv.	4	1				3		5	3		50%	16	2%	815
Stygocapitella subterranea					1						10%	1	0%	51
	79	56	93	116	30	96	20	143	81	38		752		38.299
Artenzahl	10										arithmetisches Mittel	75		38.299
											Standardabweichung	39		20.016
											Variationskoeffizient	52%		
											Median	80		40.744
	6	6	4	4	5	7	5	6	4	4				
											Artenzahl je Probe			
											Mittelwert	5,1		
											Standardabweichung	1,10		
											Variationskoeffizient	22%		

8.3.7 Tabellarische Übersicht der Arten

8.3.8

8.3.9 Übersicht der auf den 2015 untersuchten BDF vorkommenden Regenwurm- und Kleinringelwurmarten. Erläuterungen auf den folgenden Seiten.

8.3.10

	Ökolog.Verhalten			Lebensform		Soziol.Verhalten				
Lumbricidae	**F**	**R**	**S**	**Typ**	**C/N**	**O**	**V**	**A**	**Häufigk.**	**RL**
Allolobophora										
chlorotica (Savigny)	x	7	0	en	eu	1.			7	h
Aporrectodea										
caliginosa (Savigny)	x	7	0	en	eu	1.			9	sh
rosea (Savigny)	x	7	0	en	eu	1.			7	sh
Dendrobaena										
octaedra (Savigny)	x	4	0	ep	meso				7	h
Dendrodrilus										
rubidus (Savigny)	x	x	0	ep	meso				7	h
Eisenia										
fetida (Savigny)	x	x	x	ep	eu					
Eiseniella										
tetraedra (Savigny)	9	7	0	ep	eu	1.	3.		9	mh
Lumbricus										
castaneus (Savigny)	x	7	0	ep	eu	1.			7	h
rubellus Hoffmeister	x	x	0	ep	x				8	sh
terrestris Linnaeus	5	7	0	an	eu	1.	1		7	sh
Octolasion										
tyrtaeum (Savigny)	9	7	0	en	meso	1.	3.	1	8	h

Enchytraeidae	**F**	**R**	**S**	**S-Typ**	**H-Typ**	**O**	**V**	**A**	**Häufigk.**
Achaeta									
aberrans Nielsen & Christensen	5	3	0	s	2-4c	2.	1.	1	6
affinoides Graefe	5	4	0	s	2-4bc				6
bibulba Graefe	5	5	0	s	2-4b				5
unibulba Graefe, Dozsa-Farkas & Christensen	6	7	0	k	4a	1.			6
sp. (list)	x	7	x	k					
Bryodrilus									
ehlersi Ude	x	x	x						4
Buchholzia									
appendiculata (Buchholz)	x	7	0	r/f	12ab	1.			6
Cernosvitoviella									
atrata (Bretscher)	8	x	x		4a				
Cognettia									
glandulosa (Michaelsen)	9	6	0	s/f	12ab	1.	3		6

Enchytraeidae	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	Häufigk.
sphagnetorum (Vejdovský) [1]	x	2	0	s/f	12b-d	2.			9
Enchytraeus									
albidus Henle	8	7	5	r					
buchholzi agg.Vejdovský	x	7	x	r	2-4a	1.			9
bulbosus Nielsen & Christensen	x	7	x	r	2-4a	1.			6
dichaetus Schmelz & Collado	x	7	x	r	2-4a	1.			7
minutus agg. Nielsen & Christensen	x	7	x	r	2-4a	1.			9
Enchytronia									
annulata Nielsen & Christensen	5	6	0	s	4a	1.			5
minor Möller	5	7	0	k	4a	1.			6
parva Nielsen & Christensen	5	6	0	s	4ab				6
sp. (omni)	6	7	0	k	4ab	1.			5
sp. (plic)	x	x	x						4
sp. (pygm)	x	x	x						
sp. (sept)	5	6	0	s	4ab				5
Fridericia									
benti Schmelz	x	7	0	k	4a	1.			5
bisetosa (Levinsen)	x	7	0	k	4a	1.			6
bulboides Nielsen & Christensen	x	7	0	k	4a	1.			8
christeri Rota & Healy	x	7	0	k	4a	1.			7
cylindrica Springett	7	7	0	k	4a	1.			5
deformis Möller	x	7	0	k	4a	1.			5
galba (Hoffmeister)	x	7	0	k	4a	1.			7
hegemon(Vejdovský)	x	7	0	k	4a	1.			4
maculata Issel	x	7	0	k	4a	1.			4
paroniana Issel	x	7	0	k	4a	1.			6
perrieri Vejdovský	x	7	0	k	4a	1.			5
ratzeli (Eisen)	x	7	0	k	4a	1.			5
sp. (gros)	x	7	0	k	4a	1.			5
sp. (para)	x	x	x	k	4a	1.			
Hemifridericia									
parva Nielsen & Christensen	x	7	0	k	2-4a				4
Henlea									
nasuta (Eisen)	x	7	1	k	2-4a				4
perpusilla Friend	x	7	1	k	2-4a				8
ventriculosa (Udekem)	x	7	1	k	2-4a				7
Lumbricillus									
buelowi Nielsen & Christensen	11	7	5			4.			
lineatus (O.F. Müller)	10	7	5			4.			
Marionina									
argentea (Michaelsen) [2]	8	7	1	k	4a	1.	3		6
clavata Nielsen & Christensen	5	1	0	s	23cd	2.	1.	1	8
communis Nielsen & Christensen	5	7	0	k	2a	1.			7
filiformis Nielsen & Christensen	9	5	0	s	34bc				4
puccinellia Kossmagk-Stephan	9	7	4			4.			

Enchytraeidae	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	Häufigk.
spicula (Leuckart)	10	7	5			4.			
*subterranea (*Knöllner)	10	7	5			4.			
vesiculata Nielsen & Christensen	7	6	0	2	4a	1.			5
sp. (poly)	x	x	x						

Naididae	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	Häufigk.
Pristina									
jenkinae (Stephenson)	x	x	x						

Tubificidae	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	Häufigk.
Baltidrilus [3]									
costatus (Claparède)	11	7	4			4.			

Polychaeta	F	R	S	S-Typ	H-Typ	O	V	A	Häufigk.
Hrabeiella									
periglandulata Pizl & Chalupský	5	6	0	s	4ab				6
Stygocapitella									
subterranea Knöllner	10	7	4			4.			

Anmerkungen zu geänderten Artnamen:

[1] *Cognettia sphagnetorum* sensu lato. Es handelt sich hierbei um einen Artenkomplex, der hier nicht weiter differenziert wird (MARTINSSON et al. 2015).

[2] *Marionina argentea* sensu lato. Es handelt sich hierbei um einen Artenkomplex morphologisch schwer unterscheidbarer Arten, der hier nicht weiter differenziert wird (ROTA 2013).

[3] *Baltidrilus costatus*: Die Art erscheint in früheren Berichten unter dem Namen *Tubifex costatus*. Der Gattungsname wurde kürzlich aufgrund neuerer Erkenntnisse geändert in *Baltidrilus* (TIMM 2013).

Da unsere Untersuchungen teils mehr als 20 Jahre zurück reichen und nicht von allen Arten Belegpräparate angefertigt wurden, ist es zum Teil nicht möglich, ältere Artbezeichnungen im Sinne aktueller taxonomischer Entwicklungen anzupassen (z.B. bei der Aufspaltung von Arten, siehe *C. sphagnetorum, M. argentea*).

8.4 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 durchnässten (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 Regenwurmarten (nach BOUCHÉ 1972)
ep *epigäische* Art, Auflagehumusbewohner
en *endogäische* Art, Mineralbodenbewohner
an *anecische* Art, Tiefgräber

C/N Vorkommen der Regenwurmarten 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 Kleinringelwurmarten (nach GRAEFE & SCHMELZ 1999)
r *r*-selektierte, an schnelle Ressourcennutzung angepasste, *opportunistische* Art mit rascher Entwicklung und hoher Fortpflanzungsrate (geschlechtlich oder ungeschlechtlich)
K *K*-Stratege, *konkurrenzstarke*, persistente Art mit langsamer Entwicklung und einer der Umweltkapazität angepassten Fortpflanzungsrate
A A-Stratege, an Säurestress angepasste *stresstolerante* Art
f Art mit ungeschlechtlicher Vermehrung durch *Fragmentation*
j Art mit *jahreszeitlich* festgelegtem Entwicklungszyklus

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 MU – in A-Mull, L-Mull und F-Mull
b MOM – in Mullartigem Moder
c MO – in Typischem Moder
d RO – in Rohhumusartigem Moder und Rohhumus

Beispiele:

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

Achaeta bibulba

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

Buchholzia appendiculata

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

Cognettia sphagnetorum

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

Enchytronia parva

	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			3c	3d
Ah	4a	4b	4c	4d

Henlea perpusilla

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)

e Einzelfund / Erstfund
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

RL: Aktuelle Bestandssituation bundesweit gemäß **R**oter **L**iste Regenwürmer (nicht Gefährdungskategorie)

ex ausgestorben oder verschollen
es extrem selten
ss sehr selten
s selten
mh mäßig häufig
h häufig
sh sehr häufig
nb nicht bewertet
? unbekannt

Makrofauna-Abundanzklassen

1 ■ bis 10
2 ■□ über 10 bis 30
3 ■□□ über 30 bis 100
4 ■□□□ über 100 bis 300
5 ■□□□□ über 300 Individuen/m²

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/m²

8.5 Zersetzergesellschaftstypen und Referenzwertbereiche

Tabelle 38: Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen

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

Tabelle 39: Referenzwertbereiche für Abundanz, Biomasse und Artenzahl der Regenwürmer und Kleinringelwürmer (nach BEYLICH & GRAEFE 2009). Med: median; n: Zahl der Untersuchungen; Vn: Vernässungsgrad gemäß KA5; epi: epigäisch, en: endogäisch, an: anecisch; +: immer vorhanden, (+): bewirtschaftungsabhängig vorhanden; Abundanzen der Kleinringelwürmer (Minimum, Maximum, Median) gerundet.

Kategorie	pH , Tongehalt Vernässung (Vn)	Landnutzung Humusform	n	Abundanz KleinRW [Ind. m^{-2}]	Abundanz Regenw. [Ind. m^{-2}]	Biomasse Regenw. [g m^{-2}]	Artenzahl KleinRW	Artenzahl Regenw.
				Min - Max Med	Min - Max Med	Min - Max Med	Min - Max Med	Min - Max Med
1	**< 3.4**	Wald / Heideland; Moder oder Rohhumusformen	35	21,000 - 155,000 74,000	0-45 14	0-5 1	3-14 7.0	0-3 2.0
2	**≥ 3.4 – 4.2**	Wald / Heideland; Moder oder Rohhumusformen	20	25,000 - 131,00 64,000	2-411 54	> 0-18 8	4-22 15.5	1-6 3.5
3	**4.3-5.9 < 8 % Ton**	Acker; Mull-Humusformen	13	2,000 - 37,000 20,000	0-83 32	0-24 12	5-17 12.0	0-3 1.0
4	**≥ 5.8 ≥ 8 % Ton**	Acker; Mull-Humusformen	23	2,000 - 50,000 22,000	35-480 133	5-126 45	8-17 12.0	3-7 5.0
5	**≥4.2 Vn 0-4**	Grünland; Mull-Humusformen	27	9,000 - 75,000 29,000	91-584 264	37-335 102	14-28 21.0	2-9 6.0
6	**≥ 4.9 Torf Vn 5-6**	Nassgrünland; Mull-Humusformen	11	9,000 - 63,000 34,000	200-484 288	9-114 64	15-22 19.0	4-7 5.0

Tabelle 40: Zersetzergesellschaftstypen nach GRAEFE (1993) (Tabelle 38), mittlere Zeigerwert für Bodenreaktion und Bodenfeuchte (GRAEFE & SCHMELZ 1999) und Vorkommen der Lebensformtypen der Regenwürmer (BOUCHÉ 1972) für die sechs Kategorien aus Tabelle 39. Med: Median; mR': mittlere gewichtete Reaktionszahl; mF': mittlere gewichtete Feuchtezahl; +: im Allgemeinen vorhanden, (+): nicht immer vorhanden; Vn: Vernässungsgrad gemäß KA5

Kategorie	pH, Tongehalt, Vernässung (Vn)	Landnutzung Humusform	Zersetzergesellschaftstyp	mR'	mF'	Lebensformtyp Regenwürmer		
				Min-Max Med	Min-Max Med	epi	endo	anecic
1	**< 3.4**	Wald / Heideland; Moder oder Rohhumusformen	Achaeto-Cognettietum	1.7-4.7 2.6	5.0-5.3 5.0	+		
2	**≥ 3.4 – 4.2**	Wald / Heideland; Moder oder Rohhumusformen	Achaeto-Cognettietum	2.0-5.4 4.1	5.0-5.3 5.0	+		
3	**4.3-5.9 < 8 % Ton**	Acker; Mull-Humusformen	Fridericio-Enchytraeetum (Fridericio-Lumbricetum)	5.5-7.0 6.8	5.0-5.1 5.0		+	(+)
4	**≥ 5.8 ≥ 8 % Ton**	Acker; Mull-Humusformen	Fridericio-Lumbricetum	6.9-7.0 7.0	5.0-6.8 5.9	(+)	+	+
5	**≥4.2 Vn 0-4**	Grünland; Mull-Humusformen	Fridericio-Lumbricetum	6.1-7.0 6.9	5.0-6.5 5.4	+	+	+
6	**≥ 4.9 Torf Vn 5-6**	Nassgrünland; Mull-Humusformen	Octolasietum tyrtaei	6.1-7.0 6.8	6.8-8.9 7.4	+	+	

8.6 Übersicht Bodenlebensgemeinschaftstypen mit den dafür typischen Standortfaktoren-Kombinationen aus BEYLICH et al. (2005)

Tabelle 41: Bodenlebensgemeinschaftstypen mit Standortfaktoren-Kombinationen

A	pH-Wert ≥ 4,2 → Mineralboden wühlende Regenwürmer (anecische und/oder endogäische Arten) kommen vor → Mull-Humusformen (Durchmischungs-Humusformen)			
	A 1	Bodenkundliche Feuchtestufe 2-8		
		A 1.1	Wald → Streu bewohnende Gruppen (Hornmilben, Tausendfüßer, Asseln u.a.) arten- und individuenreich. Epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer vorhanden.	
		A 1.2	Grünland, bodenkundliche Feuchtestufe 2-7 → Anecische, endogäische und epigäische Regenwürmer vorhanden	
			A 1.2.1.	Bodenarten S*, Us → Mikrobielle Biomasse mittel, Regenwurmbiomasse hoch
			A 1.2.2	Bodenarten Uu, Ut*, Uls, Ls*, Lts, Lt2, Lu, Ts3, Ts4 → Mikrobielle Biomasse hoch, Regenwurmbiomasse mittel bis sehr hoch
			A 1.2.3	Bodenarten Lt3, Tu*, Ts2, Tl, Tt, H → Mikrobielle Biomasse sehr hoch, Regenwurmbiomasse hoch
		A 1.3	Feuchtgrünland, bodenkundliche Feuchtestufe 8 → Anecische, endogäische und epigäische Regenwürmer vorhanden, Feuchte liebende Hornmilben und Raubmilben	
		A 1.4	Acker → Bodenbearbeitung → Streu bewohnende Arten fehlen	
			A 1.4.1	Bodenarten ≤ 8 % T und ≤ 50 % U sowie Sl3 und St2 → Endogäische Regenwürmer vorhanden, anecische fehlen. Mikrobielle Biomasse und Regenwurmbiomasse gering [2]
			A 1.4.2	Bodenarten Sl4, St3, Slu, U*, Ls*, Lu, Lts, Lt2, Ts4, Ts3 → Anecische und endogäische Regenwürmer vorhanden. Mikrobielle Biomasse mittel, Regenwurmbiomasse mittel - hoch
			A 1.4.3	Bodenarten Lt3, Ts2, Tu*, Tl, Tt, H → Anecische und endogäische Regenwürmer vorhanden. Mikrobielle Biomasse hoch, Regenwurmbiomasse mittel [3]
	A 2	Bodenkundliche Feuchtestufe 9-10 → Aerohydromorphe und hydromorphe Mull-Humusformen → Nässe liebende (Luftmangel tolerierende) Regenwürmer und Enchyträen. Epigäische und endogäische Regenwürmer vorhanden, anecische fehlen		
		A 2.1	pH-Wert ≥ 5,5 → Charakterart *Eiseniella tetraedra* (Regenwurm)	
		A 2.2	pH-Wert < 5,5 → Charakterart *Octolasion tyrtaeum* (Regenwurm)	
	A 3	Bodenkundliche Feuchtestufe 0-1 → Wärme liebende (Trockenheit tolerierende) Bodenbiozönose		
B	pH-Wert < 4,2 → Mineralboden wühlende Regenwürmer (anecische und endogäische Arten) fehlen → Auflage-Humusformen → Epigäische Regenwürmer in geringer Abundanz vorhanden, Mikroarthropoden individuenreich			
	B 1	Bodenkundliche Feuchtestufe 2-8 → aeromorphe Auflage-Humusformen → Oft hohe Abundanz von Enchyträen und Hornmilben		
	B 2	Bodenkundliche Feuchtestufe 9-10 → aerohydromorphe und hydromorphe Auflage-Humusformen → Nässe und Säure tolerierende Enchyträen		
	B 3	Bodenkundliche Feuchtestufe 0-1 → Trockenheit und Säure tolerierende Bodenbiozönose		

[1] "*" bedeutet: alle Bodenarten-Untergruppen der jeweiligen Bodenarten-Gruppe oder Bodenarten-Hauptgruppe

[2] bei Minimalbodenbearbeitung und in den etwas tonreicheren Varianten ggf. Vorkommen anecischer Regenwürmer

[3] Schätzwert, da keine geeigneten Daten vorlagen

Tabelle 42: Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte zu Tabelle 41 (aus: BEYLICH et al. 2005, nach HÖPER & KLEEFISCH 2001)

Mikrobielle Biomasse (SIR) 0-20 cm Tiefe	(Werte in mg C/kg Boden)	Gemeinschaftstyp	
gering	**100-180**		**A 1.4.1**
mittel	**180-320**	**A 1.2.1**	**A 1.4.2**
hoch	**320-560**	**A 1.2.2**	**A 1 4.3**
sehr hoch	**560-1000**	**A 1.2.3**	

Tabelle 43: Vorläufiger Vorschlag für Erwartungswerte der Regenwurmbiomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte zu Tabelle 41. Fett: Gemeinschaftstyp eindeutig einstufbar (aus: BEYLICH et al. 2005)

Regenwurmbiomasse	(Werte in g FG/m²)	Gemeinschaftstyp	
gering	**> 0 - 20**		**A 1.4.1**
mittel	**> 20 - 60**	**A 1.2.2**	**A 1.4.2, A 1.4.3**
hoch	**> 60 - 200**	**A 1.2.1, A 1.2.2, A 1.2.3**	**A 1.4.2**
sehr hoch	**> 200**	**A 1.2.2**	

8.7 Verzeichnis der Abkürzungen

BDF	Boden-Dauerbeobachtungsfläche
BKF	Bodenkundliche Feuchtestufe
CFE	Chloroformfumigationsextraktion
C	Kohlenstoff
C_{mic}	Mikrobielle Biomasse
C_{mic}/C_{org}	Anteil der mikrobiellen Biomasse am gesamten organischen Kohlenstoff
C_{org}	organischer Kohlenstoff
F	Feuchtezeigerwert
FG	Frischgewicht
feu	Bodenfeuchte
GOF	Geländeoberfläche
Ind./m²	Individuen je m²
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden, 2005)
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
NSG	Naturschutzgebiet
N_t	Gesamtgehalt Stickstoff
qCO_2	metabolischer Quotient, Aktivierungsquotient
SIR	Substratinduzierte Respiration
R	Reaktionszeigerwert
RL	Rote Liste der Regenwürmer Deutschlands

8.8 Glossar

Abundanz	Siedlungsdichte; hier angegeben in Individuen/m^2
Abundanzklasse	Größenbereich der Abundanz, 5-stufig gestaffelt, für Makro- und Mesofauna unterschiedlich skaliert
Adulte	geschlechtsreife Tiere
anecisch	Lebensformtyp der Regenwürmer (von griech. *ana*-, aufwärts und *oec*-, franz. *ec*-, Haus), lebt in aufwärts gerichteter Wohnröhre, Gänge reichen bis in 1 m Tiefe oder mehr (Tiefgräber)
Anneliden	Ringelwürmer, hier insbesondere: Regenwürmer und Kleinringelwürmer
A-Stratege	Strategietyp der Kleinringelwürmer (von engl. *adverse*, widrig), stresstolerante Art, hier in der Bedeutung: an saure Bodenverhältnisse angepasst
Biozönosetyp, Gemeinschaftstyp	Abstrakte Bezeichnung für Biozönosen mit ähnlicher Artenzusammensetzung
Bodenbiozönose, Bodenlebensgemeinschaft	Gesamtheit der in einem Boden lebenden Mikroorganismen und Tiere mit ihren Interaktionen. Wegen ihres Artenreichtums kann die Bodenbiozönose meist nur ausschnittsweise anhand von Indikatorgruppen erfasst werden
Bodenfeuchte	Potentieller oder aktueller Wassergehalt des Bodens in Abhängigkeit von der Wasserhaltekapazitiät, den klimatischen Bedingungen (Niederschlag / Verdunstung), den Grund- und Stauwasserständen und dem Überflutungsregime. Unter den für die Bodenbiologie wichtigen Standortfaktoren wohl der am schwersten in geeigneter Weise zu erfassende Parameter, da er räumlich und zeitlich stark schwankt
Dominanz	relative Abundanz: Siedlungsdichte einer Art / Gattung im Verhältnis zur Gesamtzahl; angegeben in %
Enchytraeiden, Enchytraeen, Enchyträen	Familie innerhalb der Ringelwürmer; überwiegend terrestrisch im Boden lebend; hier zu den Kleinringelwürmern gezählt
endogäisch	Lebensformtyp der Regenwürmer (von griech. *endo*-, innerhalb und *gae*-, Erdboden), graben überwiegend im oberen Mineralboden und nehmen dort ihre Nahrung auf (Mineralbodenbewohner)
epigäisch	Lebensformtyp der Regenwürmer (von griech. *epi*-, über und *gae*-, Erdboden), leben an der Bodenoberfläche in der organischen Auflage und nehmen dort ihre Nahrung auf (Streubewohner)
Erwartungswert	Apriori-Aussage für die auf Grund der Standortfaktoren an einem Standort zu erwartende Artengemeinschaft.
F, Feuchtezahl	Feuchtezeigerwert, Angabe zum Vorkommen einer Art im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit
Frequenz	Zahl der Proben, in denen eine Art vorkommt im Verhältnis zur Gesamtprobenzahl; angegeben in %
gewichteter mittlerer Zeigerwert	berechneter Mittelwert der Zeigerzahlen einer Artengemeinschaft unter Berücksichtigung der Abundanzklasse (Abundanzklasse 1 geht 1-mal, Abundanzklasse 5 geht 5-mal in die Rechnung ein)
Juvenile	nicht geschlechtsreife Tiere
Kleinringelwürmer	Sammelbegriff für Vertreter mehrerer Familien der Ringelwürmer, die zur Mesofauna gehören. Hier überwiegend Vertreter der Enchytraeiden
Lumbriciden	Regenwürmer (eine Familie innerhalb der Ringelwürmer); gehören zur Makrofauna des Bodens
Makro-, Meso-, Mikrofauna	Größenklassen der Bodenfauna nach Körperlänge oder (besser) Körperdurchmesser
Polychaeta	Vielborster, paraphyletische Gruppe der Ringelwürmer, überwiegend im marinen Bereich, wenige Vertreter terrestrisch lebend, hier zu den Kleinringelwürmern gezählt
pH-Wert	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration; Maß für die Bodenreaktion (Bodenacidität, Bodensäure)

R, Reaktionzahl	Reaktionszeigerwert, Angabe zum Vorkommen einer Art im Gefälle der Bodenreaktion und des Kalkgehaltes
r-Stratege	Strategietyp der Kleinringelwürmer, opportunistische Art mit hoher Reproduktionsrate bei befristet verfügbarem Nahrungsangebot
Säurezeigergruppe	Zusammenfassung der Reaktionszeigerwerte in drei Gruppen: Starksäurezeiger (R1-R3), Mäßigsäurezeiger (R4-R6), Schwachsäurezeiger (R7)
Standortfaktoren	Ausgewählte Faktoren, die in Hinsicht auf die bodenbiologische Fragestellung einen bestimmten Standort (eine bestimmte Fläche) umfassend beschreiben. Dazu gehören neben Bodeneigenschaften auch klimatische, geographische und anthropogene Faktoren.
Taxon	systematische Einheit in der Biologie (wie Art, Familie oder Ordnung)
Tubificiden	Gruppe innerhalb der Ringelwürmer, überwiegend im Wasser lebend; hier zu den Kleinringelwürmern gezählt
Zeigerart, Indikatorart	Art, die einen engen Toleranzbereich gegenüber einem einzelnen Faktor aufweist, beispielsweise gegenüber dem pH-Wert und die durch ihr Vorkommen oder ihre Abwesenheit die Ausprägung dieses Umweltfaktors anzeigen
Zeigerwert	Formalisierte Angaben zur Präferenz von Arten für bestimmte Standorteigenschaften (z.B. Bodenfeuchte, Bodenreaktion). Bekanntestes Beispiel sind die Zeigerwerte der Pflanzen nach Ellenberg. Die Zeigerwertspektren und mittleren Zeigerwerte einer Artengemeinschaft erlauben integrative Aussagen über die ökologische Wirksamkeit dieser Faktoren und ihrer räumlichen und zeitlichen Schwankungen
Zeigerwertspektrum	Streubreite der Zeigerwerte eines Artenbestandes
Zersetzergesellschaftstyp	von Umweltbedingungen abhängige typische Artenkombination streuzersetzender Tiere und Mikroorganismen, in der Regel durch Kennarten und funktionelle Kenngruppen der Lebensgemeinschaft definiert (GRAEFE 1993)

(Definitionen teils entnommen aus und/oder verändert nach BEYLICH et al. 2005)