



DIPLOMARBEIT

Einfluss eines Dachskadavers auf Bodenparameter und Collembolenzönose

Vorgelegt von:

Bastian Klonowski
Maiberger Str 3
03044 Cottbus
2309520

bastian.klonowski@klonowski.de

Annett Rößler
Heinrich-Mann-Str. 8
01877 Bischofswerda
2403335
annett.roessler@arcor.de

Erstkorrektor: PD Dr.rer.nat. habil. Udo Bröring

Zweitkorrektor: Dr.rer.nat René Krawczynski

Abgabetermin:

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Liste verwendeter Abkürzungen | VI |
| 1 Einleitung ^{1,2} | 1 |
| 2 Material und Methoden | 2 |
| 2.1 Untersuchungsgebiet ^{1,2} | 2 |
| 2.2 Wetter ^{1,2} | 3 |
| 2.3 Probenahmedesign ^{1,2} | 4 |
| 2.4 Vegetationsaufnahmen ^{1,2} | 5 |
| 2.5 Bodenanalytik ¹ | 5 |
| 2.5.1 pH-Wert | 5 |
| 2.5.2 Wassergehalt und Trockensubstanz | 6 |
| 2.5.3 Humusgehalt | 6 |
| 2.5.4 Nitratstickstoff | 7 |
| 2.5.5 Ammoniumstickstoff | 7 |
| 2.5.6 Diphosphorpentoxid | 7 |
| 2.5.7 Leitfähigkeit | 8 |
| 2.6 Extraktion der Collembolen- und Milbenfauna nach MACFAYDEN, Präparation und Bestimmung ² | 8 |
| 2.7 Statistik ^{1,2} | 10 |
| 2.7.1 Dominanz nach ENGELMANN (1978) | 10 |
| 2.7.2 Statistik mit SPSS 18.0 | 10 |
| 2.7.2.1 Test auf Normalverteilung | 10 |
| 2.7.2.2 MANN-WHITNEY U-Test | 11 |
| 2.7.2.3 KRUSKAL-WALLIS-Test | 11 |
| 2.7.2.4 Clusteranalyse | 11 |
| 2.7.2.5 Korrelation | 12 |
| 2.7.3 Statistik mit Canonical Community Ordination (CANOCO) | 12 |
| 3 Ergebnisse | 13 |
| 3.1 Vegetation ^{1,2} | 13 |
| 3.1.1 Vorkommende Vegetation | 13 |
| 3.1.1.1 Allgemein | 13 |
| 3.1.1.2 Vegetation des Nord-Süd-Transektes | 13 |
| 3.1.1.3 Vegetation des West-Ost-Transektes | 14 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1.4 Gesamtbetrachtung der Vegetation | 16 |
| 3.2 Bodenparameter ¹ | 16 |
| 3.2.1 Vorbetrachtungen | 16 |
| 3.2.2 pH-Wert | 16 |
| 3.2.3 Wassergehalt | 18 |
| 3.2.4 Humusgehalt | 20 |
| 3.2.5 Nitratstickstoff | 22 |
| 3.2.6 Ammoniumstickstoff | 24 |
| 3.2.7 Pflanzenverfügbare Stickstoff | 26 |
| 3.2.8 Diphosphorpentoxid | 28 |
| 3.2.9 Leitfähigkeit | 30 |
| 3.3 Vorkommende Collembolenarten ² | 32 |
| 3.3.1 Anzahl der Collembolen | 32 |
| 3.3.2 Endogäische Arten | 34 |
| 3.3.2.1 <i>Friesea afurcata</i> | 34 |
| 3.3.2.2 <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 35 |
| 3.3.2.3 <i>Hypogastrura vernalis</i> | 36 |
| 3.3.2.4 <i>Hypogastrura</i> spec. juv. | 38 |
| 3.3.2.5 <i>Isotomodes productus</i> | 39 |
| 3.3.2.6 <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 40 |
| 3.3.2.7 <i>Parisotoma notabilis</i> | 41 |
| 3.3.2.8 <i>Proisotoma ripicola</i> | 42 |
| 3.3.2.9 <i>Pseudachorutes</i> spec. juv. | 43 |
| 3.3.3 Epigäische Arten | 44 |
| 3.3.3.1 <i>Entomobrya multifasciata</i> | 44 |
| 3.3.3.2 <i>Entomobrya</i> spec. juv. | 45 |
| 3.3.3.3 <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | 46 |
| 3.3.3.4 <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 47 |
| 3.3.3.5 <i>Sphaeridia pumilis</i> | 47 |
| 3.3.4 Artenspektrum der Collembolen | 48 |
| 3.4 Anzahl der Milben ² | 52 |
| 3.5 Statistische Auswertung ^{1,2} | 54 |
| 3.5.1 Dominanz nach ENGELMANN (1978) | 54 |
| 3.5.2 Statistische Auswertung mit SPSS und Canonical Community Ordination | 59 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5.3.1 Prüfung auf Normalverteilung (KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test) | 59 |
| 3.5.3.2 MANN-WHITNEY U-Test | 60 |
| 3.5.3.3 KRUSKAL-WALLIS-Test | 64 |
| 3.5.3.4 Clusteranalyse | 67 |
| 3.5.3.5 Korrelationsanalyse | 70 |
| 3.5.3.5.1 Korrelationsanalyse für die Bodenparameter | 70 |
| 3.5.3.5.2 Korrelationsanalyse für die Collembolenarten | 72 |
| 3.5.3.5.3 Korrelationsanalyse für die Collembolenarten und die Bodenparameter | 75 |
| 3.5.3.5.4 Korrelationsanalyse für die Bodenparameter von 2009 und 2010 | 77 |
| 3.5.3.6 Ordination nach Gradientenanalyse (CANOCO) | 78 |
| 3.5.3.6.1 Indirekte Gradientenanalyse (DCA) | 78 |
| 3.5.3.6.2 Direkte Gradientenanalyse (CCA) | 79 |
| 4 Diskussion | 83 |
| 4.1 Methoden ^{1,2} | 83 |
| 4.2 Vegetation ^{1,2} | 86 |
| 4.3 Bodenparameter ¹ | 88 |
| 4.3.1 pH-Wert | 88 |
| 4.3.2 Wasser- und Humusgehalt | 91 |
| 4.3.3 Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffgehalt | 96 |
| 4.3.4 Phosphatgehalt | 102 |
| 4.3.5 Leitfähigkeit | 104 |
| 4.4 Collembolen ² | 107 |
| 4.4.1 Endogäische Arten | 107 |
| 4.4.1.1 <i>Friesea afurcata</i> | 107 |
| 4.4.1.2 <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 108 |
| 4.4.1.3 <i>Hypogastrura vernalis</i> | 110 |
| 4.4.1.4 <i>Isotomodes productus</i> | 111 |
| 4.4.1.5 <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 113 |
| 4.4.1.6 <i>Parisotoma notabilis</i> | 114 |
| 4.4.1.7 <i>Proisotoma ripicola</i> | 115 |
| 4.4.1.8 <i>Pseudachorutes</i> spec. juv. | 116 |
| 4.4.2 Epigäische Arten | 117 |
| 4.4.2.1 <i>Entomobrya multifasciata</i> | 117 |
| 4.4.2.2 <i>Entomobrya</i> spec. juv. | 117 |

| | |
|--|-------------|
| 4.4.2.3 <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | 119 |
| 4.4.2.4 <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 119 |
| 4.4.2.5 <i>Sphaeridia pumilis</i> | 120 |
| 4.5 Stetigkeit der Collembolen ² | 122 |
| 4.6 Milben- und Collembolenpopulationen im Vergleich ² | 123 |
| 4.7 Hypothese der mittleren Störhäufigkeit ² | 124 |
| 4.8 Die Struktur der Zönose ² | 126 |
| 4.9 Die Reichweite des Aaseinflusses ^{1,2} | 129 |
| 4.10 Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Transektverlauf ¹ | 134 |
| 4.11 Beeinflussungen der Bodenparameter bzw. Collembolenarten untereinander ^{1,2} | 136 |
| 4.12 Bevorzugte Habitate der Collembolenarten ^{1,2} | 142 |
| 4.13 Schlussfolgerungen ^{1,2} | 146 |
| 5 Zusammenfassung^{1,2} | 148 |
| 6 Danksagung^{1,2} | 150 |
| 7 Literaturverzeichnis^{1,2} | 151 |
| Anhang^{1,2} | VII |
| Tabellenverzeichnis^{1,2} | XVII |
| Abbildungsverzeichnis^{1,2} | XIX |

¹ verfasst von B. Klonowski; ² verfasst von A. Rößler

Liste verwendeter Abkürzungen

| | |
|----------|----------------------------------|
| pH | pH-Wert |
| Leit/ LF | Leitfähigkeit |
| TS | Trockensubstanz |
| WG | Wassergehalt |
| HG | Humusgehalt |
| C | Kohlenstoffgehalt |
| AS | Ammoniumstickstoff |
| NS | Nitratstickstoff |
| pS | pflanzenverfügbare Stickstoff |
| P | Diphosphorpentoxid |
| Em | <i>Entomobrya multifasciata</i> |
| Esj | <i>Entomobrya spec. juv.</i> |
| Fa | <i>Friesea afurcata</i> |
| Hm | <i>Hypogastrura manubrialis</i> |
| Hv | <i>Hypogastrura vernalis</i> |
| Ip | <i>Isotomodes productus</i> |
| Lc | <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> |
| Mm | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> |
| Pn | <i>Parisotoma notabilis</i> |
| Pr | <i>Proisotoma ripicola</i> |
| Psj | <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> |
| Sn | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> |
| Sp | <i>Sphaeridia pumilis</i> |
| Hsj | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> |
| VE | vollentsalzt |
| CAL | Calcium-Acetat-Lactat |

1 Einleitung

Der Wissenschaftszweig der forensischen Entomologie ist vergleichsweise jung. Lange Zeit war nicht bekannt, dass Leichen von Insekten besiedelt und sogar von ihnen zersetzt werden (HERMANN & SATERNUS 2007). Ein Meilenstein in der Geschichte der Forensik stellte daher das im Jahre 1894 von Jean Pierre Mégnin veröffentlichte Werk „La Faune des Cadavres“ dar. Er gehörte zu den ersten seines Faches, der detailliert die Lebenszyklen von Insekten auf Leichen beschrieb (KLOTZBACH 2004; HERMANN & SATERNUS 2007). Später, zu Beginn des 20. Jahrhunderts, befassten sich einige Autoren wie FOLSOM (1902), HUNZIKER (1919) oder HANDSCHIN (1925) speziell mit der Collembolenfauna auf Friedhöfen. Im Jahre 1987 veröffentlichte BRAACK die umfangreiche Studie „Community dynamics of carrion-attendant arthropods in tropical african woodland“. In kürzeren aufeinanderfolgenden Zeitintervallen listete er jegliche Insektengruppen auf, die mehrere Impalakadaver im Krüger-Nationalpark aufsuchten. MELIS et al. (2007) fokussierten wie bereits TOWNE (2000) und DANELL et al. (2002) auf Änderungen der Bodenchemie.

Seit November 2008 befasst sich die Brandenburgische Technische Universität Cottbus mit dem Thema der Aasökologie. Im Rahmen des Necros-Projektes werden verschiedene Teilaspekte aufgegriffen, wie z.B. die Funktion von Aasnahrungsnetzen, die Sukzession von Arthropoden auf Kadavern und die Struktur der Nahrungsnetze, die ohne Kadaver nicht vorhanden wären. In dieser Diplomarbeit werden Veränderungen von Bodenparametern sowie der Collembolenfauna durch das Aas betrachtet.

Für diese Arbeit sollen die nachfolgenden 3 Thesen als Leitfaden dienen:

- I Die Anwesenheit von Aas beeinflusst die Bodenparameter nachhaltig.
- II Kadaver beeinflussen die Zönose endogäischer Collembolen.
- III Höhere Abundanzen von Collembolen fördern wiederum weitere Bodenorganismen wie z.B. Milben.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Gebiet der Lieberoser Heide erstreckt sich etwa 18 km nördlich von Cottbus und umfasst ca. 25.500 ha. Bis 1994 wurde das Gelände 40 Jahre lang als Truppenübungsplatz genutzt (MUGV 2009), wozu man große Abschnitte für den militärischen Übungsbetrieb entwaldete (MUGV 2009; BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2010; LANDKREIS SPREE-NEIßE 2009). Auch heute noch gilt das Gebiet als munitionsbelastete Altlastenverdachtsfläche (MUGV 2009). Wegen des Übungsbetriebes zeichnet sich die Lieberoser Heide durch ihre reiche Flora und Fauna aus; weite Teile wurden als FFH-, Vogelschutz- oder Naturschutzgebiete deklariert (MUGV 2009; BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2010). Die Kombination aus den verschiedensten Habitaten, wie Sandtrockenrasen, Heideflächen, Offenlandbereichen, Seen und Mooren (BEUTLER 2000 in MUGV 2009) sowie einer Reihe von Vorwaldstadien (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2010), machen die Lieberoser Heide zu einem aus Naturschutzgesichtspunkten bedeutsamen Gebiet, welches durch Verkehrswege nur wenig zerschnitten wird (MUGV 2009; BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2010).

Das heutige Relief wurde vor allem durch die Weichselkaltzeit geprägt (LANDKREIS SPREE-NEIßE 2009). Die dominierenden Bodenarten sind Sande, die sich durch ihre Nährstoffarmut auszeichnen (MUGV 2009; LANDKREIS SPREE-NEIßE 2009). Auf der Untersuchungsfläche (UF), einer inzwischen sanierten Mülldeponie der sowjetischen Armee (Abb. 1a im Anhang), wurde nach der Sanierung Boden aus der Umgebung zur Abdeckung ausgebracht (LÜDECKE, pers. Mitteilung), der teilweise Bauschutt enthält. Die ca. 10 ha große UF ist weitgehend baumfrei und grenzt südlich und östlich an Kiefernforst (Abb. 1). Im Norden schließt sich das stark verbuschte Halb-Offenland der ehemaligen Schießbahn an. Aufgrund starker Munitionsbelastung ist eine Beprobung dort nicht möglich. Die Deponie hingegen ist nicht munitionsbelastet.

Im Juni 2009 wurde ein Dachskadaver auf der UF ausgelegt, jedoch nicht fixiert. Das Areal weist eine geringe Neigung in südöstlicher Richtung auf (Abb. 2a im Anhang). Das Forstamt Peitz stellte diesen Kadaver zur Verfügung. Im August desselben Jahres war er bereits vollständig skelettiert, weil Raben, Seeadler und Rotmilane, aber auch Insekten wie Käfer und Fliegen ihn als Nahrungsgrundlage nutzten (KRAWCZYNSKI mündl.).

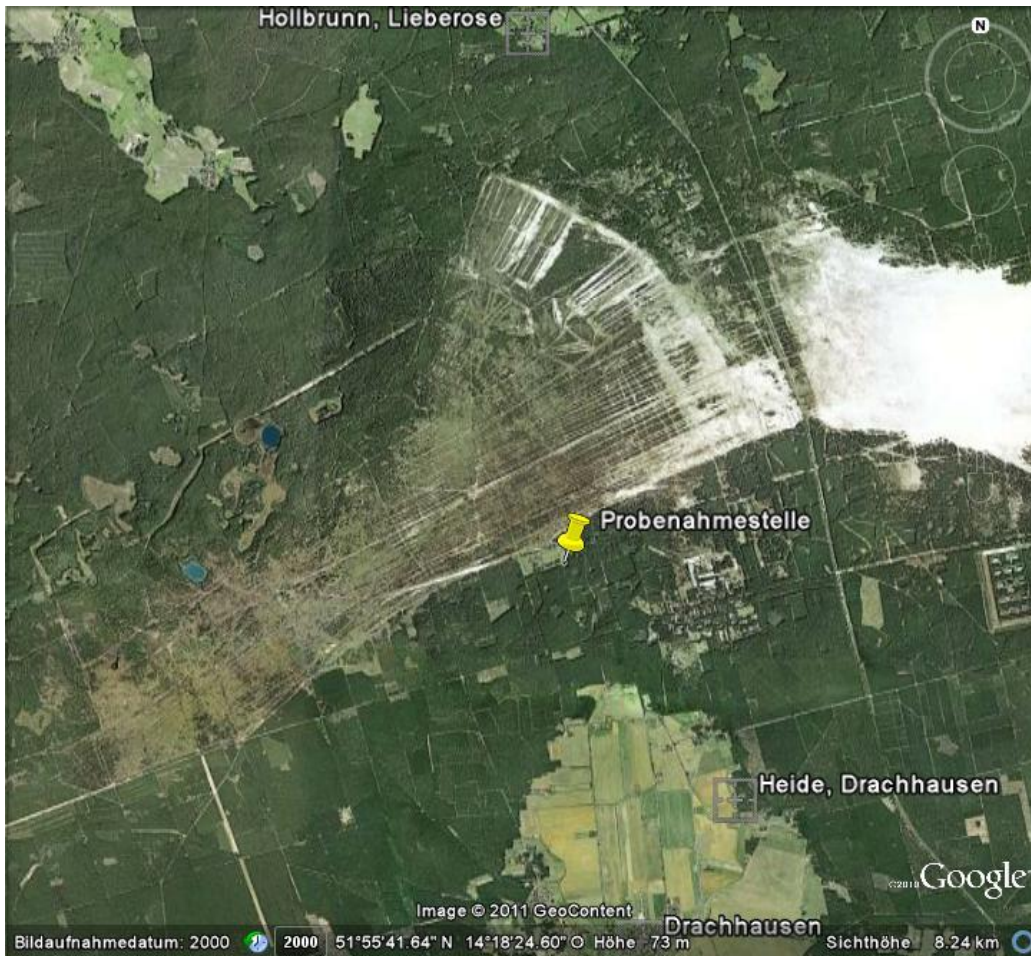


Abb. 1: Beprobungsstandort im Südosten der Deponie (Google Earth 2000)

2.2 Wetter

Zur Einschätzung der klimatischen Verhältnisse vor Ort wurden die meteorologischen Daten der nur etwa 5 km entfernten Wetterstation Lieberose Hollbrunn herangezogen. Die Messstation wird nicht vom Deutschen Wetterdienst, sondern privat betrieben.

Am Tag der Beprobung, dem 04.06.2010, betrug die geringste Temperatur 8,0 °C (4:42 Uhr) und die höchste 24,6 °C (17:15 Uhr). Die durchschnittliche Temperatur der letzten 14 Tage lag bei 14,0 °C und die Monatsmitteltemperatur für Mai bei 12,3 °C. Niederschlag fiel weder am 04.06. noch 2 Wochen vor der Beprobung. Die atmosphärische Feuchte lag am Untersuchungstag bei 63,15 %, bis 14 Tage zurückblickend im Mittel bei 78,7 %. Die Sonnenscheindauer betrug am 04.06. 1,6 h und die Windstärke lag bei 4,5 km/h. Für die 2 Wochen zuvor wurden an Sonnenscheindauer im Durchschnitt 0,3 h pro Tag und für die Windstärke 4,3 km/h gemessen (unveröffentlicht nach HORNOFF 2010).

2.3 Probenahmedesign

Den Mittelpunkt des Probenahmedesigns (Abb. 2) bildet die Stelle, an der das Aas ausgelegt jedoch nicht fixiert wurde. Diese Markierung wird für die nachfolgenden Analysen mit 0 bezeichnet. Von diesem Zentrum des Beprobungsmusters ausgehend wurden anschließend mit Hilfe eines Kompasses 4 Transekte entlang der Richtungen Norden, Osten, Süden und Westen ausgerichtet. Das Design entspricht Untersuchungen von KRAWCZYNSKI von 2009 (unveröffentlicht), um später Vergleiche zwischen den Datensätzen anstellen zu können. Jeder Transekt wurde so angelegt, dass sich vom Zentrum ausgehend 14 Probenpunkte – im Folgenden je nach räumlicher Orientierung z.B. mit N_1, N_2, N_3 usw. bezeichnet – jeweils im Abstand von 10 cm zwischen 2 Probenmittelpunkten aneinanderreihen. Der Durchmesser eines Bodenzylinders beträgt 7,8 cm, die Tiefe 5 cm und das Volumen des Probenmaterials etwa 239 cm^3 . Nach dem 14. Probenpunkt schließt sich im Abstand von 1 m jeweils eine Außenprobe (N_A, O_A, S_A bzw. W_A) an, so dass jeder Transekt insgesamt eine Länge von 2,4 m aufweist. Diese äußeren Punkte sollen als Referenz dienen, wie sich ein vom Aas nur wenig beeinflusster Boden verhält. Jeder Probenpunkt steht für 2 parallele Bodenentnahmen, die für die Extraktion der Milben- und Collembolenfauna bzw. für die Bodenanalytik genutzt wurden.

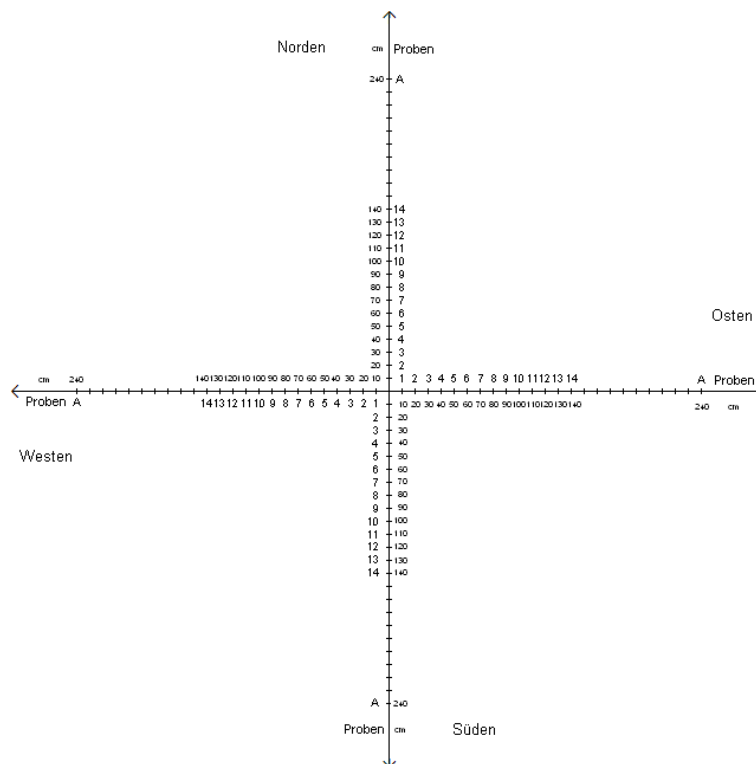


Abb. 2: Probenahmedesign

2.4 Vegetationsaufnahmen

Da auch bei der Vegetation eine Beeinflussung durch Aas stattgefunden haben könnte, fand eine Erfassung der vorherrschenden Vegetation statt. Im näheren Umfeld der Probenpunkte wurden die dort vorkommenden Pflanzen sowie andere wichtige Merkmale, wie z.B. Überreste des Dachskadavers, vermerkt. Deckte eine Art mehrere Probenpunkte ab, so wurde sie für jeden der betroffenen Standorte vermerkt. Die Auflistung der Pflanzenarten erfolgte tabellarisch mit 0- und 1-Werten für Nichtvorhandensein bzw. Vorhandensein der jeweiligen Arten. Eine quantitative Erfassung der Vegetation anhand des Bedeckungsgrades o.ä. wurde darüberhinaus nicht vorgenommen. Alle botanischen Bezeichnungen stammen aus ROTHMALER (1994) bzw. KOPERSKI (2000). Die Bestimmung der Moose erfolgte durch Herrn Dr. Hans-Georg Wagner und die der Gefäßpflanzen unter seiner Mitwirkung.

Diese Vegetationserfassung ermöglicht einen Einblick, welche Arten unter den gegebenen Bodenparametern konkurrieren und sich durchsetzen konnten. Besonders die Frage der Wiederbesiedlung nach dem Abbau des Dachskadavers könnte bedeutsam sein, da das Aas eine vegetationsfreie Fläche hinterlässt.

2.5 Bodenanalytik

2.5.1 pH-Wert

Die pH-Werte der Bodenlösungen werden potentiometrisch bestimmt. Das Verfahren basiert auf einer Einstabmesskette, bei der pH- und Referenzelektrode zu einer Einheit zusammengefasst sind. An der elektrisch leitenden Glasmembran stellt sich das Spannungspotential ein (SEIDL-LAMPA 2005).

Es wird mit 0,01 molarer Calciumchloridlösung als Extraktionsmittel gearbeitet. Das Probenmaterial für die Doppelbestimmung sollte homogenisiert, lufttrocken und auf 2 mm gesiebt sein. Eine Messung kann erfolgen, wenn sich das zuvor geschüttelte Material vollständig abgesetzt hat.

2.5.2 Wassergehalt und Trockensubstanz

Ermitteln lässt sich der Wassergehalt über ein gravimetrisches Verfahren. Dafür wird vom feuchten, gesiebten Probenmaterial das Gewicht (FG_B) notiert. Zuvor muss das Gewicht der Petrischale (TG_P) ermittelt werden. Der feuchte Boden sollte anschließend für etwa 12 h bei 105 °C im Trockenschrank lagern und danach einige Zeit im Exsikkator auskühlen. Von der Petrischale mit dem nun trockenen Boden ist das Gewicht TG_{ges} zu bestimmen. Über diesen Zwischenwert lässt sich nun das Trockengewicht des Bodens (TG_B) über die Gleichung $TG_B = TG_{ges} - TG_P$ errechnen. Der Wassergehalt (WG) ergibt sich aus $WG = \frac{(FG_B - TG_B)}{FG_B} \times 100$ und die Trockensubstanz (TS) errechnet sich durch die Formel

$$TS = \frac{TG_B}{FG_B}$$

2.5.3 Humusgehalt

Die Bestimmung des Humusgehaltes mittels der trockenen Veraschung ist zwar mit wenig Aufwand verbunden, hat aber den Nachteil, dass das im Probenmaterial enthaltene Edaphon miterfasst wird, genauso wie entweichendes Kristallwasser und in carbonatreichen Böden enthaltener Kalk (SEIDL-LAMPA 2005). Der sandige Boden des Untersuchungsgebietes eignet sich dennoch für die Methode der trockenen Veraschung.

Mit Hilfe einer Analysenwaage wird der gemörserte Boden in einem vorher ausgeglühten Porzellantiegel eingewogen. Das Leergewicht des Tiegels (LG) muss vor dem Einfüllen des Substrates auf 4 Stellen nach dem Komma genau notiert werden. Nachfolgend ist das Gewicht des trockenen Bodens einschließlich des Gefäßes (TG) zu ermitteln. Danach werden die Tiegel für etwa 4 h in einen 450 °C heißen Muffelofen gestellt. Im Anschluss an den Glühvorgang kühlen die Proben im Exsikkator ab und werden anschließend gewogen. Das gesamte Verfahren muss solange wiederholt werden, bis sich eine Gewichtskonstanz einstellt. Dieses ermittelte Gewicht entspricht der Masse des Gefäßes plus dem ausgeglühten Boden (GG).

Aus den bestimmten Werten lässt sich der Glühverlust als $GV = \frac{(TG - GG)}{(TG - LG)} \times 100$ [%] berechnen. Organische Substanz besteht zu etwa 58 % aus Kohlenstoff, weshalb dieser mit $C = GV \times 0,58$ [%] ermittelt wird.

2.5.4 Nitratstickstoff

NO_3^- soll bichromatisch bei 228 nm und 218 nm durch ein fotometrisches Verfahren nachgewiesen werden. Zu Beginn ist jedoch eine Eichkurve zu ermitteln. Man benötigt nun für die eigentliche Bestimmung feuchten Boden, der mit CaCl_2 als Extraktionslösung versetzt wird. Das Gemisch wird geschüttelt und danach filtriert. Diese klare Lösung wird in spezielle Küvetten gefüllt und gegen den Blindwert gemessen. Dieser besteht lediglich aus der Extinktion des CaCl_2 . Anhand der Extinktionswerte kann anschließend der Nitratstickstoff (NO_3^- -N), also das Molekulargewicht des N an sich, bestimmt werden.

2.5.5 Ammoniumstickstoff

Für die Analyse wird feuchtes Bodenmaterial benötigt und mit CaCl_2 -Lösung versetzt. Die Probe wird geschüttelt und danach filtriert. Aus dieser Lösung werden 5 ml entnommen und in ein Reagenzglas pipettiert. Anschließend folgen 2,5 ml Mischreagenz, welche sich in gleichen Mengen aus Natronlauge, Natriumprussid-Salicylat-Lösung und VE-Wasser zusammensetzt. Danach folgt die Zugabe von 1 ml Dichlorisocyanursäure-Natriumsalz. Die Bestandteile müssen nun gut geschüttelt werden. Nach etwa 30 min stellt sich die Farbreaktion ein und es kann bei 660 nm Wellenlänge im Fotometer gemessen werden. Auch hier ist für die Messreihe ein Blindwert erforderlich, der sich aus VE-Wasser und der Färbelösung zusammensetzt. Anhand der Extinktionswerte kann der Ammoniumstickstoff (NH_4^+ -N), also das Molekulargewicht des N an sich, bestimmt werden. Der pflanzenverfügbare Stickstoff wird aus den Ergebnissen des Ammonium- und Nitratstickstoffes errechnet.

2.5.6 Diphosphorpentoxid

Die Ermittlung des Phosphorgehaltes basiert auf dem Prinzip von MURPHY und RILEY (modifiziert nach WIEBKIRCHEN) über die Ausbildung von Molybdänblau. Die Extinktion misst man bei 880 nm im Fotometer. Ammoniummolybdat wirkt zusammen mit Phosphor bei gleichzeitigem Vorhandensein von Ascorbinsäure reduzierend. Es bildet sich ein Molybdänblau-Komplex, der mit Hilfe von Kaliumantimon(III)-oxidtartrat stabilisiert wird (SEIDL-LAMPA 2005). Für die Messreihe ist zunächst wieder eine Eichkurve zu ermitteln. Für die Bestimmung der Phosphorwerte des Probenmaterials ist luftgetrockneter Boden zu verwenden. Diesem werden

Aktivkohle und CAL-Gebrauchslösung hinzugefügt. Anschließend sind die Flaschen zu schütteln und dann zu filtrieren. In 50 ml-Maßkolben werden je 5 ml des Filtrats pipettiert und diese anschließend zu $\frac{3}{4}$ mit VE-Wasser aufgefüllt. Danach erfolgen die Zugabe von 8 ml Färbelösung und das Auffüllen bis zum Eichstrich. Nachdem das Gemisch geschüttelt wurde, muss es anschließend etwa eine halbe Stunde lang stehen. Nun kann die Phosphorermittlung im Fotometer gegen den Blindwert erfolgen. Liegen die Ergebnisse über $0,5 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{l}$, sollte das Filtrat verdünnt und dann erneut die Extinktion gemessen werden. Zur Darstellung des pflanzenverfügbaren Phosphors benötigt man 2 Umrechnungsfaktoren: PO_4^{3-} wird mit 0,3263 multipliziert und damit der elementare Phosphor des Phosphates errechnet. Das Ergebnis davon wiederum wird mit 2,2913 multipliziert, woraus sich P_2O_5 ergibt.

2.5.7 Leitfähigkeit

Es ist vor Beginn des Messvorganges eine Kalibrierung mit Hilfe einer Eichlösung vorzunehmen, von der die Leitfähigkeit bekannt ist. Für die Doppelbestimmung wird luftgetrockneter Boden genutzt, dem man VE-Wasser hinzufügt. Das Gemisch muss geschüttelt werden und sich dann absetzen. Für die Messung wird die Messzelle komplett in die Lösung eingetaucht. Da Wärme die Beweglichkeit der Teilchen erhöht, sollte die Temperatur während der Messreihe annähernd konstant gehalten werden. Liegt ein ermittelter Wert über 1 mS/cm , so deutet dies darauf hin, dass an Pflanzen Schäden durch hohe Salzgehalte hervorgerufen werden können (SEIDL-LAMPA 2005).

2.6 Extraktion der Collembolen- und Milbenfauna nach MACFAYDEN, Präparation und Bestimmung

Die Beprobung des Standortes fand ca. 1 Jahr nach der Exposition des Kadavers statt. Da die Mehrzahl der endogäischen Collembolenfauna nur wenige Zentimeter tief in den Boden vordringt (KÜHNELT 1950; MÜLLER 1965), wurde lediglich der Bereich von 0 - 5 cm des Bodenzylinders für die Analysen zurückbehalten. Die Proben wurden für den Transport kühl gelagert.

Die Extraktion der Collembolen erfolgte weitgehend nach MACFAYDEN (1961). Von oben eingeleitete warme Luft trocknet das Bodenmaterial schrittweise aus. Gleichzeitig sorgt von

unten einströmende 12 °C kalte, feuchte Luft dafür, dass entlang des Bodenzylinders ein Feuchte- und Temperaturgradient entsteht, der bei den Organismen eine Wanderungsbewegung auslöst. Es hat sich bewährt, das Bodenmaterial mit der Streuauflage nach unten zeigend auf die Siebe zu legen, um so eine größtmögliche Zahl an Milben und Collembolen den Gradienten folgen zu lassen. Vor allem die größeren epigäischen Collembolenarten können bei einer natürlichen Bodenabfolge durch die abwärts kleiner werdenden Porenräume nicht mehr hindurchgelangen. Dennoch sei erwähnt, dass mittels dieser Methodik überwiegend endogäische Arten erfasst werden. Da der Schwerpunkt der Untersuchung auf der Veränderung des Bodens durch Aas liegt, wurde an dieser Stelle auf eine gesonderte Erfassung der streubewohnenden Arten durch andere Erfassungsmethoden verzichtet.

Abwärts wandernde Organismen wurden in den Plastikflaschen mit Ethylenglykollösung (1:1 verdünnt) gesammelt und für die spätere Determination konserviert. Insgesamt erstreckte sich die Extraktion über 7 Tage, wobei die Temperatur schrittweise von 20 °C auf 70 °C erhöht wurde. Für einige Aufgabenstellungen ist es ausreichend, auf höchstens 45 °C zu erhöhen. Da es sich bei dem Untersuchungsstandort um Offenland in sonnenexponierter Lage handelt, ist mit xerothermen Arten zu rechnen, die erst bei höheren Temperaturen den Gradienten folgen. Im Anschluss an die Extraktion konnten die Organismen aus der Konservierungslösung herausgelesen werden. Die Milbenfauna wurde nur quantitativ erfasst, eine genauere Bestimmung konnte aus Zeitgründen nicht erfolgen. Die Collembolen hingegen wurden bereits zur Erleichterung der späteren Bestimmung unter dem Binokular nach optischen Merkmalen grob vorsortiert. Bevor man mit der taxonomischen Arbeit beginnen kann, müssen die Collembolen mindestens 24 h in 90%iger Milchsäure bleichen. Dadurch werden wichtige Bestimmungsmerkmale wie Setae sichtbar.

Unter Anleitung von Herrn Dr. Hans-Jürgen Schulz vom Senckenberg Museum für Naturkunde in Görlitz erfolgte die Bestimmung der Collembolen bis auf Artniveau. Einige juvenile Exemplare konnten nicht näher determiniert werden. Für die taxonomische Arbeit wurde auf FJELLBERG (1980, 1998), GISIN (1960) sowie DUNGER (1994; 1999; 2001, 2004) zurückgegriffen.

2.7 Statistik

2.7.1 Dominanz nach ENGELMANN (1978)

Jede Zönose zeichnet sich durch ihre spezifische Artenzusammensetzung aus, mit unterschiedlichen absoluten Häufigkeiten. Um für diese Lebensgemeinschaften eine Charakterisierung vornehmen zu können und Vergleiche zu anderen Untersuchungen zu ermöglichen, empfiehlt sich die Verwendung einer in der Wissenschaft allgemein anerkannten Skalierung. Häufig genutzt wird eine einfache Maßeinteilung nach ENGELMANN (1978), basierend auf 5 Gruppen. Es wird von jeder Art der Zönose die relative Häufigkeit berechnet und dieser anschließend eine der folgenden Klassen zugewiesen (ENGELMANN 1978):

| | |
|---------------|----------------|
| - eudominant | 40,0 – 100,0 % |
| - dominant | 12,5 – 39,9 % |
| - subdominant | 4,0 – 12,4 % |
| - rezedent | 1,3 – 3,9 % |
| - subrezedent | < 1,3 % |

2.7.2 Statistik mit SPSS 18.0

2.7.2.1 Test auf Normalverteilung

Normalverteilung spielt in der Statistik eine wichtige Rolle, ist sie doch Voraussetzung für eine Reihe von Wahrscheinlichkeitsanalysen. Deshalb ist die Prüfung, ob es sich um einen normalverteilten Datensatz handelt, vor der eigentlichen Arbeit mit SPSS eine Notwendigkeit (BROSIUS 2006; UNTERSTEINER 2007). Außerdem entscheidet das Ergebnis dieser Analyse, ob im Folgenden auf parametrische oder nichtparametrische Tests zurückgegriffen werden muss (UNTERSTEINER 2007). SPSS bietet 2 Möglichkeiten, um zu ermitteln, ob eine Variable normalverteilt ist. Zum einen kann dies auf graphischem Weg mit Hilfe von Normalverteilungsplots erfolgen. Zum anderen gibt es Signifikanztests, wie den SHAPIRO-WILKS-Test oder den KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test (BROSIUS 2006). Letzterer wurde für die nachfolgende Statistik herangezogen.

2.7.2.2 MANN-WHITNEY U-Test

Dieser Test erfordert 2 unabhängige Stichproben und ist parameterfrei. SPSS erstellt von beiden Gruppen eine Rangfolge und bildet die Rangsummen. Unterscheiden sich diese signifikant voneinander, so muss die Nullhypothese, die von einer gleichen Grundgesamtheit ausgeht, verworfen werden (BROSIUS 2006).

2.7.2.3 KRUSKAL-WALLIS-Test

Der KRUSKAL-WALLIS-Test ist ein nichtparametrisches statistisches Verfahren, das keine Normalverteilung zur Voraussetzung hat. Es eignet sich, wenn mindestens 3 unabhängige Stichproben existieren (UNTERSTEINER 2007). Man definiert zu Beginn eine der Aufgabenstellung entsprechende sinnvolle Anzahl von Gruppen und prüft, ob diese sich signifikant voneinander unterscheiden (BROSIUS 2006; UNTERSTEINER 2007). Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde dafür folgende Einteilung festgelegt: 0. bis 4. Probe, ganz nah bzw. direkt unter dem Aas; 5. bis 9. Punkt, in der Nähe des Kadavers; 10. bis 14. Probennummer, weiter weg vom Objekt sowie A, am weitesten entfernt vom Aas. Daraufhin wird die Nullhypothese formuliert, dass die gebildeten Gruppen gleich sind. SPSS erstellt davon eine Rangfolge und berechnet die Mediane. Liegt die Signifikanz unter dem Grenzwert von 0,05 – so ist die Nullhypothese abgelehnt (UNTERSTEINER 2007).

2.7.2.4 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse basiert auf dem Prinzip der Bildung von Gruppen, den sogenannten Clustern. Dabei werden nach der Chi-Quadrat-Methode sich ähnelnde Objekte zu einer Klasse zusammengefasst und sich stark unterscheidende, verschiedenen Klassen zugeordnet. Das Dendrogramm stellt diese Abhängigkeiten graphisch dar (BACKHAUS 2008; BROSIUS 2006; UNTERSTEINER 2007). Mit Hilfe der Ward-Methode werden Objekte mit einer möglichst geringen Streuung in einer Gruppe vereint, so dass diese möglichst ähnlich sind (BACKHAUS 2008).

2.7.2.5 Korrelation

Mit Hilfe der Korrelationsanalyse können Beziehungen zwischen Variablen aufgedeckt werden. Das Maß für diesen Zusammenhang, d.h. Stärke und Richtung, drückt der Korrelationskoeffizient aus. Dieser Faktor beschreibt lineare Zusammenhänge und nimmt Werte zwischen - 1 und + 1 an. Von einer positiven Korrelation spricht man, wenn $r > 0$ ist. Je größer dieser Wert ist, umso stärker ist der positive lineare Zusammenhang. Bei einer negativen linearen Beziehung ist $r < 0$. Beträgt $r = 0$, so besteht keinerlei Zusammenhang zwischen den beiden Variablen (BROSIUS 2006; UNTERSTEINER 2007). Falls der vorliegende Datensatz nicht der Normalverteilung unterliegt, ist es ratsam, auf einem niedrigeren Skalenniveau zu arbeiten und den Rangkorrelationskoeffizienten von SPEARMAN zu verwenden (UNTERSTEINER 2007).

2.7.3 Statistik mit Canonical Community Ordination (CANOCO)

Die Canonical Correspondence Analysis (CCA) setzt sich zum Ziel, einen Zusammenhang zwischen Umweltvariablen, Arteninventar und Probenstandort herzustellen. Die Detrended Correspondence Analysis (DCA) versucht, die Verbindung zwischen den Probenpunkten und den Arten zu finden. Beide Verfahren sind an die Korrespondenzanalyse angelehnt. Ein multivariates lineares Regressionsmodell erstellt Linearkombinationen, die die Zusammenhänge zwischen allen Variablen zu einem möglichst hohen Grad erklären sollen (LEYER 2007). Graphisch dargestellt werden die Beziehungen in Koordinatensystemen, so dass z.B. Arten, die häufig zusammen vorkommen, nah beieinander angeordnet sind (FREY 2010).

3 Ergebnisse

3.1 Vegetation

3.1.1 Vorkommende Vegetation

3.1.1.1 Allgemein

Folgende 12 Pflanzenarten wurden erfasst: *Achillea millefolium*, *Agrostis capillaris*, *Artemisia vulgaris*, *Berteroa incana*, *Corynephorus canescens*, *Echium vulgare*, *Elytrigia repens*, *Papaver argemone*, *Papaver dubium*, *Poa pratensis*, *Trifolium dubium* und *Vicia lathyroides*. Außerdem wurden die Moose *Bryum argenteum* und *Dicranella rufescens* nachgewiesen.

3.1.1.2 Vegetation des Nord-Süd-Transektes

Die größte Verbreitung im **Norden** hat *Berteroa incana*. Die 11 Nachweise verteilen sich hauptsächlich auf den Anfang und das Ende des Abschnittes, in der Mitte kommt die Art nur lückenhaft vor (Abb. 3). Nach der Graukresse folgen *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* mit je 10 Vorkommen. Beide Arten sind in den Proben nahe dem Nullpunkt nicht zugegen. Am dritthäufigsten treten folgende 3 Arten auf: *Bryum argenteum*, *Dicranella rufescens* und *Trifolium dubium*, sie zeigen ein ähnliches Besiedlungsmuster wie die beiden zuvor erwähnten Gräser. Nur wenige Funde hingegen weist *Artemisia vulgaris* auf. Diese befinden sich vor allem am Ende des Transektes. *Corynephorus canescens*, *Papaver argemone* und *Papaver dubium* kommen in der Mitte des Transektes vor und *Elytrigia repens* in den Anfangsproben. Die meisten Arten, je 7, sind in N₆, N₁₃ und N₁₄. Es folgen N₇ sowie N₁₀ bis N₁₂ mit jeweils 6 Pflanzenarten. Mit je 5 Arten weisen N₈ und N₉ die drittgrößte Artenvielfalt auf. Der **Nullpunkt** ist gänzlich ohne Vegetation. Im Bereich von N₁ bis N₅ sind höchstens 1 - 2 Arten vorhanden.

Auch im **Süden** ist *Berteroa incana* mit 12 Nachweisen die häufigste Art des Transektes (Abb. 3). Sie tritt abgesehen vom Nullpunkt und den beiden äußersten Proben überall auf. Die nächsthäufigsten Arten sind mit jeweils 9 Funden *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis*. Sie fehlen im vordersten Drittel des Transektes. Mit 4 Nachweisen ist *Corynephorus canescens*

am dritthäufigsten vertreten. Die Fundorte sind räumlich stark voneinander getrennt, 2 liegen am Anfang und die anderen am Ende des Transektes. Nur bei S_{10} , S_{11} und S_{12} kommt *Artemisia vulgaris* vor. *Trifolium dubium* wurde nur bei S_8 und S_9 gefunden.

S_5 , S_8 , S_{11} und S_{12} sind mit 4 verschiedenen Nachweisen die Punkte mit der höchsten Diversität. Wird der Nullpunkt in den Transekt einbezogen, so ist dieser der einzige ohne Vegetation. Im Bereich von S_1 bis S_3 befindet sich nur je 1 Art.

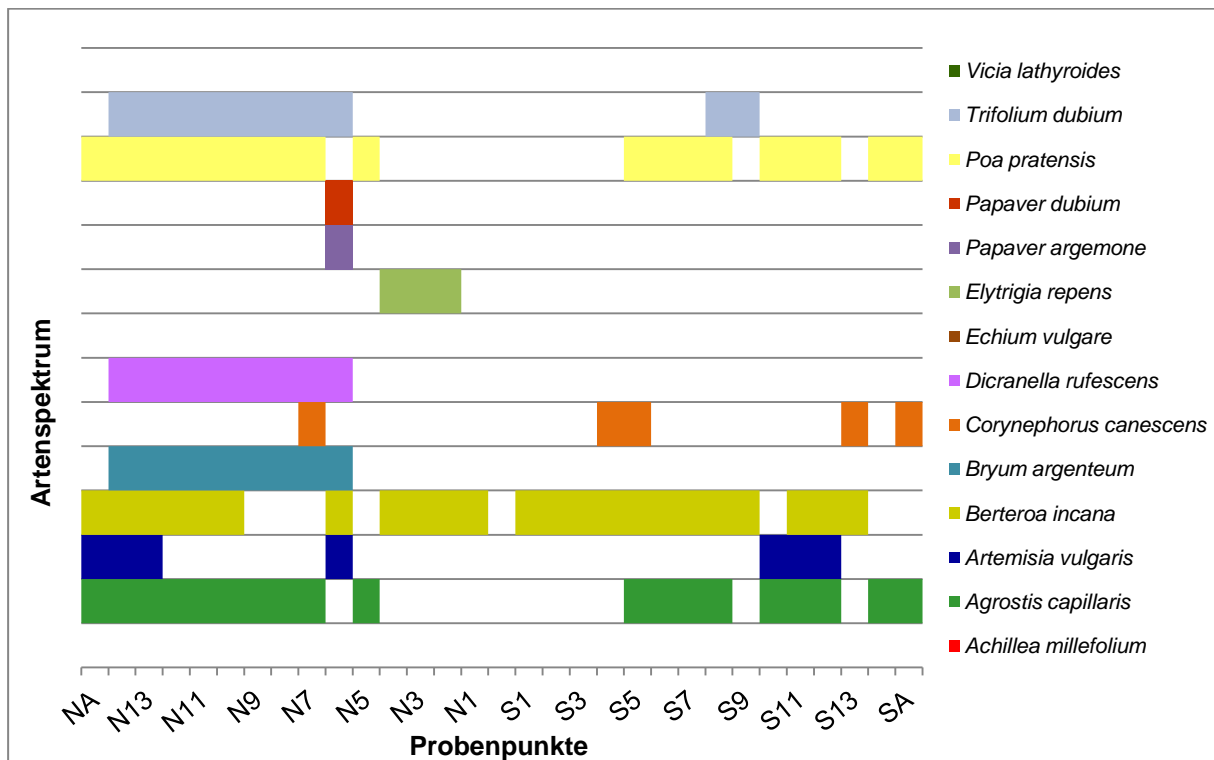


Abb. 3: Vegetation des Nord-Süd-Transektes

3.1.1.3 Vegetation des West-Ost-Transektes

Die Gräser *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* sind bis auf zwei Ausnahmen zu Beginn des Transektes überall im **Westen** vertreten (Abb. 4). Es folgen mit je 8 Nachweisen die Moose *Bryum argenteum* und *Dicranella rufescens* im Abschnitt W_8 bis W_A . Mit 7 Vorkommen ist *Trifolium dubium* die dritthäufigste Pflanzenart. Die Funde liegen zwischen Mitte und Ende des Transektes, wobei die Art bei W_A fehlt. Je 4 Nachweise haben *Artemisia vulgaris*, vor allem in der Mitte, und *Berteroa incana*, besonders zu Beginn des Abschnittes. Je einmal vorhanden sind *Achillea millefolium* in W_A und *Vicia lathyroides* in W_6 .

Die größte Diversität mit je 5 Arten in den Probenpunkten ist im Abschnitt W₈ bis W_A zu verzeichnen. Nur eine Art weniger kommt jeweils bei W₆ und W₇ vor. Je 3 Arten wachsen im Bereich von W₃ bis W₅ und je 1 bei W₁ und W₂. Keine Vegetation wurde, wie bereits zuvor erwähnt, im **Nullpunkt** gefunden. Diese Aufteilung zeigt deutlich, dass die Artenzahl von außen nach innen abnimmt.

Elytrigia repens ist die häufigste Art im **Osten** (Abb. 4). Die 7 Vorkommen reichen aber lediglich bis zum mittleren Abschnitt. Mit je 6 Funden schließen sich *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* an, die vor allem im letzten Drittel des Transektes wachsen. *Berteroa incana* hat 4 Nachweise, besonders in der Nähe des Nullpunktes und *Echium vulgare* 3 Vorkommen, die etwa in der Mitte des Transektes liegen. *Achillea millefolium* wiederum findet man nur in O_A.

Die artenreichsten Probenpunkte mit je 3 gefundenen Arten sind O₁₁ und O_A. Bei den übrigen Probennummern sind es überwiegend 2 Arten, Ausnahmen bilden hingegen 0 und O₁, wo keine Vegetation nachgewiesen wurde.

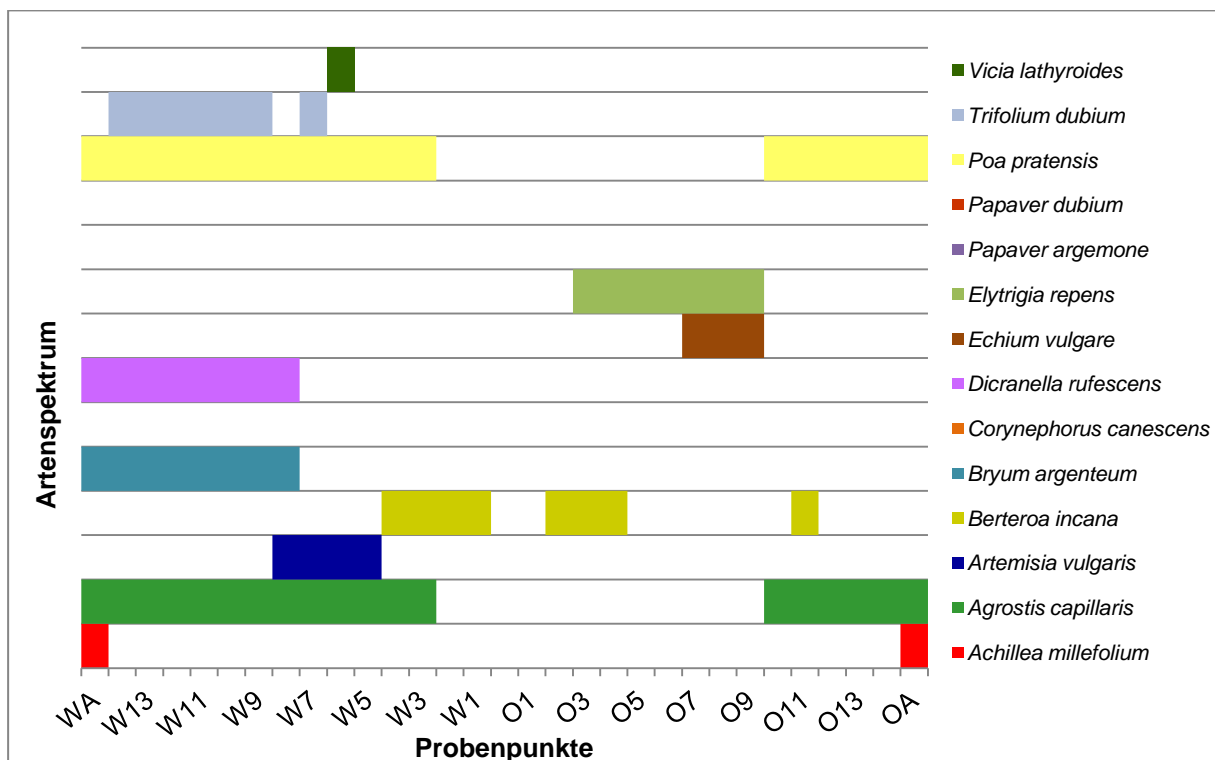


Abb. 4: Vegetation des West-Ost-Transektes

3.1.1.4 Gesamtbetrachtung der Vegetation

Betrachtet man alle 4 Transekte zusammen, so sind *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* mit je 38 Nachweisen die häufigsten Arten. Nie treten beide Arten vom Nullpunkt bis zum 2. Probenpunkt eines jeden Transektes auf. Ihr Schwerpunkt liegt vielmehr in der Mitte und dehnt sich bis in die Außenproben aus. Mit je 13 Vorkommen wachsen sie im Westen am häufigsten und mit jeweils 6 Nachweisen im Osten am seltensten. In 31 Punkten des Beprobungsmusters kommt *Berteroa incana* nach den beiden zuvor genannten Gräsern am meisten vor. Der Großteil der Funde, nämlich 12, entfallen auf den Südtransekt und mit nur je 4 die wenigsten auf den Osten und Westen. Abgesehen vom Nullpunkt wächst die Art nahezu überall, aber verstärkt jeweils am Anfang eines Abschnittes. Zu den seltensten Arten zählen *Papaver argemone* und *Papaver dubium*, die beide nur bei N_6 wachsen und *Vicia lathyroides*, die ausschließlich im Punkt W_6 auftritt.

3.2 Bodenparameter

3.2.1 Vorbetrachtungen

In den nachfolgenden zweidimensionalen Diagrammen wird der Nullpunkt schwarz dargestellt und für jede Himmelsrichtung mit in die Messreihe einbezogen. Dieser soll zur besseren Vergleichbarkeit für jede Reihe als Ausgangspunkt dienen.

Die Verlaufsauswertung erfolgt zunächst auf Grundlage des 2D-Diagrammes für jede Himmelsrichtung separat. Die räumliche, graphische Darstellung des Probenahmedesigns dient anschließend dazu, den Fokus auf den gesamten Datensatz zu legen.

3.2.2 pH-Wert

Das Diagramm (Abb. 5) zeigt den mit Calciumchlorid bestimmten pH-Wert für alle 4 Himmelsrichtungen im Vergleich. Der **Norden** hat ein Maximum von 7,28 bei N_8 und ein Minimum bei N_1 von 6,91. Zu Beginn sind die Werte recht niedrig, weisen dann aber bis N_8 einen tendenziellen Anstieg auf. Nachfolgend zeigt sich der Verlauf in abfallender Richtung, sinkt aber nicht auf das Level der Ausgangswerte zurück. Abgesehen vom Nullpunkt und dem 1.

Probenpunkt liegen alle Ergebnisse über dem pH-Wert von 7 und damit im schwach alkalischen Bereich.

Für die Datenreihe im **Osten** liegt der Höchstwert bei 7,18 für O₄ und für O_A als Tiefstwert bei 6,23. Im Bereich von 0 bis O₁₂ liegen die Ergebnisse konstant bei etwa 7 - 7,2. Danach ist der Verlauf stark abfallend bis zum tiefsten Wert der Messreihe von 6,23 in der Außenprobe.

Im **Süden** beträgt der Maximalwert 7,11 bei S₁₀ und der Minimalwert 6,68 bei der Probe S₂. Der Bereich von 0 bis S₅ zeigt sich schwankend bei einem maximalen pH-Wert von 7. Danach gibt es einen ansteigenden Kurvenverlauf bis S₁₁, der dann bei S₁₂ auf ein lokales Minimum sinkt. Im Abschnitt S₁₃ - S_A steigen die Werte wieder auf das vorherige Niveau von pH > 7 an.

Bei 7,26 im Punkt W₉ liegt der höchste pH-Wert im **Westen**, der geringste beträgt 6,65 bei W_A. Im Bereich von 0 - W₃ sind die Werte bei pH < 7 und steigen dann bis W₇ leicht an. Zu W₁₀ hin zeigt sich der Graph stark fallend und anschließend in Richtung W₁₄ leicht ansteigend. Bis zur Außenprobe W_A gibt es schließlich einen großen Wertefall.

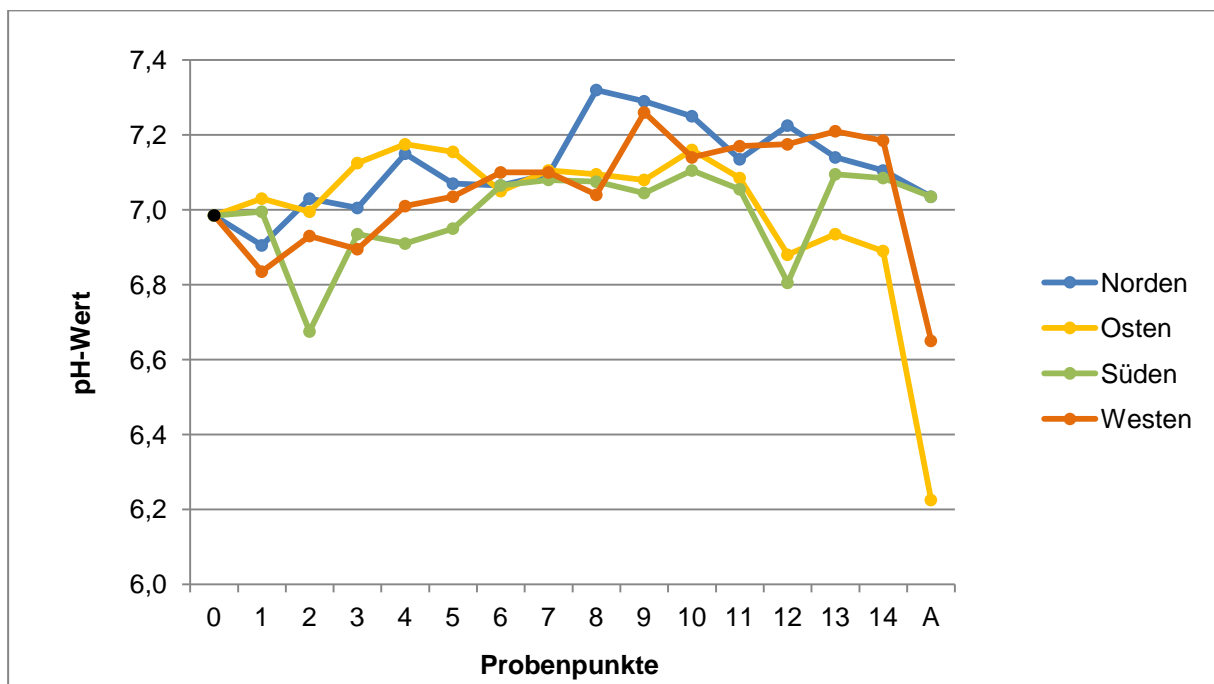


Abb. 5: pH-Wert in zweidimensionaler Darstellung

Allen 4 Teiltransekten (Abb. 6) ist gemein, dass die Anfangswerte, meist vom Nullpunkt bis zum 5. Probenpunkt, niedrigere pH-Werte als die übrigen Graphenabschnitte zeigen. Nach außen hin wird sichtbar, dass der Verlauf stetig ansteigt oder nahezu gleichbleibt, so dass sich vom Nullpunkt ausgehend ein Trichter ausbildet. Das Maximum der gesamten Messreihen

liegt bei N₈ mit 7,28 und der niedrigste Wert bei O_A mit 6,23 (siehe u.a. Kapitel 3.5.3.2 u. 3.5.3.3).

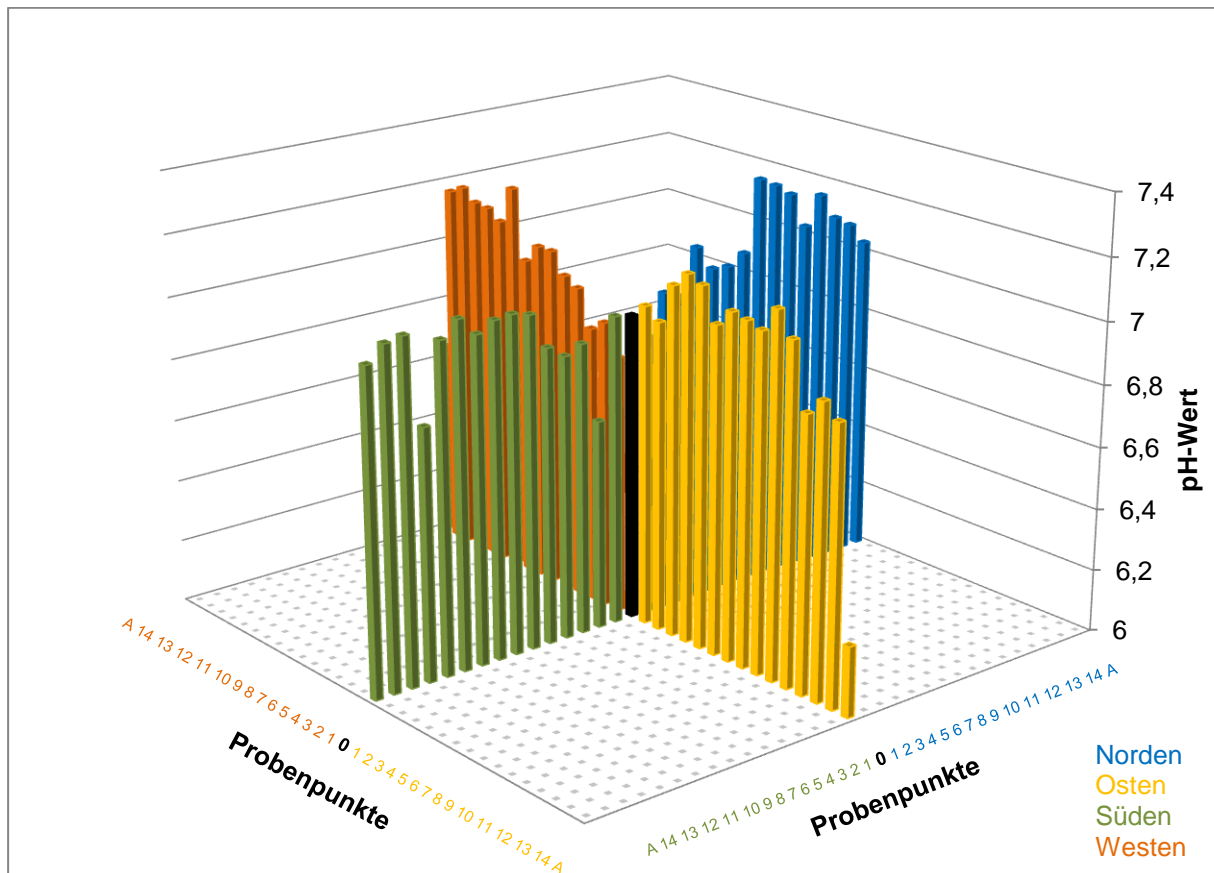


Abb. 6: pH-Wert in räumlicher Darstellung

3.2.3 Wassergehalt

Im **Norden** zeigt N₁₀ mit 1,92 % den höchsten Wassergehalt der Reihe an und N₁₃ mit 0,97 % den niedrigsten (Abb. 7). Im Abschnitt 0 bis N₂ ist zunächst ein starker Anstieg zu verzeichnen. Der nachfolgende Bereich ist einerseits geprägt von zahlreichen größeren Anstiegen, wie z.B. zwischen N₅ und N₈, und andererseits durch nennenswerte Verringerungen der Werte, z.B. zwischen N₁₁ und N₁₃. Die letzten 3 Werte bleiben schließlich auf dem niedrigen Niveau. Bei 1,61 % im Punkt O₁₀ liegt der größte Wassergehalt und bei 0,42 % in O₃ der niedrigste für den **Osten**. Der Beprobungsabschnitt ist geprägt von starken Fluktuationen, die Wechsel zwischen Höchst- und Tiefstpunkten fallen hier sehr extrem aus. Innerhalb dieses Schwankungsbereiches ist vom Nullpunkt ausgehend in Richtung Außenprobe ein Aufwärtstrend sichtbar. Er wird charakterisiert durch die zahlreichen lokalen Maxima, z.B. O₁ (1,23 %), O₅ (1,60 %)

oder O₉ (2,01 %), und die lokalen Minima, wie z.B. O₃ (0,42 %) oder O₇ (1,10 %). Im Anschluss an O₉ fallen die Schwankungen geringer aus und die Werte pegeln sich schließlich bei etwa 1,5 % ein.

Im **Süden** liegt das Maximum bei 2,45 % im Punkt S₁₀ und das Minimum bei 0,83 % in S₂. Mit 6 Anstiegen und 5 Abfällen zeigt sich dieser Abschnitt im gesamten betrachtet sehr heterogen. Bis S₁₀ ist der Graph tendenziell ansteigend, danach sinkt das Wertenniveau wieder leicht ab.

Bei W₁₀ beträgt der Höchstwert für den **Westen** 2,09 %, der kleinste liegt bei 0,83 % in W₁. Vom Nullpunkt bis W₅ ist der Verlauf stetig ansteigend, anschließend sinken die Werte erneut auf das Ausgangsniveau ab. Die Ausnahme bilden hier nur 2 Maxima im Punkt W₁₀ mit einem Wassergehalt von 2,09 % und W₁₄ mit 1,80 %.

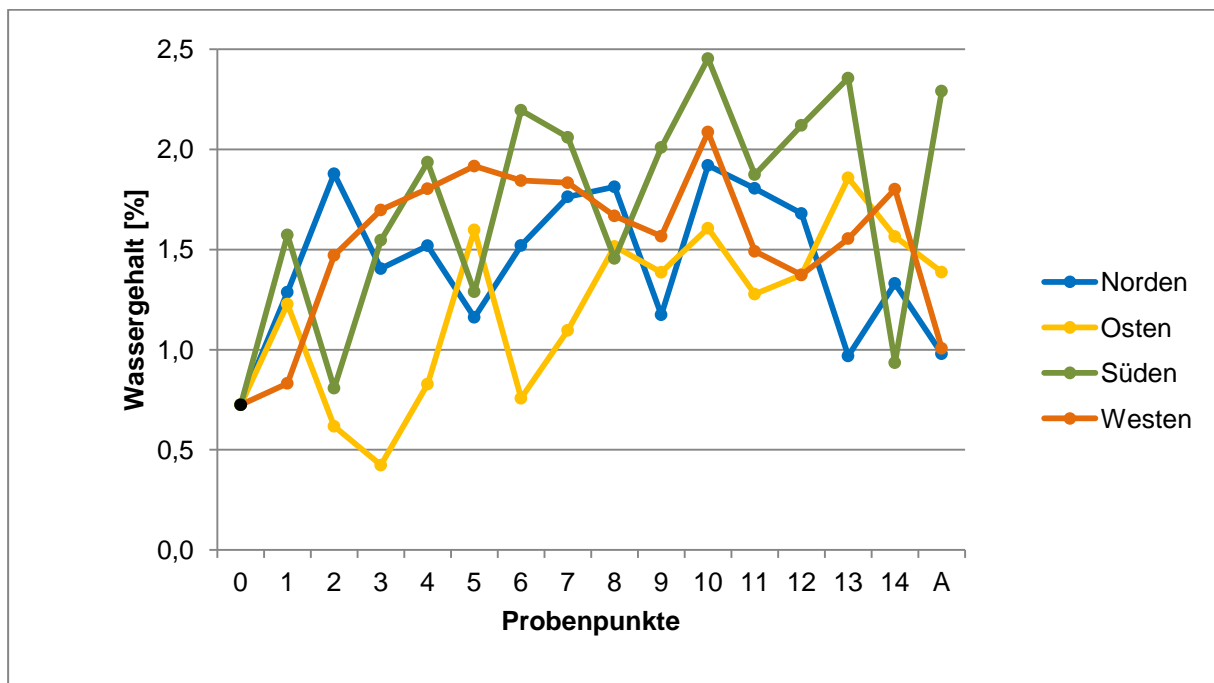


Abb. 7: Wassergehalt in zweidimensionaler Darstellung

Generell sind die Anfangswerte eher niedriger, steigen zur Mitte des Transektes hin an, und fallen dann i.d.R. gegen Ende wieder ab (Abb. 8). Der Süden weist die größte Schwankungsbreite im Gesamten auf und enthält auch den höchsten Wassergehalt der ganzen Untersuchung, das Minimum liegt stattdessen im Osten. In der Gesamtbetrachtung weisen alle 4 Himmelsrichtungen eine starke Heterogenität auf.

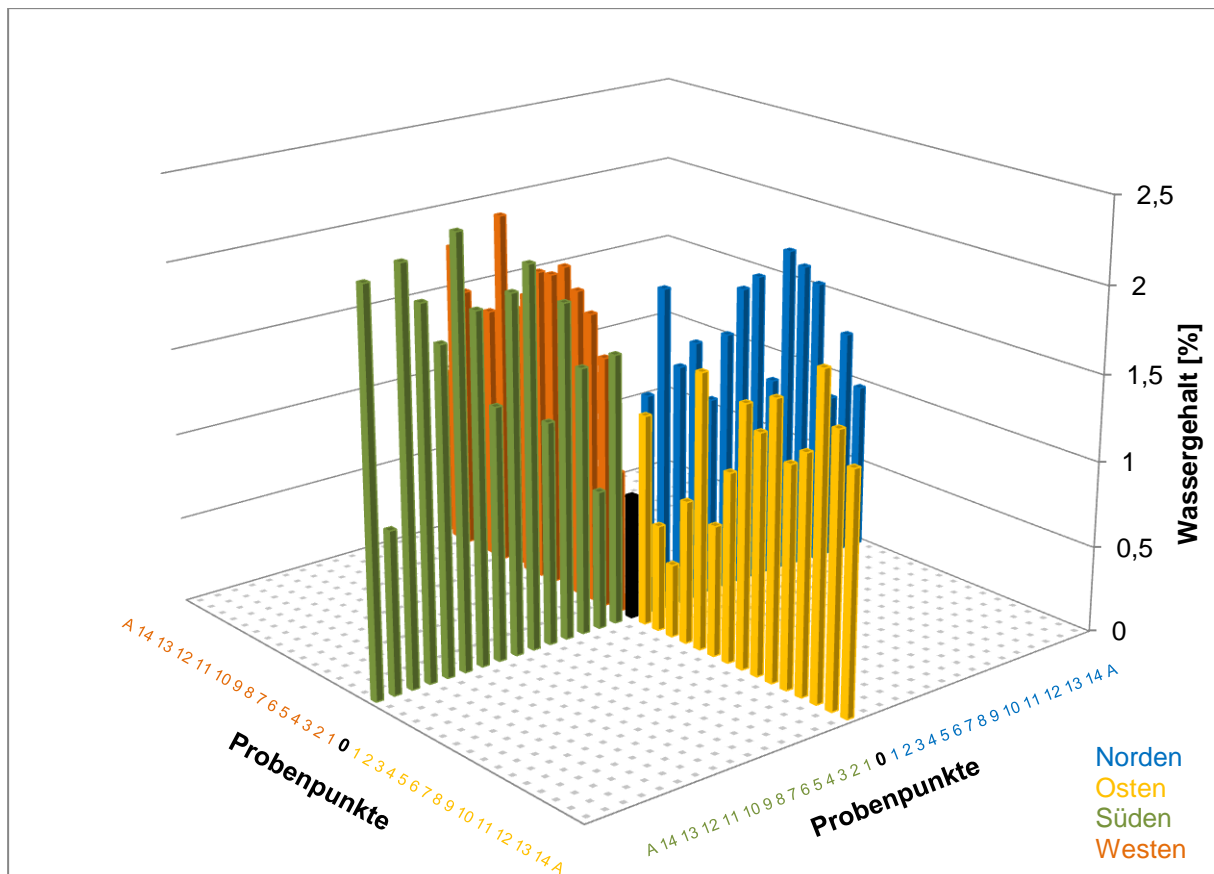


Abb. 8: Wassergehalt in räumlicher Darstellung

3.2.4 Humusgehalt

Das Maximum des Humusgehaltes für **Norden** beträgt 2,80 % in N₈, das Minimum 1,15 % in N₁₃ (Abb. 9). Der Verlauf ist zunächst zwischen 0 und N₂ geprägt von einem starken Anstieg, im Anschluss – zwischen N₃ und N₇ – verhält sich die Menge an organischer Substanz relativ konstant. Der darauffolgende Abschnitt hingegen ist sehr inhomogen. Er charakterisiert sich durch zahlreiche Minima und Maxima, generell werden die Werte gegen Ende tendenziell niedriger und erreichen damit in etwa das Ausgangsniveau der Messreihe.

Im **Osten** ist bei O₁ mit 2,48 % organischer Substanz das Maximum der Reihe und bei O₁₂ mit 1,46 % der niedrigste Wert. Zu Beginn steigen die Werte genauso wie zuvor für den Norden beschrieben deutlich an. Dann hingegen fallen die Ergebnisse im Bereich von O₁ und O₄ wieder ebenso stark ab. Der übrige Abschnitt des Graphen zeigt wenige Veränderungen, die restlichen Werte liegen relativ konstant bei etwa 1,5 - 2 % Humusgehalt im Boden.

Bei S₁₂ liegt mit 2,78 % der größte Wert im **Süden** und bei S₁₄ mit 0,75 % das Minimum. Höchst- und Tiefstwert liegen bei dieser Messreihe sehr dicht beieinander, der gesamte Ab-

schnitt fluktuiert sehr stark. Nach den Schwankungen der Anfangswerte gibt es im mittleren Teil einige Bereiche mit recht konstanten Werten. Dennoch treten zwischendurch immer wieder einige lokale Extrema auf. Vor allem gegen Ende des Transektes ist der Übergang zwischen Höchst- und Tiefstwert besonders deutlich.

Mit 2,97 % bei W_{10} liegt das Maximum im **Westen** klar über dem Minimum von 1,49 % bei W_A . Auch hier steigen die Werte zunächst von 0 - W_2 stark an. Der nachfolgende Abschnitt $W_2 - W_{10}$ zeigt relativ homogene Humusgehalte. Nach W_{10} hingegen fällt das Wertenniveau deutlich sichtbar ab und verbleibt dann auf einem niedrigeren Level bei etwa 1,5 - 2 %.

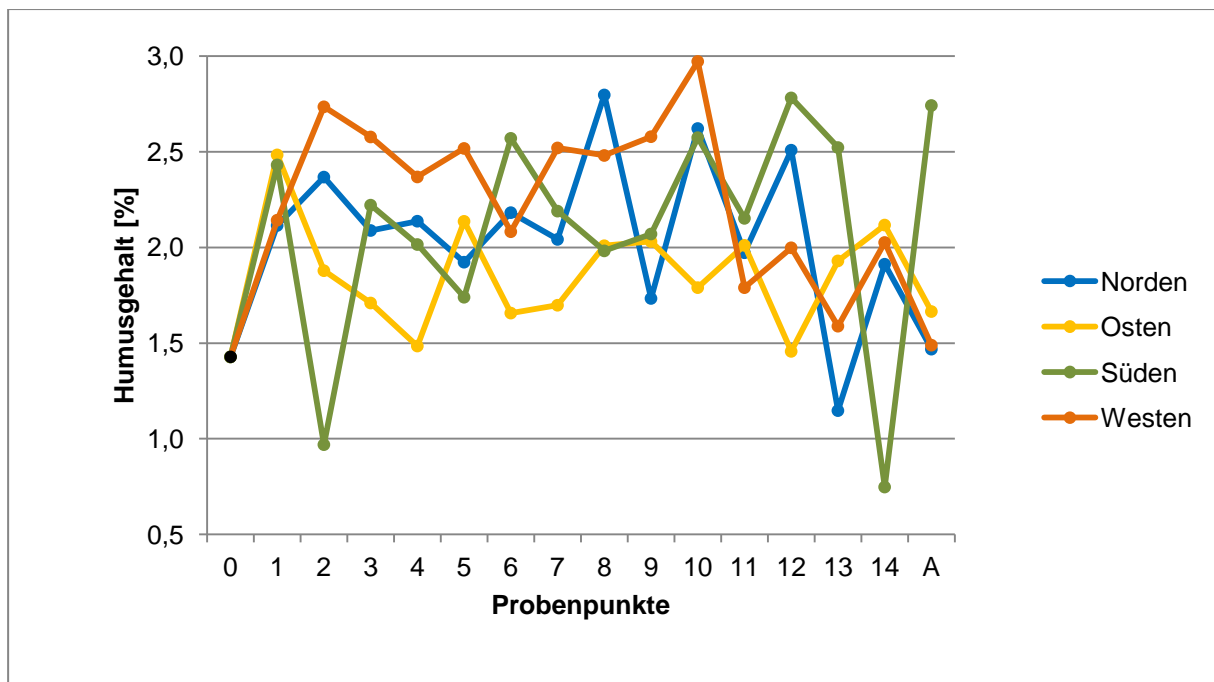


Abb. 9: Humusgehalt in zweidimensionaler Darstellung

Die höchsten Werte liegen im Westen, das niedrigste Wertenniveau befindet sich im Osten; sie unterscheiden sich aber in besonderem Maße voneinander. Der Nullpunkt des Probenahmedesigns weist einen der geringsten Humusgehalte insgesamt auf. Danach zeigen alle 4 Messreihen einen mehr oder weniger stark ausgeprägten Anstieg (Abb. 10). Die folgenden Werte bleiben bis etwa zum 10. Probenpunkt jeder Reihe relativ konstant. Gegen Ende hin sinkt das Wertenniveau z.T. sehr stark ab. Alle 4 Himmelsrichtungen charakterisieren sich außerdem durch ihre Fluktuationen im Graphen, die aber im Kontrast zueinander nicht überall gleich stark ausfallen.

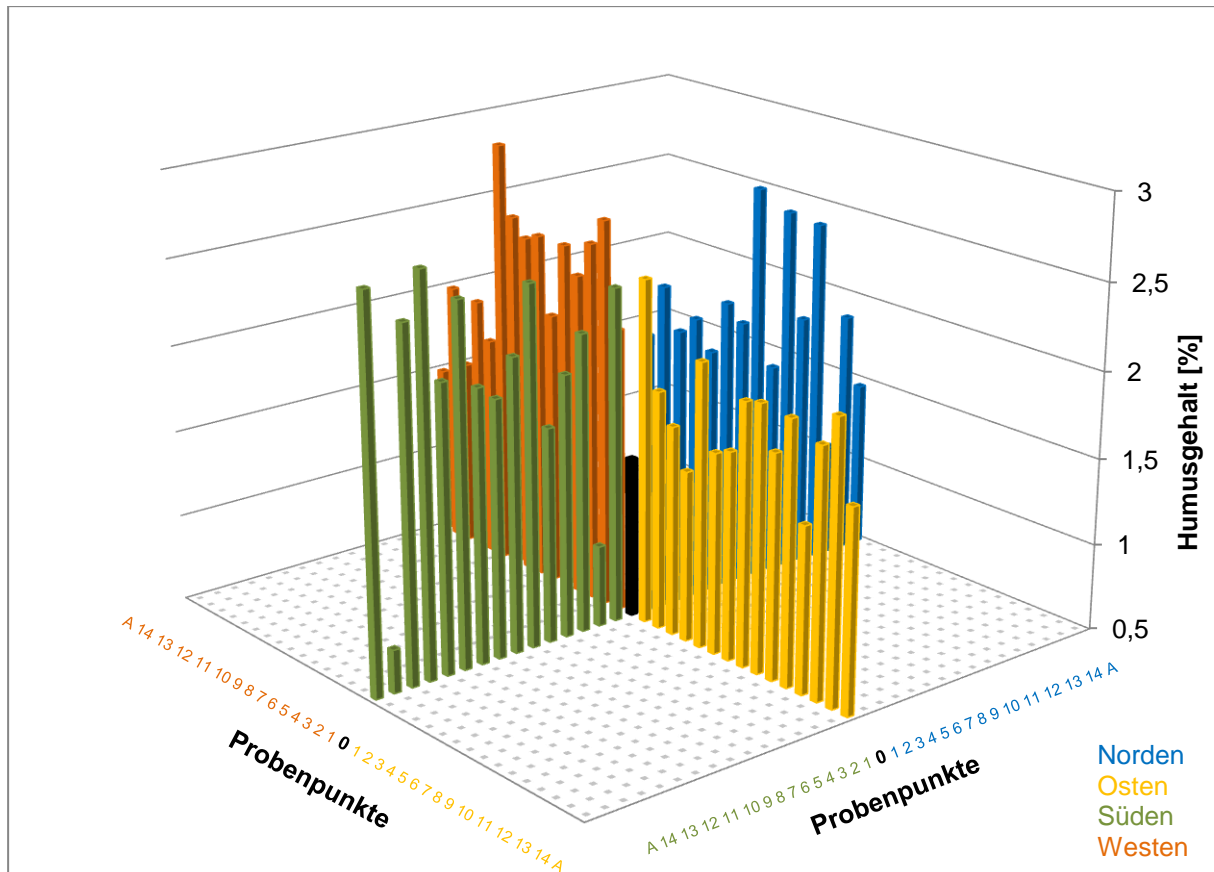


Abb. 10: Humusgehalt in räumlicher Darstellung

3.2.5 Nitratstickstoff

Das Maximum des Nitratstickstoffgehaltes im **Norden** beträgt $2,051 \mu\text{g/g TS}$ im Probenpunkt N_3 . Für N_{14} wird mit $1,055 \mu\text{g/g TS}$ die kleinste Nitratstickstoffmenge für diesen Abschnitt angegeben (Abb. 11). Vom Nullpunkt ausgehend gibt es zunächst bis N_3 einen leichten Anstieg des Nitratstickstoffgehaltes um ca. $0,5 \mu\text{g/g TS}$. Zum nächsten Probenpunkt N_4 hin fällt das Wertenniveau stark, sogar so weit, dass es unter dem des Nullpunktes liegt. Der verbleibende Transektabschnitt variiert kaum noch, die Werte schwanken nur noch im Bereich von $1,2 - 1,3 \mu\text{g/g TS}$.

Der **Osten** weist mit $3,948 \mu\text{g/g TS}$ bei O_2 einen deutlich größeren Höchstwert als der vorherige Transekt auf. Das Minimum hingegen unterscheidet sich mit $1,056 \mu\text{g/g TS}$ in O_A nicht von dem vorgenannten. Zwischen 0 und O_2 ist zunächst eine sehr große Steigerung der Nitratstickstoffmenge von etwa $1,5 \mu\text{g/g TS}$ auf rund $4 \mu\text{g/g TS}$ zu beobachten. Im Bereich von O_3 und O_4 sinken die Werte fast so stark ab, dass sie wieder annähernd dem Nitratstickstoffgehalt des Nullpunktes entsprechen. Im Punkt O_6 erreicht der Verlauf noch einmal ein

lokales Maximum und in O₈ ein Minimum. Nach außen hin schließlich – mit Ausnahme von 2 weiteren lokalen Maxima – sinken die Werte in der Tendenz immer weiter ab. Die Außenprobe O_A schließlich liegt mit ca. 1 µg/g TS deutlich unter dem Nullpunkt.

Mit 1,993 µg/g TS in S₁ ist das Maximum im **Süden** etwa mit dem im Norden zu vergleichen, das Minimum liegt mit 0,990 µg/g TS in S₁₄ annähernd im selben Bereich. Wie im Norden am Anfang ist ebenfalls ein Anstieg zu verzeichnen, auch wenn dieser lediglich bis zum Punkt S₁ reicht und die Erhöhung nur etwa 0,5 µg/g TS beträgt. Nachdem die Werte bis S₃ nur geringfügig schwanken, sinken sie nach S₄ hin so stark ab, dass sie sich nahezu halbieren. Die übrigen Nitratstickstoffgehalte des verbleibenden Transektes verändern sich kaum noch und bleiben auf niedrigem Niveau.

2,927 µg/g TS in W₁ ist der Höchstwert im **Westen**, das Minimum liegt bei 0,688 µg/g TS im Punkt W_A. Vom Nullpunkt nach W₁ vollzieht sich ein steiler Anstieg, der Ausgangswert wird nahezu verdoppelt. Nach diesem Maximum sinken die Werte bis zum Ende des Transektes stetig ab. Lediglich 2 lokale Maxima bei W₈ und W₁₄ unterbrechen den Abwärtstrend. Die letzten Werte des Transektes liegen sogar z.T. deutlich unter 1 µg/g TS (siehe u.a. Kapitel 3.5.3.2 u. 3.5.3.3).

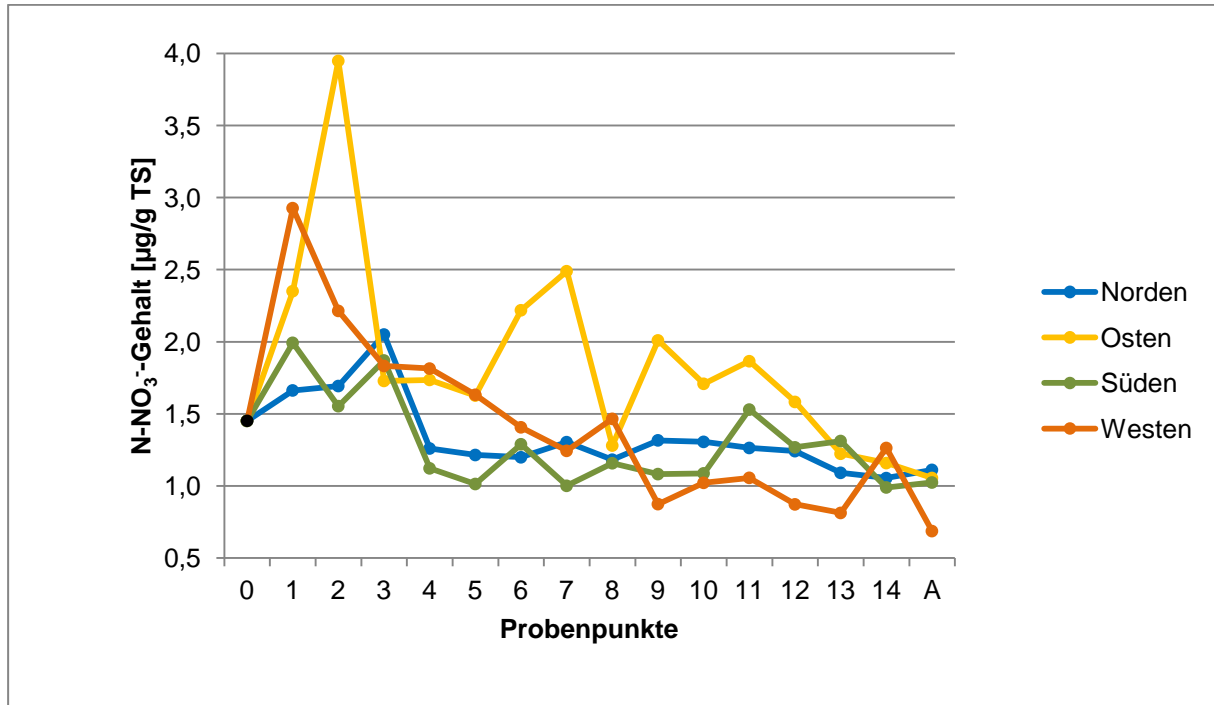


Abb. 11: Nitratstickstoff in zweidimensionaler Darstellung

Im Osten liegt das Maximum (3,948 µg/g TS) aller Messreihen. Abgesehen von einigen Ausnahmen sind die Werte des Osttransektes meist deutlich über denen der anderen Abschnitte

(Abb. 12). Andererseits unterliegt dieser Bereich auch den größten Schwankungen. Für den Süden sind die geringsten Werte ermittelt worden. Trotz vieler Unterschiede verzeichnen alle 4 Transekte zu Beginn einen mitunter unterschiedlich stark ausgeprägten Anstieg. Sodann fallen alle, abgesehen vom Osten, nach außen hin stark ab. Der Osttransekt zeigt zwar auch gegen Ende sinkende Werte, ist aber im mittleren Abschnitt von einigen lokalen Maxima geprägt. Der Nullpunkt zählt, wie bereits bei einigen anderen Parametern zuvor, generell zu den niedrigsten Werten, auch wenn die Nitratstickstoffgehalte im Süden und Norden im Allgemeinen geringer sind als bei den anderen beiden Transekten. Das Minimum (0,688 $\mu\text{g/g TS}$) aller Messreihen aber liegt im Westen.

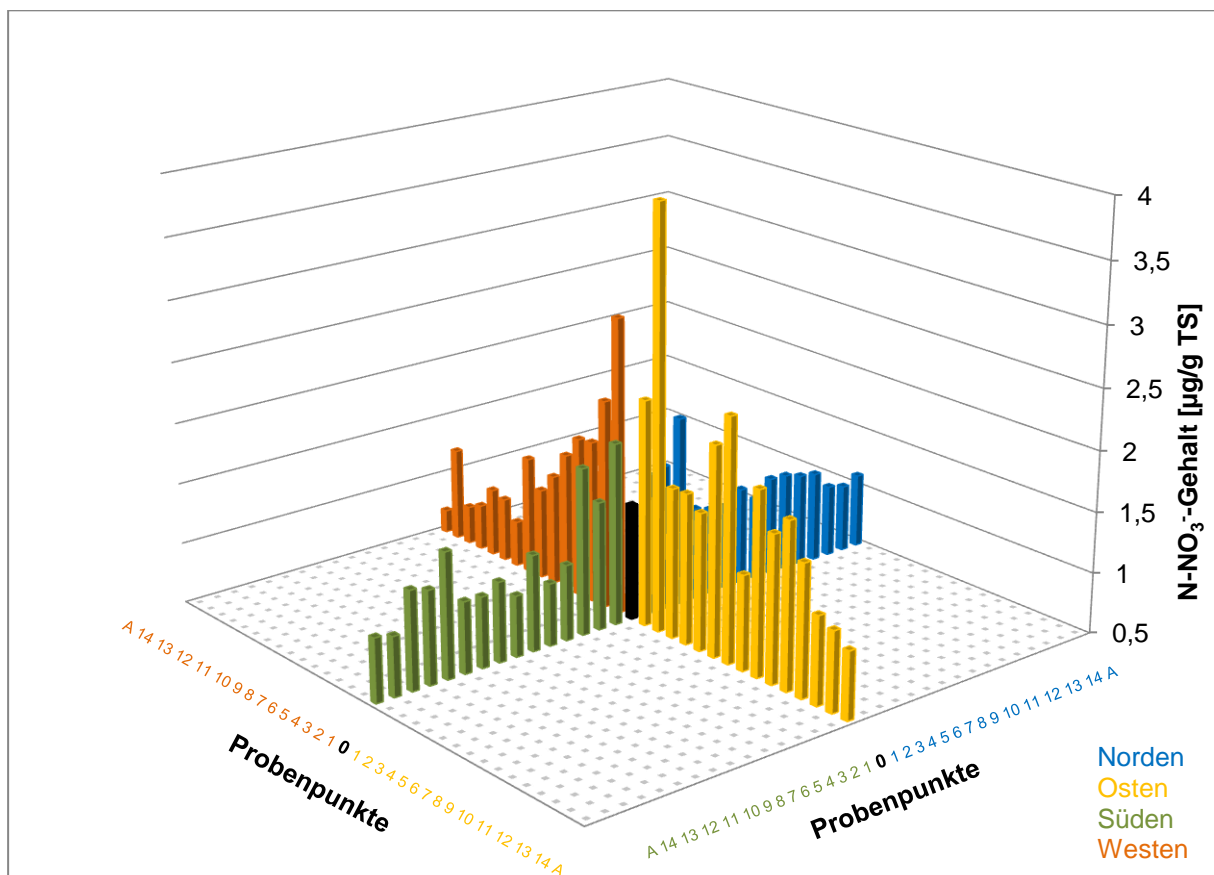


Abb. 12: Nitratstickstoff in räumlicher Darstellung

3.2.6 Ammoniumstickstoff

Die Ammoniumstickstoffgehalte für **Norden** bewegen sich in einem nahezu konstanten Bereich zwischen 0,4 $\mu\text{g/g TS}$ und 0,6 $\mu\text{g/g TS}$ (Abb. 13). Die Messreihe umfasst daher keine ausgeprägten Maxima oder Minima. Demzufolge liegen auch der Höchstwert der Reihe mit

0,623 $\mu\text{g/g}$ TS bei N_A und der niedrigste Wert mit 0,398 $\mu\text{g/g}$ TS bei N_6 recht dicht beieinander.

Der **Osten** hingegen zeigt deutliche Unterschiede zwischen Höchst- und Tiefstwert. Das Maximum beträgt hier 1,230 $\mu\text{g/g}$ TS bei O_9 und das Minimum 0,441 $\mu\text{g/g}$ TS bei O_{14} . Zum Anfang – zwischen 0 und O_2 – gibt es einen Anstieg zu verzeichnen, im Bereich von O_3 - O_4 fallen die Ammoniumstickstoffgehalte hingegen wieder auf das Ausgangsniveau ab. Zwischen O_4 und O_9 steigen die Werte deutlich an bis zum globalen Maximum der Reihe. Im Anschluss sinken die Werte, abgesehen von einem lokalen Maximum bei O_{13} , erneut sichtbar ab und erreichen gegen Ende wieder das Ausgangsniveau.

Im **Süden** liegt bei 0,768 $\mu\text{g/g}$ TS in S_2 der höchste Ammoniumstickstoffgehalt und bei 0,350 $\mu\text{g/g}$ TS in S_A das Minimum. Auch dieser Transekt zeigt bei den Anfangswerten, 0 - S_2 , einen leichten Anstieg. Zwischen S_2 und S_4 sinken die Ergebnisse aber wieder ab und bleiben dann zwischen S_4 und S_9 stabil bei etwa 0,4 - 0,5 $\mu\text{g/g}$ TS. Danach steigt der Graph steil bis zum Maximum bei S_{10} an, so dass in Bezug auf den vorherigen Wert nahezu eine Verdoppelung stattgefunden hat. Zum Ende hin sinkt das Wertenniveau wieder deutlich ab.

Mit 0,715 $\mu\text{g/g}$ TS bei W_4 und 0,258 $\mu\text{g/g}$ TS bei W_{13} werden Maximum und Minimum des Transektes im **Westen** angegeben. Zu Anfang – zwischen 0 und W_4 – steigen die Werte auch zunächst an, wobei W_3 jedoch als lokales Minimum eine Ausnahme darstellt. Im Anschluss sinken die Werte stetig ab und fallen z.T. deutlich unter 0,4 $\mu\text{g/g}$ TS.

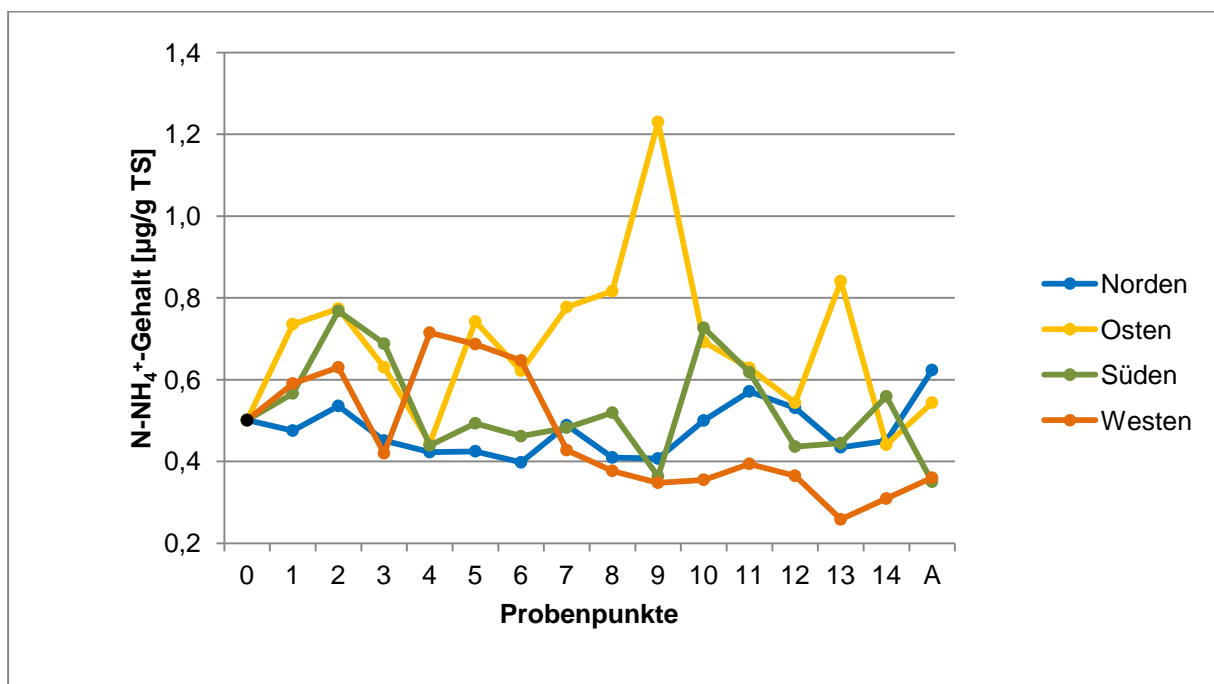


Abb. 13: Ammoniumstickstoff in zweidimensionaler Darstellung

Die Werte, die im Norden generell auf niedrigem Niveau liegen, sind im Westen zunächst hoch und fallen dann stark ab (Abb. 14). Bei allen 4 Messreihen besteht die Gemeinsamkeit darin, dass die Anfangswerte, abgesehen vom Norden, eine ansteigende Richtung aufweisen und dann im mittleren Abschnitt, besonders sichtbar im Süden, wieder deutlich abfallen. Gegen Ende hin steigen die Werte erneut merklich an. Nur der Osttransekt verhält sich gegenläufig. Nach einem kurzen Absinken der Ergebnisse nach den Anfangswerten ist der Verlauf steil ansteigend und schließlich am Ende des Transektes wieder fallend.

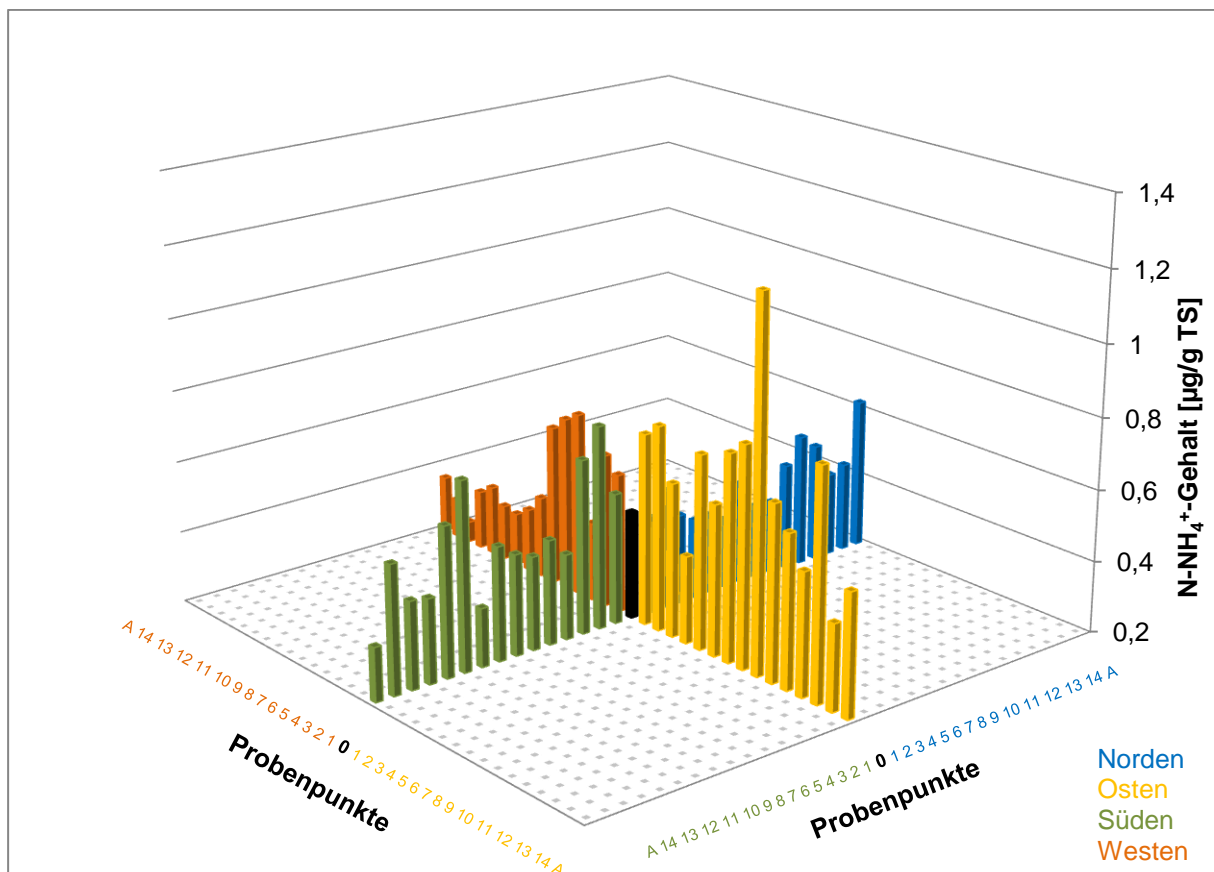


Abb. 14: Ammoniumstickstoff in räumlicher Darstellung

3.2.7 Pflanzenverfügbarer Stickstoff

Das Maximum im **Norden** beträgt 2,501 µg/g TS in N₃ und das Minimum 1,505 µg/g TS in N₁₄ (Abb. 15). Bis N₃ steigt der für Pflanzen verfügbare Stickstoff zunächst sichtbar an. Zu N₄ hin fällt die Stickstoffmenge wieder etwa auf den Ausgangswert zurück. Die nachfolgenden Werte verbleiben alle konstant zwischen 1,5 µg/g TS und 2 µg/g TS.

Im **Osten** steigen die Werte am Anfang stark an und erreichen bei O₂ mit 4,722 µg/g TS das Maximum des Abschnittes. Das Minimum liegt mit 1,599 µg/g TS im äußersten Punkt O_A. Nach dem Höchstwert bei O₂ sinkt der pflanzenverfügbare Stickstoff wieder merklich ab und erreicht in den Punkten O₇ und O₉ erneut 2 Maxima. Der übrige Transekt zeigt eine fallende Tendenz und erreicht schließlich Werte, die unter dem Ausgangspunkt liegen.

Der Verlauf des Transektes im **Süden** beginnt zunächst mit relativ hohen Werten um 2 - 2,5 µg/g TS, die auch das Maximum des Abschnittes mit 2,559 µg/g TS bei S₁ einschließen. Die nachfolgenden Werte sinken ab und liegen nun nur noch bei 1,5 - 2 µg/g TS. Dieser Bereich beinhaltet mit 1,375 µg/g TS bei S_A das Minimum.

Der höchste Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff liegt im **Westen** bei 3,517 µg/g TS in W₁ und der geringste bei 1,048 µg/g TS in W_A. Von 0 nach W₁ steigt der Kurvenverlauf vorerst deutlich an. Danach jedoch ist ein Abwärtstrend zu erkennen, der sich bis nach außen hin fortsetzt. Die Werte sinken bis auf etwa 1 µg/g TS ab.

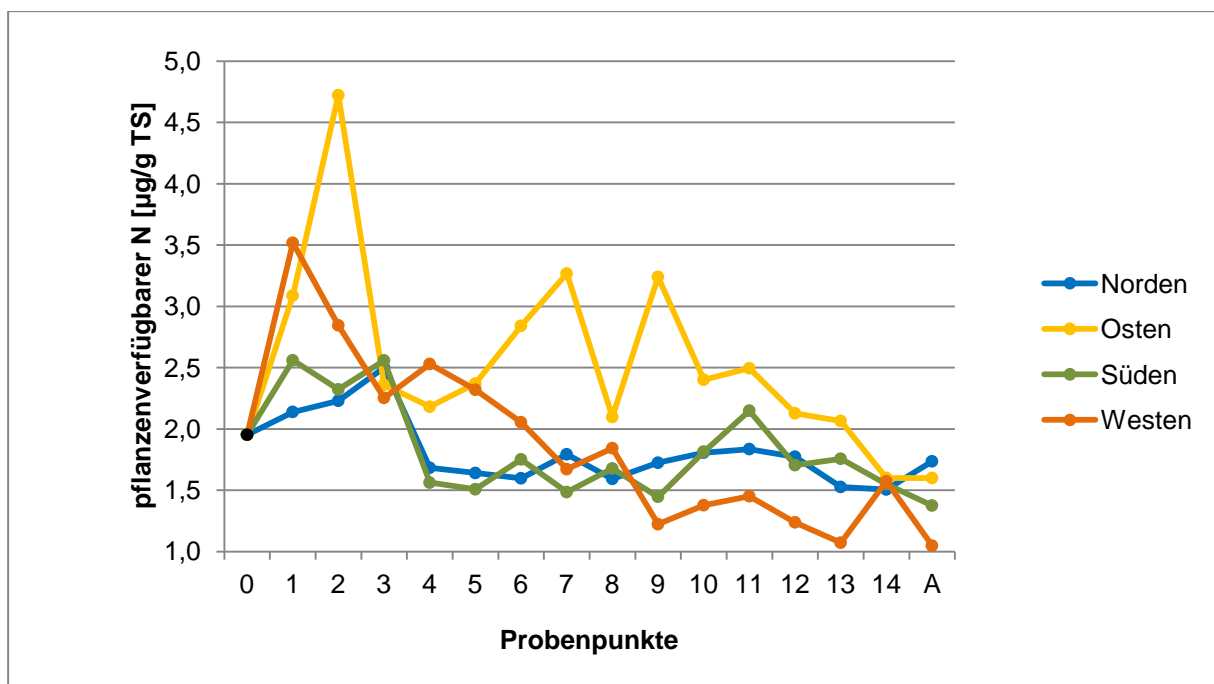


Abb. 15: Pflanzenverfügbare Stickstoff in zweidimensionaler Darstellung

Im östlichen Transekt liegen die Punkte mit den höchsten Werten (Abb. 16). Zwar beinhaltet er das Maximum der gesamten Messreihe bei O₂, aber der Abschnitt unterliegt auch den größten Fluktuationen. Der Norden und Süden zeigen den konstantesten Verlauf. Die Anfangswerte liegen zwar etwas über den übrigen, der Unterschied fällt aber nicht so deutlich aus wie beim Osten und Westen. Der Westtransekt fällt nach außen hin allmählich ab und

erreicht in W_A das Minimum der gesamten Messreihe. Der Ostabschnitt hingegen sinkt zwar ebenso wie die anderen 3 nach außen ab, fluktuiert aber im mittleren Bereich stärker.

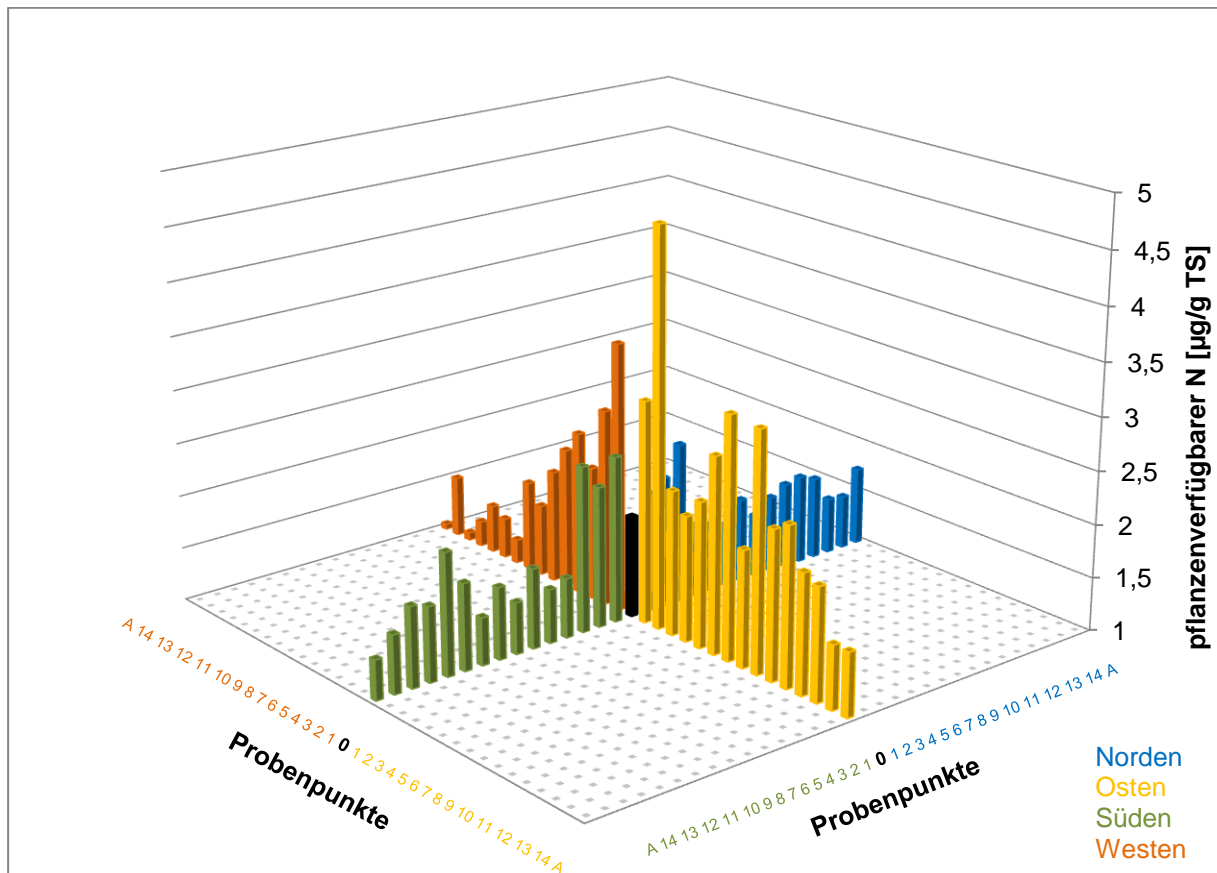


Abb. 16: Pflanzenvetfügbarer Stickstoff in räumlicher Darstellung

3.2.8 Diphosphorpentoxid

Bei N_1 liegt mit 24,949 mg/g TS Diphosphorpentoxid der Höchstwert für den **Norden** (Abb. 17). Schließt man den Nullpunkt mit ein, so wäre dieser der größte Wert der Reihe. Vom Probenpunkt 0 ausgehend ist eine stetige Verringerung des P_2O_5 -Gehaltes zu beobachten. Dieser Rückgang endet mit dem Minimum von 7,676 mg/g TS im Punkt N_A . Verglichen mit der Außenprobe beträgt der Wert des Nullpunktes mehr als dreimal soviel.

Mit 24,530 mg/g TS in O_1 liegt das Maximum im **Osten** fast ebenso hoch wie im Norden. Das Minimum befindet sich mit 4,655 mg/g TS ebenfalls in der Außenprobe (O_A). Der Kurvenverlauf ist ähnlich wie zuvor, nur dass etwa in der Mitte des Transektes die Werte noch einmal kurz geringfügig ansteigen. Der Diphosphorpentoxidgehalt der Außenprobe (O_A) entspricht hier sogar weniger als $\frac{1}{3}$ des Nullpunktes.

Im **Süden** ist der höchste Wert 25,375 mg/g TS bei S₁ und der geringste 8,290 mg/g TS bei S₄. Vom Nullpunkt ausgehend sinken die P₂O₅-Gehalte bis S₄ zunächst stark ab, deutlicher als bei den anderen 3 Transekten. Danach steigen die Werte wieder leicht an und erreichen mit den letzten beiden Messergebnissen dieses Abschnittes erneut in etwa das Niveau des Minimums.

Mit 37,412 mg/g TS bei W₁ liegt das Maximum im **Westen** über den Höchstwerten der anderen Richtungen und auch deutlich über dem Nullpunkt, der hier nicht der höchste Wert der Reihe ist. Danach sinkt die Diphosphorpentoxidmenge im Boden bis W₆ stark ab und entspricht weniger als 1/3 des Maximumwertes. Bis W₈ steigen die Werte noch einmal zu einem lokalen Maximum an und fallen im Anschluss stetig ab. W_A bildet mit 5,127 mg/g TS den kleinsten Wert des Transektes.

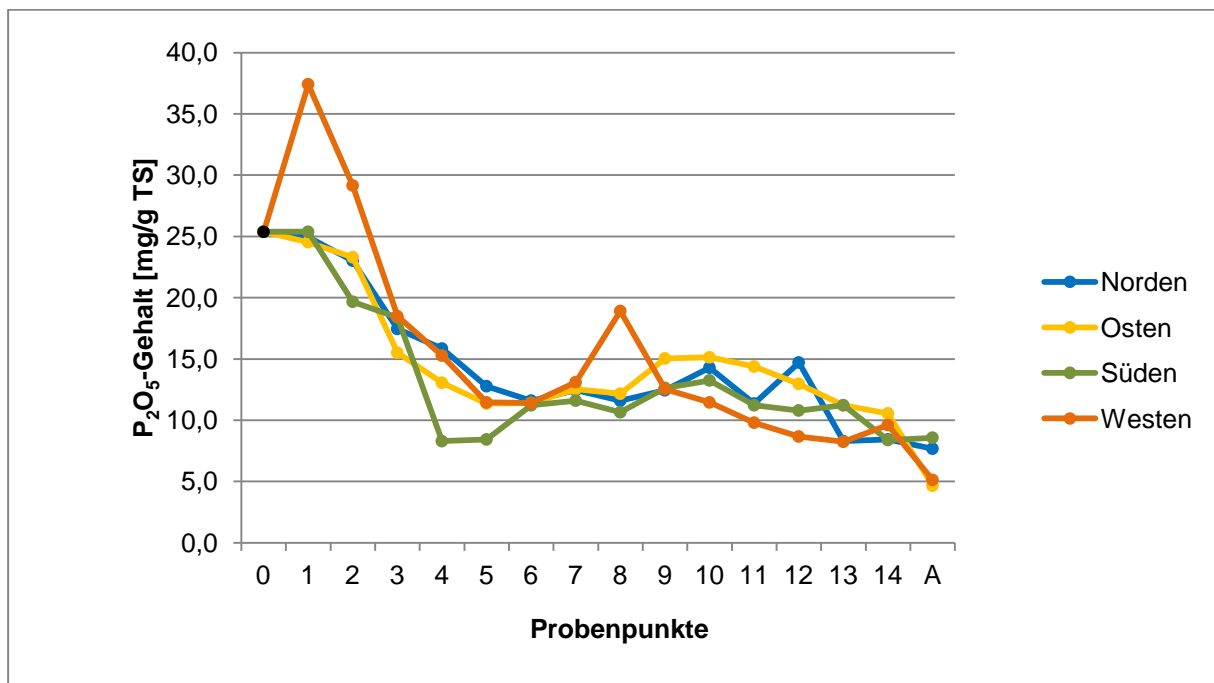


Abb. 17: P₂O₅-Gehalt in zweidimensionaler Darstellung

Der Nullpunkt für P₂O₅ zählt nicht wie bei den anderen Bodenparametern zu den niedrigsten Werten, sondern, abgesehen von wenigen Ausnahmen im Westen, zu dem Punkt mit dem höchsten Gehalt (Abb. 18). Vom Nullpunkt nach außen hin verlaufen alle Transekte mehr oder weniger stark abfallend, nur nicht im Westen, da dort im Kurvenverlauf 2 Maxima auftreten. Der Westtransekt enthält nicht nur den höchsten Wert der gesamten Messung, sondern auch den zweitniedrigsten Wert insgesamt und unterliegt damit den stärksten Fluktuationen. Der niedrigste Wert wurde aber im Osttransekt ermittelt.

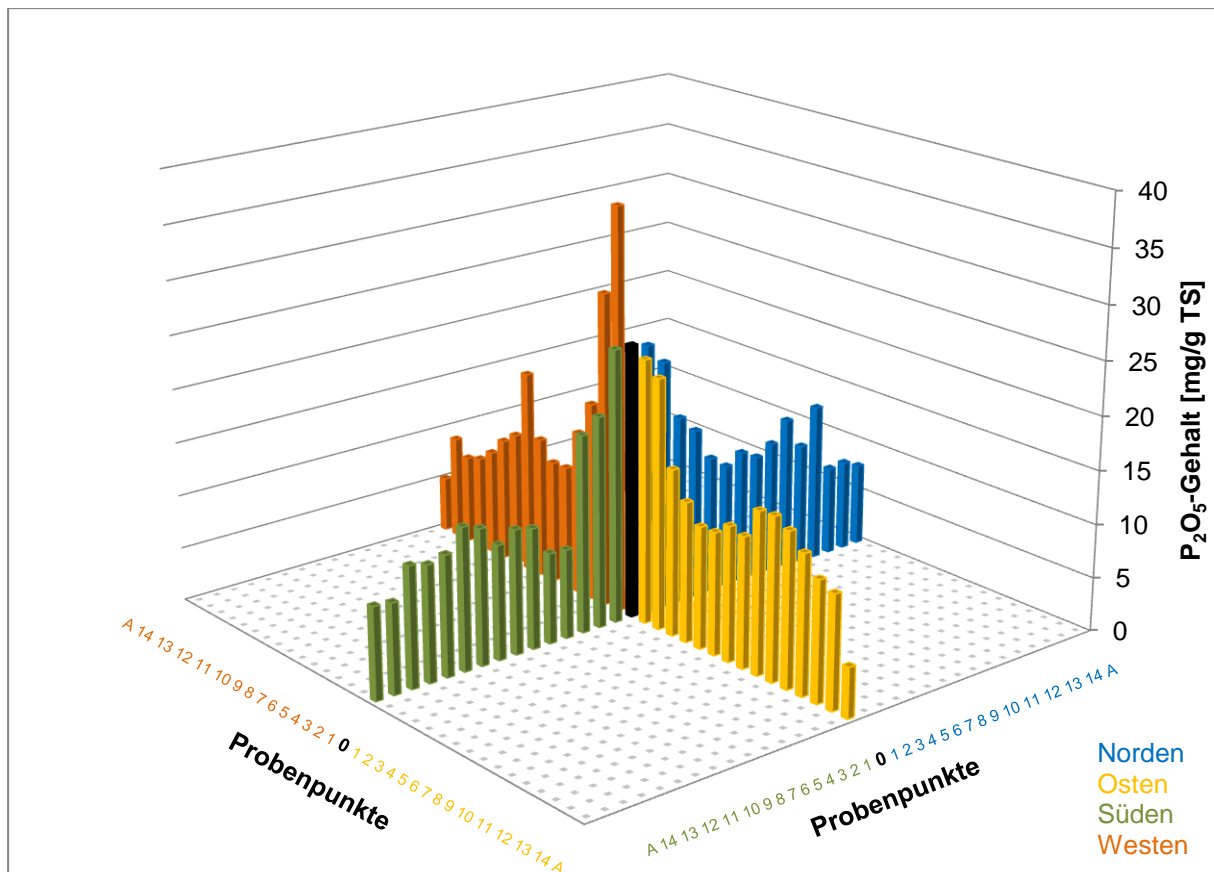


Abb. 18: P_2O_5 -Gehalt in räumlicher Darstellung

3.2.9 Leitfähigkeit

Das Maximum der Leitfähigkeit der Messreihe **Norden** (Abb. 19) liegt bei $110,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ im Punkt N_3 , das Minimum bei $73,4 \mu\text{S}/\text{cm}$ bei N_A . Abgesehen von dem Höchst- und Tiefwert als „Ausreißer“ in der Datenreihe, sind die übrigen Werte auf relativ konstantem Niveau bei $80 - 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ angeordnet.

Der größte Wert im **Osten** liegt bei $163,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ für O_9 , der kleinste beträgt $47,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ im Punkt O_A . Zunächst ist im Abschnitt 0 bis O_3 ein starker Anstieg zu verzeichnen. Im Folgenden wechselt der Kurvenverlauf ständig zwischen Anstieg und Abfall, im Ganzen vollzieht sich in diesem Bereich in der Tendenz bis O_9 ein Anstieg bis zum Maximum der Messreihe. Danach fallen die Werte stark ab bis zum Punkt O_A .

Im **Süden** ist mit $65,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ bei S_5 das Minimum einzuordnen und das Maximum mit $102,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ bei S_1 . Die Messreihe ist, abgesehen vom Höchst- und Tiefstwert, recht ausgeglichen. Die Ergebnisse bewegen sich im Bereich von $80 - 100 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Im **Westen** liegt das Maximum bei 112,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in W_6 und das Minimum bei 42,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in W_A . Die ersten 3 Punkte deuten noch keinerlei Richtungstrend an. Von W_2 bis zum Maximumpunkt W_6 hingegen zeigt sich der Kurvenverlauf stetig ansteigend. Danach ist bis W_9 ein Absinken der Werte zu verzeichnen. Die nachfolgenden Ergebnisse verharren in etwa auf gleichem Niveau. Eine Ausnahme wiederum bildet zum Schluss der Außenwert W_A , der eine deutliche Abwärtsbewegung zeigt.

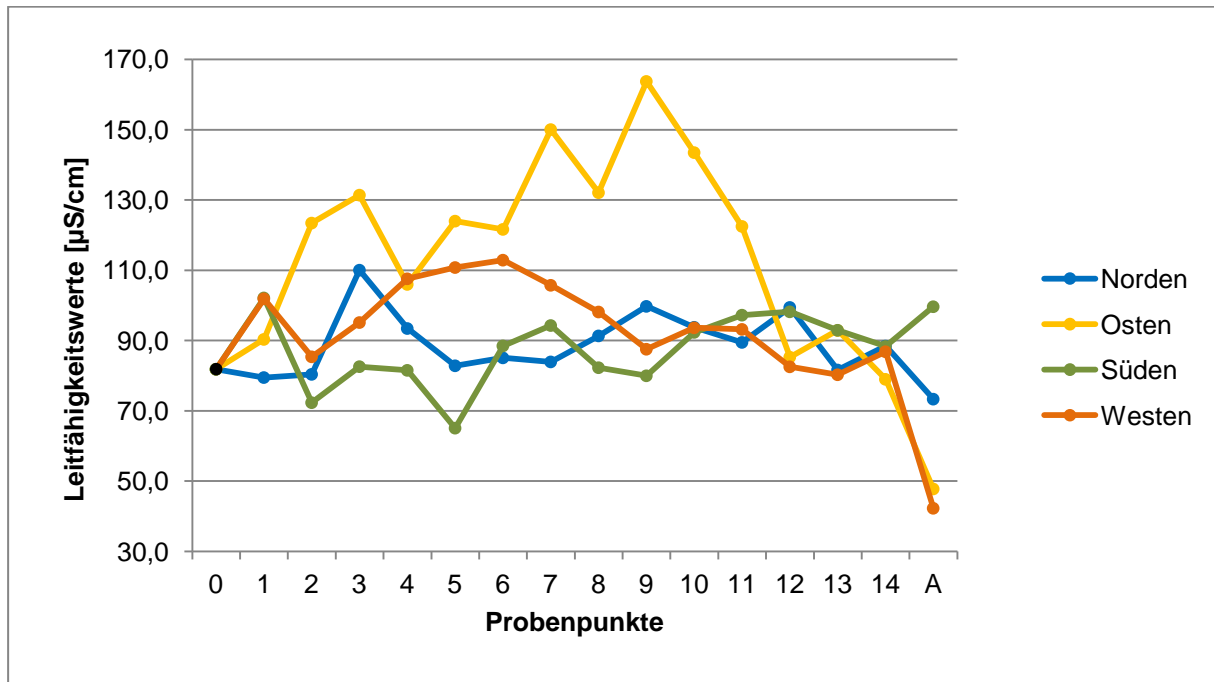


Abb. 19: Leitfähigkeit in zweidimensionaler Darstellung

Bei allen 4 Himmelsrichtungen zeigt sich, dass die höchsten Leitfähigkeiten i.d.R. bei den Anfangswerten bis etwa zum 6. Probenpunkt zu verzeichnen sind (Abb. 20). Eine Ausnahme bildet nur der Osten, wo die Werte generell höher liegen. Nach diesen Anfangswerten ist der weitere Kurvenverlauf fallend, bis sich die Ergebnisse schließlich bei einem mittleren Wert einpegeln und nur noch eine geringe Streuung zeigen. Auffällig ist, dass im Norden, Süden und Westen die Mehrzahl der Werte im Bereich von 70 - 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ liegt, im Osten jedoch die größten Schwankungen auftreten und dort die größte Differenz zwischen Minimum und Maximum zu verzeichnen ist. Die Außenwerte einer Messreihe, abgesehen vom Süden, fallen im Vergleich zu den vorherigen Probenpunkten ab, besonders stark bei O_A und W_A . Der Nullpunkt liegt bei jeder Reihe meist deutlich unter dem der Mehrzahl der übrigen Werte.

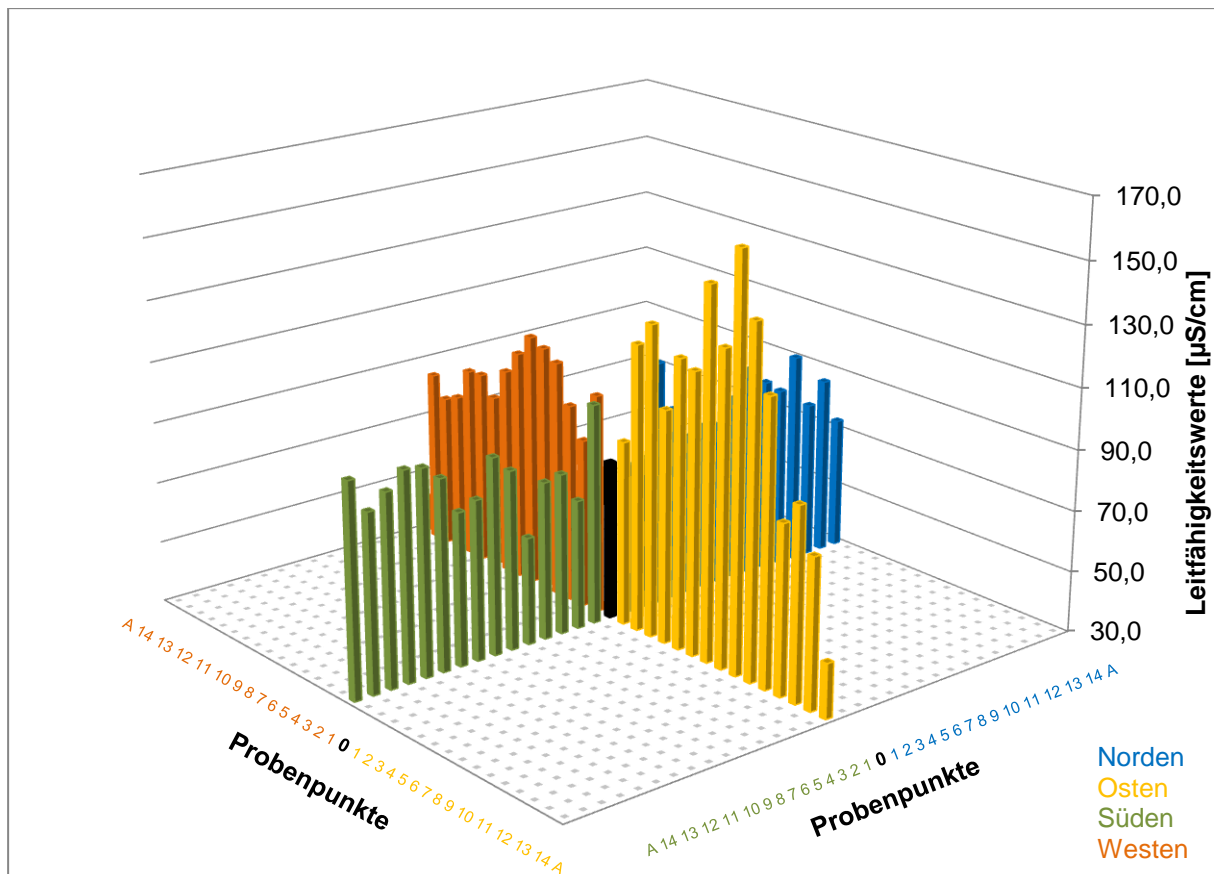


Abb. 20: Leitfähigkeit in räumlicher Darstellung

3.3 Vorkommende Collembolenarten

3.3.1 Anzahl der Collembolen

In den 61 untersuchten Proben waren 7.606 Collembolen. Diese verteilen sich auf 14 verschiedene Arten. Für den überwiegenden Teil war eine Determination bis auf Artniveau möglich. Bei juvenilen Exemplaren konnte i.d.R. nur eine Bestimmung bis zur Gattung erfolgen. Die nachfolgende Abhandlung der Collembolenarten bzw. -gattungen richtet sich nach einer Einteilung in deren Lebensformtypen. Es sollen dabei nur die endogäischen, also die bodenbewohnenden Arten, und die epigäischen, die an der Oberfläche lebenden Arten, berücksichtigt werden. Hypogäische Collembolen, sogenannte Übergangsformen, wurden den bodenbewohnenden Exemplaren zugeordnet, da sie mitunter stärker auf Veränderungen im Boden reagieren als epigäische Collembolen. Diese Einteilung richtet sich nach Angaben von STIERHOF (2003), KRAWCZYNSKI (2006) sowie SCHULZ (per E-Mail). Es sei jedoch erwähnt, dass sich Collembolen unterschiedlich auf verändernde Standortbedingungen einstellen und

damit eine Zuordnung zu einer der beiden Lebensformen schwierig sein kann (SCHULZ pers. Kommentar).

Der Transekt im **Norden** zeigt zu Beginn im Bereich von N₁ bis N₅ einen deutlichen Anstieg der Population der Collembolen (Abb. 21) und erreicht bei N₅ seinen Höchstwert mit 1.415 Tieren. Im Anschluss bis N₈ sinken die Zahlen wieder merklich ab. Die nachfolgenden Proben zeigen nur kleinere Fluktuationen, sie enthalten noch höchstens 35 Collembolen. Das Minimum wird bei N₁₁ mit nur 1 Individuum erreicht. Zwischen N₃ und N₆ siedeln die meisten Springschwänze. Nach dem Maximum hat N₆ mit 739 die zweitgrößte Individuenzahl gefolgt von N₄ mit 309 und N₃ mit 196. Dennoch liegt bei mehr als $\frac{2}{3}$ der Probenpunkte die Individuenzahl nur im zweistelligen Bereich. Insgesamt beträgt sie 2.907 Tiere.

Im **Osten** sind nahezu alle Individuenzahlen kleiner als 100. Nur O₈ mit 316 Tieren und O₁ mit 133 liegen darüber. Die niedrigste Collembolenzahl sind 8 Tiere in O₁₂. Mit insgesamt 810 Exemplaren unterscheidet sich die Individuenzahl deutlich von der im Norden.

Im **Süden** sind die Proben mit den hohen Individuendichten nahe dem Nullpunkt. Das Maximum sind 632 Tiere in S₃. Größere Collembolenbestände gibt es auch bei S₁ mit 275 und S₂ mit 160 Exemplaren. Im Anschluss sinken die Werte stark ab und erreichen dann nur noch maximal 41 Tiere. S_A ist gänzlich ohne Collembolen. Insgesamt befinden sich 1.279 Springschwänze in den Proben.

Der Individuenschwerpunkt im **Westen** liegt im Bereich von W₄ bis W₈. Dieser Abschnitt beinhaltet auch das größte Vorkommen bei W₅ mit 1.133 Tieren. W₆ und W₈ weisen mit 626 und 354 Individuen ebenfalls hohe Dichten auf. Die übrigen Proben liegen auf niedrigem Niveau, eine Ausnahme bildet jedoch W₁₄ mit 117 Exemplaren. Insgesamt enthalten die Proben 2.567 Collembolen.

Im **Nullpunkt** waren 43 Collembolen.

Die größte Anzahl liegt für den Nordtransekt vor, im Westen ist sie allerdings fast ebenso hoch. Die drittgrößte Population von Collembolen findet man im Süden, die im Osten ist nochmal deutlich kleiner. Nur im Norden und Westen befindet sich je eine Probe, die über 1.000 Tiere umfasst. Die Mehrzahl der Proben enthält dagegen weniger als 100 Collembolen. Besonders hohe Dichten befinden sich am Anfang oder in der Mitte eines Transektes. Die Außenproben sind generell weniger stark besiedelt.

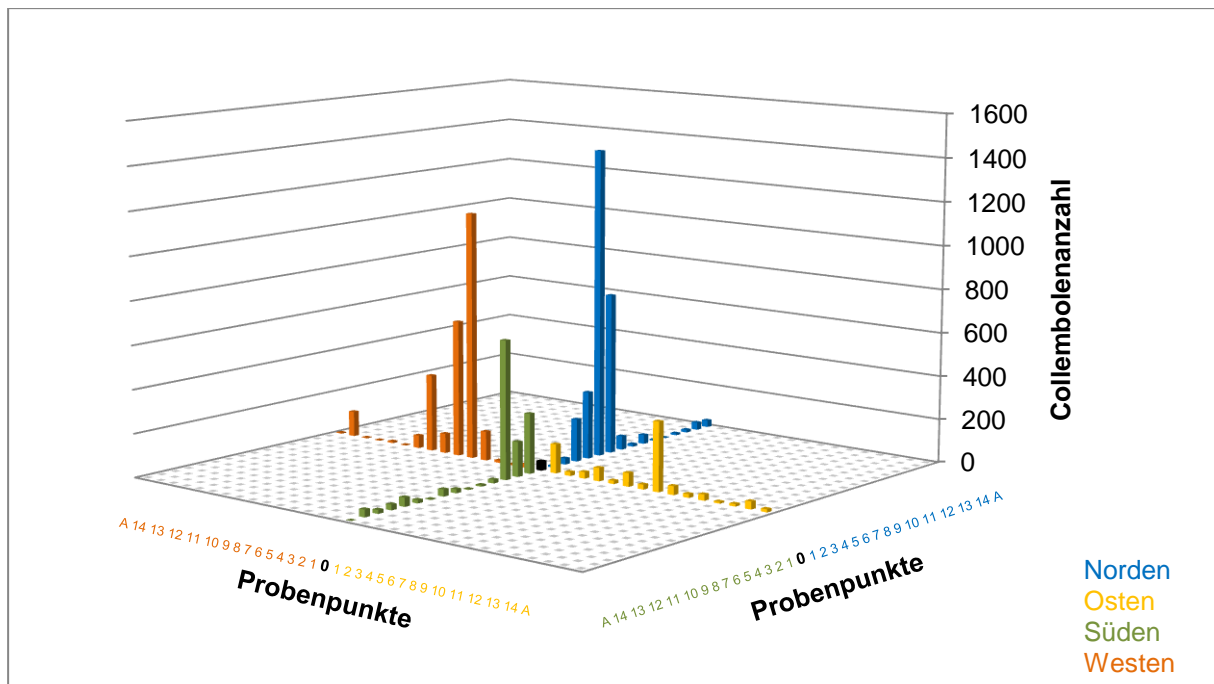


Abb. 21: Collembolenanzahl in den Transekten

3.3.2 Endogäische Arten

3.3.2.1 *Friesea afurcata*

Die Proben im **Norden**, **Süden** und **Westen** sowie der **Nullpunkt** enthalten keine Exemplare von *Friesea afurcata* (Abb. 22). Im **Osten** gibt es zwar Nachweise der Art, diese beschränken sich aber auf den Bereich von O₄ bis O₉. Ein Maximum von 23 Individuen fand sich in O₆. Außerdem existiert ein Einzelvorkommen bei O₉, alle verbleibenden Proben, in denen die Art enthalten ist, haben je 2 Tiere. Mit insgesamt 32 nachgewiesenen Exemplaren zählt *Friesea afurcata* zu den weniger häufig vorkommenden Arten im Untersuchungsgebiet.

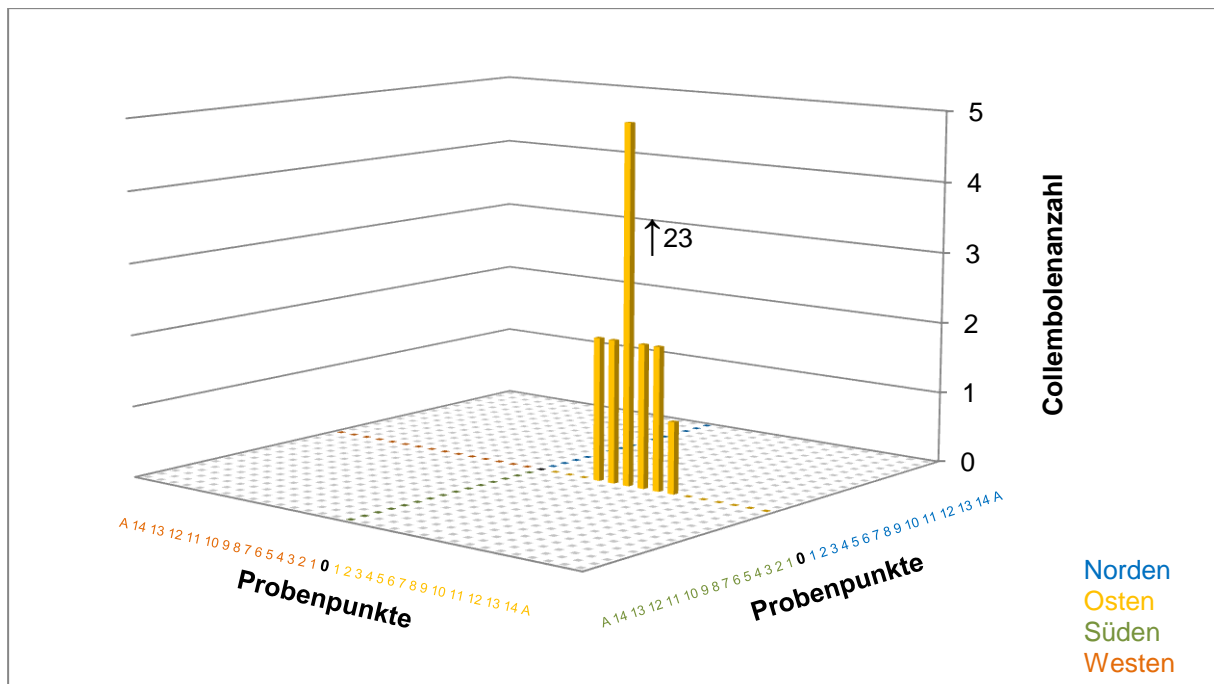


Abb. 22: Individuenzahlen von *Friesea afurcata* in den Transekten

3.3.2.2 *Hypogastrura manubrialis*

Nur in N₆ fand sich *Hypogastrura manubrialis* im **Norden** mit 5 Tieren (Abb. 23).

Im **Osten** hat die Art 3 Vorkommen zwischen Mitte und Ende des Transektes. Das Maximum sind 12 Tiere in O₉ und mit 11 Exemplaren fast ebenso viele in O₈. Des Weiteren gibt es in O₁₃ noch einen Fund mit 2 Individuen, so dass die Proben hier insgesamt 25 *Hypogastrura manubrialis* enthalten.

Im **Süden** sowie im **Nullpunkt** fehlt die Art.

Im **Westen** sind es ebenfalls nur 3 Proben mit *Hypogastrura manubrialis*, die alle etwa in der Mitte des Transektes liegen. Das Maximum mit 3 Exemplaren liegt in W₉. Die anderen beiden Proben beinhalten 1 Individuum in W₅ und 2 in W₆. Somit ergibt sich eine Gesamtzahl von 36 Tieren.

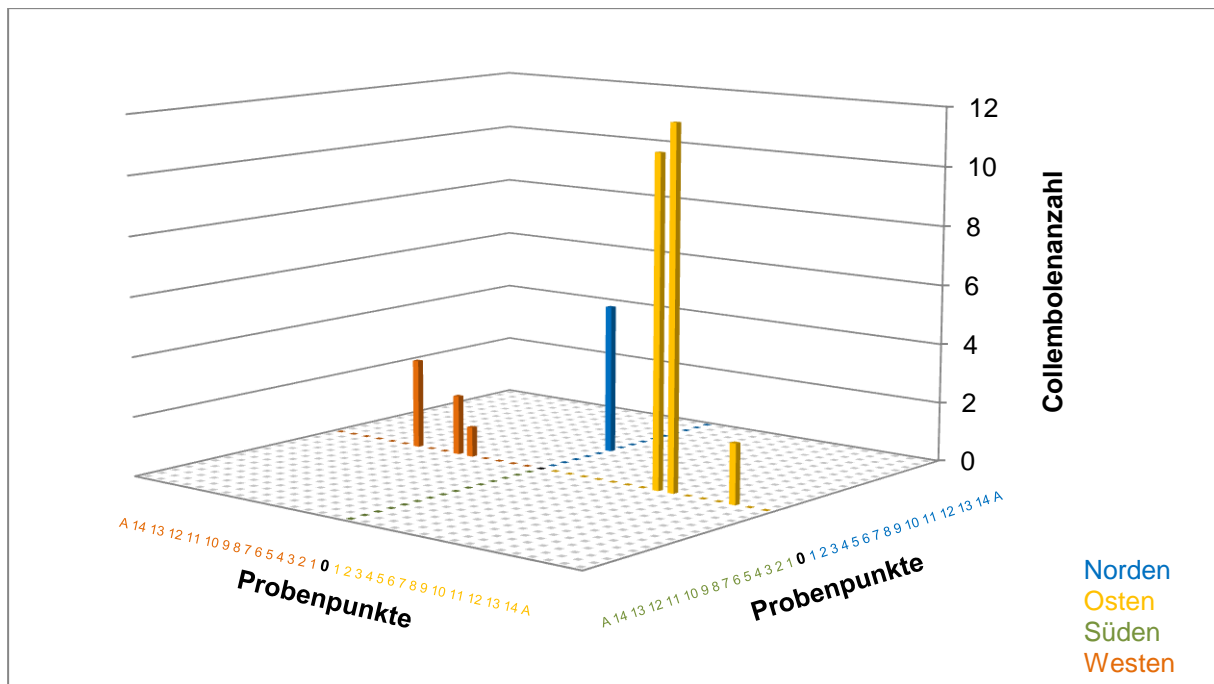


Abb. 23: Individuenzahlen von *Hypogastrura manubrialis* in den Transekten

3.3.2.3 *Hypogastrura vernalis*

Hypogastrura vernalis ist im **Norden** in nahezu allen Probenpunkten zugegen, bis auf N₁₁, N₁₄ und N_A (Abb. 24). Das Schwerpunkt-vorkommen der Art liegt etwa am Anfang bis hin zur Mitte des Transektes im Teilstück N₃ bis N₆. N₅ ist mit 951 Tieren die Probe mit den meisten Exemplaren in dieser Himmelsrichtung. N₆, N₄ und N₃ weisen mit 630, 279 sowie 168 Tieren ebenfalls hohe Individuendichten auf. Der überwiegende Teil der verbleibenden Proben umfasst Zahlen im einstelligen Bereich. Insgesamt enthalten alle Proben 2.092 Exemplare von *Hypogastrura vernalis*.

Mit Ausnahme von O₃, O₁₃ und O_A ist die Art im **Osten** in allen Proben vertreten. Dennoch fallen die Individuendichten mit weniger als 100 Exemplaren je Probe geringer aus als im Norden. Ihr Maximum erreicht die Art hier in O₁ mit 97 Tieren. Ein weiteres größeres Vorkommen liegt bei O₈ mit 70 Exemplaren. Die übrigen Funde sind deutlich kleiner und verteilt über den ganzen Transekt. Die Gesamtzahl beträgt 250 Tiere.

Im **Süden** sind nur S₉, S₁₀ und S_A nicht von *Hypogastrura vernalis* besiedelt, der Schwerpunkt liegt dennoch bei S₁ - S₃. In S₃ erreicht die Art mit 555 Exemplaren ihr Maximum. Ebenfalls viele Tiere enthalten S₁ mit 220 und S₂ mit 149 Collembolen. Die sonstigen Vorkommen liegen unter 15 Individuen pro Probe. Der Transekt enthält insgesamt 974 Exemplare.

Im **Westen** besiedelt *Hypogastrurs vernalis* den Anfang und die Mitte des Transektes, abgesehen von einem isolierten Fund bei W_A. Ihr Hauptvorkommen liegt zwischen W₄ und W₈. Das Maximum in W₅ beträgt 1.027 Tiere, das zweitgrößte Vorkommen umfasst 593 Exemplare in W₆. Die gesamte Individuenzahl beträgt 2.124, im **Nullpunkt** 28.

Von *Hypogastrura vernalis* waren insgesamt 5.468 Exemplare in den Proben. Damit ist sie die mit Abstand häufigste Collembolenart des untersuchten Standortes. Diese Zahl entspricht ca. 70 % aller nachgewiesenen Individuen der Zönose. Die Art ist innerhalb der 4 Transekte unterschiedlich stark vertreten, besonders häufig zugegen ist sie im Norden und Westen mit jeweils über 2.000 Exemplaren. Im Osten sind im Vergleich die wenigsten Nachweise von *Hypogastrura vernalis*, dies entspricht in etwa nur 1/10 von der Anzahl in westlicher Richtung. Die Hauptvorkommen beschränken sich i.d.R. auf wenige aufeinanderfolgende Proben, die sich überwiegend am Anfang bis hin zur Mitte des Transektes befinden. Die maximale Individuenzahl von *Hypogastrura vernalis* unter allen Beprobungspunkten beträgt 1.027 Tiere in W₅. Dieser Standort entspricht außerdem dem Punkt, der die meisten Individuen einer Art in einer Probe vereint (siehe u.a. Kapitel 3.5.3.6.1).

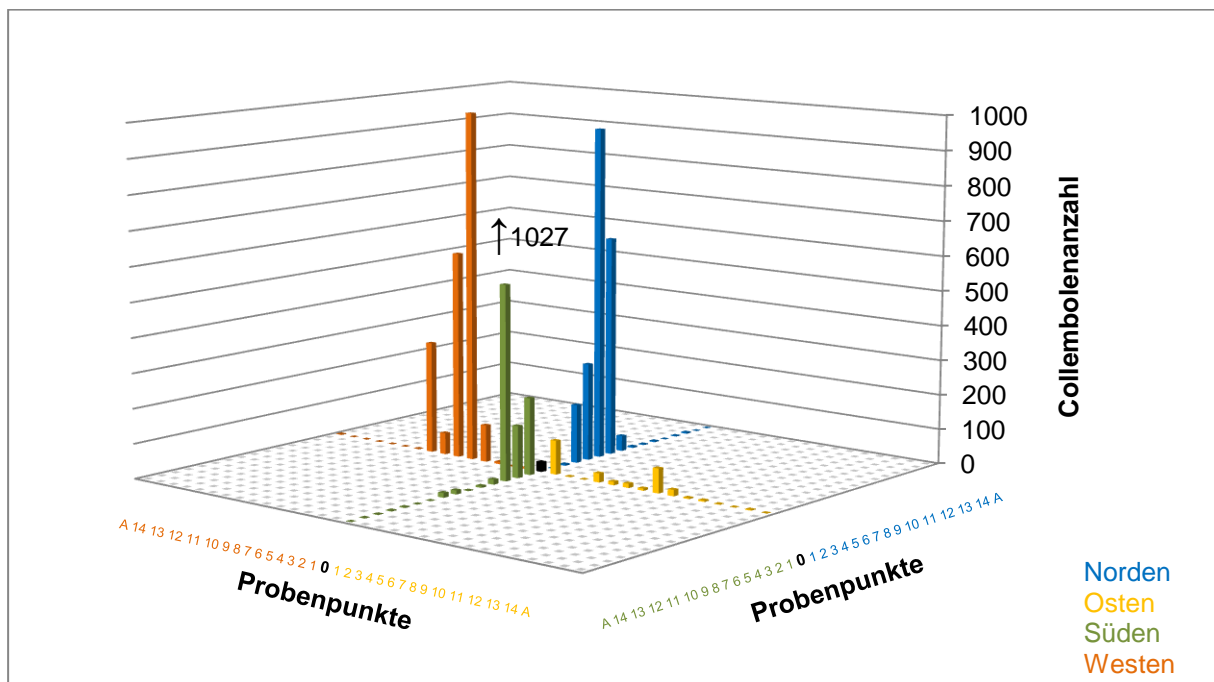


Abb. 24: Individuenzahlen von *Hypogastrura vernalis* in den Transekten

3.3.2.4 *Hypogastrura spec. juv.*

Zwischen N₃ und N₆ besitzt *Hypogastrura spec. juv.* 4 Vorkommen im **Norden** (Abb. 25). Die höchste Dichte ist in N₅ mit 420 Exemplaren. Die sonstigen Funde unterscheiden sich mit lediglich zweistelligen Individuenzahlen deutlich von N₅. Alle Proben enthalten zusammen 526 Tiere.

Im **Osten** existiert mit O₈ nur eine Probe mit 13 Exemplaren, in der *Hypogastrura spec. juv.* nachgewiesen werden konnte.

Im **Süden** gibt es lediglich 2 Nachweise am Anfang des Transektes: S₃ mit 59, S₁ mit 19 Tieren und somit insgesamt 78 Individuen.

Im **Westen** beschränkt sich das Vorkommen der juvenilen Stadien auf 3 Funde, die in der Mitte des Transektes liegen. Darunter befindet sich das Maximum mit 89 Tieren bei W₅, die beiden anderen Proben enthalten weitaus weniger. 114 Individuen entsprechen der Gesamtzahl.

Im **Nullpunkt** existieren keine Nachweise von *Hypogastrura spec. juv.*

Nach *Hypogastrura vernalis* ist die Gruppe der juvenilen Stadien mit 731 Tieren am zweithäufigsten in der Zönose vertreten. Die Hauptnachweise liegen zwischen dem 3. und 6. Probenpunkt eines Transektes. Sie fehlen in den Außenbereichen und im Nullpunkt. Der Hauptanteil von *Hypogastrura spec. juv.* stammt aus den Proben im Norden, dort liegt auch die größte Individuenzahl in einer Probe. In allen Proben befinden sich dort mehr als doppelt so viele Individuen wie in den anderen 3 Transekten zusammen. Der Osten enthält insgesamt die wenigsten Exemplare.

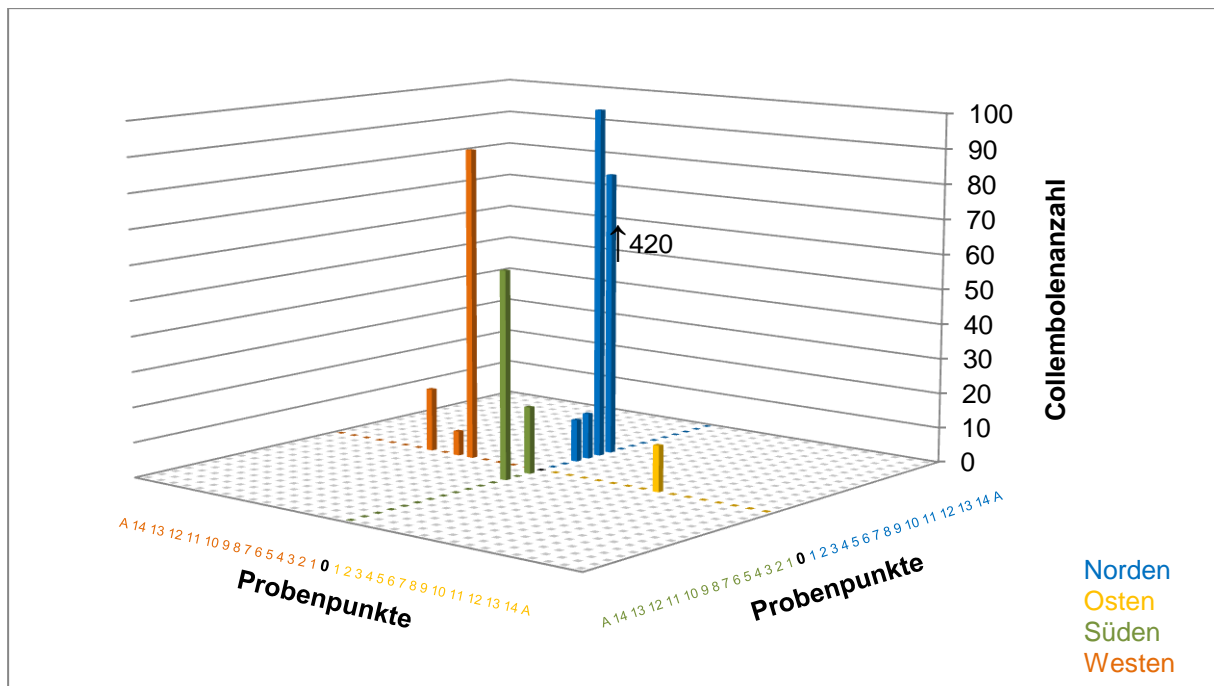


Abb. 25: Individuenzahlen von *Hypogastrura spec. juv.* in den Transekten

3.3.2.5 *Isotomodes productus*

Nachweise von *Isotomodes productus* im **Norden** gibt es überwiegend zu Beginn bis zur Mitte des Transektes (Abb. 26). Ihr größtes Vorkommen hat die Art mit 5 Exemplaren in N₇. In N₆ sind 4, in N₃ und N_A je 3 Individuen enthalten. Alle verbleibenden Proben mit der Art umfassen nur je 1 Exemplar. Insgesamt waren es 18 Exemplare.

Die überwiegende Zahl der Funde im **Osten** liegt am Anfang des Transektes zwischen O₁ und O₄. Die höchste ermittelte Anzahl von *Isotomodes productus* beträgt hier 10 Tiere bei O₃, das Maximum jedoch liegt außerhalb dieses Schwerpunktes bei O₈ mit 21 Exemplaren. Abgesehen davon hat die Art noch 2 Einzelnachweise am Ende des Transektes, so dass sich die Gesamtzahl auf 42 Individuen summiert.

Im Unterschied zu den 3 anderen Abschnitten siedelt die Art im **Süden** überwiegend nur am Ende des Transektes. Das größte Vorkommen sind 12 Tiere in der Probe S₁₃, die nächstgrößeren belaufen sich auf 10 Exemplare in S₁₄ und 7 in S₁₂. Außerdem existieren noch 2 Einzelnachweise in der Mitte des Transektes, so dass die Gesamtzahl 33 Individuen erreicht.

Im **Westen** liegen lediglich 3 Funde mit je 1 Exemplar zwischen W₆ und W₈ vor. Der **Nullpunkt** enthält 1 Individuum.

Insgesamt fanden sich von *Isotomodes productus* 97 Tiere. Die Mehrzahl befindet sich im Osten und Süden, wobei die erstgenannte Richtung mit O₈ die größte Populationszahl unter

allen Proben enthält. Ein einheitliches Besiedlungsmuster der Art ist nicht zu erkennen, sie beschränkt sich nicht auf bestimmte Bereiche entlang des Transektes.

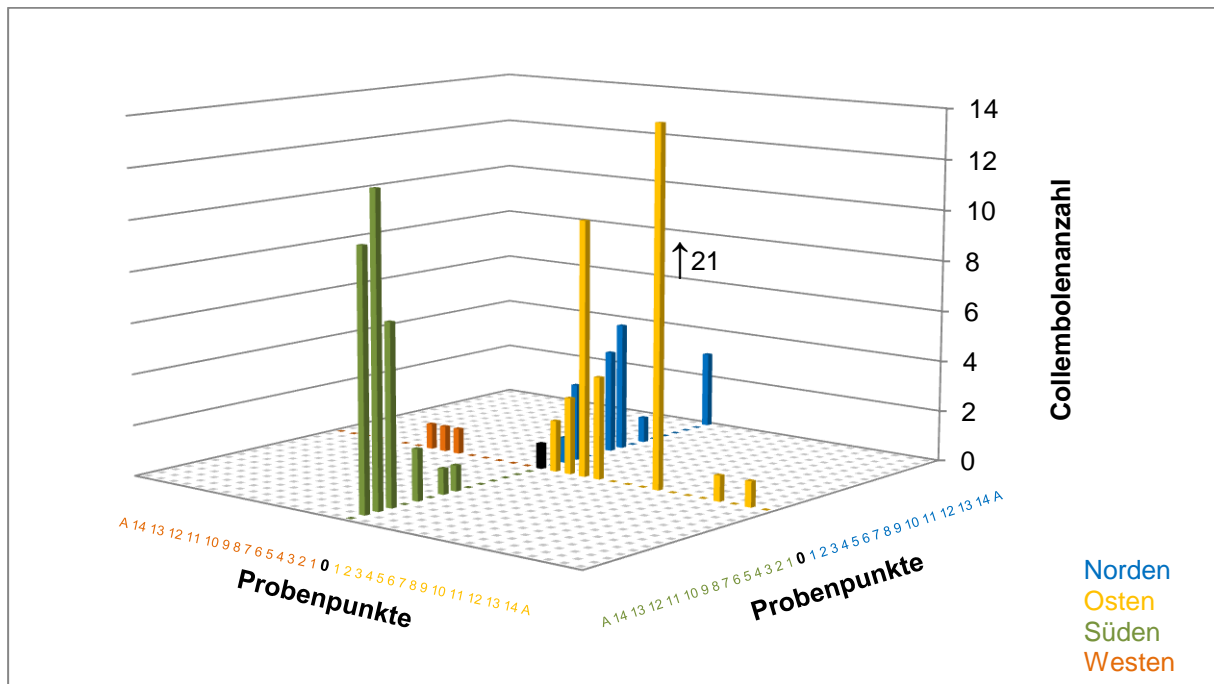


Abb. 26: Individuenzahlen von *Isotomodes productus* in den Transekten

3.3.2.6 *Mesaphorura macrochaeta*

Die Art siedelt im **Norden** überwiegend im vorderen bis mittleren Abschnitt des Transektes (Abb. 27). In dem Teilstück gibt es 2 Maxima mit je 10 Tieren bei N₃ und N₆. Das nächstgrößere Vorkommen liegt bei 8 Exemplaren in N₅. Die sonstigen Proben, die von *Mesaphorura macrochaeta* besiedelt sind, enthalten höchstens 3 Individuen und somit beläuft sich die Gesamtzahl auf 43 Tiere.

Im **Osten** sind fast alle Probenpunkte von der Art besiedelt, außer O₇ und O_A. O₈ ist mit 158 Exemplaren das größte Vorkommen von *Mesaphorura macrochaeta*, alle übrigen Proben enthalten maximal 14 Tiere. Es gibt keinen Schwerpunkt bei der Verteilung und es existieren in diesem Transekt 221 Individuen dieser endogäischen Collembolenart.

Auch im **Süden** wird die Mehrzahl der Probenpunkte von *Mesaphorura macrochaeta* besiedelt. Ihre größten Vorkommen sind am Anfang und am Ende des Transektes bei S₁₄ mit 15 und bei S₃ mit 13 Exemplaren. Die sonstigen Individuenzahlen liegen im einstelligen Bereich. Insgesamt existieren in diesem Abschnitt 47 Nachweise.

Die Probenpunkte im **Westen** werden ebenfalls mehrheitlich von *Mesaphorura macrochaeta* besiedelt, im Besonderen nahe dem Nullpunkt. W₄ enthält mit 6 Individuen die größte Anzahl, jeweils 5 Exemplare sind in W₃ und W₆ vorhanden. Der Transekt umfasst insgesamt 24 Tiere, der **Nullpunkt** lediglich 1.

Im Gesamten betrachtet siedelt *Mesaphorura macrochaeta* in allen Bereichen der 4 Transekte in unterschiedlichen Populationszahlen. Mit 336 Tieren ist die Art die vierthäufigste der Zönose. Die meisten Nachweise hat sie im Osten. *Mesaphorura macrochaeta* erreicht zwar keine besonders hohen Individuendichten, ist aber nahezu überall vorhanden.

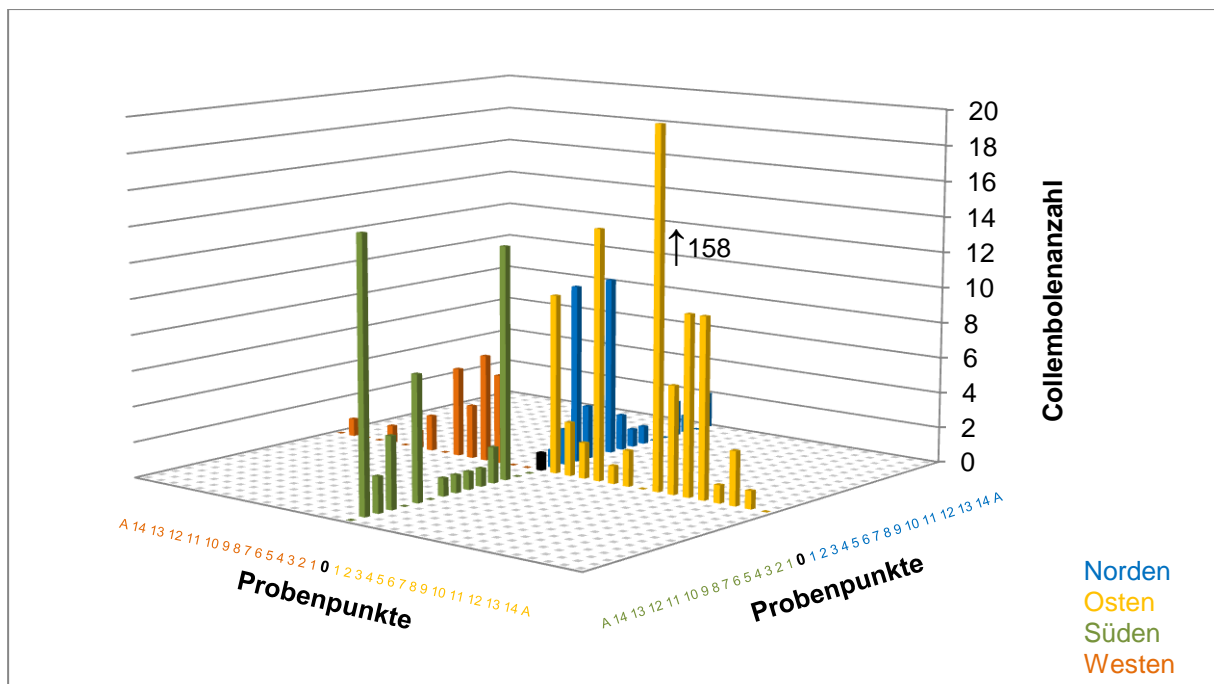


Abb. 27: Individuenzahlen von *Mesaphorura macrochaeta* in den Transekten

3.3.2.7 *Parisotoma notabilis*

Parisotoma notabilis ist nur in 4 Proben nachweisbar (Abb. 28). Das größte Vorkommen liegt mit 5 Exemplaren im **Norden** bei N₁₂. Am zweithäufigsten ist sie im **Westen** in W₂ mit 3 Tieren. Außerdem existieren bei W_A und S₇ im **Süden** zwei Einzelnachweise. Im **Osten** und im **Nullpunkt** kommt sie gar nicht vor. Mit insgesamt 10 Tieren ist *Parisotoma notabilis* nur sporadisch vertreten.

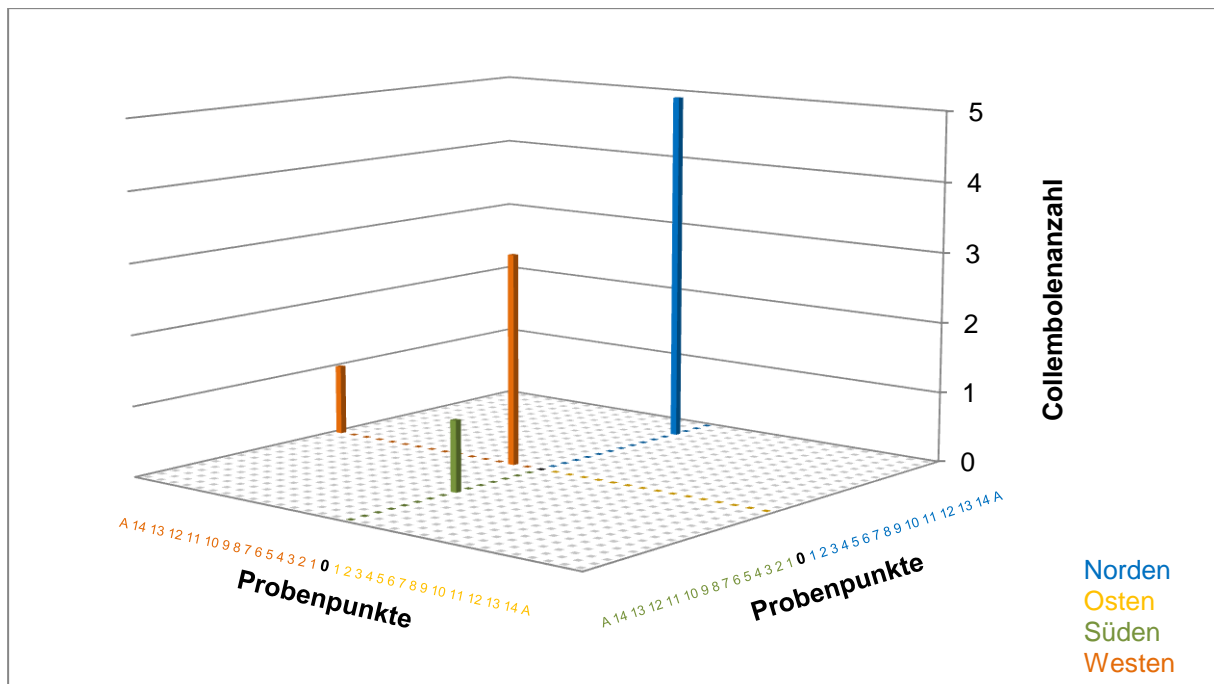


Abb. 28: Individuenzahlen von *Parisotoma notabilis* in den Transekten

3.3.2.8 *Proisotoma ripicola*

In nahezu allen Probenpunkten im **Norden** ist *Proisotoma ripicola* nachweisbar, mit Ausnahme von N₁₁ und N₁₂ (Abb. 29). Die Art beschränkt sich hier nicht auf bestimmte Abschnitte, sondern weist mehrere größere Ansammlungen über den gesamten Transekt hinweg auf. Ihr Maximum erreicht sie bei N₅ mit 35 Exemplaren. 33 Individuen befinden sich in N₉ und je 20 in N₁₄ und N_A. Die anderen Proben enthalten deutlich geringere Individuendichten. Insgesamt wurden 165 Tiere gefunden.

Im **Osten** sind alle Proben mit Ausnahme von O₉ mit *Proisotoma ripicola* besiedelt. Die Mehrzahl der Individuen ist zwischen O₁ und O₈ enthalten. Davon hat O₈ mit 35 Exemplaren die meisten Tiere, immerhin noch je 24 finden sich in O₁ und O₆. Alle Proben zusammen umfassen 170 Individuen.

Bis auf S_A ist *Proisotoma ripicola* in allen Proben im **Süden** zugegen. Zwischen S₄ und S₆ ist sie mit nur je 1 Individuum vertreten. Das Maximum wiederum sind 35 Exemplare in S₁ und das zweitgrößte Vorkommen 34 Tiere in S₁₁. Bis auf S₈ und S₁₂ enthalten die verbleibenden Beprobungspunkte nur einstellige Individuenzahlen. Die Gesamtzahl beträgt 130.

Nur in W₂ und W₃ fehlt *Proisotoma ripicola* im **Westen**. Das Hauptvorkommen der Art liegt zwischen W₄ und W₉, aber das Maximum befindet sich außerhalb dieses Abschnittes, in W₁₄

mit 89 Exemplaren. W₉, der zweitgrößte Fund, enthält nur noch 48 Tiere und der Transekt insgesamt 250 Individuen. Keine Nachweise liegen für den **Nullpunkt** vor.

Im Westen sind die meisten Tiere insgesamt zu finden sowie auch das größte Einzelvorkommen. *Proisotoma ripicola* besiedelt alle Bereiche des Beprobungsdesigns. Im Norden, Osten und Süden ist die Art mit ähnlichen Gesamtindividuenzahlen vertreten. Mit 728 Nachweisen zählt *Proisotoma ripicola* zur dritthäufigsten Art der Zönose.

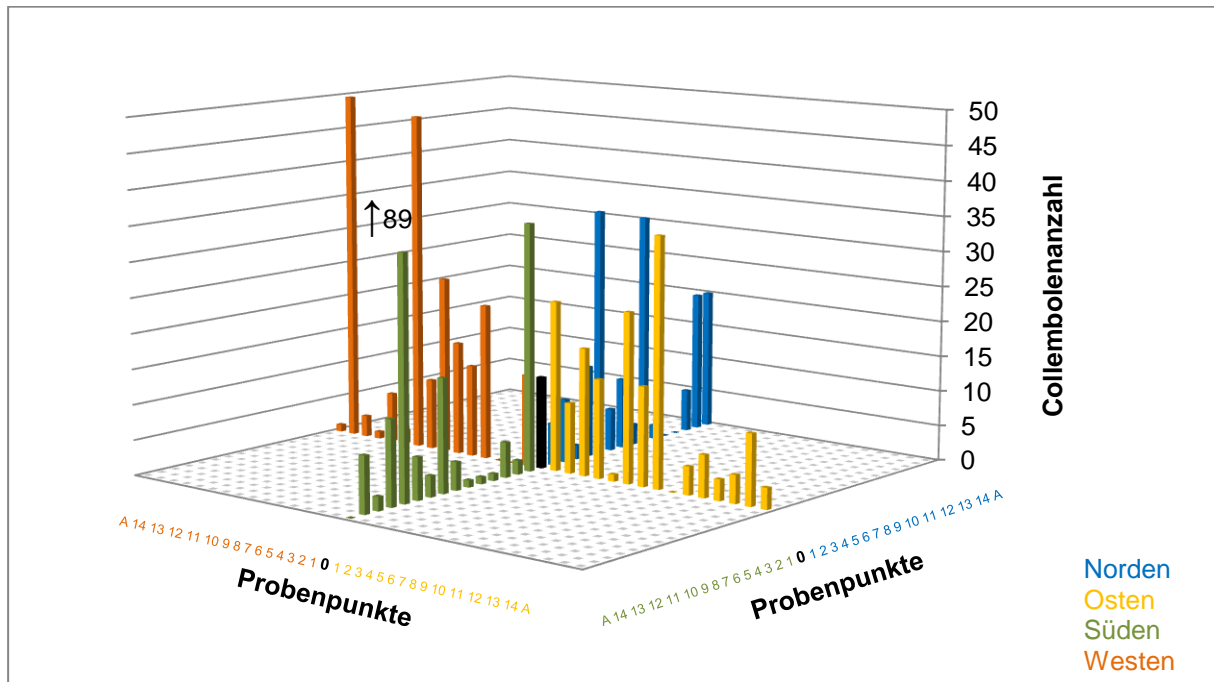


Abb. 29: Individuenzahlen von *Proisotoma ripicola* in den Transekten

3.3.2.9 *Pseudachorutes* spec. juv.

Pseudachorutes spec. juv. ist ausschließlich in W₁₂ im **Westen** mit 1 Exemplar vertreten (Abb. 30).

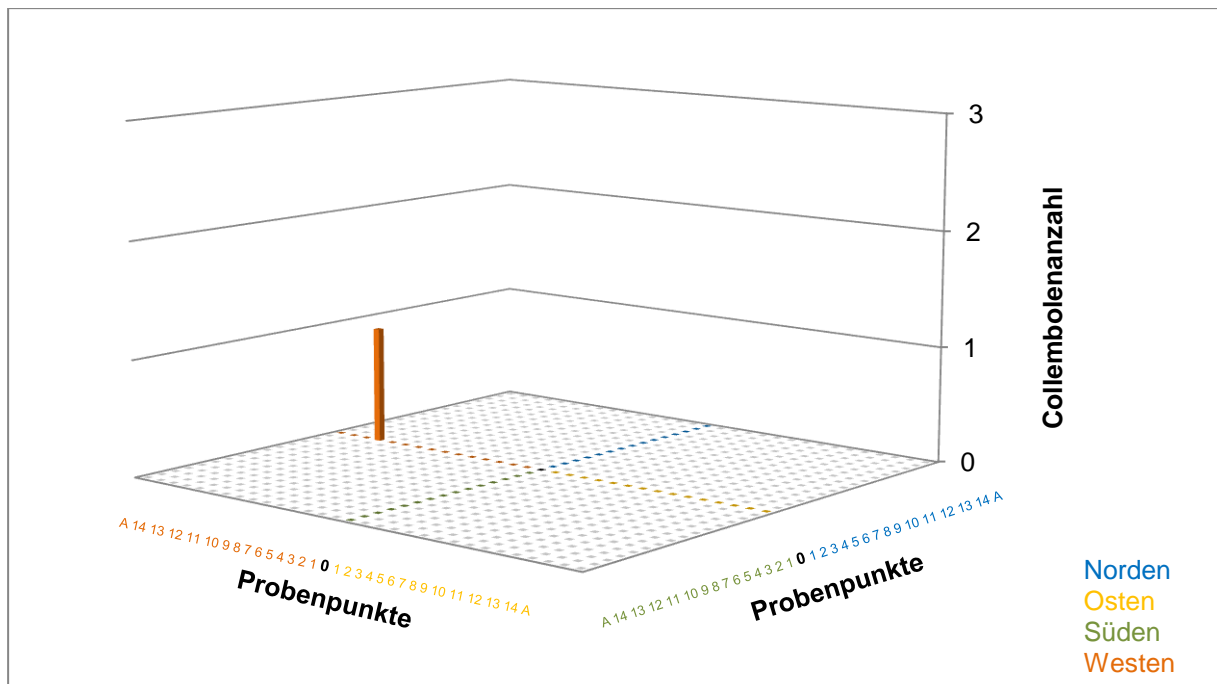


Abb. 30: Individuenzahlen von *Pseudachorutes spec. juv.* in den Transekten

3.3.3 Epigäische Arten

3.3.3.1 *Entomobrya multifasciata*

Entomobrya multifasciata tritt ausschließlich im Probenmaterial des West- und Osttransektes auf (Abb. 31). Mit insgesamt 4 Vorkommen ist ihre Besiedlung nur sporadisch. Im **Westen** war in W_1 1 Exemplar. Im **Osten** fand sich in O_5 1 Individuum sowie je 2 Tiere in O_8 und O_{12} , insgesamt also 6 Exemplare.

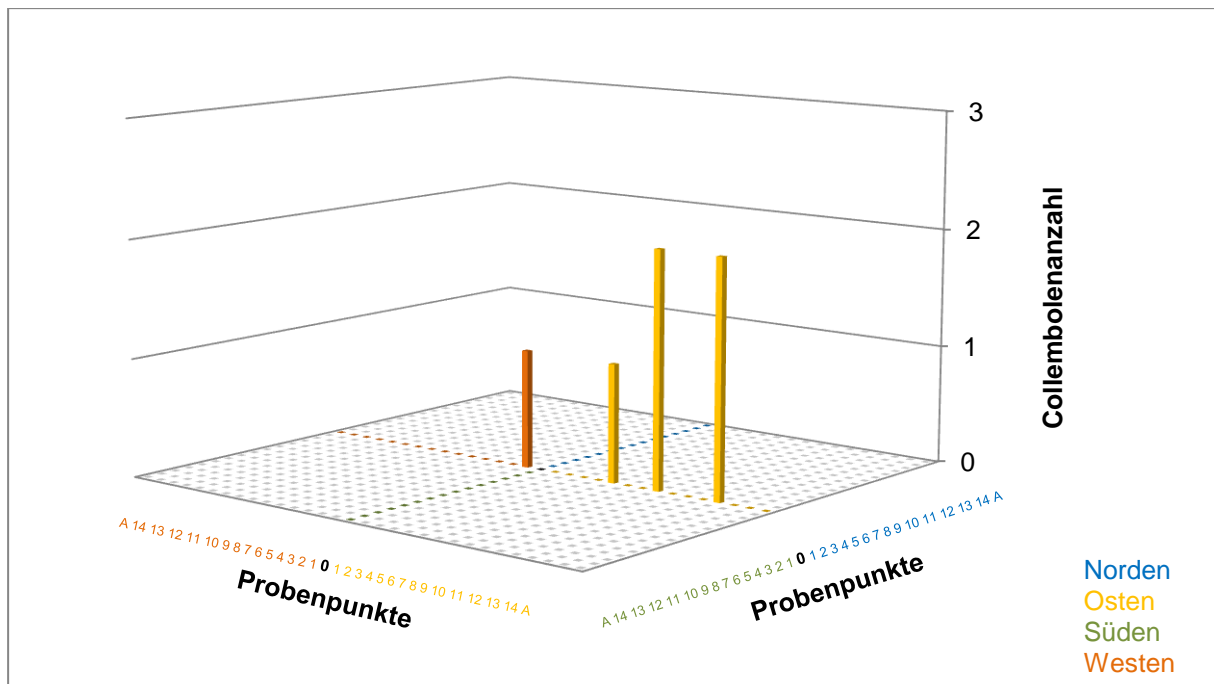


Abb. 31: Individuenzahlen von *Entomobrya multifasciata* in den Transekten

3.3.3.2 *Entomobrya spec. juv.*

Die Gruppe der juvenilen *Entomobryiden* tritt im **Norden** mit einem Maximum von 12 Individuen in N₂ auf (Abb. 32). Die verbleibenden 4 Funde zwischen N₆ und N₉ sind Vorkommen mit nur je einem Exemplar. Die Gesamtzahl von *Entomobrya spec. juv.* in diesem Teilabschnitt beträgt 12 Tiere.

Im **Osten** gibt es in O₂, O₉ und O₁₄ je 1 Individuum. Die Höchstzahl aber sind 3 Tiere in O_A, also insgesamt 6.

Im **Süden** fanden sich in S₁ und S₈ je 1 Exemplar. Das größte Vorkommen von *Entomobrya spec. juv.* beträgt 9 Tiere in S₂, insgesamt also 11.

Es liegen keine Exemplare aus den Proben im **Westen** und dem **Nullpunkt** vor.

Mit 33 Exemplaren im Gesamten zählt *Entomobrya spec. juv.* zu den selteneren Arten.

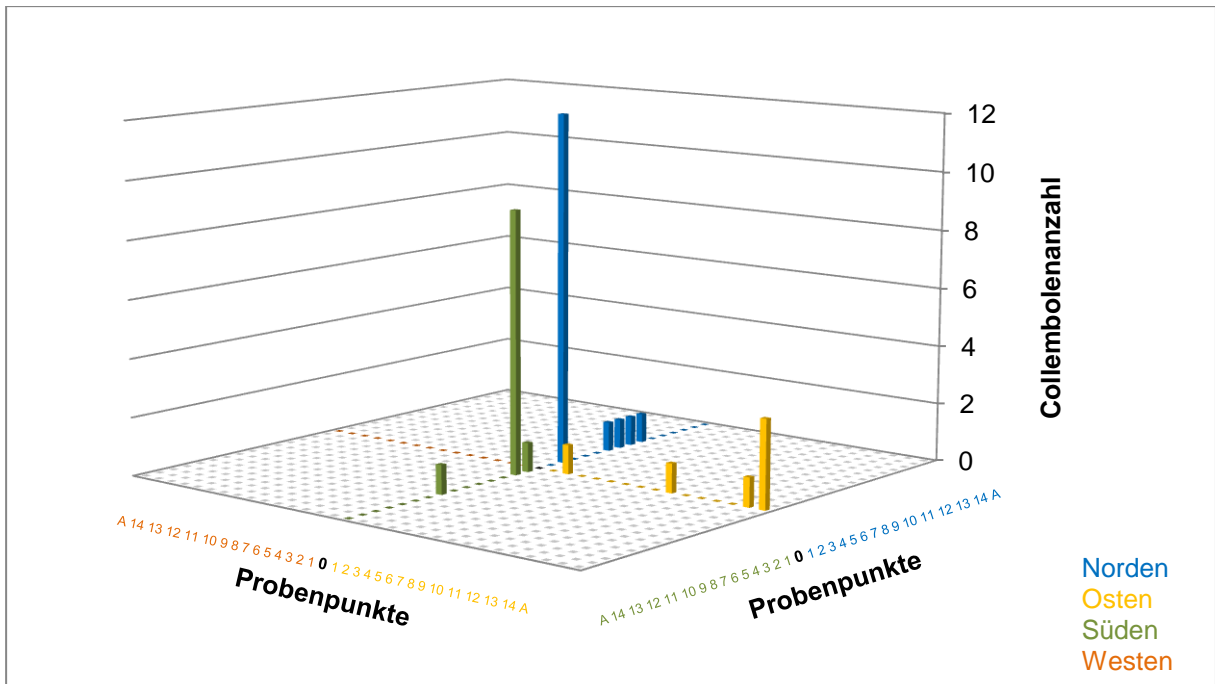


Abb. 32: Individuenzahlen von *Entomobrya spec. juv.* in den Transekten

3.3.3.3 *Lepidocyrtus cyaneus*

Von *Lepidocyrtus cyaneus* stammt nur 1 extrahiertes Exemplar aus der Probe W₂ im **Westen** (Abb. 33).

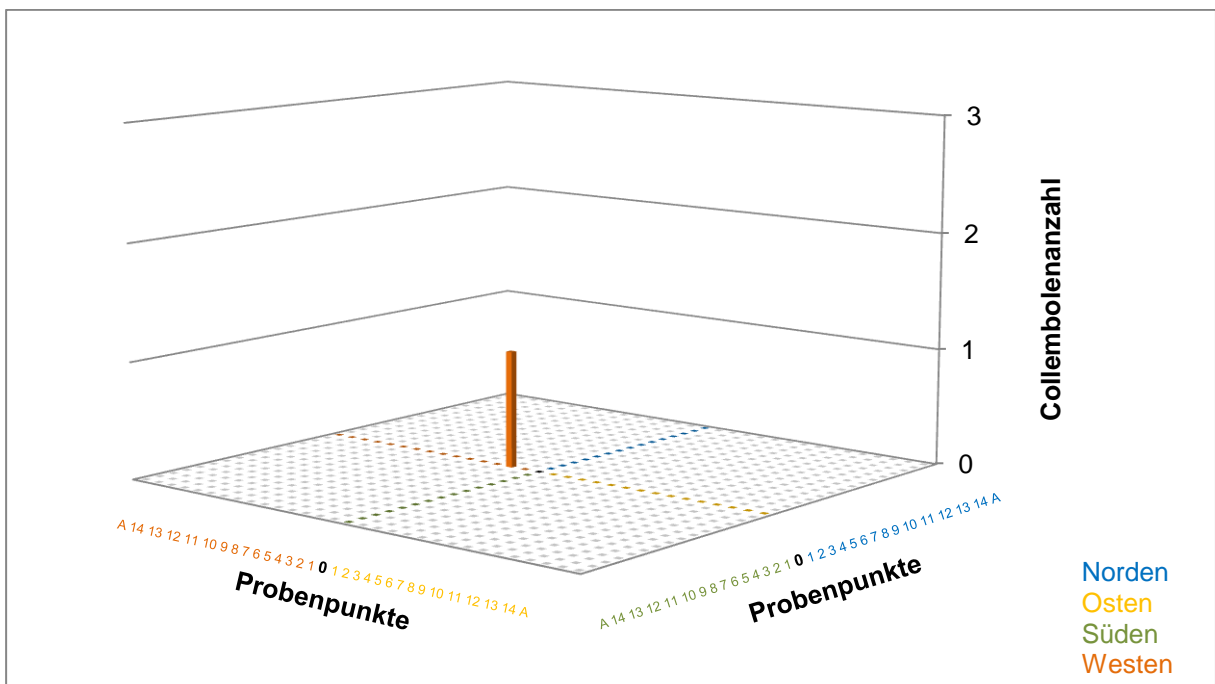


Abb. 33: Individuenzahlen von *Lepidocyrtus cyaneus* in den Transekten

3.3.3.4 *Sminthurus nigromaculatus*

Nachweise des Kugelspringers existieren von 7 Proben (Abb. 34). Die größte Anzahl beträgt 3 Individuen in O₁₁ im **Osten**. 3 weitere Fundorte sind O₄, O₁₃, und O₁₄ mit je 1 Exemplar. Ebenfalls je 1 Individuum findet sich im **Süden** in S₁₁ sowie im **Norden** in N₁₁ und N₁₄. Keinerlei Nachweise gibt es von dem **Nullpunkt** und dem Transekt im **Westen**. Insgesamt ist *Sminthurus nigromaculatus* 9 Mal in den Proben vertreten.

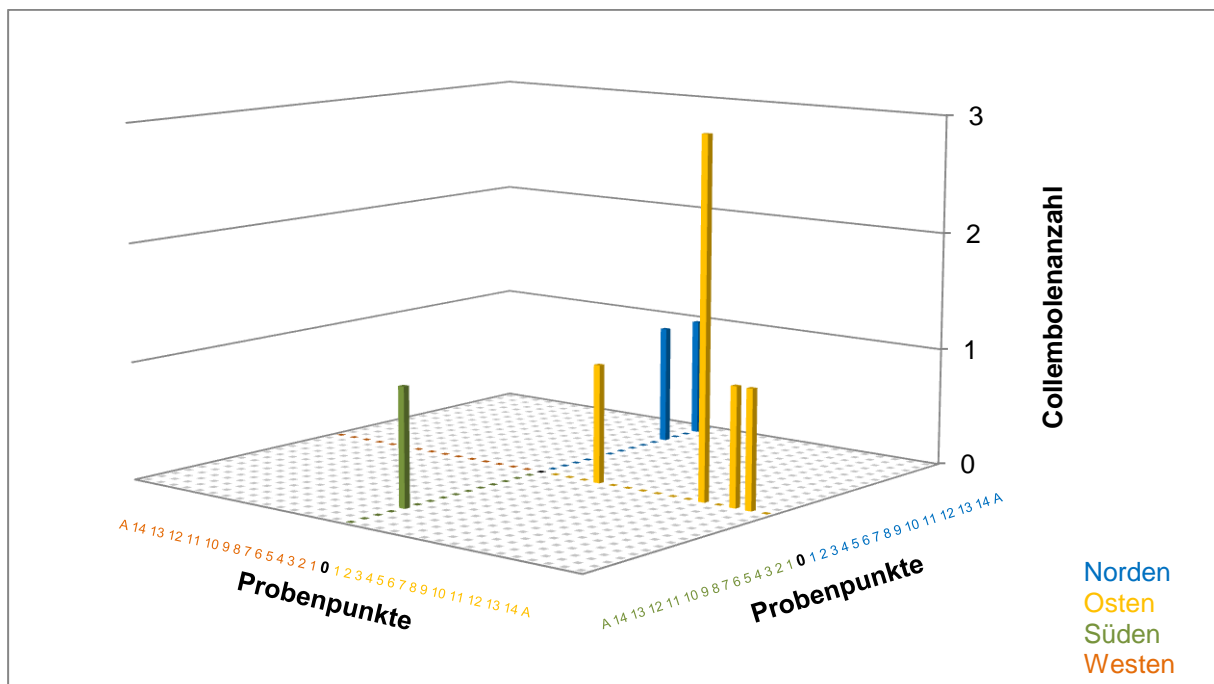


Abb. 34: Individuenzahlen von *Sminthurus nigromaculatus* in den Transekten

3.3.3.5 *Sphaeridia pumilis*

Im **Norden** siedelt *Sphaeridia pumilis* in den Bereichen N₃ bis N₄, N₆ bis N₉ sowie N₁₃ bis N_A (Abb. 35). Mit 14 Tieren ist das Maximum in N₁₄. In N_A befinden sich immerhin noch 7 Exemplare, in den restlichen Proben höchstens 4. 35 Individuen sind insgesamt in den Proben. Im **Osten** beginnen die Nachweise von *Sphaeridia pumilis* erst ab Mitte des Transektes und reichen dann bis zu den Außenproben. Das Maximum sind 19 Exemplare in O₁₄, die übrigen Individuenzahlen erreichen nur den einstelligen Bereich, die Gesamtzahl ist 40. Auf 4 Exemplare im Probenpunkt S₁₁ kommt *Sphaeridia pumilis* im **Süden**.

Im **Westen** ist die Art in 5 Proben enthalten. Die meisten Exemplare stammen mit 27 Tieren aus W₁₄. 6 Individuen umfasst W₉ und in den verbleibenden Proben sind jeweils 2 Exemplare vertreten. *Sphaeridia pumilis* erreicht in diesem Abschnitt eine Gesamtzahl von 39 Tieren. Die insgesamt 118 Exemplare verteilen sich in etwa gleichmäßig auf die Abschnitte Norden, Osten und Westen. Nur im Süden fehlt die Art weitgehend. Im Punkt W₁₄ erreicht sie das Maximum aller 4 Transekte. In den Proben nahe dem Aas hingegen fehlt die Art weitgehend.

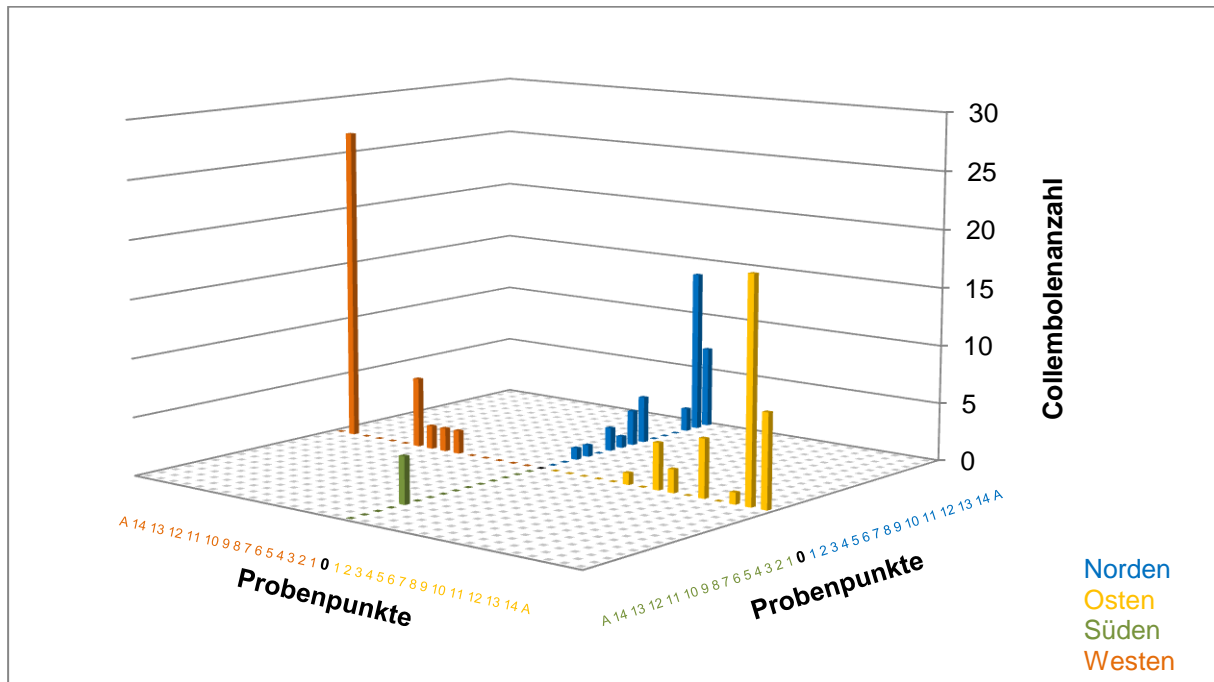


Abb. 35: Individuenzahlen von *Sphaeridia pumilis* in den Transekten

3.3.4 Artenspektrum der Collembolen

Entlang des Transektes im **Norden** sind 10 der 14 ermittelten Arten des Untersuchungsgebietes vorhanden (Abb. 36). Mit 14 Nachweisen ist *Proisotoma ripicola* die häufigste Art. Nur einen Standort weniger besiedeln *Hypogastrura vernalis* und *Mesaphorura macrochaeta*. Die dritthäufigste Art des Abschnittes ist *Sphaeridia pumilis*. Sie kommt in 9 Proben vor und ist damit gleichzeitig der verbreitetste Vertreter der Unterordnung *Symphyleona*. Am seltensten sind *Sminthurus nigromaculatus* in nur 2 Proben und *Hypogastrura manubrialis* sowie *Parisotoma notabilis* in nur jeweils 1 Probe. Nicht besiedelt wird der Transekt von folgenden Arten: *Entomobrya multifasciata*, *Friesea afurcata*, *Lepidocyrtus cyaneus* und *Pseudachorutes spec. juv.*

Der Standort mit der größten Diversität des Abschnittes ist N₆, wo 8 Arten gleichzeitig vorhanden sind. Es schließen sich N₃, N₇ und N₉ mit je 6 Arten an. Die artenärmsten Standorte dagegen sind N₁₁, in dem nur eine Collembolenart zu finden ist, und N₁₀, in der sich 2 befinden.

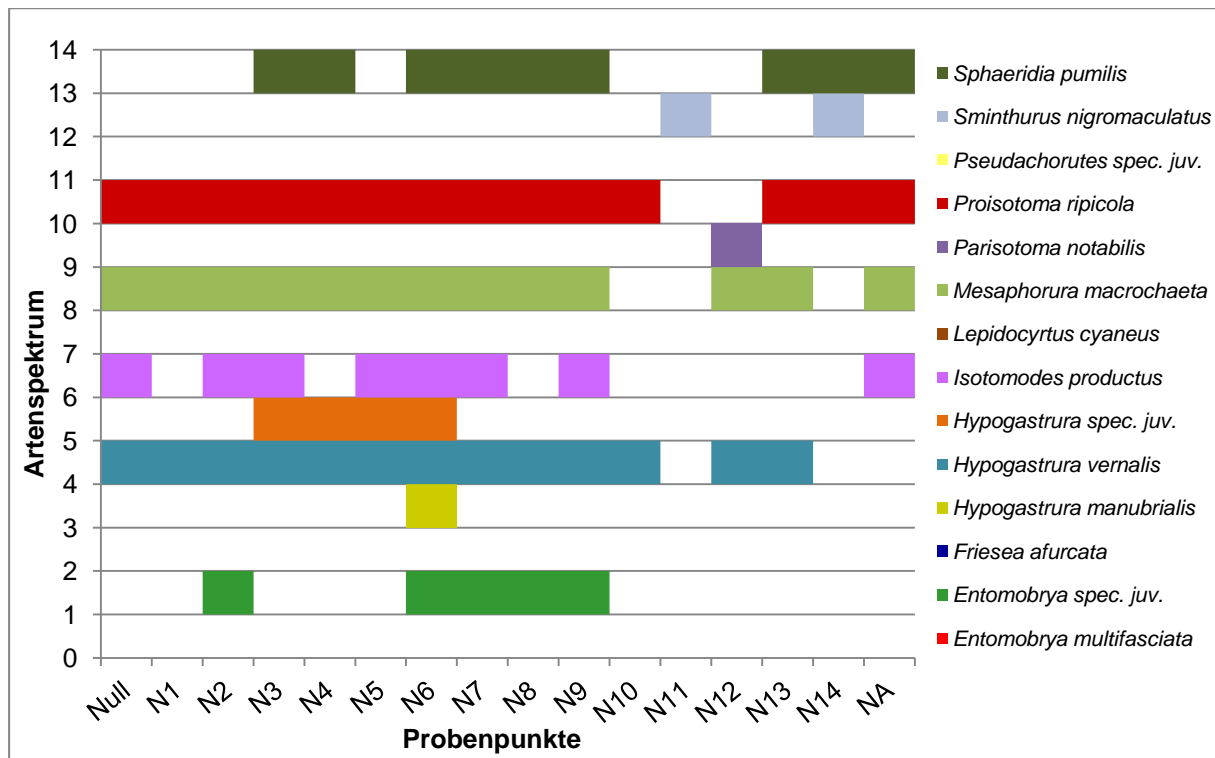


Abb. 36: Artenvielfalt des Nordtransektes

Der **Osten** ist von 11 der 14 nachgewiesenen Arten besiedelt (Abb. 37). Hier ist ebenfalls *Proisotoma ripicola* die Art, die in den meisten Proben gefunden wurde. Abgesehen von O₉, sind alle Proben von ihr besiedelt. *Mesaphorura macrochaeta* ist mit 14 Nachweisen am zweithäufigsten vertreten, *Hypogastrura vernalis* folgt mit 13 Funden an dritter Stelle. Zu den Collembolenarten, die kaum zugegen sind, zählen *Hypogastrura spec. juv.*, die nur in O₈ enthalten ist, sowie *Hypogastrura manubrialis* und *Entomobrya multifasciata*, die jeweils aus 3 Proben stammen. Gar nicht vorhanden sind *Lepidocyrtus cyaneus*, *Parisotoma notabilis* und *Pseudachorutes spec. juv.*

Am artenreichsten zeigt sich O₈ mit 9 Arten. Eine ähnlich hohe Vielfalt hat O₁₄ mit noch 7 Arten. Nur je 3 Arten befinden sich in O₃, O₇, O₁₀ und O_A.

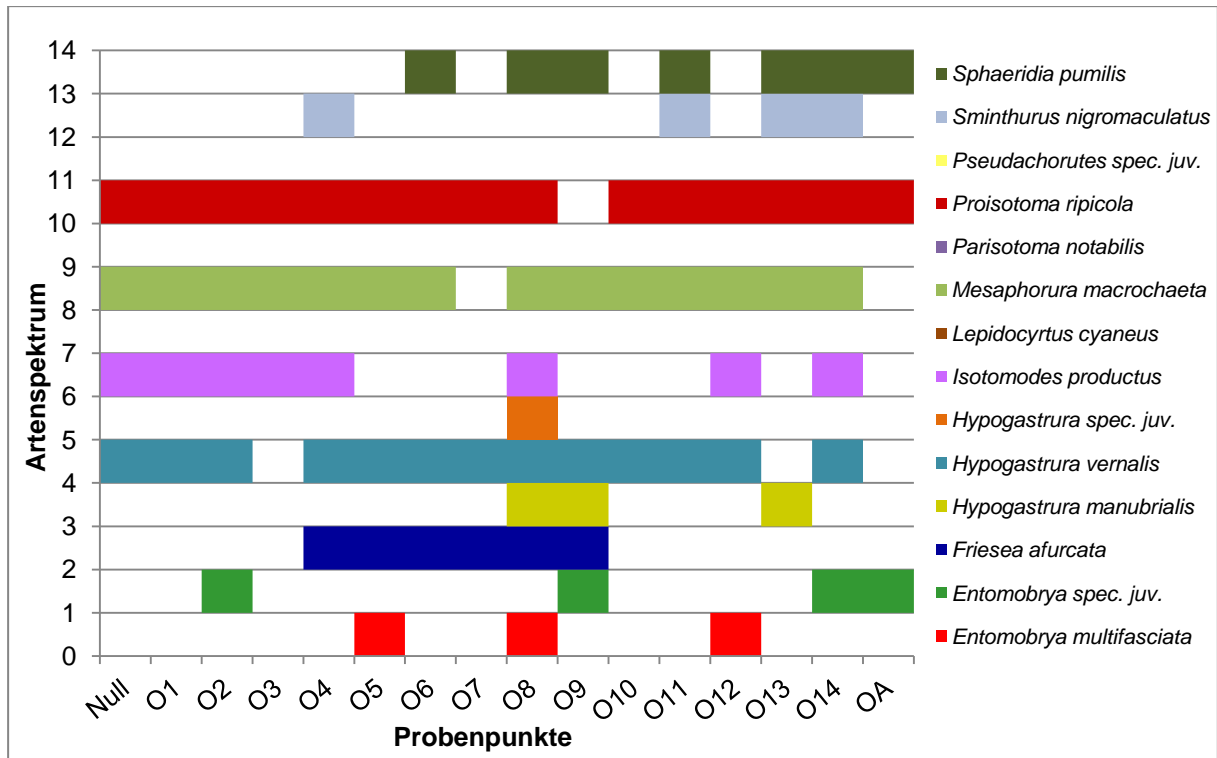


Abb. 37: Artenvielfalt des Osttransektes

Nur 9 der insgesamt 14 Arten der Transekte besiedeln den **Süden** (Abb. 38). Doch auch hier ist *Proisotoma ripicola* die verbreitetste Art mit 14 Vorkommen. Es folgt an zweiter Stelle *Hypogastrura vernalis* mit 13 Funden. Mit 11 Nachweisen ist *Mesaphorura macrochaeta* die dritthäufigste Art. Die seltensten Collembolen dieses Transektes sind *Parisotoma notabilis*, die nur in S₇ gefunden wurde sowie *Sminthurus nigromaculatus* und *Sphaeridia pumilis*, die beide nur S₁₁ besiedeln. *Entomobrya multifasciata*, *Friesea afurcata*, *Hypogastrura manubrialis*, *Lepidocyrtus cyaneus* und *Pseudachorutes spec. juv.* fehlen im Transekt.

Die größte Diversität des Abschnittes haben S₇ und S₈ mit je 5 Arten. Die geringste Dichte zeigen S₉ mit nur 1 Art und S_A, in dem keine einzige Art nachgewiesen wurde.

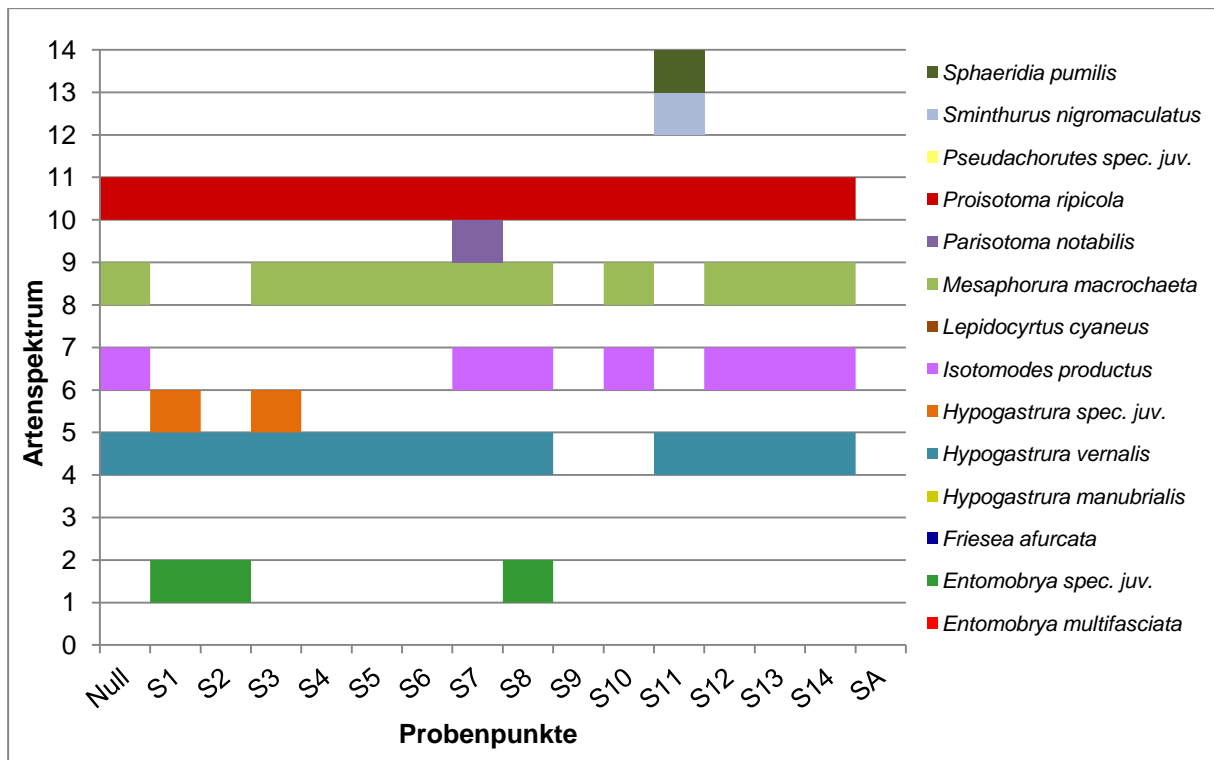


Abb. 38: Artenvielfalt des Südtransektes

Von den insgesamt 14 ermittelten Arten besiedeln 11 den **Westen** (Abb. 39). Dabei ist *Proisotoma ripicola* erneut am weitesten verbreitet. Es gibt nur in W_2 und W_3 keine Nachweise. *Hypogastrura vernalis* wurde hier 11 Mal gefunden, *Mesaphorura macrochaeta* ebenfalls 11 Mal. Nur je einen Nachweis haben *Entomobrya multifasciata* in W_1 , *Lepidocyrtus cyaneus* in W_2 und *Pseudachorutes spec. juv.*, die nur in W_{12} vorkommt. Es fehlen *Entomobrya spec. juv.*, *Friesea afurcata* und *Sminthurus nigromaculatus*.

Besonders hoch ist das Artenspektrum bei W_6 mit 7 bzw. W_8 mit 6 verschiedenen Arten. In W_{10} und W_{13} dagegen ist die Diversität mit nur je 1 Art äußerst gering.

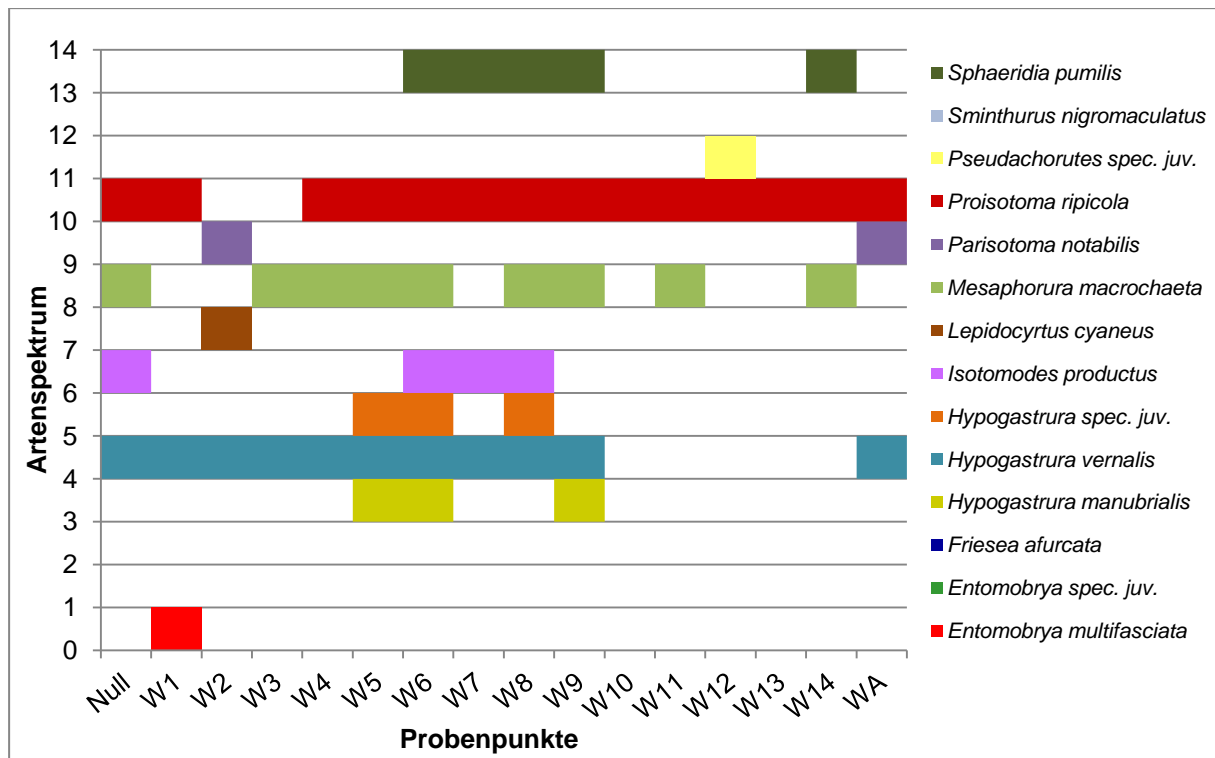


Abb. 39: Artenvielfalt des Westtransektes

3.4 Anzahl der Milben

Insgesamt wurden 7197 Milben gefunden.

Der **Norden** zeigt zwischen N_1 und N_5 einen Anstieg der Milbenpopulation (Abb. 40). Der zuletzt genannte Probenpunkt entspricht dem Maximum der Reihe mit 314 Tieren. Bis N_9 sinken die Zahlen zwar zunächst wieder ab, aber im Anschluss werden erneut dreistellige Individuenzahlen erreicht, z.B. bei N_6 mit 206 oder N_7 mit 194 Exemplaren. N_{10} und N_{11} wiederum liegen auf deutlich niedrigerem Niveau. Ab N_{12} steigen die Werte der Milben über 100. N_1 enthält mit 52 Tieren zwar den kleinsten Wert dieses Abschnittes, generell umfassen aber zahlreiche Proben hohe Individuenzahlen. Insgesamt beinhalten die 15 Probennummern zusammen 2.191 Milben.

Im **Osten** sinkt die Milbenzahl bis O_2 vorerst ab. Nach O_3 werden dreistellige Werte erreicht, der Verlauf ist aber z.T. stark schwankend. Die größte Anzahl in diesem Bereich sind 418 Tiere in N_{14} und die geringste 34 Exemplare in N_2 . Insgesamt befinden sich 2.825 Milben in den Proben dieses Transektes.

S_1 und S_2 deuten im **Süden** zunächst auf eine ansteigende Tendenz hin, wobei S_2 mit 136 Tieren das zweitgrößte Vorkommen ist. Zu S_3 hin fällt die Population auf ihr Minimum mit 8

Exemplaren ab. Danach treten nur geringfügige Fluktuationen auf, bis es dann von S₉ bis S₁₁ wieder einen deutlichen Anstieg gibt. S₁₁ enthält mit 144 Milben das Maximum. Nach außen hin nehmen die Zahlen nochmals ab. Insgesamt zählt der Transekt 983 Exemplare.

Die ersten Probenpunkte im **Westen** zeigen sehr niedrige Individuenzahlen. Darauf folgend erhöht sich zwischen W₅ und W₇ die Milbenzahl deutlich und W₇ erreicht mit 131 Tieren das zweitgrößte Vorkommen des Transektes. In den anschließenden Proben sinken die Individuenzahlen leicht. In W₁₁ ist mit 173 Exemplaren das Maximum des Transektes. Die Außenproben zeigen dann weiter sinkende Individuenzahlen. Insgesamt zählt der Transekt 1.162 Milben, wobei in den meisten Proben weniger als 100 Tiere enthalten sind.

Im **Nullpunkt** sind 36 Exemplare.

Die meisten Milben enthält der Transekt im Osten gefolgt von dem im Norden. Beide erreichen Summen, die 2.000 Exemplare z.T. deutlich überschreiten. An dritter Stelle folgt der Westen mit über 1.000 Exemplaren, im Süden liegt die Zahl etwas darunter. In den beiden letztgenannten Abschnitten sind die Individuenzahlen, im Vergleich zu den anderen beiden, recht gleichmäßig auf alle Proben verteilt. Stattdessen zeigen der Norden und Osten ausgeprägte Maxima und fluktuieren stärker.

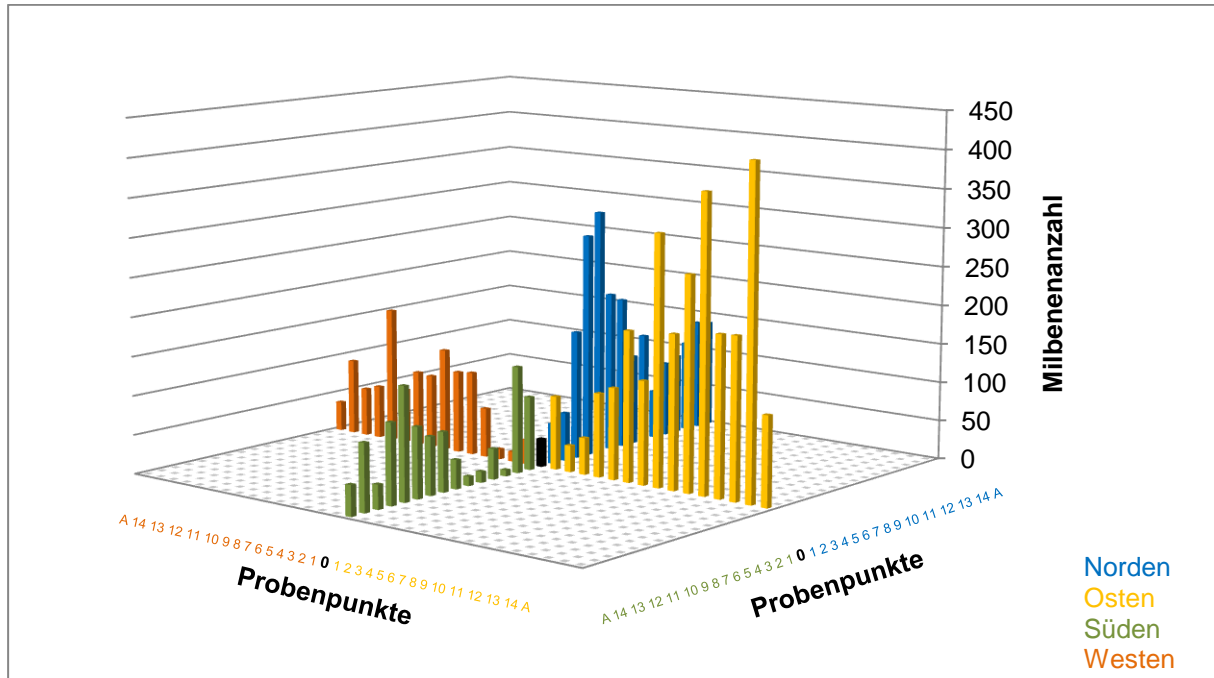


Abb. 40: Milbenanzahl in den Transekten

3.5 Statistische Auswertung

3.5.1 Dominanz nach ENGELMANN (1978)

Die Dominanzskalierung ermöglicht detaillierte Einblicke in die Struktur einer Collembolenzönose. Zum einen lässt sich dadurch klar definieren, in welchem Verhältnis die Arten zueinander stehen. Die Skalierung stuft ab, welche am bedeutsamsten für die Collembolengemeinschaft sind. Gleichzeitig wird dadurch sichtbar, welche Art am konkurrenzfähigsten ist bzw. die besten Bedingungen vorfindet, um größtmögliche Vermehrungsraten zu erreichen. Andererseits verbessert diese Skala auch eine Vergleichbarkeit von Datensätzen untereinander, indem die Arten nicht mit absoluten, sondern relativen Häufigkeiten angegeben werden. Zunächst soll das gesamte Beprobungsdesign betrachtet werden, anschließend folgen vergleichend dazu die einzelnen Transekte, wo der Punkt Null jeweils Berücksichtigung findet.

Mit 71,9 % ist *Hypogastrura vernalis* die eudominante Art des **gesamten Untersuchungsstandortes** (Tab. 1, Abb. 41). Da ihr Anteil bereits fast $\frac{3}{4}$ der gesamten Zönose ausmacht, gibt es keine dominanten Arten. Stattdessen existieren neben dieser vorherrschenden Art eine Reihe von subdominanten Arten. Die zahlenmäßig größte davon ist *Hypogastrura spec. juv.* mit 9,6 %, gefolgt von *Proisotoma ripicola* mit 9,6 % und *Mesaphorura macrochaeta* mit 4,4 %. Abgesehen von *Sphaeridia pumilis*, die mit 1,6 % noch zu den rezedenten Arten zählt, sind alle verbleibenden 9 lediglich als subrezedent einzustufen. 2 von ihnen, *Lepidocyrtus cyaneus* und *Pseudachorutes spec. juv.*, sind gar nur mit je 1 Exemplar vertreten.

Tab. 1: Dominanzwerte der Arten des gesamten Transektes

| Dominanz | Art | prozentualer Anteil | Individuenzahl |
|-------------|---------------------------------|---------------------|----------------|
| eudominant | <i>Hypogastrura vernalis</i> | 71,9 % | 5.468 |
| subdominant | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | 9,6 % | 731 |
| | <i>Proisotoma ripicola</i> | 9,6 % | 728 |
| | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 4,4 % | 336 |
| rezedent | <i>Sphaeridia pumilis</i> | 1,6 % | 118 |
| subrezedent | <i>Isotomodes productus</i> | 1,3 % | 97 |
| | <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 0,5 % | 36 |
| | <i>Entomobrya spec. juv.</i> | 0,4 % | 33 |
| | <i>Friesea afurcata</i> | 0,4 % | 32 |

| Dominanz | Art | prozentualer Anteil | Individuenzahl |
|----------|----------------------------------|---------------------|----------------|
| | <i>Parisotoma notabilis</i> | 0,1 % | 10 |
| | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 0,1 % | 9 |
| | <i>Entomobrya multifasciata</i> | 0,1 % | 6 |
| | <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | > 0,1 % | 1 |
| | <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> | > 0,1 % | 1 |

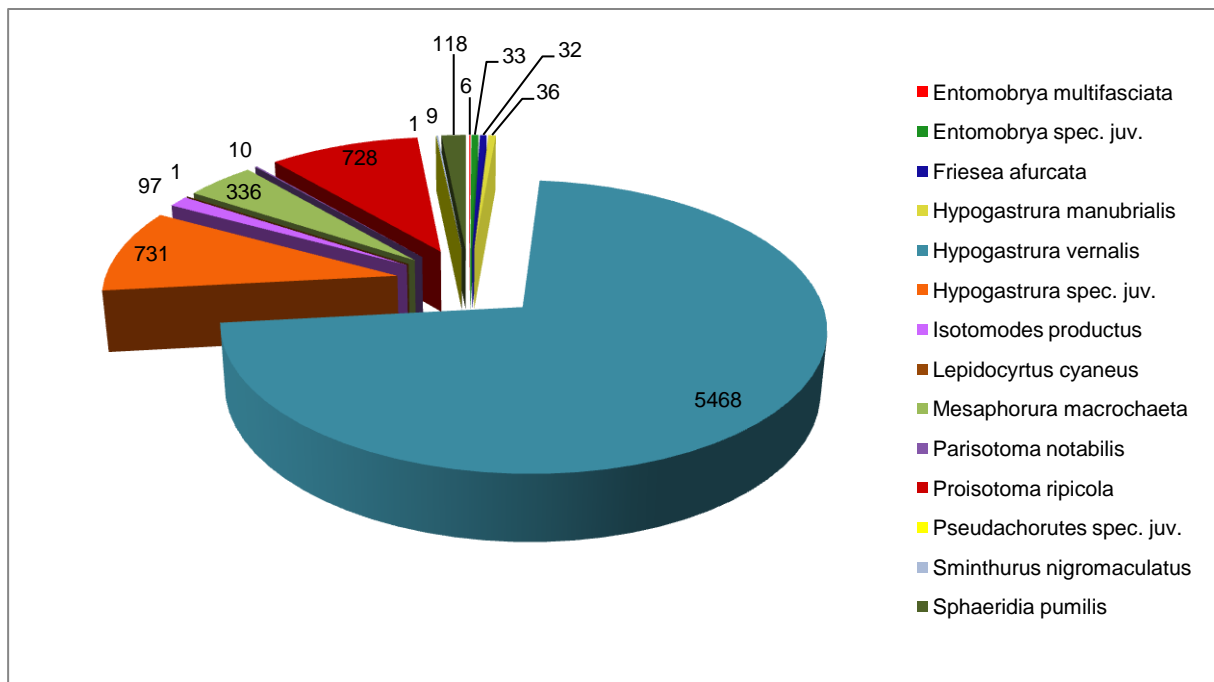


Abb. 41: Dominanzwerte der Arten des gesamten Transektes

Im **Osttransekt** ist erneut *Hypogastrura vernalis* am stärksten vorhanden, erreicht aber im Vergleich zum gesamten Transekt einen erheblich geringeren Anteil (Tab. 2, Abb. 42). Sie hält einen Anteil von 32,6 % und wird damit als dominant bezeichnet. Eine eudominante Art gibt es für diesen Abschnitt nicht. Fast ebenso stark vertreten ist *Mesaphorura macrochaeta* mit 26,0 %, die dadurch auch als dominant gilt. Eine weitere Art dieser Kategorie ist *Proisotoma ripicola* mit 21,5 %. Es folgen im Anschluss 2 subdominante Collembolen: *Isotomodes productus* mit einem Anteil von 5,0 % und *Sphaeridia pumilis* mit 4,7 %. Zu den rezedenten Arten gehören *Friesea afurcata* mit 3,8 %, *Hypogastrura manubrialis* mit 2,9 % und *Hypogastrura spec. juv.* mit 1,5 %. Die noch nicht genannten Collembolen des Transektes – *Entomobrya multifasciata*, *Entomobrya spec. juv.* und *Sminthurus nigromaculatus* – kommen nur auf Anteile, die weniger als 1 % betragen und sind damit allesamt subrezedent.

Tab. 2: Dominanzwerte der Arten des Osttransektes

| Dominanz | Art | prozentualer Anteil | Individuenzahl |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| dominant | <i>Hypogastrura vernalis</i> | 32,6 % | 278 |
| | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 26,0 % | 222 |
| | <i>Proisotoma ripicola</i> | 21,5 % | 183 |
| subdominant | <i>Isotomodes productus</i> | 5,0 % | 43 |
| | <i>Sphaeridia pumilis</i> | 4,7 % | 40 |
| rezedent | <i>Friesea afurcata</i> | 3,8 % | 32 |
| | <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 2,9 % | 25 |
| | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | 1,5 % | 13 |
| subrezedent | <i>Entomobrya spec. juv.</i> | 0,7 % | 6 |
| | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 0,7 % | 6 |
| | <i>Entomobrya multifasciata</i> | 0,6 % | 5 |

Hypogastrura vernalis zählt mit 75,8 % im **Südtransekt** wieder als eudominante Art (Tab. 3, Abb. 42). Eine dominante Art existiert dagegen nicht. Mit 10,8 % folgt *Proisotoma ripicola* mit erheblichem Abstand als nächsthäufigere Art, ist aber lediglich subdominant. Ebenfalls zu dieser Einstufung gehört mit 5,9 % *Hypogastrura spec. juv.*; *Isotomodes productus* und *Mesaphorura macrochaeta* sind mit 2,6 % bzw. 3,6 % bereits nur noch rezedent. Alle 4 verbleibenden Arten, die noch im Transekt siedeln, haben relative Häufigkeiten von weniger als 1 % und sind deshalb subrezedent. Dazu zählen *Entomobrya spec. juv.*, *Parisotoma notabilis*, *Sminthurus nigromaculatus* und *Sphaeridia pumilis*.

Tab. 3: Dominanzwerte der Arten des Südtransektes

| Dominanz | Art | prozentualer Anteil | Individuenzahl |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| eudominant | <i>Hypogastrura vernalis</i> | 75,8 % | 1002 |
| subdominant | <i>Proisotoma ripicola</i> | 10,8 % | 143 |
| | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | 5,9 % | 78 |
| rezedent | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 3,6 % | 48 |
| | <i>Isotomodes productus</i> | 2,6 % | 34 |
| subrezedent | <i>Entomobrya spec. juv.</i> | 0,8 % | 11 |
| | <i>Sphaeridia pumilis</i> | 0,3 % | 4 |
| | <i>Parisotoma notabilis</i> | 0,1 % | 1 |
| | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 0,1 % | 1 |

Im **Westtransekt** erreicht *Hypogastrura vernalis* mit 82,5 % ihren höchsten Anteil überhaupt und ist erneut als eudominant einzustufen (Tab. 4, Abb. 42). Aufgrund dessen findet man in diesem Abschnitt auch keine dominante Art. Subdominante Collembolen sind dagegen 2 vertreten: *Proisotoma ripicola* mit 10,1 % und *Hypogastrura spec. juv.* mit 4,4 %. Nach *Sphaeridia pumilis* mit 1,5 %, einer rezedenten Art, folgen im Anschluss ausschließlich subrezedente Arten.

Tab. 4: Dominanzwerte der Arten des Westtransektes

| Dominanz | Art | prozentualer Anteil | Individuenzahl |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| eudominant | <i>Hypogastrura vernalis</i> | 82,5 % | 2.152 |
| subdominant | <i>Proisotoma ripicola</i> | 10,1 % | 263 |
| | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | 4,4 % | 114 |
| rezedent | <i>Sphaeridia pumilis</i> | 1,5 % | 39 |
| subrezedent | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 1,0 % | 25 |
| | <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 0,2 % | 6 |
| | <i>Isotomodes productus</i> | 0,2 % | 4 |
| | <i>Parisotoma notabilis</i> | 0,2 % | 4 |
| | <i>Entomobrya multifasciata</i> | > 0,1 % | 1 |
| | <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | > 0,1 % | 1 |
| | <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> | > 0,1 % | 1 |

Im **Nordtransekt** ist *Hypogastrura vernalis* zwar ebenfalls die häufigste Art, kommt aber mit 71,9 % weniger häufig vor als im Westen (Tab. 5, Abb. 42). Die juvenilen Stadien der Gattung *Hypogastrura* gehören mit 17,8 % zur Skalierung dominant. *Proisotoma ripicola* ist mit 6,0 % die einzige subdominante Collembole dieses Abschnittes. Zur Klassifizierung rezedent gehört ebenfalls nur 1 Art: *Mesaphorura macrochaeta* mit 1,5 %. 6 der 10 vorkommenden Arten sind jedoch als subrezedent anzusehen.

Tab. 5: Dominanzwerte der Arten des Nordtransektes

| Dominanz | Art | prozentualer Anteil | Individuenzahl |
|-------------|----------------------------------|---------------------|----------------|
| eudominant | <i>Hypogastrura vernalis</i> | 71,9 % | 2.120 |
| dominant | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | 17,8 % | 526 |
| subdominant | <i>Proisotoma ripicola</i> | 6,0 % | 178 |
| rezedent | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 1,5 % | 44 |
| subrezedent | <i>Sphaeridia pumilis</i> | 1,2 % | 35 |
| | <i>Isotomodes productus</i> | 0,6 % | 19 |
| | <i>Entomobrya spec. juv.</i> | 0,5 % | 16 |
| | <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 0,2 % | 5 |
| | <i>Parisotoma notabilis</i> | 0,2 % | 5 |
| | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 0,1 % | 2 |

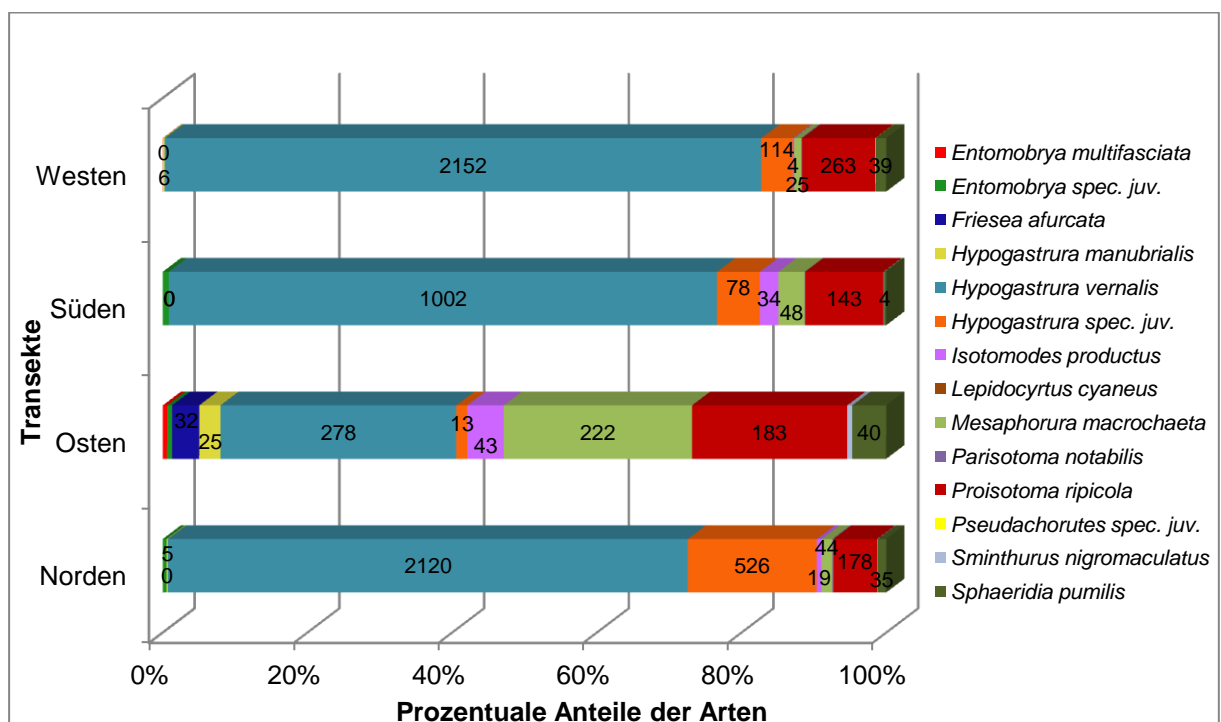


Abb. 42: Dominanzwerte der Arten aller 4 Transekte

3.5.2 Statistische Auswertung mit SPSS und Canonical Community Ordination

3.5.3.1 Prüfung auf Normalverteilung (KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test)

Da die Normalverteilung eine wesentliche Rolle für das weitere Vorgehen bei den statistischen Analysen spielt, wird zunächst auf diese hin überprüft und dafür der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test herangezogen. Da der Mittelwert und die Standardabweichung aus dem vorliegenden Datenmaterial geschätzt werden müssen, ist die Lilliefors-Korrektur anzuwenden. Dieses Verfahren testet weniger streng auf Normalverteilung (SCHMIDT 2010). Es muss, wenn keine Normalverteilung vorliegt, mit nichtparametrischen Tests gearbeitet werden.

Zunächst sollen die Bodendaten geprüft werden. Folgenden Parametern liegt keine Normalverteilung zugrunde: pH-Wert (pH), Leitfähigkeit (Leit), Ammoniumstickstoff (AS), Nitratstickstoff (NS), pflanzenverfügbare Stickstoff (pS) sowie Diphosphorpentoxid (P) (Tab. 6). Trockensubstanz (TS), Wassergehalt (WG), Humusgehalt (HG), und Kohlenstoffgehalt (C) dagegen sind normalverteilt. Zwar könnte damit zumindest für letztere auf parametrische Tests zurückgegriffen werden, zumal sie auch im Gegensatz zu den parameterfreien Tests stichhaltigere Ergebnisse liefern, doch dann wäre die Vergleichbarkeit der Resultate zwischen den beiden verschiedenen Tests nicht mehr möglich. Aufgrund dessen wird für jegliche Bodendaten nachfolgend nur mit parameterfreien Tests gearbeitet.

Tab. 6: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Bodenparameter

| | Kolmogorov-Smirnov | | |
|------|--------------------|----|-------------|
| | Statistik | df | Signifikanz |
| pH | 0,202 | 64 | 0,000 |
| Leit | 0,145 | 64 | 0,002 |
| TS | 0,095 | 64 | 0,200 |
| WG | 0,072 | 64 | 0,200 |
| HG | 0,079 | 64 | 0,200 |
| C | 0,080 | 64 | 0,200 |
| AS | 0,135 | 64 | 0,005 |
| NS | 0,161 | 64 | 0,000 |
| pS | 0,135 | 64 | 0,005 |
| P | 0,201 | 64 | 0,000 |

Prüft man alle Individuenzahlen der Collembolen bezüglich ihrer Verteilung, so ist keine unter ihnen normalverteilt (Tab. 7). Die Abkürzungen, wie sie in der Tabelle aufgeführt sind, setzen

sich jeweils aus dem ersten Buchstaben des Gattungs- und Artnamens zusammen, für juvenile Stadien ist ausschließlich der Gattungsname sowie das Kürzel sj für spec. juv. angegeben.

Tab. 7: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Individuenzahlen der Collembolen

| | Kolmogorov-Smirnov | | |
|-----|--------------------|----|-------------|
| | Statistik | df | Signifikanz |
| Em | 0,533 | 64 | 0,000 |
| Esj | 0,420 | 64 | 0,000 |
| Fa | 0,475 | 64 | 0,000 |
| Hm | 0,494 | 64 | 0,000 |
| Hv | 0,374 | 64 | 0,000 |
| Ip | 0,360 | 64 | 0,000 |
| Lc | 0,534 | 64 | 0,000 |
| Mm | 0,394 | 64 | 0,000 |
| Pn | 0,521 | 64 | 0,000 |
| Pr | 0,206 | 64 | 0,000 |
| Psj | 0,534 | 64 | 0,000 |
| Sn | 0,509 | 64 | 0,000 |
| Sp | 0,344 | 64 | 0,000 |
| Hsj | 0,427 | 64 | 0,000 |

Zuletzt sind noch die Gesamtpopulationen der Collembolen und Milben auf Normalverteilung zu prüfen, wobei bei den Springschwänzen und Milben diese Verteilung nicht zutrifft (Tab. 8).

Tab. 8: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Gesamtzahlen von Collembolen und Milben

| | Kolmogorov-Smirnov | | |
|-------------|--------------------|----|-------------|
| | Statistik | df | Signifikanz |
| Milben | 0,159 | 64 | 0,000 |
| Collembolen | 0,354 | 64 | 0,000 |

3.5.3.2 MANN-WHITNEY U-Test

Für die Durchführung des MANN-WHITNEY U-Tests werden alle Bodenparameter in 2 Gruppen, die Probennummern 0 - 7 und 8 - 14, eingeteilt. Die Nullhypothese besagt, dass beide

Reihen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Irrtumswahrscheinlichkeit, mit der diese Aussage allerdings verworfen wird, wird als $p \leq 0,05$ gesetzt.

Die Durchführung des Tests zeigt, dass für die Mehrzahl der Bodenparameter die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Für Diphosphorpentoxid (P), pflanzenverfügbaren Stickstoff (pS) und Nitratstickstoff (NS) ist das Resultat sogar hochsignifikant, denn p beträgt 0,000 (Tab. 9). Das bedeutet, dass die eingangs aufgestellte Behauptung verworfen werden muss. Weitere Parameter, für die die Hypothese zu verwerfen ist, sind der pH-Wert ($p = 0,006$), die Trockensubstanz ($p = 0,019$), der Wassergehalt ($p = 0,029$) und Ammoniumstickstoff ($p = 0,041$). Für die Leitfähigkeit (Leit), den Humusgehalt (HG) und den Kohlenstoffgehalt (C) bestätigt sich hingegen die Hypothese.

Tab. 9: Mann-Whitney U-Test der Bodenparameter für die Gruppen 0 - 7 und 8 - 14

| Übersicht über Hypothesentest | | | | |
|-------------------------------|--|--|------|-------------------------|
| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
| 1 | Die Verteilung von pH ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,006 | Nullhypothese ablehnen. |
| 2 | Die Verteilung von Leit ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,900 | Nullhypothese behalten. |
| 3 | Die Verteilung von TS ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,019 | Nullhypothese ablehnen. |
| 4 | Die Verteilung von WG ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,029 | Nullhypothese ablehnen. |
| 5 | Die Verteilung von HG ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,711 | Nullhypothese behalten. |
| 6 | Die Verteilung von C ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,689 | Nullhypothese behalten. |
| 7 | Die Verteilung von AS ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,041 | Nullhypothese ablehnen. |
| 8 | Die Verteilung von NS ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 9 | Die Verteilung von pS ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 10 | Die Verteilung von P ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |

Bei den Collembolenarten sind die meisten Nullhypothesen bestätigt (Tab. 10). Dazu gehören: *Entomobrya multifasciata* (Em), *Entomobrya spec. juv.* (Esj), *Friesea afurcata* (Fa),

Hypogastrura manubrialis (Hm), *Isotomodes productus* (Ip), *Lepidocyrtus cyaneus* (Lc), *Mesaphorura macrochaeta* (Mm), *Parisotoma notabilis* (Pn), *Proisotoma ripicola* (Pr) sowie *Pseudachorutes* spec. juv. (Psj). Zwar wird bei allen genannten Arten das Signifikanzniveau (p) deutlich überschritten, doch kommen die meisten von ihnen, außer eventuell *Mesaphorura macrochaeta* (Mm) und *Proisotoma ripicola* (Pr), nicht in ausreichend großen Populationen vor, so dass die Aussage mit hinreichender Sicherheit belegt wäre. Bei *Hypogastrura vernalis* (Hv) dagegen ist die Hypothese auf einem Signifikanzniveau von $p = 0,000$ abzulehnen. Bei den beiden Kugelspringern der Collembolengemeinschaft ist die Nullhypothese ebenfalls nicht zutreffend. Für *Sminthurus nigromaculatus* (Sn) ist sie mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,036$ abzulehnen sowie für *Sphaeridia pumilis* (Sp) mit $p = 0,016$. Eine vierte Art, für die die Nullhypothese auch nicht gilt, ist *Hypogastrura* spec. juv. (Hsj).

Tab. 10: Mann-Whitney U-Test der Collembolenarten für die Gruppen 0 - 7 und 8 - 14

| Übersicht über Hypothesentest | | | | |
|-------------------------------|---|--|------|-------------------------|
| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
| 1 | Die Verteilung von Em ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,891 | Nullhypothese behalten. |
| 2 | Die Verteilung von Esj ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,750 | Nullhypothese behalten. |
| 3 | Die Verteilung von Fa ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,402 | Nullhypothese behalten. |
| 4 | Die Verteilung von Hm ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,559 | Nullhypothese behalten. |
| 5 | Die Verteilung von Hv ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 6 | Die Verteilung von Ip ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,401 | Nullhypothese behalten. |
| 7 | Die Verteilung von Lc ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,333 | Nullhypothese behalten. |
| 8 | Die Verteilung von Mm ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,264 | Nullhypothese behalten. |
| 9 | Die Verteilung von Pn ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,932 | Nullhypothese behalten. |
| 10 | Die Verteilung von Pr ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,299 | Nullhypothese behalten. |
| 11 | Die Verteilung von Psj ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,301 | Nullhypothese behalten. |
| 12 | Die Verteilung von Sn ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,036 | Nullhypothese ablehnen. |
| 13 | Die Verteilung von Sp ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,016 | Nullhypothese ablehnen. |
| 14 | Die Verteilung von Hsj ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,046 | Nullhypothese ablehnen. |

Für die Gesamtzahlen der Milben ($p = 0,026$) und Collembolen ($p = 0,003$) ist die Nullhypothese ebenfalls nicht gültig (Tab. 11).

Tab. 11: Mann-Whitney U-Test der Gesamtzahlen von Collembolen und Milben für die Gruppen 0 - 7 und 8 - 14

| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
|---|---|--|------|-------------------------|
| 1 | Die Verteilung von Milben ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,026 | Nullhypothese ablehnen. |
| 2 | Die Verteilung von Collembolen ist über Kategorien von Nummer gleich. | Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben | ,003 | Nullhypothese ablehnen. |

3.5.3.3 KRUSKAL-WALLIS-Test

Mit Hilfe des KRUSKAL-WALLIS-Tests sollen nun die Aussagen des MANN-WHITNEY U-Tests spezifiziert werden. Dazu wird die Nullhypothese, dass alle Bereiche sich nicht signifikant unterscheiden, auf 4 verschiedene Gruppen hin überprüft. Die Einteilung ist folgendermaßen vorgenommen worden: Die Gruppe 0 - 4 schließt die Proben ein, die ganz nah am Kadaver sind. Es folgt die Gruppe 5 - 9 mit den Proben, die sich in der Nähe des Aases befinden. Als drittes sind die Proben 10 - 14 vermerkt, die weiter entfernt vom Kadaver liegen und zuletzt die Gruppe mit den Außenproben (A), die den größten Abstand zum Aas haben.

Bei folgenden Parametern bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den 4 Gruppen: Leitfähigkeit (Leit), Humusgehalt (HG), Kohlenstoffgehalt (C) und Ammoniumstickstoff (AS) (Tab. 12). Ammoniumstickstoff zeigte beim MANN-WHITNEY U-Test und der dortigen Einteilung in 2 Bereiche noch signifikante Unterschiede, doch eine Aufteilung in 4 Gruppen bringt keine ausreichend hohen Variationen hervor. Erneut verschieden in den einzelnen Bereichen sind jedoch Nitratstickstoff (NS), pflanzenverfügbare Stickstoff (pS) sowie Diphosphorpentoxid (P) und das mit unverändert hoher Signifikanz von $p = 0,000$. Die pH-Werte (pH), Trockensubstanzen (TS) und Wassergehalte (WG) variieren ebenfalls deutlich zwischen den 4 Gruppen. Bei ihnen hat die Signifikanz der Aussage im Vergleich zu der Einführung von 2 verschiedenen Gruppen z.T. noch deutlich zugenommen.

Tab. 12: KRUSKAL-WALLIS-Test der Bodenparameter für die 4 Gruppen

| Übersicht über Hypothesentest | | | | |
|-------------------------------|---|--|------|-------------------------|
| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
| 1 | Die Verteilung von pH ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 2 | Die Verteilung von Leit ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,092 | Nullhypothese behalten. |
| 3 | Die Verteilung von TS ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,011 | Nullhypothese ablehnen. |
| 4 | Die Verteilung von WG ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,018 | Nullhypothese ablehnen. |
| 5 | Die Verteilung von HG ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,545 | Nullhypothese behalten. |
| 6 | Die Verteilung von C ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,516 | Nullhypothese behalten. |
| 7 | Die Verteilung von AS ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,347 | Nullhypothese behalten. |
| 8 | Die Verteilung von NS ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 9 | Die Verteilung von pS ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 10 | Die Verteilung von P ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |

Keine der folgenden Collembolenarten weist bezüglich der Individuendichte signifikante Unterschiede bei den 4 Gruppen auf (Tab. 13): *Entomobrya multifasciata* (Em), *Entomobrya spec. juv.* (Esj), *Isotomodes productus* (Ip), *Lepidocyrtus cyaneus* (Lc), *Mesaphorura macrochaeta* (Mm), *Parisotoma notabilis* (Pn), *Proisotoma ripicola* (Pr) sowie *Pseudachorutes spec. juv.* (Psj). Für *Sminthurus nigromaculatus* hingegen ist die Nullhypothese mit einer Signifikanz von $p = 0,012$ abzulehnen. Ebenfalls widerlegt ist die Nullhypothese für *Sphaeridia pumilis* mit $p = 0,020$, *Hypogastrura vernalis* mit $p = 0,000$ und *Hypogastrura spec. juv.* mit $p = 0,049$. Zusätzlich gibt es durch die Einführung von 4 Gruppen noch 2 weitere Arten, für die die Nullhypothese keinen Bestand hat: *Friesea afurcata* mit $p = 0,036$ und *Hypogastrura manubrialis* mit $p = 0,011$.

Tab. 13: KRUSKAL-WALLIS-Test der Collembolenarten für die 4 Gruppen

Übersicht über Hypothesentest

| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
|----|--|--|-------------|-------------------------|
| 1 | Die Verteilung von Em ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,840 | Nullhypothese behalten. |
| 2 | Die Verteilung von Esj ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,259 | Nullhypothese behalten. |
| 3 | Die Verteilung von Fa ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,036 | Nullhypothese ablehnen. |
| 4 | Die Verteilung von Hm ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,011 | Nullhypothese ablehnen. |
| 5 | Die Verteilung von Hv ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,000 | Nullhypothese ablehnen. |
| 6 | Die Verteilung von Ip ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,696 | Nullhypothese behalten. |
| 7 | Die Verteilung von Lc ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,532 | Nullhypothese behalten. |
| 8 | Die Verteilung von Mm ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,229 | Nullhypothese behalten. |
| 9 | Die Verteilung von Pn ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,510 | Nullhypothese behalten. |
| 10 | Die Verteilung von Pr ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,220 | Nullhypothese behalten. |
| 11 | Die Verteilung von Psj ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,532 | Nullhypothese behalten. |
| 12 | Die Verteilung von Sn ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,012 | Nullhypothese ablehnen. |
| 13 | Die Verteilung von Sp ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,020 | Nullhypothese ablehnen. |
| 14 | Die Verteilung von Hsj ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,049 | Nullhypothese ablehnen. |

Für die Gesamtpopulationen der Milben und Collembolen besteht ebenfalls keine hinreichende Ähnlichkeit zwischen den 4 Gruppen (Tab. 14).

Tab. 14: KRUSKAL-WALLIS-Test der Gesamtzahlen von Collembolen und Milben für die 4 Gruppen

| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
|---|--|--|------|-------------------------|
| 1 | Die Verteilung von Milben ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,005 | Nullhypothese ablehnen. |
| 2 | Die Verteilung von Collembolen ist über Kategorien von Nummer2 gleich. | Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben | ,001 | Nullhypothese ablehnen. |

3.5.3.4 Clusteranalyse

Das Dendrogramm fasst diejenigen Collembolenarten, die häufig gemeinsam vorkommen, zusammen (Abb. 43). Das erste Cluster setzt sich zusammen aus *Lepidocyrtus cyaneus* (Lc), *Parisotoma notabilis* (Pn), *Entomobrya multifasciata* (Em), *Pseudoachorutes spec. juv.* (Psj) und *Sminthurus nigromaculatus* (Sn). Eine zweite gemeinsame Gruppe bilden *Friesea afurcata*, *Hypogastrura manubrialis* und *Entomobrya spec. juv.* *Isotomodes productus* und *Mesaphorura macrochaeta* erzeugen eine dritte gemeinsame Gruppe. Ein weiteres Cluster setzt sich aus *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* zusammen. Keine Ähnlichkeiten zu anderen Arten zeigen entsprechend des Dendrogramms *Sphaeridia pumilis* und *Proisotoma ripicola*.

Zwischen den einzelnen Clustern werden nach und nach Verbindungen zu den übrigen Gruppen hergestellt. Auffällig dabei ist, dass das Cluster, welches *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* umfasst, erst in letzter Instanz mit den übrigen Arten verbunden wird.

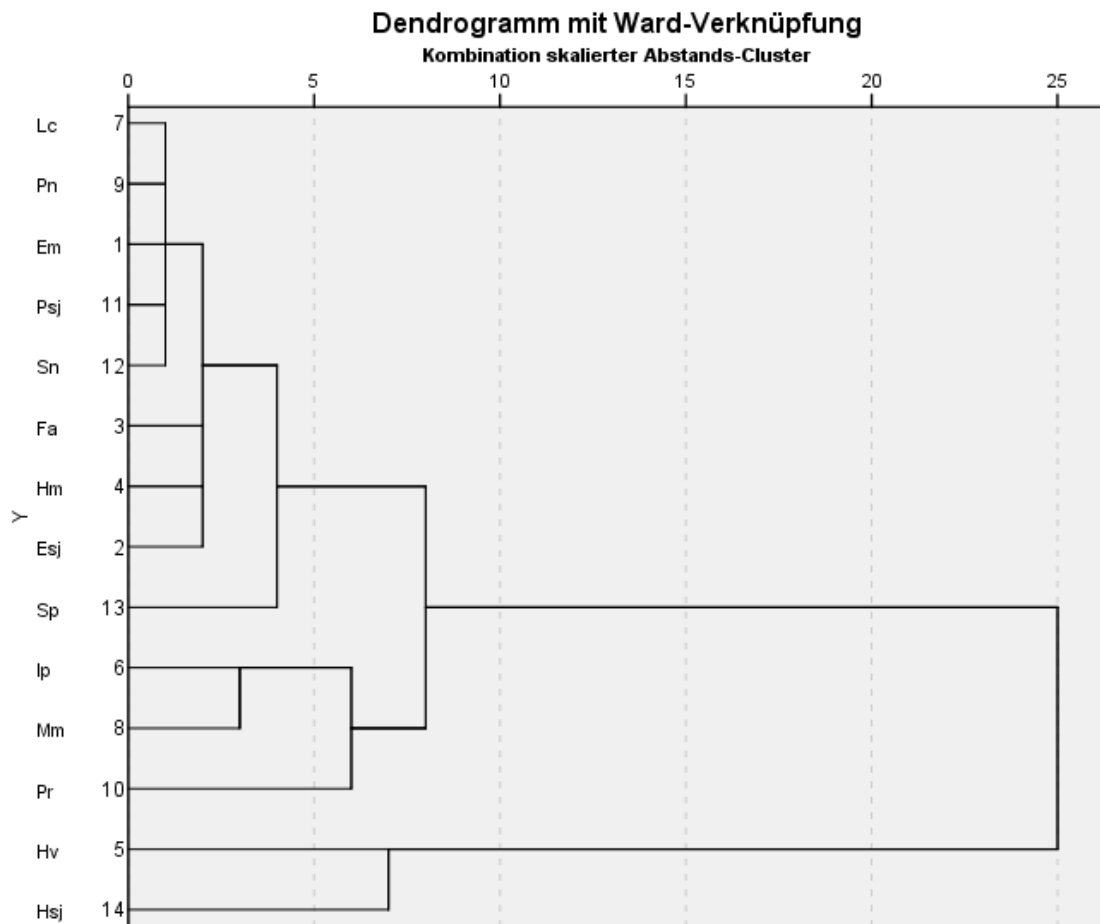


Abb. 43: Dendrogramm der Collembolenarten (Distanzmaß Häufigkeit mit Chi Quadrat)

Die Abbildung 44 zeigt Ähnlichkeiten unter den Probenpunkten auf. Die erste Ebene bildet Cluster, die aus nacheinanderfolgenden Probennummern bestehen, wie z.B. eine Gruppierung aus N₅, N₆ und N₇. Andere Gruppen hingegen setzen sich aus Standorten zusammen, die in etwa die gleiche Entfernung vom Nullpunkt haben, so z.B. das Cluster N₁₁, S₇, W₁₁, W₉, W₁₀ und S₁₀. Trotz einiger Abweichungen von diesem Schema sind die Probenpunkte grob nach ihrer Entfernung vom Nullpunkt sortiert.

Über mehrere Ebenen hinweg verbinden sich die einzelnen Cluster miteinander. Zuletzt wird eine Verbindung, die das größte Distanzmaß aufweist, hergestellt, um die Proben im Umkreis des Zentrums des Beprobungsmusters mit den weiter außen liegenden zu vereinen.

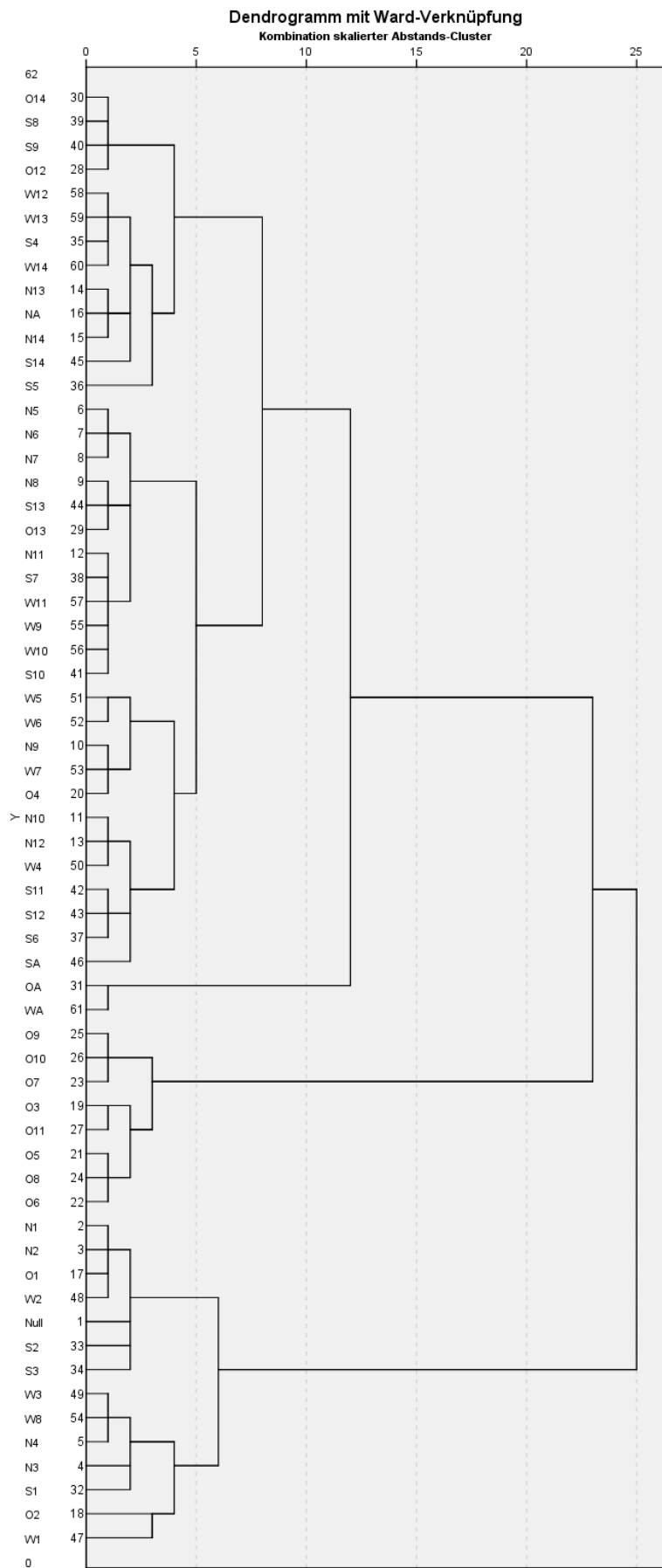


Abb. 44: Dendrogramm der Probenpunkte (Distanzmaß Häufigkeit mit Chi Quadrat)

3.5.3.5 Korrelationsanalyse

3.5.3.5.1 Korrelationsanalyse für die Bodenparameter

Die Tabelle 15 stellt die Korrelationen zwischen den Bodenparametern mit Hilfe von SPEARMAN-Rho dar. Um die Stärke der Abhängigkeiten verbal zu bezeichnen, wird die in BROSIUS (2006) getroffene Einteilung des Korrelationskoeffizienten (r) zu Rate gezogen:

| | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| $0,2 < r \leq 0,4$ | schwache Korrelation | $0,4 < r \leq 0,6$ | mittlere Korrelation |
| $0,6 < r \leq 0,8$ | starke Korrelation | $0,8 < r \leq 1$ | sehr starke Korrelation |

Die betreffenden Werte sind in der Tabelle orange (positive Korrelation) markiert. Zur besseren Überschaubarkeit werden nur diejenigen Parameter berücksichtigt, bei denen der Korrelationskoeffizient (r) über 0,200 liegt sowie das Signifikanzniveau (ρ) von 0,05 eingehalten wird.

Zwischen dem pH und der Leitfähigkeit besteht eine schwache positive Korrelation ($r = 0,355$; $\rho = 0,004$). Die Leitfähigkeit wiederum korreliert positiv mit dem Humus ($r = 0,287$; $\rho = 0,021$) und Kohlenstoffgehalt ($r = 0,291$; $\rho = 0,020$), wobei bei beiden der Zusammenhang nur schwach ausgeprägt ist. Weitere Parameter, die mit der Leitfähigkeit in einem positiven Zusammenhang stehen, sind: Ammoniumstickstoff ($r = 0,360$; $\rho = 0,003$), Nitratstickstoff ($r = 0,506$; $\rho = 0,000$) und pflanzenverfügbare Stickstoff ($r = 0,510$; $\rho = 0,000$). Die letzten beiden weisen sogar eine mittlere Korrelation zur Leitfähigkeit auf. Die Trockensubstanz korreliert mit Nitratstickstoff ($r = 0,279$; $\rho = 0,026$), pflanzenverfügbarem Stickstoff ($r = 0,273$; $\rho = 0,029$) und Diphosphorpentoxid ($r = 0,270$; $\rho = 0,031$). Starke Korrelationen existieren zwischen dem Wasser- und Humusgehalt ($r = 0,755$; $\rho = 0,000$) sowie zwischen Wasser- und Kohlenstoffgehalt ($r = 0,752$; $\rho = 0,000$). Ammoniumstickstoff zeigt positive Zusammenhänge mit Nitratstickstoff ($r = 0,584$; $\rho = 0,000$), pflanzenverfügbarem Stickstoff ($r = 0,775$; $\rho = 0,000$) und Diphosphorpentoxid ($r = 0,321$; $\rho = 0,010$). Nitratstickstoff korreliert in sehr starkem Maße mit pflanzenverfügbarem Stickstoff ($r = 0,958$; $\rho = 0,000$). Des Weiteren zeigt Nitratstickstoff eine starke positive Korrelation zu Diphosphorpentoxid ($r = 0,712$; $\rho = 0,000$). Pflanzenverfügbare Stickstoff wiederum korreliert in mittlerem Maße mit Diphosphorpentoxid ($r = 0,672$; $\rho = 0,000$).

Tab. 15: Kreuztabelle der Bodenparameter nach SPEARMAN's rho

| | | | pH | Leit | TS | WG | HG | C | AS | NS | pS | P |
|--------------|------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Spearman-Rho | pH | Korrelationskoeffizient | 1,000 | 0,355 | - 0,132 | 0,128 | 0,069 | 0,076 | - 0,220 | - 0,224 | - 0,259 | - 0,195 |
| | | Sig. (2-seitig) | | 0,004 | 0,297 | 0,314 | 0,589 | 0,549 | 0,081 | 0,075 | 0,039 | 0,122 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Leit | Leit | Korrelationskoeffizient | 0,355 | 1,000 | - 0,114 | 0,130 | 0,287 | 0,291 | 0,360 | 0,506 | 0,510 | 0,233 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,004 | | 0,369 | 0,305 | 0,021 | 0,020 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,064 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| TS | TS | Korrelationskoeffizient | - 0,132 | - 0,114 | 1,000 | - 0,997 | - 0,744 | - 0,741 | 0,210 | 0,279 | 0,273 | 0,270 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,297 | 0,369 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,095 | 0,026 | 0,029 | 0,031 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| WG | WG | Korrelationskoeffizient | 0,128 | 0,130 | - 0,997 | 1,000 | 0,755 | 0,752 | - 0,204 | - 0,267 | - 0,263 | - 0,259 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,314 | 0,305 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,105 | 0,033 | 0,036 | 0,039 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| HG | HG | Korrelationskoeffizient | 0,069 | 0,287 | - 0,744 | 0,755 | 1,000 | 1,000 | - 0,162 | 0,048 | 0,007 | 0,131 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,589 | 0,021 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,202 | 0,705 | 0,957 | 0,301 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| C | C | Korrelationskoeffizient | 0,076 | 0,291 | - 0,741 | 0,752 | 1,000 | 1,000 | - 0,159 | 0,051 | 0,010 | 0,135 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,549 | 0,020 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | 0,210 | 0,687 | 0,939 | 0,286 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| AS | AS | Korrelationskoeffizient | - 0,220 | 0,360 | 0,210 | - 0,204 | - 0,162 | - 0,159 | 1,000 | 0,584 | 0,775 | 0,321 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,081 | 0,003 | 0,095 | 0,105 | 0,202 | 0,210 | | 0,000 | 0,000 | 0,010 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| NS | NS | Korrelationskoeffizient | - 0,224 | 0,506 | 0,279 | - 0,267 | 0,048 | 0,051 | 0,584 | 1,000 | 0,958 | 0,712 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,075 | 0,000 | 0,026 | 0,033 | 0,705 | 0,687 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| pS | pS | Korrelationskoeffizient | - 0,259 | 0,510 | 0,273 | - 0,263 | 0,007 | 0,010 | 0,775 | 0,958 | 1,000 | 0,672 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,039 | 0,000 | 0,029 | 0,036 | 0,957 | 0,939 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| P | P | Korrelationskoeffizient | - 0,195 | 0,233 | 0,270 | - 0,259 | 0,131 | 0,135 | 0,321 | 0,712 | 0,672 | 1,000 |
| | | Sig. (2-seitig) | 0,122 | 0,064 | 0,031 | 0,039 | 0,301 | 0,286 | 0,010 | 0,000 | 0,000 | |
| | | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |

3.5.3.5.2 Korrelationsanalyse für die Collembolenarten

Die Tabelle 16 stellt gemeinsame Vorkommen zwischen Collembolenarten dar. Wie zuvor bereits bei den Bodenparametern, wird hier ebenfalls zur Beurteilung der Stärke der Korrelation nach SPEARMAN auf die von BROSIUS (2006) geschaffene Interpretationshilfe für den Korrelationskoeffizienten zurückgegriffen. Es gilt auch weiterhin das Signifikanzniveau von $\rho = 0,05$ sowie ein Korrelationskoeffizient (r) $\geq 0,200$. Die betreffenden Werte sind in der Tabelle für positive Korrelationen orange bzw. negative Korrelationen blau markiert.

Zwischen *Entomobrya multifasciata* und *Friesea afurcata* konnte mit $r = 0,359$ ($\rho = 0,004$) eine schwache Korrelation nachgewiesen werden. *Hypogastrura manubrialis* und *Mesaphorura macrochaeta* korrelieren ebenfalls schwach miteinander ($r = 0,329$; $\rho = 0,008$). *Hypogastrura manubrialis* zeigt schwache Korrelationen zu weiteren Arten: *Sphaeridia pumilis* ($r = 0,348$; $\rho = 0,005$) und *Hypogastrura spec. juv.* ($r = 0,389$; $\rho = 0,002$). *Hypogastrura vernalis* und *Mesaphorura macrochaeta* weisen eine mittlere Korrelation zueinander auf ($r = 0,402$; $\rho = 0,001$). *Hypogastrura vernalis* und *Proisotoma ripicola* korrelieren nur schwach miteinander ($r = 0,284$; $\rho = 0,023$). Eine starke Korrelation besteht zwischen *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* ($r = 0,628$; $\rho = 0,000$). *Isotomodes productus* zeigt eine mittlere Korrelation zu *Mesaphorura macrochaeta* ($r = 0,481$; $\rho = 0,000$). *Isotomodes productus* und *Proisotoma ripicola* korrelieren lediglich schwach miteinander ($r = 0,346$; $\rho = 0,005$). Eine mittlere Korrelation besteht zwischen *Lepidocyrtus cyaneus* und *Parisotoma notabilis* ($r = 0,496$; $\rho = 0,000$). Eine schwache Korrelation existiert zwischen *Mesaphorura macrochaeta* und *Hypogastrura spec. juv.* ($r = 0,386$; $\rho = 0,002$). *Parisotoma notabilis* und *Proisotoma ripicola* sind die einzigen beiden Arten, die eine schwache negative Korrelation zueinander aufweisen ($r = - 0,316$; $\rho = 0,011$). *Proisotoma ripicola* und *Sphaeridia pumilis* korrelieren nur schwach miteinander ($r = 0,354$; $\rho = 0,004$). Die beiden Kugelspringer *Sphaeridia pumilis* und *Sminthurus nigromaculatus* zeigen ebenfalls nur eine schwache Korrelation zueinander ($r = 0,322$; $\rho = 0,009$).

Tab. 16: Kreuztabelle der Collembolenarten nach SPEARMAN's rho

| | | Em | Esj | Fa | Hm | Hv | Ip | Lc | Mm | Pn | Pr | Psj | Sn | Sp | Hsj |
|-----|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|---------|--------------|--------------|
| Em | Korrelationskoeffizient | 1,000 | - 0,123 | 0,359 | 0,136 | 0,052 | 0,073 | - 0,033 | - 0,008 | - 0,067 | 0,015 | - 0,033 | - 0,090 | - 0,035 | 0,060 |
| | Sig. (2-seitig) | | 0,331 | 0,004 | 0,285 | 0,681 | 0,565 | 0,799 | 0,949 | 0,601 | 0,904 | 0,799 | 0,478 | 0,785 | 0,635 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Esj | Korrelationskoeffizient | - 0,123 | 1,000 | - 0,034 | 0,091 | 0,129 | 0,121 | - 0,060 | - 0,056 | - 0,123 | 0,009 | - 0,060 | - 0,048 | 0,237 | 0,013 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,331 | | 0,792 | 0,475 | 0,309 | 0,342 | 0,636 | 0,659 | 0,331 | 0,944 | 0,636 | 0,708 | 0,059 | 0,918 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Fa | Korrelationskoeffizient | 0,359 | - 0,034 | 1,000 | 0,242 | 0,185 | 0,008 | - 0,040 | 0,172 | - 0,083 | 0,098 | - 0,040 | 0,056 | 0,070 | 0,000 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,004 | 0,792 | | 0,054 | 0,144 | 0,949 | 0,751 | 0,174 | 0,515 | 0,443 | 0,751 | 0,659 | 0,580 | 1,000 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Hm | Korrelationskoeffizient | 0,136 | 0,091 | 0,242 | 1,000 | 0,222 | 0,052 | - 0,044 | 0,329 | - 0,090 | 0,117 | - 0,044 | 0,028 | 0,348 | 0,389 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,285 | 0,475 | 0,054 | | 0,078 | 0,680 | 0,730 | 0,008 | 0,478 | 0,358 | 0,730 | 0,829 | 0,005 | 0,002 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Hv | Korrelationskoeffizient | 0,052 | 0,129 | 0,185 | 0,222 | 1,000 | 0,198 | - 0,096 | 0,402 | - 0,074 | 0,284 | - 0,172 | - 0,205 | - 0,008 | 0,628 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,681 | 0,309 | 0,144 | 0,078 | | 0,117 | 0,450 | 0,001 | 0,561 | 0,023 | 0,175 | 0,104 | 0,947 | 0,000 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Ip | Korrelationskoeffizient | 0,073 | 0,121 | 0,008 | 0,052 | 0,198 | 1,000 | - 0,103 | 0,481 | - 0,115 | 0,346 | - 0,103 | - 0,096 | 0,030 | 0,148 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,565 | 0,342 | 0,949 | 0,680 | 0,117 | | 0,417 | 0,000 | 0,367 | 0,005 | 0,417 | 0,452 | 0,814 | 0,244 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Lc | Korrelationskoeffizient | - 0,033 | - 0,060 | - 0,040 | - 0,044 | - 0,096 | - 0,103 | 1,000 | - 0,164 | 0,496 | - 0,198 | - 0,016 | - 0,044 | - 0,089 | - 0,054 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,799 | 0,636 | 0,751 | 0,730 | 0,450 | 0,417 | | 0,195 | 0,000 | 0,116 | 0,901 | 0,729 | 0,486 | 0,672 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Mm | Korrelationskoeffizient | - 0,008 | - 0,056 | 0,172 | 0,329 | 0,402 | 0,481 | - 0,164 | 1,000 | - 0,159 | 0,165 | - 0,164 | - 0,013 | 0,072 | 0,386 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,949 | 0,659 | 0,174 | 0,008 | 0,001 | 0,000 | 0,195 | | 0,209 | 0,191 | 0,195 | 0,921 | 0,573 | 0,002 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Pn | Korrelationskoeffizient | - 0,067 | - 0,123 | - 0,083 | - 0,090 | - 0,074 | - 0,115 | 0,496 | - 0,159 | 1,000 | - 0,316 | - 0,033 | - 0,090 | - 0,182 | - 0,111 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,601 | 0,331 | 0,515 | 0,478 | 0,561 | 0,367 | 0,000 | 0,209 | | 0,011 | 0,799 | 0,478 | 0,151 | 0,385 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Pr | Korrelationskoeffizient | 0,015 | 0,009 | 0,098 | 0,117 | 0,284 | 0,346 | - 0,198 | 0,165 | - 0,316 | 1,000 | - 0,157 | 0,064 | 0,354 | 0,237 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,904 | 0,944 | 0,443 | 0,358 | 0,023 | 0,005 | 0,116 | 0,191 | 0,011 | | 0,215 | 0,613 | 0,004 | 0,059 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Psj | Korrelationskoeffizient | - 0,033 | - 0,060 | - 0,040 | - 0,044 | - 0,172 | - 0,103 | - 0,016 | - 0,164 | - 0,033 | - 0,157 | 1,000 | - 0,044 | - 0,089 | - 0,054 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,799 | 0,636 | 0,751 | 0,730 | 0,175 | 0,417 | 0,901 | 0,195 | 0,799 | 0,215 | | 0,729 | 0,486 | 0,672 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |

| | | Em | Esj | Fa | Hm | Hv | Ip | Lc | Mm | Pn | Pr | Psj | Sn | Sp | Hsj |
|-----|-------------------------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|--------------|--------------|--------------|
| Sn | Korrelationskoeffizient | - 0,090 | - 0,048 | 0,056 | 0,028 | - 0,205 | - 0,096 | - 0,044 | - 0,013 | - 0,090 | 0,064 | - 0,044 | 1,000 | 0,322 | - 0,150 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,478 | 0,708 | 0,659 | 0,829 | 0,104 | 0,452 | 0,729 | 0,921 | 0,478 | 0,613 | 0,729 | | 0,009 | 0,237 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Sp | Korrelationskoeffizient | - 0,035 | 0,237 | 0,070 | 0,348 | - 0,008 | 0,030 | - 0,089 | 0,072 | - 0,182 | 0,354 | - 0,089 | 0,322 | 1,000 | 0,137 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,785 | 0,059 | 0,580 | 0,005 | 0,947 | 0,814 | 0,486 | 0,573 | 0,151 | 0,004 | 0,486 | 0,009 | | 0,280 |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| Hsj | Korrelationskoeffizient | 0,060 | 0,013 | 0,000 | 0,389 | 0,628 | 0,148 | - 0,054 | 0,386 | - 0,111 | 0,237 | - 0,054 | - 0,150 | 0,137 | 1,000 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,635 | 0,918 | 1,000 | 0,002 | 0,000 | 0,244 | 0,672 | 0,002 | 0,385 | 0,059 | 0,672 | 0,237 | 0,280 | |
| | N | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |

3.5.3.5.3 Korrelationsanalyse für die Collembolenarten und die Bodenparameter

Tabelle 17 zeigt die Korrelationen von Collembolenarten zu verschiedenen Bodenparametern nach SPEARMAN's rho an, wobei alle signifikanten Ergebnisse orange gekennzeichnet sind. Es werden weiterhin nur Werte berücksichtigt, bei denen der Korrelationskoeffizient $r \geq 0,200$ ist sowie das Signifikanzniveau von $\rho = 0,05$ eingehalten wird.

Friesea afurcata korreliert in mittlerem Maße mit der Leitfähigkeit ($r = 0,466$; $\rho = 0,000$). Des Weiteren zeigt die Art positive Verbindungen zum Nitratstickstoff ($r = 0,326$; $\rho = 0,010$) sowie zum Ammoniumstickstoff ($r = 0,348$; $\rho = 0,006$) an.

Ebenfalls mit diesen 3 Parametern korreliert *Mesaphorura macrochaeta*, wobei sowohl bei der Leitfähigkeit ($r = 0,315$; $\rho = 0,013$), dem Ammoniumstickstoff ($r = 0,316$; $\rho = 0,013$) sowie dem Nitratstickstoff ($r = 0,301$; $\rho = 0,018$) die Korrelationen nur schwach ausgeprägt sind.

Hypogastrura vernalis zeigt mittlere Korrelationen zu Nitratstickstoff ($r = 0,434$; $\rho = 0,000$) und zu Diphosphorpentoxid ($r = 0,419$; $\rho = 0,001$) an.

Entomobrya multifasciata korreliert ausschließlich mit Ammoniumstickstoff ($r = 0,254$; $\rho = 0,049$).

Tab. 17: Ausschnitt aus der Kreuztabelle der Collembolenarten und Bodenparameter nach SPEARMAN's rho

| SPEARMAN's rho | | Em | Esj | Fa | Hm | Hv | Hsj | Ip | Lc | Mm | Pn | Pr | Psj | Sn | Sp |
|----------------|-------------------------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|---------|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| pH | Korrelationskoeffizient | - 0,095 | - 0,149 | 0,183 | 0,061 | - 0,172 | - 0,077 | - 0,033 | - 0,147 | - 0,012 | - 0,070 | 0,134 | 0,165 | 0,026 | 0,175 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,465 | 0,253 | 0,159 | 0,641 | 0,186 | 0,557 | 0,798 | 0,259 | 0,924 | 0,591 | 0,302 | 0,204 | 0,843 | 0,176 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| Leit | Korrelationskoeffizient | 0,204 | - 0,177 | 0,466 | 0,231 | 0,246 | 0,161 | 0,088 | - 0,073 | 0,315 | - 0,082 | 0,200 | - 0,117 | 0,045 | 0,018 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,115 | 0,173 | 0,000 | 0,073 | 0,056 | 0,215 | 0,501 | 0,574 | 0,013 | 0,529 | 0,123 | 0,368 | 0,730 | 0,891 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| WG | Korrelationskoeffizient | - 0,123 | - 0,113 | - 0,245 | 0,114 | - 0,105 | 0,037 | - 0,118 | - 0,037 | - 0,069 | 0,027 | - 0,248 | - 0,077 | - 0,008 | - 0,067 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,344 | 0,388 | 0,057 | 0,380 | 0,422 | 0,777 | 0,363 | 0,779 | 0,600 | 0,836 | 0,054 | 0,555 | 0,952 | 0,609 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| HG | Korrelationskoeffizient | - 0,079 | - 0,063 | - 0,211 | 0,095 | 0,102 | 0,156 | - 0,094 | 0,191 | - 0,006 | 0,119 | - 0,136 | - 0,051 | - 0,141 | - 0,072 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,547 | 0,629 | 0,103 | 0,464 | 0,435 | 0,229 | 0,471 | 0,141 | 0,965 | 0,360 | 0,296 | 0,694 | 0,278 | 0,583 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| AS | Korrelationskoeffizient | 0,254 | 0,086 | 0,348 | 0,261 | 0,220 | 0,020 | 0,082 | 0,110 | 0,316 | - 0,033 | 0,081 | - 0,169 | 0,114 | - 0,112 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,049 | 0,512 | 0,006 | 0,095 | 0,089 | 0,878 | 0,528 | 0,399 | 0,013 | 0,803 | 0,536 | 0,194 | 0,383 | 0,390 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| NS | Korrelationskoeffizient | 0,180 | 0,086 | 0,326 | - 0,017 | 0,434 | 0,159 | 0,063 | 0,183 | 0,301 | - 0,132 | 0,167 | - 0,202 | 0,008 | - 0,130 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,164 | 0,512 | 0,010 | 0,900 | 0,000 | 0,222 | 0,628 | 0,157 | 0,018 | 0,310 | 0,198 | 0,119 | 0,950 | 0,317 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| P | Korrelationskoeffizient | 0,094 | 0,103 | 0,009 | - 0,033 | 0,419 | 0,224 | 0,082 | 0,213 | 0,220 | 0,042 | 0,109 | - 0,147 | - 0,157 | - 0,250 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,471 | 0,430 | 0,946 | 0,800 | 0,001 | 0,083 | 0,530 | 0,100 | 0,088 | 0,749 | 0,402 | 0,259 | 0,227 | 0,052 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |

3.5.3.5.4 Korrelationsanalyse für die Bodenparameter von 2009 und 2010

In der Tabelle 18 sind die Korrelationen zwischen den Bodenparametern von 2009 und 2010 aufgeführt. Werte, für die die Bedingungen $r \geq \pm 0,200$ und $\rho \leq 0,05$ erfüllt sind, wurden farbig markiert. Aufgrund der Vielzahl von Korrelationen sollen nur einige genannt werden.

Die pH-Werte von 2009 und 2010 stehen in einer schwachen Korrelation ($r = 0,323$; $\rho = 0,011$) zueinander. Mit $r = 0,630$ ($\rho = 0,000$) korrelieren die Leitfähigkeit von 2009 und der Nitratstickstoff von 2010 in starkem Maße miteinander. Zwischen den Meßreihen der Wassergehalte besteht eine schwach negative Korrelation ($r = -0,394$; $\rho = 0,002$). Der Ammoniumstickstoff von 2009 und der Nitratstickstoff von 2010 weisen eine starke Korrelation ($r = 0,624$; $\rho = 0,000$) zueinander auf. Ebenso starke Verbindungen bestehen zwischen dem Ammoniumstickstoff von 2009 und dem Diphosphorpentoxid von 2010 ($r = 0,605$; $\rho = 0,000$) sowie zwischen den Ergebnissen des Nitratstickstoffes von 2009 und 2010 ($r = 0,645$; $\rho = 0,000$).

Tab. 18: Ausschnitt aus der Kreuztabelle der Bodenparameter von 2009 und 2010 nach SPEARMAN's rho

| SPEARMAN's rho | | pH (2010) | Leit (2010) | WG (2010) | HG (2010) | AS (2010) | NS (2010) | P (2010) |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| pH (2009) | Korrelationskoeffizient | 0,323 | 0,103 | 0,123 | - 0,046 | 0,014 | - 0,166 | - 0,236 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,011 | 0,427 | 0,345 | 0,723 | 0,914 | 0,201 | 0,067 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| Leit (2009) | Korrelationskoeffizient | - 0,294 | 0,248 | - 0,361 | - 0,033 | 0,364 | 0,630 | 0,569 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,021 | 0,054 | 0,004 | 0,801 | 0,004 | 0,000 | 0,000 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| WG (2009) | Korrelationskoeffizient | - 0,365 | - 0,054 | - 0,394 | - 0,173 | 0,278 | 0,395 | 0,415 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,004 | 0,677 | 0,002 | 0,182 | 0,030 | 0,002 | 0,001 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| HG (2009) | Korrelationskoeffizient | - 0,100 | - 0,039 | - 0,373 | - 0,277 | 0,234 | 0,139 | 0,195 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,441 | 0,764 | 0,003 | 0,031 | 0,069 | 0,285 | 0,133 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| AS (2009) | Korrelationskoeffizient | - 0,290 | 0,216 | - 0,276 | 0,040 | 0,373 | 0,624 | 0,605 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,023 | 0,095 | 0,031 | 0,758 | 0,003 | 0,000 | 0,000 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| NS (2009) | Korrelationskoeffizient | - 0,269 | 0,297 | - 0,268 | 0,022 | 0,395 | 0,645 | 0,566 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,036 | 0,020 | 0,037 | 0,866 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| P (2009) | Korrelationskoeffizient | - 0,390 | 0,146 | - 0,264 | - 0,083 | 0,390 | 0,503 | 0,469 |
| | Sig. (2-seitig) | 0,015 | 0,262 | 0,040 | 0,526 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |
| | N | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |

3.5.3.6 Ordination nach Gradientenanalyse (CANOCO)

3.5.3.6.1 Indirekte Gradientenanalyse (DCA)

Mit Hilfe der Detrended Correspondence Analysis (DCA) stellt man in einem Ordinationsdiagramm dar, welche Collembolenarten welche Probenpunkte präferieren. Damit orientiert sich das Programm an den höchsten Individuendichten einer Art und rückt diese Arten näher an die Standorte heran als jene, die zwar in denselben Abschnitten vorkommen, aber geringere Populationsgrößen aufweisen. Die erste kanonische Achse, die Abszisse, erklärt 18,4 % der Varianzen der Individuenzahlen, die ersten beiden Achsen zusammen 32,3 %.

Wie das Diagramm angibt (Abb. 45), kommen *Hypogastrura spec. juv.* und *Hypogastrura vernalis* gemeinsam vor. Die Collembolen *Lepidocyrtus cyaneus* und *Parisotoma notabilis* liegen gemeinsam weit entfernt von den übrigen Arten und den meisten Probenpunkten. Am genauesten werden sie durch den Probenpunkt W₂, der sich ihnen noch am nächsten befindet, angegeben, zumal erstere nur in diesem Standort auftritt. Ebenfalls separat steht *Pseudachorutes spec. juv.*, die ausschließlich in W₁₂ zugegen ist. *Sphaeridia pumilis* ist ebenso deutlich von den anderen Collembolenarten entfernt. *Entomobrya spec. juv.*, *Hypogastrura manubrialis* und *Proisotoma ripicola* bilden ein Dreieck, welches eine größere Punktwolke einschließt. Diese Probenpunkte sind i.d.R. mit *Proisotoma ripicola* besetzt. Von den anderen beiden ist darüber hinaus meist mindestens einer von ihnen vertreten. Die Arten *Mesaphorura macrochaeta*, *Entomobrya multifasciata*, *Isotomodes productus* und *Friesea afurcata* sind alle außerhalb der Punktwolke angeordnet, liegen aber recht dicht beieinander und noch in Reichweite dieser Konzentration von Probenpunkten. *Sminthurus nigromaculatus* befindet sich außerhalb des Bereiches, wo sich die meisten Punkte konzentrieren. Die Art positioniert sich direkt auf N₁₁, da sie dort die einzige anwesende Collembolenart ist und damit auch die alleinige, die diesen Probenpunkt beschreibt.

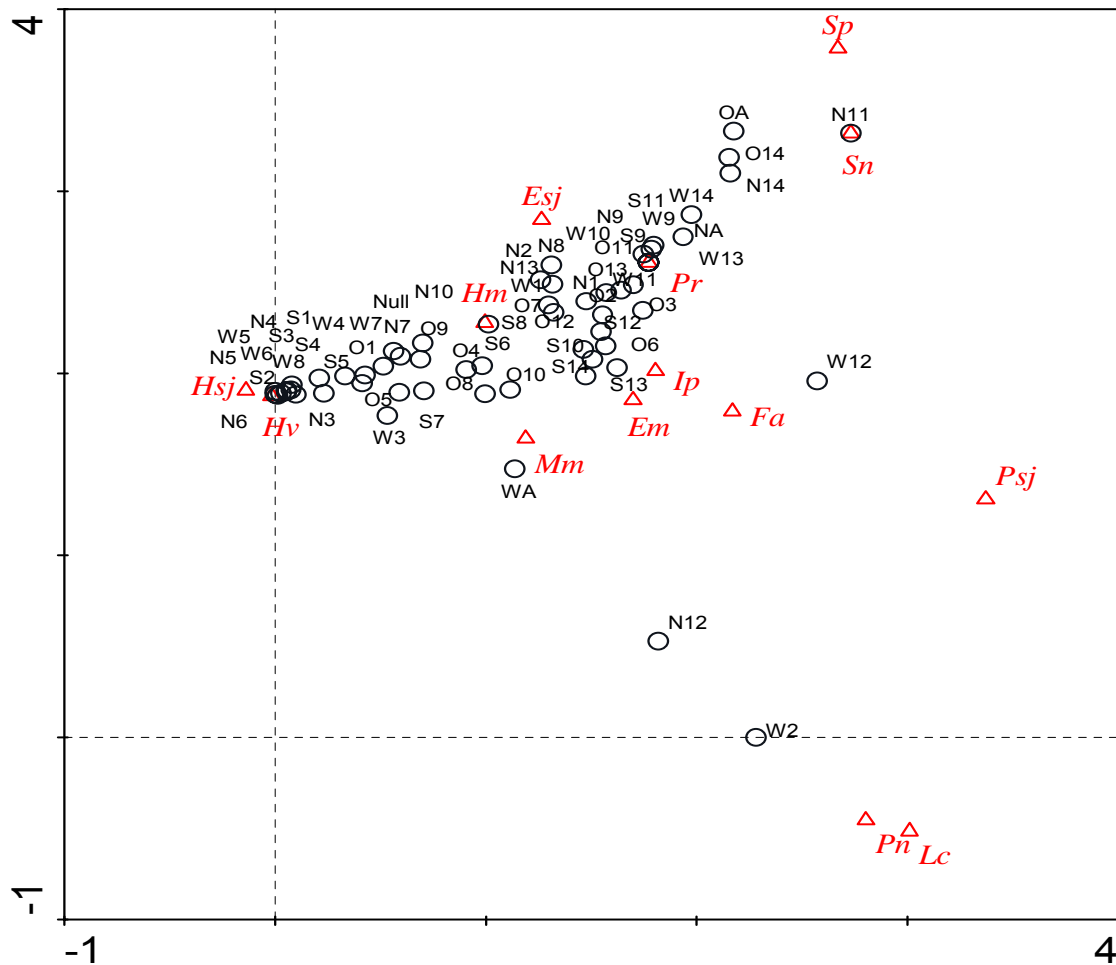


Abb. 45: Ordinationsdiagramm nach DCA basierend auf den Collembolenarten und Probenpunkten (Abszisse erklärt 18,4 % der Varianzen der Individuenzahlen, beide Achsen zusammen 32,3 %)

3.5.3.6.2 Direkte Gradientenanalyse (CCA)

Die Canonical Correspondence Analysis (CCA) ermittelt Beziehungen zwischen Bodenparametern, Probenpunkten und Collembolenarten, d.h. letztendlich, welcher Bodenkennwert den größten Einfluss auf die Artenzusammensetzung ausübt. Mit Hilfe der ersten Achse können 5,7 %, einschließlich der zweiten Achse 8,9 % der Varianzen der Individuenzahlen erklärt werden.

Zwei der ermittelten Arten, *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.*, befinden sich nahezu in der Mitte des Koordinatensystems, von wo aus die Richtungsvektoren der Bodenparameter ihren Ursprung nehmen (Abb. 46). Gleich 3 Vektoren, Wassergehalt,

Diphosphorpentoxid und Kohlenstoffgehalt, gruppieren sich im Umfeld von *Lepidocyrtus cyaneus*. Die Art hingegen befindet sich direkt auf W_2 . *Hypogastrura manubrialis* liegt zwischen den folgenden Parametern: Ammoniumstickstoff und Leitfähigkeit. Der Probenpunkt O_8 weist die kürzeste Distanz zur Art auf. *Mesaphorura macrochaeta* tritt in der Nähe der Vektoren der Leitfähigkeit und des Ammoniumstickstoffes auf. *Entomobrya multifasciata* wird von den Vektoren der Leitfähigkeit und des Nitratstickstoffs eingeschlossen. Im Umfeld von *Isotomodes productus* liegen Nitratstickstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit. *Sminthurus nigromaculatus* ist umgeben von den Vektoren der Parameter pH-Wert und Nitratstickstoff. *Proisotoma ripicola* liegt in der Nähe des Vektors des pH-Wertes, unweit des Punktes W_{11} . *Friesea afurcata* befindet sich im Koordinatensystem unweit des Vektors des pH-Wertes, aber sehr weit entfernt vom Koordinatenursprung. *Pseudachorutes* spec. juv. liegt im Diagramm direkt auf W_{12} . Die Art wird, ebenso wie *Sphaeridia pumilis*, nicht von den Vektoren der Bodenparameter eingeschlossen, ihnen am nächsten befindet sich aber der pH-Wert. *Entomobrya* spec. juv. und *Parisotoma notabilis* liegen im Umkreis der Vektoren Kohlenstoffgehalt, Diphosphorpentoxid und Wassergehalt.

O_2 ist der Probenpunkt, welcher am weitesten vom Koordinatenursprung und somit auch von den Collembolen entfernt ist. Garnicht abgebildet ist S_A , da aus dieser Probe keine Exemplare extrahiert wurden. Die meisten anderen Probenpunkte gruppieren sich jedoch im Umkreis der Collembolenarten.

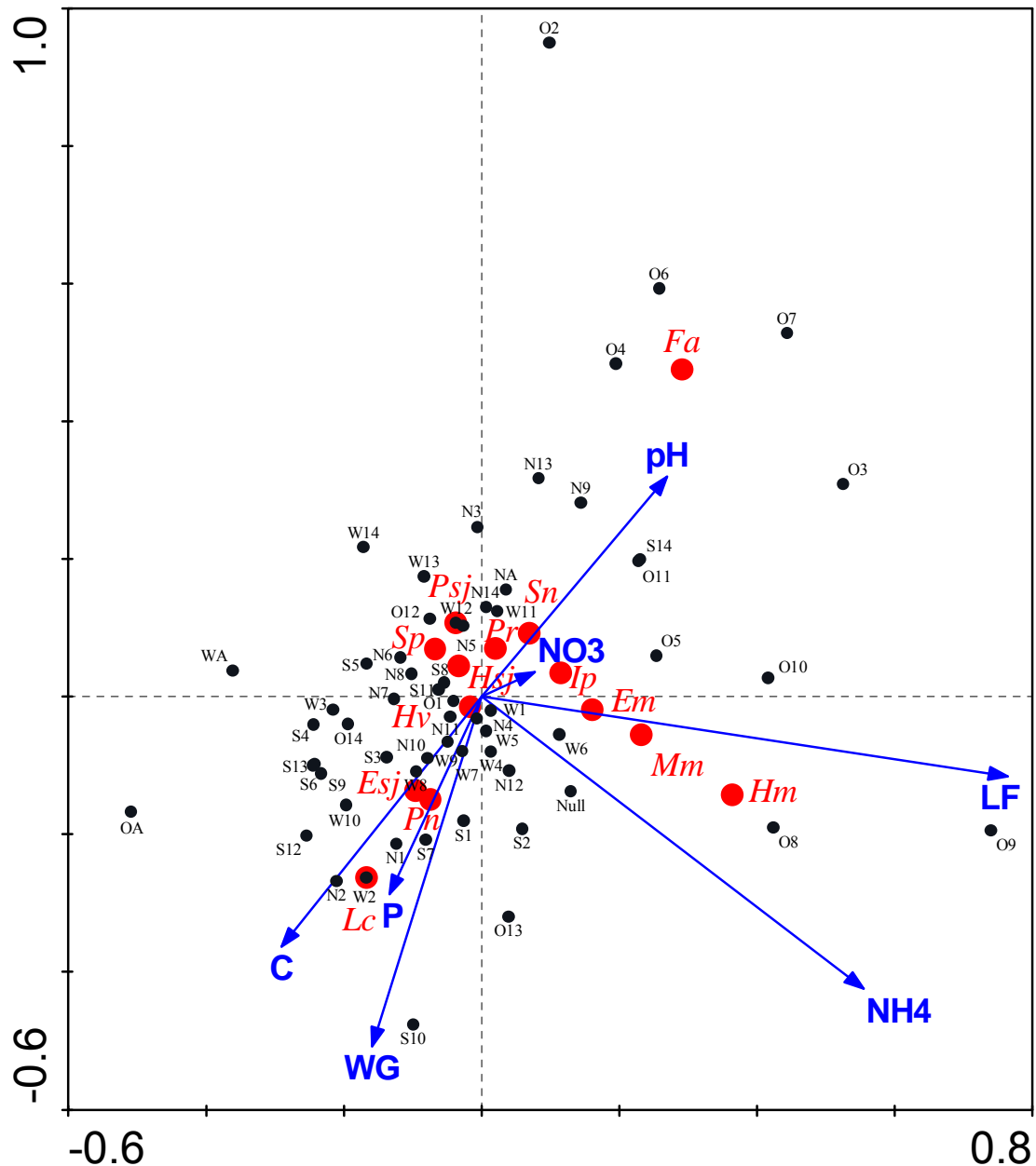


Abb. 46: Ordinationsdiagramm nach CCA basierend auf den Collembolenarten, Probenpunkten und Bodenparametern (Abszisse erklärt 5,7 % der Varianzen der Individuen, beide Achsen zusammen 8,9 %)

Die Tabelle 19 listet die Marginal- und Konditionaleffekte auf. Ersterer gibt den Anteil zur Erklärung an, den ein einzelner Parameter auf die Zusammensetzung der Population ausübt (LEPŠ & ŠMILAUER 2003). Die Leitfähigkeit weist den höchsten marginalen Effekt auf, ihr Erklärungsanteil liegt bei 13 %, der für Ammoniumstickstoff noch bei 9 %. Für alle übrigen Parameter beträgt der Anteil nur noch höchstens 5 %. Der konditionale Effekt entspricht der

Wirkung, die eine Variable unter schrittweisem Summieren der anderen bereits ausgewählten Parameter erzielt (LEPŠ & ŠMILAUER 2003). Von den in der Tabelle aufgeführten Effekten erreicht nur die Leitfähigkeit mit $P = 0,028$ eine ausreichende Signifikanz. Deren aufsummierte Wirkung entspricht 13 %. Bei den übrigen Parametern übersteigt die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) den Grenzwert von 0,05 z.T. deutlich, so dass sie für die Auswertung nicht weitergehend relevant sind.

Tab. 19: Marginal- und Konditionaleffekte

| Marginale Effekte | | Konditionale Effekte | | |
|-------------------|----------|----------------------|----------|-------|
| Variablen | Lambda-1 | Variablen | Lambda-A | P |
| Leit | 0,13 | Leit | 0,13 | 0,028 |
| AS | 0,09 | WG | 0,08 | 0,108 |
| pH | 0,05 | pH | 0,05 | 0,480 |
| WG | 0,05 | NS | 0,05 | 0,414 |
| C | 0,05 | P | 0,05 | 0,410 |
| NS | 0,04 | C | 0,04 | 0,566 |
| P | 0,03 | AS | 0,04 | 0,554 |

4 Diskussion

4.1 Methoden

Die Erforschung des noch weitgehend neuen Wissenschaftszweiges der Aasökologie stellt hohe Anforderungen an seine Bearbeiter. Nicht nur, dass es bisher nur wenige, meist außerhalb Mitteleuropas stattgefundene Studien gibt, was Vergleiche erschwert, erfordert es auch eine Reihe von zu berücksichtigenden Aspekten, die in der vorliegenden Arbeit nicht immer hinreichend Beachtung fanden. Zunächst sind im Vorfeld einer solchen Untersuchung die verschiedensten Anforderungen an das Beprobungsgebiet zu stellen. Der Standort sollte möglichst abgelegen sein, um von so wenig Menschen wie möglich frequentiert zu werden, was auf das Gebiet der Lieberoser Heide durchaus zutrifft. Zum einen ist in diesem Zusammenhang der hygienische Aspekt zu erwähnen, der durch das Auslegen eines Kadavers zum Tragen kommt. Regularien wie das Tierkörperbeseitigungsgesetz implizieren u.a. eine nicht nachgewiesene Gesundheitsgefahr durch Kadaver oder durch deren Anblick eine Störung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung (Art. 3. Abs. 1 TierKGB) (VETION 2001). Die EU-Durchführungsverordnung 142/2011 regelt im Punkt 16, dass nekrophage Arten der FFH- oder Vogelschutz-Richtlinie mit Kadavern von Haustieren gefüttert werden dürfen (EUROPÄISCHE UNION 2011). Diese Rechtsauffassung wird vom Land Brandenburg jedoch nicht geteilt (PLAGEMANN 2012 per E-Mail). Es galten weiterhin die Landesgesetze und Verordnungen wie das Jagdgesetz des Landes Brandenburg (KNÖLL 2001) sowie die Verordnung zur Durchführung des Jagdgesetzes für das Land Brandenburg (BbgJagdDV). Diese verbietet in Artikel 7 Abs. 7, dass Greifvögel mit erlegtem Wild gefüttert werden bzw. Zugang zu diesem haben (BRAVORS 2008).

Andererseits ermöglicht die Abgeschiedenheit, dass sich Aasfresser ungestört dem toten Tier nähern können bzw. kleinere Organismen – wie Collembolen – durch unbefugtes Betreten nicht beeinflusst werden. Da im Zuge der Untersuchungen auch die Bodenparameter ermittelt wurden, sollte der Kadaver daher nicht bei deutlicher Hangneigung ausgelegt werden (vgl. Abb. 2a im Anhang), da die Nährstoffe, wie die Praxis zeigte, sich z.T. erheblich verlagerten. Auf einer ebenen Fläche oder bei geringer Neigung könnten bessere Ergebnisse über die tatsächlichen Ausbreitungen der Nährstoffeinträge erzielt werden. Aufgrund der Munitionsbelastung fand die Beprobung auf einer Aufschüttungsfläche statt. Ein natürlich gewachsener Boden wäre jedoch vorzuziehen, da der Einfluss des Kadavers dort nicht durch Faktoren des gestörten Systems, des Kippbodens, überlagert wird. Um konkret aussagen zu können, welche

Veränderungen das Aas hervorrief, sei es bei der Fauna, der Vegetation oder den Bodenparametern, sollte vorab eine Erfassung der einzelnen Parameter als „Nullproben“ erfolgen. Da sich in der Umsetzung zeigte, dass häufige Begehungen negativen Einfluss auf Bodenparameter etc. haben, sollte nach Möglichkeit im Vorfeld ein Plan erstellt werden, der die einzelnen Beprobungstermine auflistet. Zwischen 2 Begehungen sollte der Abstand jedoch nicht zu kurz gewählt werden. Bei einer Erfassung der Fauna sind dabei die einzelnen Zyklen zu beachten, die je nach Jahreszeit zu erheblichen Unterschieden führen können. Außerdem spielen für die Beprobung die Eigenschaften des Substrates eine besondere Rolle. Das aufgeschüttete Material des Standortes erwies sich als problematisch. Nicht nur, dass durch die unbekannte Herkunft Bodenreaktionen schwer abzuschätzen waren, es bereitete auch der enthaltene Bauschutt Schwierigkeiten. Die harten Bestandteile beanspruchten zum einen Arbeitsgeräte wie den Stechzylinder in starkem Maße, zum anderen konnten durch Gesteinsbrocken nicht immer unbeschädigte Bodenproben entnommen werden, die jedoch für das Austreiben der Collembolen von entscheidender Bedeutung sind. Des Weiteren wurde durch den hohen Sandanteil im Boden eine Probenentnahme mittels Stechzylinder erschwert, da das lockere Material häufig herausrieselte. Die Heterogenität des Substrates führte vermutlich außerdem dazu, dass Entwicklungen im Boden nicht klar erkennbar waren. Stattdessen könnten Mischproben, die im näheren Umfeld eines Probenpunktes entnommen werden, einen besseren Querschnitt der gegebenen Bodenverhältnisse liefern.

Das verwendete Beprobungsdesign erwies sich zwar als hilfreich, um schrittweise Änderungen der Parameter hinreichend genau zu dokumentieren, doch je weiter man zum Mittelpunkt vordrang, umso mehr wurde der Boden durch die 2. Beprobung (2010) gestört. Vor allem jedoch zeigte sich, dass aufgrund der Mehrfachbeprobung auf die Nullprobe im Zentrum des Beprobungsmusters zu verzichten ist. Diese lieferte stets atypische Ergebnisse, die z.B. nicht in das Schema der Nährstoffausbreitung passten.

Nekrophage Vögel, die den Kadaver häufig aufsuchten, könnten auch zu einer Störung des Bodens beigetragen haben, ebenso wie Wildschweine. Letzteres ist jedoch unwahrscheinlicher, da größere Umbrüche im Boden nicht beobachtet werden konnten.

Neben den Eckdaten zum Beprobungsgebiet selbst ist auch der Zeitpunkt der Begehung von Bedeutung. Ein heißer, trockener Witterungsabschnitt wie im Juni 2010 könnte dazu geführt haben, dass die Bodenfauna sich stark zurückzog (ZETTEL 1999; DUNGER 2008) und andererseits die Bodeneigenschaften stark beeinflusst wurden.

Um einen Vergleich zwischen den einzelnen Beprobungen zu ermöglichen, sollten alle Untersuchungen auf den gleichen Bestandteilen basieren. Im Zuge des Beprobungstermines von

2010 wurden sowohl Bodenparameter als auch Vegetation sowie Milben- und Collembolenfauna erfasst. Diese einzelnen Komponenten sollten aber zu jeder Beprobung dokumentiert werden, denn nur so lassen sich exaktere Aussagen über den Einfluss des Kadavers auf das Bodensubstrat, die Pflanzenwelt sowie die Organismen formulieren.

Für die Extraktion der Collembolen und Milben wurde mit Ethylenglykol gearbeitet. Dieser Alkohol hat den Nachteil, dass besonders kleinere Exemplare unter den Milben und Collembolen auf der Oberfläche schwimmen und somit schlecht entnommen werden konnten. FROMM (1998) empfiehlt in einem solchen Fall Spülmittel einzusetzen, um die Oberflächenspannung herabzusetzen. Doch auch diese Anwendung erbrachte keine befriedigenden Ergebnisse. SCHULZ (pers. Kommentar) rät stattdessen, ca. 70 % Ethanol zu verwenden. Um die Collembolen schließlich zu bleichen, kam Milchsäure zum Einsatz. Diese war jedoch nicht frisch angesetzt. Daher bildeten sich kristalline Strukturen in der Lösung und die präparierten Tiere wurden schnell porös, so dass sie bei der Verwendung von Deckgläschen leicht zerdrückt wurden. Da durch das Bleichen die Färbung der Tiere verschwindet, ist es notwendig zuvor die Farbe zu notieren. Eine Fixierung der Springschwänze in einer Gummiarabikumlösung hat sich nicht bewährt, da durch das Aushärten des Präparates keine Betrachtung der Collembolen von allen Seiten möglich ist (vgl. KLONOWSKI & RÖBLER 2010). Ein Nachteil, den die Beprobung mit Hilfe von Stechzylindern nach sich zieht, ist, dass überwiegend endogäische Collembolen erfasst werden. Die oberflächenbewohnenden Exemplare flüchten stattdessen überwiegend. Um auch auf die Entwicklung der epigäischen Arten eingehen zu können, ist es sinnvoll, in Kombination mit Barberfallen zu arbeiten. Oberflächencollembolen sind viel lauffaktiver und können daher eine größere Distanz zurücklegen. Diese beiden Untersuchungsmethoden anzuwenden, dürfte ein wesentlich breiteres Artenspektrum offenbaren und damit auch besser die einflussnehmenden Arten am Kadaver widerspiegeln. Will man stattdessen nur den Einfluss der endogäischen Fauna betrachten, ist es unter Umständen empfehlenswert, das tote Tier zu vergraben. Mit Hilfe dieser Methodik kann besser die Rolle der bodenlebenden Fauna studiert werden (VANLAERHOVEN & ANDERSON 1999). Im Rahmen des Necros-Projektes wird die Funktion der endogäischen Fauna gegenwärtig jedoch nicht beleuchtet. Necros versucht stattdessen, die Besiedlung von Kadavern so natürlich wie möglich zu untersuchen und nicht durch Vergraben klinische (künstliche) Zustände zu konstruieren.

Durch die Arbeit im Labor selbst können selbstverständlich auch Fehler auftreten. Routinearbeiten, die dort ausgeführt werden, bergen stets ein gewisses Fehlerpotential, ebenso wie durch die Labortechnik Messungenauigkeiten auftreten können.

4.2 Vegetation

In Tabelle 20 sind die Lebensformen der Pflanzenarten des Untersuchungsgebietes aufgelistet. Diese Einteilung richtet sich nach ROTHMALER (1994). Durch das Auslegen des Kadavers wurde die Vegetation wesentlich beeinflusst. Es besteht die Möglichkeit, dass sich auf den vegetationsfreien Stellen neue Arten ansiedelten. Anhand der Lebensdauer – also, ob es sich um einjährige bzw. mehrjährige Arten handelt – kann man ablesen, wie stark sich die Störung in Form des Aases auf die Pflanzendecke auswirkt. Mehrheitlich sind ausdauernde Pflanzen vertreten. Zu ihnen gehören die häufigsten Arten des Untersuchungsgebietes wie z.B. *Artemisia vulgaris* und *Poa pratensis*. Des Weiteren gibt es eine Reihe von einjährigen Pflanzen. Diese könnten sich wiederum nach dem vollständigen Abbau des Dachskadavers angesiedelt haben und damit als Reaktion auf das Aas angesehen werden. Die meisten einjährigen Pflanzen wie *Papaver argemone* oder *Papaver dubium* sind jedoch in sehr geringen Dichten vertreten. Lediglich eine Art unter den Einjährigen – *Berteroa incana* – ist stellenweise recht häufig. Da sie bevorzugt zu Beginn der Transekte wächst, könnte sie die einzige Art sein, die sich infolge der Anwesenheit des Kadavers ansiedelte. Insgesamt betrachtet dominieren jedoch die mehrjährigen Arten, so dass wohl keine weitreichende Beeinflussung der Vegetation stattgefunden hat.

Tab. 20: Lebensdauer der Vegetation

| Arten | Lebensdauer |
|-------------------------------|--|
| <i>Achillea millefolium</i> | ausdauernd (Staude) |
| <i>Agrostis capillaris</i> | ausdauernd (Staude) |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | ausdauernd (Staude) |
| <i>Berteroa incana</i> | einjährig überwinternd/ einjährige Sommerpflanze/ zweijährig |
| <i>Corynephorus canescens</i> | ausdauernd (Staude) |
| <i>Echium vulgare</i> | zweijährig |
| <i>Elytrigia repens</i> | ausdauernd (Staude) |
| <i>Papaver argemone</i> | einjährig überwinternd/ einjährige Sommerpflanze |
| <i>Papaver dubium</i> | einjährig überwinternd/ einjährige Sommerpflanze |
| <i>Poa pratensis</i> | ausdauernd (Staude) |
| <i>Trifolium dubium</i> | einjährige Sommerpflanze |
| <i>Vicia lathyroides</i> | einjährig überwinternd/ einjährige Sommerpflanze |

Anhand der in der Tabelle 21 dargestellten Stetigkeiten der Vegetation kann deren Verbreitung in den Teilabschnitten und dem Gesamttransekt innerhalb der Arten verglichen werden.

Bei den 4 Himmelsrichtungen findet der Nullpunkt keine Berücksichtigung, in die Gesamtbetrachtung fließt er jedoch mit ein.

Die größte Stetigkeit im **Norden** zeigt *Berteroa incana* mit 73,33 %, gefolgt von *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* mit jeweils 66,67 %. Abgesehen von den Moosen mit 60 % liegen alle weiteren Arten deutlich darunter. Im **Osten** ist *Elytrigia repens* am stärksten vertreten, erreicht aber mit weniger als 50 % einen deutlich geringeren Wert als die verbreitetste Art im Norden. *Poa pratensis* kommt in diesem Abschnitt auf 40 %. Im **Süden** weist *Berteroa incana* mit 80 % die höchste Stetigkeit überhaupt und die des gesamten Transektes auf. Die nächsthöhere Stetigkeit erreichen *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* mit je 60 %. Im **Westen** haben die beiden Gräser sogar die größte Stetigkeit, welche bei 86,67 % liegt. Mit jeweils 53,33 % folgen *Bryum argenteum* und *Dicranella rufescens*. In der **Gesamtbetrachtung** sind erneut *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* mit je 62,3 % die Arten mit der höchsten Stetigkeit. Mit 50,82 % folgt an zweiter Stelle *Berteroa incana*. Auf nur noch eine Stetigkeit von 29,51 % kommt *Trifolium dubium*, nur geringfügig dahinter liegen die beiden Moose mit jeweils 27,87 %.

Tab. 21: Stetigkeit der Vegetation

| Arten | Norden [%] | Osten [%] | Süden [%] | Westen [%] | Gesamt [%] |
|-------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| <i>Achillea millefolium</i> | 0 | 6,67 | 0 | 6,67 | 3,28 |
| <i>Agrostis capillaris</i> | 66,67 | 40 | 60 | 86,67 | 62,3 |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | 26,67 | 0 | 20 | 26,67 | 18,03 |
| <i>Berteroa incana</i> | 73,33 | 26,67 | 80 | 26,67 | 50,82 |
| <i>Bryum argenteum</i> | 60 | 0 | 0 | 53,33 | 27,87 |
| <i>Corynephorus canescens</i> | 6,67 | 0 | 26,67 | 0 | 8,2 |
| <i>Dicranella rufescens</i> | 60 | 0 | 0 | 53,33 | 27,87 |
| <i>Echium vulgare</i> | 0 | 20 | 0 | 0 | 4,92 |
| <i>Elytrigia repens</i> | 20 | 46,67 | 0 | 0 | 16,39 |
| <i>Papaver argemone</i> | 6,67 | 0 | 0 | 0 | 1,64 |
| <i>Papaver dubium</i> | 6,67 | 0 | 0 | 0 | 1,64 |
| <i>Poa pratensis</i> | 66,67 | 40 | 60 | 86,67 | 62,3 |
| <i>Trifolium dubium</i> | 60 | 0 | 13,33 | 46,67 | 29,51 |
| <i>Vicia lathyroides</i> | 0 | 0 | 0 | 6,67 | 1,64 |

Die Auflistung verdeutlicht, dass die Vegetation im Wesentlichen von nur etwa 3 - 4 Arten dominiert wird. Knapp die Hälfte von ihnen zeigt in der Gesamtbetrachtung Stetigkeiten, die weniger als 10 % betragen. Das bedeutet in der Schlussfolgerung, dass die meisten Arten für die Vegetationszusammensetzung kaum von Bedeutung sind.

Eine Betrachtung der erfassten Vegetation verdeutlicht, dass die näher am Dachskadaver liegenden Probenpunkte ein wesentlich geringeres Artenspektrum offenbaren. Mehrere Autoren fanden dazu heraus, dass Aas die Vegetation maßgeblich zerstört, abhängig davon, wie groß das tote Tier war und in welcher Jahreszeit es auslag (TOWNE 2000; GU & KRAWCZYNSKI 2012). Demnach sollen Reichtum und Diversität der Arten im ersten Jahr nach dem Tod besonders gering sein, aber anschließend signifikant ansteigen. Selbst 5 Jahre später weisen eine betreffende Fläche noch vegetationsfreie Stellen auf und unterscheiden sich in Zusammensetzung und Häufigkeit der vorkommenden Arten noch deutlich von der Umgebung (TOWNE 2000; MEHLIS et al. 2004). GU & KRAWCZYNSKI (2012) beobachteten, dass die durch den Kadaver hervorgerufene Nährstoffanreicherung bei einem toten Reh etwa 80 cm im Radius ausgedehnt ist. Sie vermerken weiter, dass nicht nur eine stärkere Vegetationsentwicklung die Folge sein kann. Denn andererseits können je nach Jahreszeit mit ausliegendem Aas auch Rohbodenstellen gefördert werden. Nekrophage Vögel beispielsweise bewirken durch vermehrte Aktivitäten am Kadaver eine Schädigung der Vegetation. Sie wiesen ebenfalls nach, dass Wildschweine während der Vegetationsperiode häufig den Boden im Bereich des Kadavers durchwühlten, um nach Larven und Engerlingen der aasbevorzugenden Insektenfauna zu suchen (GU & KRAWCZYNSKI 2012). Das komplexe Wechselspiel aus Störung und Förderung der Vegetation bedarf jedoch weiterer Forschung.

4.3 Bodenparameter

4.3.1 pH-Wert

Bereits im August 2009, nachdem der Dachskadaver vollständig skelettiert war und schließlich nur noch Fellreste und Knochenfragmente vorlagen (KRAWCZYNSKI mündl.), wurde der Standort erstmals beprobt. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte analog zu den unter dem Punkt „Material und Methoden“ aufgeführten Herangehensweisen.

Eine Gegenüberstellung der pH-Werte des **Nord-Süd**-Transektes von 2009 und 2010 (Abb. 47) zeigt, dass bei der späteren Beprobung die Messergebnisse meist über denen des Vorjahres liegen. Das bedeutet, die Bodenreaktionen bewirkten eine leichte Alkalisierung des Substrates. Es befinden sich nun deutlich mehr Werte über dem neutralen Bereich. 2009 schwankten die pH-Werte vor allem um den Nullpunkt z.T. sehr stark. 2010 hingegen ist der

gesamte Werteverlauf gleichmäßiger. Dennoch ist erkennbar, dass in der Mitte des Transektes die pH-Werte im schwach sauren Bereich liegen und nach außen hin allmählich ansteigen.

Für den pH-Wert konnten auch MEHLIS et al. (2007) Veränderungen feststellen. Dieser soll im Zentrum des Kadavers höher sein und sich nach außen hin in den sauren Bereich entwickeln (MEHLIS et al. 2004 & 2007). TOWNE (2000) hingegen konnte eine Verringerung des pH-Wertes nachweisen. Ein Vergleich mit dem vorliegenden Datenmaterial ist aufgrund unterschiedlicher Standortbedingungen jedoch schwierig.

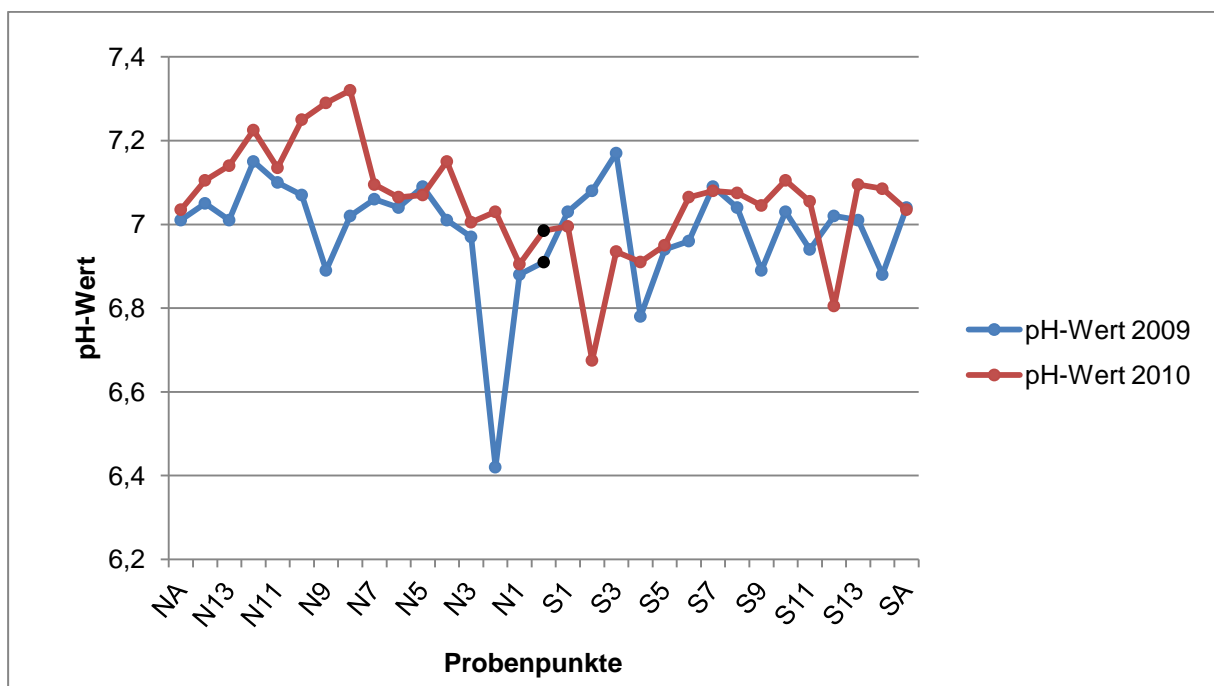


Abb. 47: Vergleich der pH-Werte des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Bei Betrachtung des **West-Ost-Transektes** im Vergleich zeigen beide Kurvenverläufe, anders als zuvor, die gleiche Entwicklung (Abb. 48). Die Probenpunkte nahe dem Nullpunkt sind alle mehr oder weniger schwach sauer bis neutral. Umso weiter man jedoch nach außen in Richtung Westen bzw. Osten kommt, umso mehr steigt der pH-Wert, abgesehen von kleineren Fluktuationen, bis auf maximal 7,3 an. Einzig die Außenwerte W_A und O_A von 2010 weichen deutlich vom Wertenniveau ab. Dass sie so gering sind, könnte auf das aufgeschüttete Substrat zurückzuführen sein, welches wahrscheinlich von sich aus wenig mergelhaltig ist, dafür aber saure Bestandteile enthält, die recht inhomogen innerhalb des Materials verteilt vorliegen. Insgesamt fallen die Unterschiede der pH-Werte zwischen den Abschnitten außen und im Zentrum der Transekte meist gering aus. Es besteht also durchaus die Möglichkeit, dass die leicht sauren Verhältnisse in der Nähe des Nullpunktes nicht durch Stoffumsetzungen und

Auswaschungsprozesse vom Kadaver stammen, sondern nur zufällig in dem Maße auftreten und tatsächlich auf das verkippte Bodenmaterial zurückzuführen sind.

Niedrigere pH-Werte sind unter Umständen auch darauf zurückzuführen, dass allmählich ein Abbau des noch verbliebenen Knochenmaterials begann, schließlich war zum Zeitpunkt der Probenahme bereits 1 Jahr seit dem Auslegen des Kadavers vergangen. MELIS et al. (2007) berichten dazu, dass im 1. Jahr noch keine Änderung der Ca-Konzentration auftritt. Ab dem 3. Jahr jedoch liegen die Werte im Zentrum deutlich höher, nach 7 Jahren verschwindet dieser Effekt aber bereits wieder. Die Autoren vermerken außerdem, dass der Ursprung des Calciums besonders in den Knochen des Kadavers liegt. Je weniger von diesen die Aasfresser forttragen konnten und je mehr diese durch das Fressen zerteilt wurden, umso mehr Calcium kann in das beprobte Substrat gelangen. Am untersuchten Probenstandort liegen noch einige Knochenfragmente vor (Abb. 3a, 4a im Anhang). Da dieser Kreislauf sehr langwierig ist, kann nicht von frühzeitigen Auswirkungen auf den Boden ausgegangen werden.

Dennoch sollte man beachten, dass Ca-Carbonate auswaschbar sind und diese dadurch stellenweise mit dem Sickerwasser verlagert werden können (SÜCHTING 1929; BLUM 2007; BLUME 2010). Fehlen die Ca^{2+} -Ionen im Boden, kann schließlich keine Pufferung mehr stattfinden (BLUME 2010) und das Substrat reagiert stärker auf äußere Einflüsse. Kleine Unterschiede sind nicht unbedingt auf das ausliegende Aas zurückzuführen. Vielmehr könnte auch die Heterogenität des Bodens ein Grund dafür sein.

Kalk spricht man eine besondere Bedeutung für die Entwicklung der Vegetation zu. CaCO_3 fördert das Blattwachstum. Vor allem blattreiche Gewächse – wie Leguminosen – haben einen hohen Ca-Bedarf abzudecken (SÜCHTING 1929). Neben dem positiven Einfluss auf die Vegetation wirkt sich Kalk außerdem auf Gefügestruktur, Lagerung, Wasserhaushalt und Durchlüftung des Bodens aus (SÜCHTING 1929), welche hier aber aufgrund des vorliegenden Verkippungssubstrates nicht optimal sein dürften.

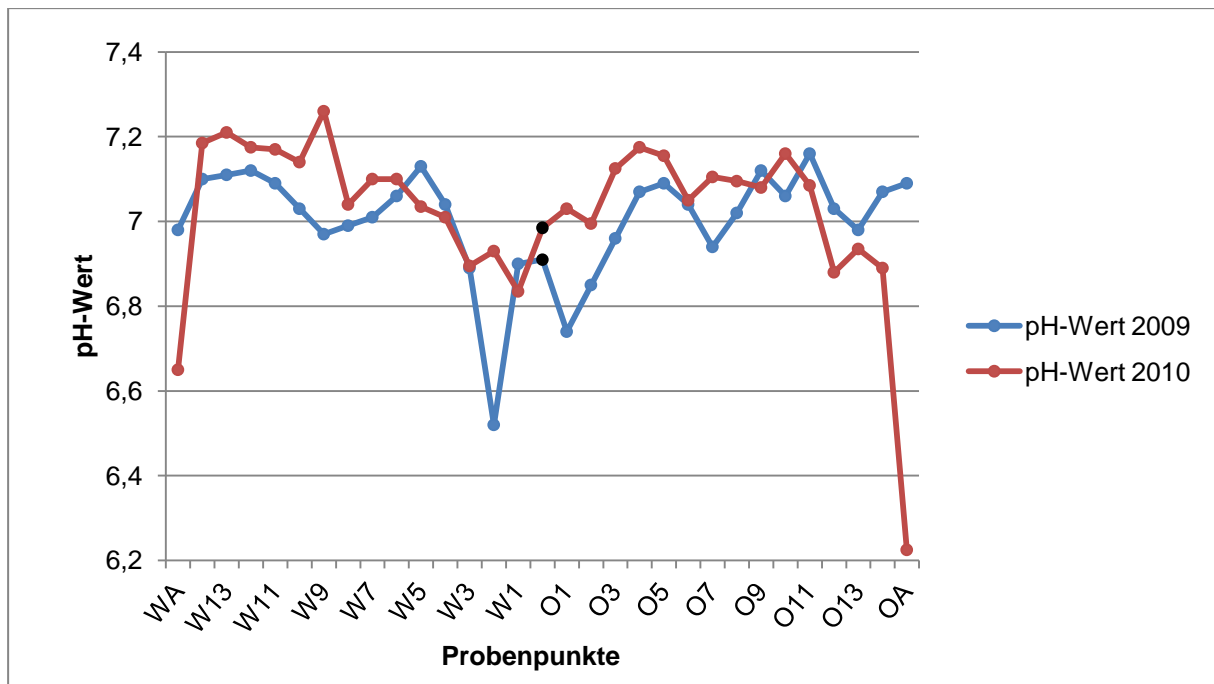


Abb. 48: Vergleich der pH-Werte des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

4.3.2 Wasser- und Humusgehalt

Die Abbildung 49 des **Nord-Süd**-Transektes zeigt die Wassergehalte von 2009 und 2010 im Vergleich. Vor allem die Messergebnisse des ersten Beprobungstermins schwanken deutlich über den gesamten Abschnitt hinweg. Der Nullpunkt und die Anfangsproben beider Teiltransekte haben wesentlich höhere Wassergehalte als die äußeren Probenpunkte. Diese wiederum besitzen in etwa das gleiche Wertenniveau wie die gesamten Ergebnisse des Transektes von 2010. Die höheren Wassergehalte im Jahre 2009 nahe dem Zentrum des Beprobungsmusters könnten durchaus auf den ausgelegten Dachskadaver zurückzuführen sein. Aus dem Aas entweichen stetig mehr oder weniger große Mengen an Körperflüssigkeiten, wie beispielsweise Blut. Diese befeuchten dann den Boden. Jene Vermutung konnten GU & KRAWCZYNSKI (2012) in ihren Untersuchungen bestätigen. Der Tierkörper andererseits spendet Schatten und schützt damit gleichzeitig vor Verdunstung, so dass die Feuchtigkeit auch im Boden gehalten werden kann. Zum anderen hat der Kadaver auch für die Minimierung bzw. das völlige Verschwinden der Vegetationsdecke gesorgt. Es gibt also fast nur noch Rohboden und keine Pflanzen, die eventuell dem Boden Wasser entziehen könnten. Die Messergebnisse von 2010 vermitteln diese Aussage jedoch bereits nicht mehr. Im Gegenteil, die fehlende Vegetationsdecke und der inzwischen völlig entfernte Dachskadaver sorgen da-

für, dass Feuchtigkeit rasch wieder verdunstet und die Wassergehalte um den Nullpunkt daher sogar etwas niedriger sind als in den Außenbereichen.

Je üppiger die Vegetation ist, umso mehr Streu fällt an, die wiederum der Humusbildung dient. Die organische Substanz letztlich ist ein guter Wasserspeicher (BACHMANN 1988, 1995 in WÖLLECKE 2006), so dass in den Außenbereichen eine höhere Aufnahmefähigkeit von Wasser möglich erscheint. Eigentlich dient die Vegetation als Speicher von Flüssigkeit. Da diese jedoch bei der Probenaufbereitung herausgesiebt wurde, sind die hohen Wassergehalte dadurch nicht begründbar. Der Dachs lag im Zentrum des Beprobungsfeldes und rief damit eine Veränderung des Bodens hervor. Im Bereich der Auflagefläche kam es unter Umständen zu einer Verfestigung des Substrates und des Porenraumes. Tiere, die sich dem Kadaver näherten und an ihm zerrten, bearbeiteten den Boden. Zusätzlich durchwühlten nach Larven und Engerlingen suchende Wildschweine den Boden.

Doch auch anthropogen fand eine Beeinflussung statt. Sowohl durch diese als auch durch die zurückliegende Untersuchung von 2009 wurde der Boden beeinträchtigt. Da in der Mitte des Beprobungsdesigns die Punkte dichter beieinanderliegen, ist dort der Einfluss stärker spürbar als außen. Möglicherweise hatte dies zur Folge, dass geringere Wassergehalte zu weniger Vegetationsaufkommen führt. Es soll jedoch auch betont werden, dass die Ergebnisse von Wasser- und Humusgehalt beide nur eine Momentaufnahme darstellen. Der Wassergehalt unterliegt dem stetigen Einfluss der Wetterbedingungen vor Ort, die organische Substanz wiederum wird fortwährend frisch akkumuliert, aber auch durch verschiedene Prozesse abgebaut.

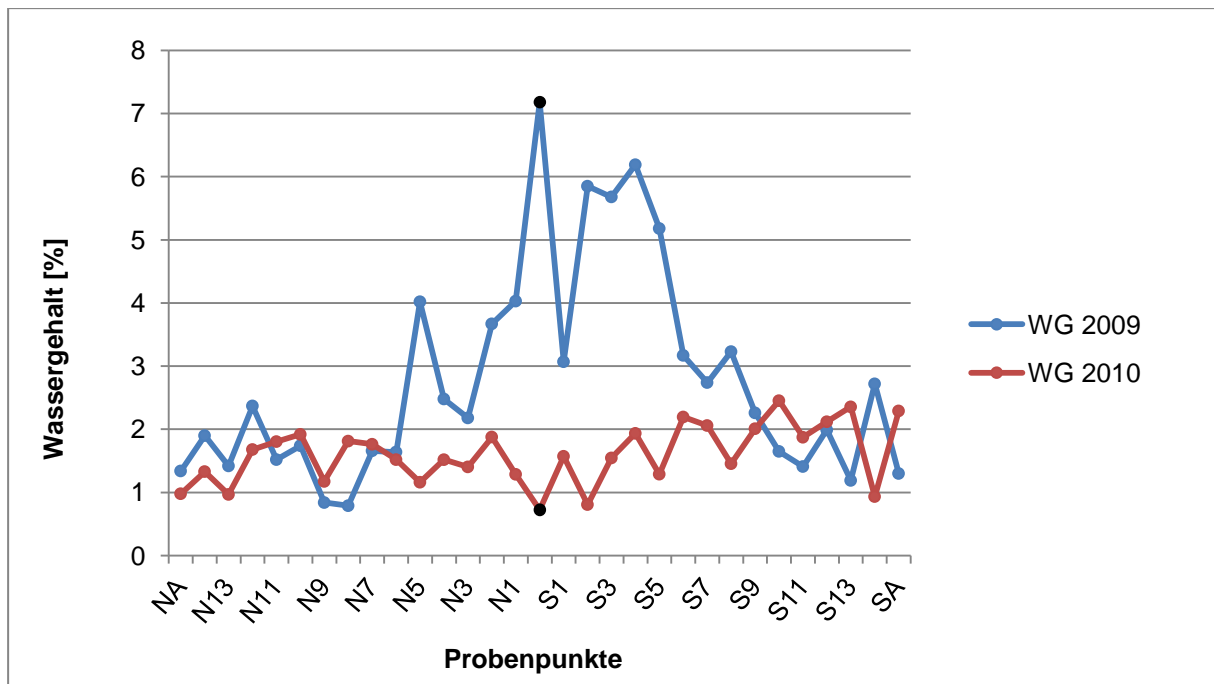


Abb. 49: Vergleich der Wassergehalte des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Im West-Ost-Transekt gruppieren sich ebenfalls um den Nullpunkt die höchsten Wassergehalte (Abb. 50). Bei beiden Transekten fallen die Werte nach außen hin deutlich ab. Im Osten jedoch sinken die Wassergehalte weniger rasch, da selbst weiter außen noch hohe Feuchtigkeitsmengen im Substrat sind. Das wiederum könnte erneut auf die Hangneigung zurückzuführen sein, die Flüssigkeiten – wie Blut und Regenwasser – besonders in östliche Richtung abfließen lässt. Im Westen dagegen sinken die Werte abrupt ab, da das Gefälle unter Umständen ein rasches Abfließen bewirkt. Die Wassergehalte von 2010 erreichen in diesem Transekt genauso wie zuvor in Nord-Süd-Ausrichtung niedrigere Ergebnisse in der Mitte. Das ist wie zuvor schon erwähnt auf die fehlende Vegetation zurückzuführen und dem damit verbundenen höheren Verdunstungsgrad. Die beiden Diagramme zum Wassergehalt (Abb. 49 u. 50) vermitteln jedoch deutlich, dass zumindest kurze Zeit nach dem vollständigen Abbau des Kadavers erhöhte Wassergehalte im Boden vorlagen. 1 Jahr danach ist dieser Effekt jedoch bereits nicht mehr sichtbar und kehrt sich sogar ins Gegenteil um. Es ist anzunehmen, dass das Substrat bedingt durch die Rohbodenstellen rasch durch Verdunstungsprozesse beeinflusst wird und damit erhöhte Wassergehalte im Boden nur wenige Wochen nachweisbar sind. Aufgrund der Hangneigung und der sonnenexponierten Lage am Untersuchungsstandort könnte diese Entwicklung zeitlich noch weiter eingeschränkt sein.

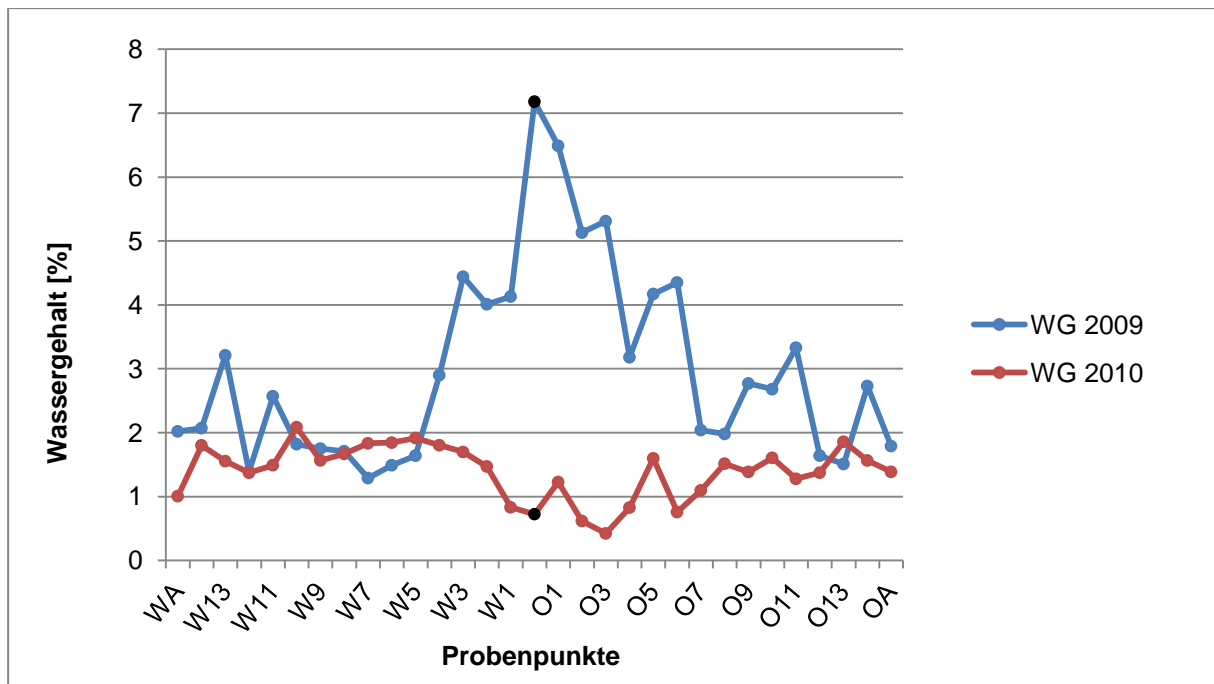


Abb. 50: Vergleich der Wassergehalte des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

Die Humusgehalte des **Nord-Süd**-Transektes von 2009 und 2010 zeigen beide in etwa das gleiche Wertenniveau (Abb. 51). Die Mengen an organischer Substanz sind nicht gleichmäßig verteilt, es treten unterschiedlich stark ausgeprägte Schwankungen in den beiden Reihen auf. Das zeigt jedoch nicht, dass im Umkreis des Kadavers sich deutlich von den äußeren Bereichen abhebende Abschnitte ausbilden. Die Fluktuationen könnten durchaus auf die Heterogenität des Substrates zurückzuführen sein. Andererseits gilt es zu beachten, dass der Prozess der Humusbildung sehr langsam verläuft: Streu und Kadaverüberreste durchlaufen langwierige Prozesse bis organische Substanz vorliegt (BLUME 2010). Zum anderen könnte auch eine rasche Weiterverwertung in anderen Prozessen dazu führen, dass der gebildete Humus schwer nachweisbar ist. Außerdem sind Auswaschungsprozesse in der Lage, den vom Kadaver stammenden Humus auszuschwemmen und in der Umgebung zu verteilen.

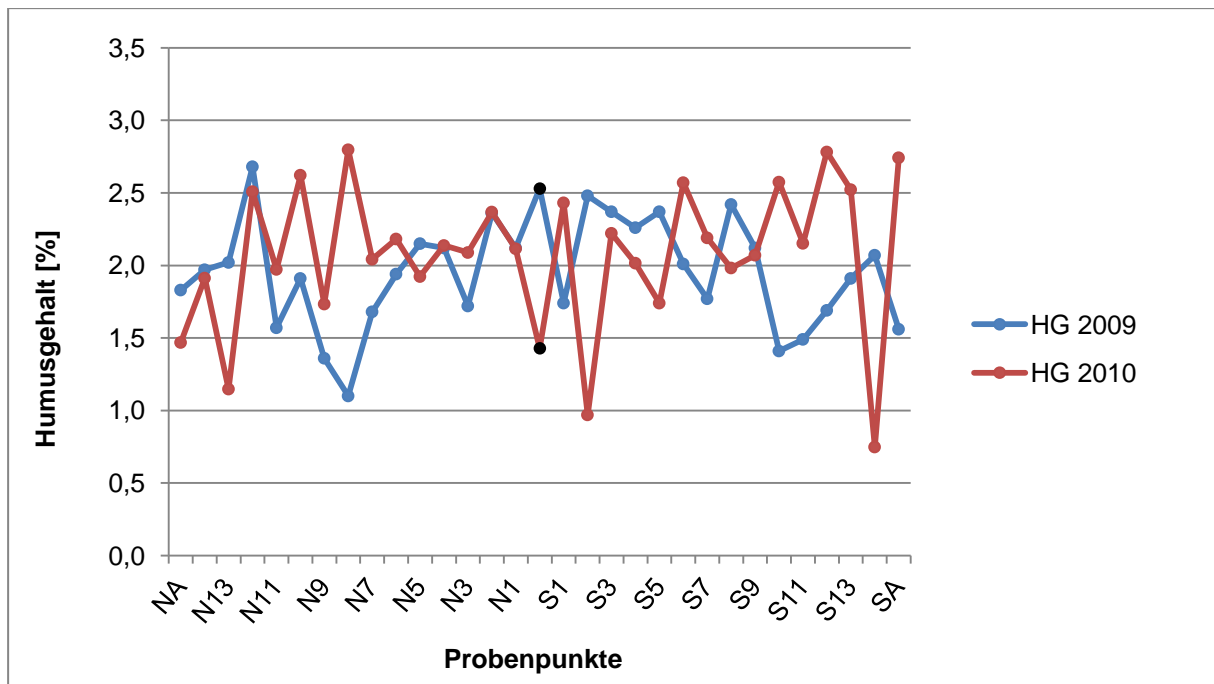


Abb. 51: Vergleich der Humusgehalte des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Die Betrachtung des **West-Ost-Transektes** legt ebenfalls offen, dass bei beiden Transekten keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem Bereich existieren, wo der Dachskadaver lag und den weiter weg befindlichen Probenstandorten (Abb. 52). 2010 erkennt man im westlichen Abschnitt zwischen W_2 und W_{10} einen Bereich, in dem der Anteil organischer Substanz etwas höher ist. Dennoch ist der Unterschied zu gering, als dass es sich hierbei um Einflüsse durch den Kadaver und nicht durch die Heterogenität des ausgebrachten Substrates handeln könnte. Insgesamt zeigt der Humusgehalt innerhalb des beobachteten Zeitraumes noch keine sichtbaren Veränderungen im Zentrum des Beprobungsmusters. Eine spätere Ausbildung von Unterschieden zwischen den Abschnitten kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Der Humusgehalt beeinflusst die Vegetation in starkem Maße. Dies liegt an seinen vielfältigen positiven Eigenschaften für den Boden. Es ist nicht nur, dass er organische und anorganische Stoffe speichert und dem Austausch von Ladungen dient, sondern auch, dass er für die Ausbildung einer stabilen Bodenformation dienlich ist, welches die Gefüge- und Aggregatbildung einschließt (MÜLLER 1965; BLUME 2010). Dass Humus- und Wassergehalte im Allgemeinen recht gering ausfallen, kann also auf das Ausbringen des Verkipfungsmaterials zurückzuführen sein. Ein anthropogen aufgetragenes Substrat kann nicht das reich strukturierte Gefüge eines natürlich gewachsenen Bodens erreichen und demzufolge auch nicht gleichbleibend hohe Wasser- und Humuswerte aufweisen. Zieht man nun vergleichend dazu die Messergebnisse einer typischen Bergbaufolgelandschaft wie die der Schlafendorfer Felder hinzu, so zeigt sich, dass die Werte teilweise sogar noch unter denen des ehemaligen Tage-

baugebietes liegen. Mitunter sind die ermittelten Wassergehalte der Lieberoser Heide nur halb so hoch wie jene in Schlabendorf Süd. Die Humusgehalte kommen ebenfalls in beiden Habitaten auf äußerst geringe Mengen (vgl. KRAWCZYNSKI et al. 2010). Da es bei beiden Standorten mindestens 12 Tage vor den Beprobungen nicht regnete (HORNOFF, unveröffentlicht; VOGT 2007), kann von vergleichbaren Verhältnissen ausgegangen werden.

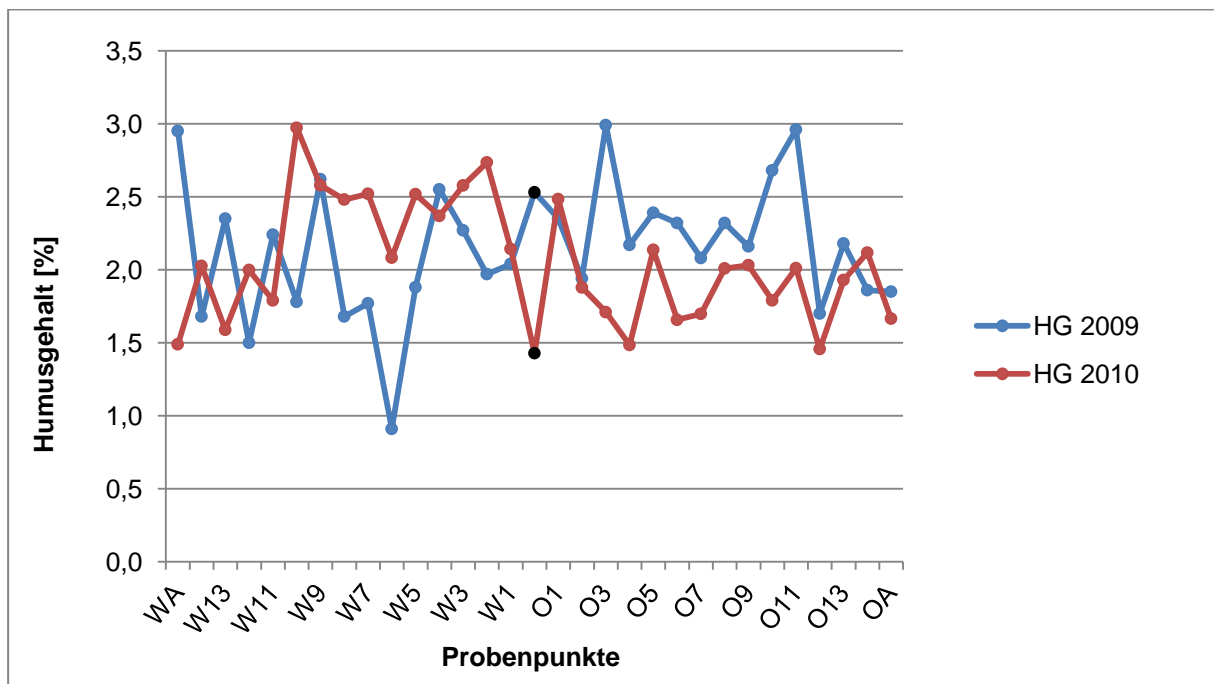


Abb. 52: Vergleich der Humusgehalte des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

Bedingt durch die Hanglage des Untersuchungsstandortes, ist die potentielle Humusaufgabe stets von Nährstoffauswaschung betroffen. Diese wird vermindert, je mehr das Substrat in der Lage ist, Wasser zu speichern (BLUME 2010). Da dieser Kippboden aber wahrscheinlich ein wenig gut ausgebildetes Bodengefüge aufweist (BIEN 2008), muss an dieser Stelle zusätzlich mit der Auswaschung von Nährstoffen gerechnet werden.

4.3.3 Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffgehalt

Um einen Vergleich der Messergebnisse von 2009 und 2010 zu ermöglichen, wurden die Daten angeglichen, d.h. es wurden Ammonium- und Nitratwerte verwendet. Die Gegenüberstellung der Ammoniumkonzentrationen des **Nord-Süd**-Transektes vermittelt erhebliche Unterschiede zwischen 2009 und 2010 (Abb. 53). Zum Zeitpunkt der ersten Beprobung zeichneten sich vor allem der Nullpunkt und die daran angrenzenden Probenpunkte durch deutlich höhere

Ammoniumwerte aus. In südlicher Richtung dehnt sich dieser Bereich weiter nach außen aus als in nördlicher. Im Süden sind die Messergebnisse nochmal weitaus höher als im Norden, wobei der Peak bei S₄ erreicht wird. Bedingt durch das Gefälle, welches nach Südosten hin abschüssig ist, und die Tatsache, dass Ammonium-Ionen auswaschbar sind, wird NH₄⁺ hangabwärts akkumuliert. Die gesamte Nährstofffahne verlagert sich also weiter nach außen. Dass die Konzentration bei S₄ nun am höchsten ist, könnte dadurch bedingt sein, dass dies der Grenzbereich des starken Aaseinflusses ist, wohin alles oberhalb Befindliche eingeschwemmt wird. Möglicherweise ist das Gefälle an diesem Punkt weniger stark, so dass an dieser Stelle mehr akkumuliert als ausgeschwemmt wird. Die Ergebnisse von 2010 zeigen kaum Veränderungen im Werteverlauf. Sie belaufen sich alle auf weniger als 1 µg/g TS, also nur noch einen Bruchteil der Messergebnisse aus dem mittleren Abschnitt des Transektes. Doch bereits ab dem 7. Probenpunkt nach außen laufend unterscheiden sich die Konzentrationen nicht mehr. Erhöhte Ammoniumkonzentrationen brauchten sich also bereits 1 Jahr nach dem Auslegen des Kadavers vollständig auf, so dass inzwischen kaum mehr Unterschiede zwischen der Aasstelle und Umgebung sichtbar waren. Dieses Resultat ist jedoch nicht verwunderlich, da Ammonium zur Auswaschung neigt und unter aeroben Verhältnissen, die der lockere sandige Boden des Untersuchungsgebietes hergibt, rasch zu Nitrat umgewandelt wird.

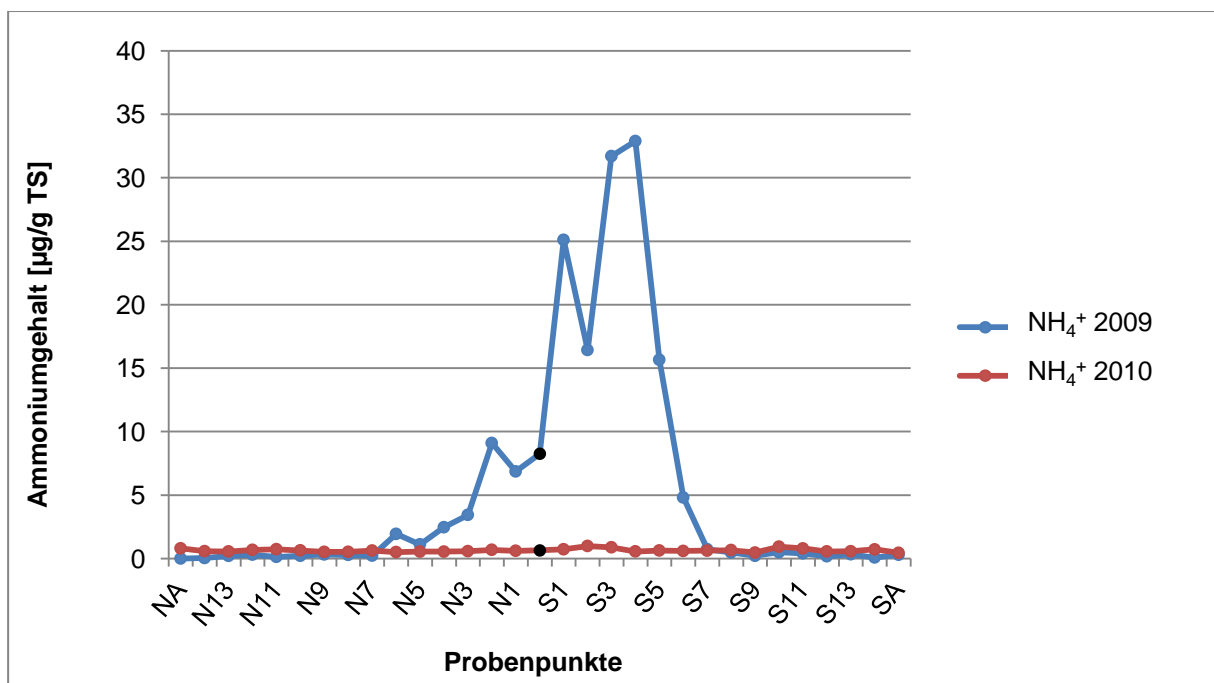


Abb. 53: Vergleich der NH₄⁺-Konzentrationen des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Die Messergebnisse der NH_4^+ -Konzentrationen des **West-Ost**-Transektes von 2010 gestalten sich erneut sehr homogen (Abb. 54). Selbst bei feinerer Skaleneinteilung zeigen sich nur geringfügig höhere Werte um den Nullpunkt. Doch im Gegensatz zum Nord-Süd-Transekt sind die Ammoniumgehalte mit einem Maximum von etwa $1,5 \mu\text{g/g}$ TS hier etwas höher. Im Jahr 2009 erreicht der Transekt kein so hohes Wertenniveau wie der Abschnitt in Nord-Süd-Ausdehnung. Zwar sind die Messergebnisse im Mittelteil deutlich erhöht gegenüber den äußeren Proben, aber der Höchstwert liegt noch etwa $10 \mu\text{g/g}$ TS unter dem Maximum des anderen Transektes. Der westliche Transekt weist ebenso wie der nördliche zuvor nur wenige Probenpunkte, bis etwa W_3 , mit erhöhten Ammoniumkonzentrationen auf. Im Osten hingegen dehnt sich diese Nährstofffahne ähnlich wie im Süden wesentlich weiter aus und erstreckt sich bis O_8 . Die Hangneigung bewirkt genauso wie in südlicher Richtung, dass von oberhalb, also aus dem Westen, Ammonium eingespült wird. Ein derart deutlicher Effekt von erhöhten Ammoniumkonzentrationen im Zentrum ist auch hier von nur kurzfristiger Natur. Die hohe Mobilität der Ionen sowie die rasche Umsetzung zu Nitrat und anderen Stickstoffverbindungen bewirkt, dass ein Jahr – nachdem das Aas platziert wurde – kaum noch sichtbare Nachwirkungen vorhanden sind. Da um den Nullpunkt nur wenig Pflanzenwuchs zu verzeichnen ist, dürfte der Anteil des Ammoniums, welches von der Vegetation aufgenommen wurde, gering sein. GU & KRAWCZYNSKI (2012) berichten jedoch, dass sich die Nährstoffzufuhr in Form eines Kadavers begünstigend auf nährstoffarme Vegetationsstrukturen wie der Magerrasengesellschaft in der Lieberoser Heide auswirkt. DANELL et al. (2002) fanden heraus, dass ein signifikanter Stickstoffgehalt in Pflanzen bis etwa 1 m entfernt von einer ehemaligen Kadaverstelle reicht. Sie konnten außerdem im Umkreis des Aases ein üppigeres Pflanzenwachstum feststellen, ähnlich wie es an einem Kadaver im Untersuchungsgebiet (Abb. 5a im Anhang) nachgewiesen werden konnte.

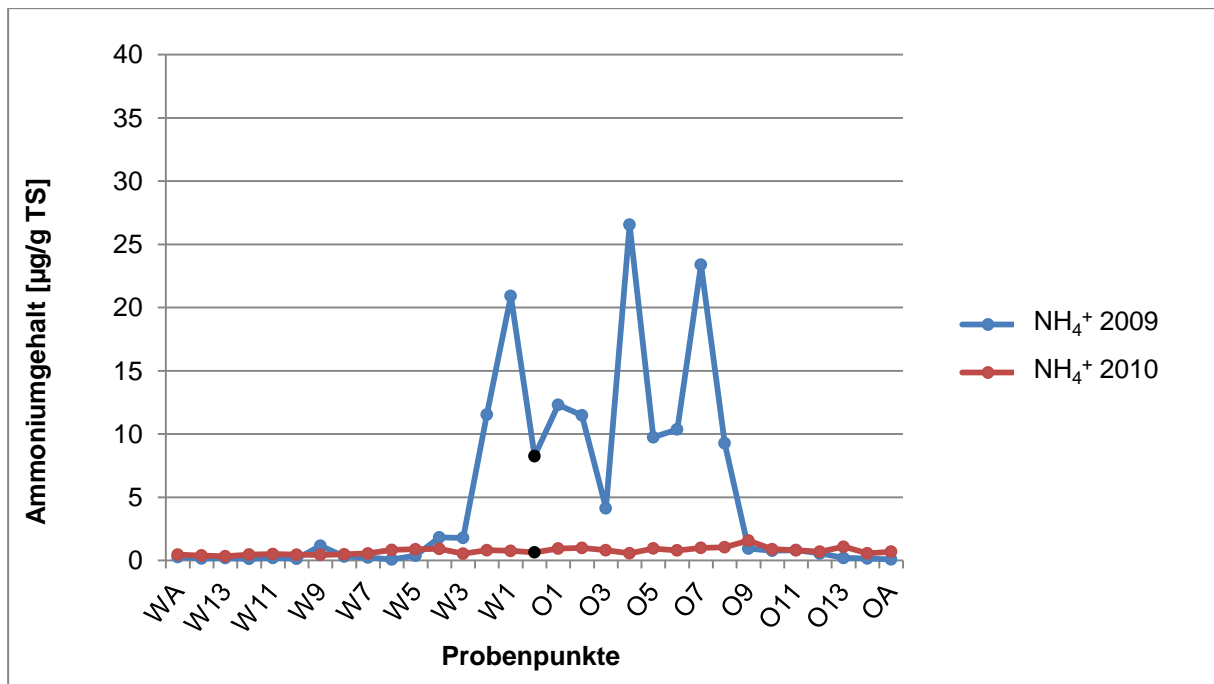


Abb. 54: Vergleich der NH₄⁺-Konzentrationen des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

Die Nitratwerte des **Nord-Süd**-Transektes von 2009 erreichen in den Außenbereichen äußerst niedrige Konzentrationen (Abb. 55). Damit liegen sie sogar noch unter denen von 2010. Um den Nullpunkt herum werden wiederum die Höchstwerte erreicht, ab dem 5. bzw. 6. Probenpunkt sinkt der Werteverlauf jedoch wieder deutlich ab. In südlicher Richtung sind die Konzentrationen merklich über denen im Norden. Es fand also unter Umständen – wie bereits beim Ammonium – eine Beeinflussung der Nitratkonzentrationen im Boden durch Auswaschungen infolge der Hanglage statt, vor allem da Nitrat leichter auswaschbar ist als Ammonium. Im Jahre 2010 sind die Messergebnisse deutlich homogener im Verlauf. Doch hier lassen sich anders als bei Ammonium noch leicht höhere Gehalte in der Nähe des Nullpunktes erkennen. Dass beim Nitrat eher noch Unterschiede sichtbar sind, könnte daran liegen, dass unter aeroben Verhältnissen stetig eine Umwandlung von NH₄⁺ zu NO₃⁻ stattfinden kann.

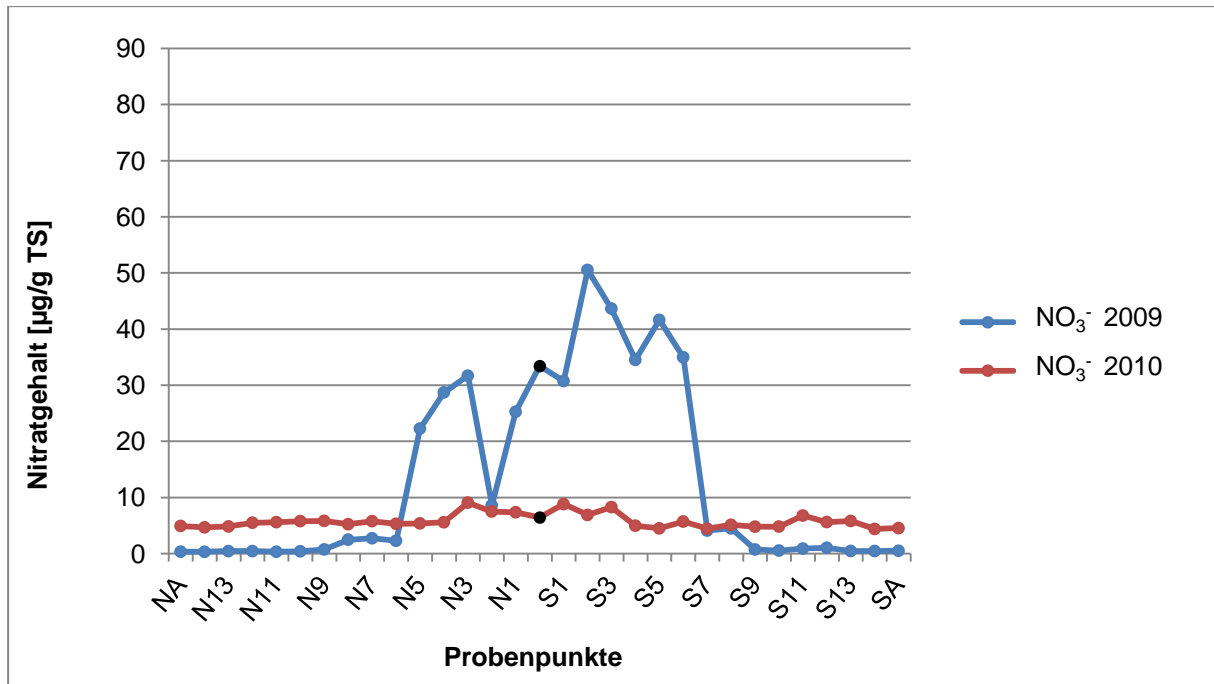


Abb. 55: Vergleich der NO₃⁻-Konzentrationen des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Der Werteverlauf des **West-Ost**-Transektes von 2010 ist erneut relativ konstant (Abb. 56), doch das Wertenniveau liegt über dem des Nord-Süd-Transektes. Zwei Maxima links und rechts des Nullpunktes zeigen noch etwas höhere Nitratkonzentrationen im Umfeld an. Im Jahre 2009 jedoch sind diese Unterschiede zwischen der Kadaverstelle und deren Umfeld wesentlich klarer sichtbar. Der Einfluss im Westen reicht etwa bis zum 5. Probenpunkt, in östlicher Richtung sogar bis O₈. Die Außenbereiche haben aber erneut niedrigere Ammoniumkonzentrationen als im Jahre 2010. Auffällig ist, dass sowohl im Jahre 2009 als auch ein Jahr darauf ein Peak bei O₂ existiert. Die Messergebnisse sind insgesamt etwas höher als die des Nord-Süd-Transektes. Es kann also durchaus ein erheblicher Einfluss vom Dachskadaver auf die Umgebung ausgehen, indem durch das Aas eine erhöhte Menge an Stickstoffverbindungen bereitgestellt wird. TOWNE (2000) bemerkt dazu, dass die Nitratmenge, die geliefert wird, ganz entscheidend mit der Größe des toten Tieres, der Liegezeit und der Entfernung zum Aas variiert.

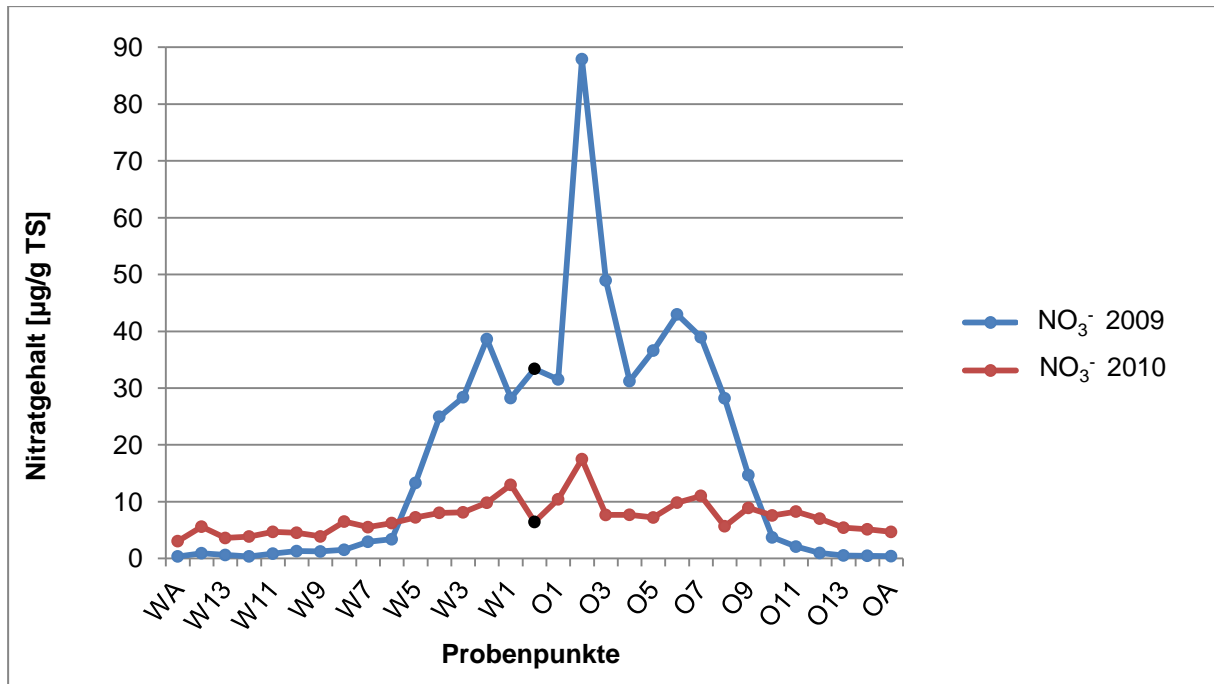


Abb. 56: Vergleich der NO₃⁻-Konzentrationen des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

Die Grundlage für die Anwesenheit von NH₄⁺ bilden Pflanzen- und Tierreste (TROLLDENIER 1971). Im Zuge der Ammonifikation werden diese eiweißreichen Materialien umgewandelt, besonders reich an Ammonium sind Tierkadaver (MÜLLER 1965). Entscheidend für die Umwandlung von Ammonium zu Nitrit und schließlich zu Nitrat sind nitrifizierende Bakterien der Gattung *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* (MÜLLER 1965; TROLLDENIER 1971; BLUM 2007; BLUME 2010). TOWNE (2000) konnte bereits 3 Jahre nach dem Auslegen eines Tierkadavers keine signifikanten Unterschiede mehr bei anorganischem Stickstoff, also sowohl Ammonium als auch Nitrat, im Vergleich zur Umgebung feststellen. Andere Untersuchungen ergaben nur bei einem 1 Jahr alten Kadaver deutliche Unterschiede in der Nitratkonzentration (MELIS et al. 2007).

Dass hohe Stickstoffkonzentrationen im Boden mitunter nur einen kurzen Zeitraum lang nachweisbar sind, kann verschiedene Gründe haben, so z.B. eine schnelle Umsetzung von N-Verbindungen sowie Ausgasungen in die Atmosphäre (TROLLDENIER 1971), die Aufnahme durch die Vegetation und Auswaschungsverluste spielen eine Rolle. Die Aufnahme von Stickstoff durch Pflanzen kann sowohl als NO₃⁻ als auch als NH₄⁺ erfolgen (TROLLDENIER 1971), dennoch kann Nitrat von der Vegetation über einen breiteren pH-Wert-Bereich leichter aufgenommen werden (TROLLDENIER 1971). Für eine hohe Nitrifikationsrate spricht der sandige, gut durchlüftete Boden, der sowohl für diesen Prozess als auch für die Ammonifikation förderlich ist (MÜLLER 1965). Andererseits besteht die Möglichkeit, dass Ammonium ausge-

spült wurde. Zwar heftet sich NH_4^+ an Bodenpartikel an (TROLLDENIER 1971; BLUME 2010), doch in durchlässigen Sandböden erfolgt dessen Auswaschung leichter. Nitrat hingegen unterliegt viel stärker diesem Prozess, da es sich nicht mit Bodenteilchen verbindet (BLUME 2010).

4.3.4 Phosphatgehalt

Für einen Vergleich der Phosphorwerte von 2009 und 2010, wurden alle Ergebnisse als P-PO_4^{3-} angegeben. Die Phosphatkonzentrationen von 2009 heben sich im Zentrum des **Nord-Süd**-Transektes deutlich von denen in den Außenbereichen ab (Abb. 57). Dabei fallen die Unterschiede hier zwischen nördlichem und südlichem Transekt anders als bei den beiden Nährstoffen zuvor kaum ins Gewicht. Da Phosphor i.d.R. adsorbiert an Bodenpartikeln vorliegt, ist es weniger von Auswaschung betroffen als es z.B. bei Ammonium der Fall ist. Das Gefälle hat damit kaum Einfluss auf die Konzentrationen im Substrat. Selbst bei der zweiten Beprobung zeigen sich noch deutlich höhere Werte um die Kadaverstelle.

Phosphor kann anders als Nitrat nicht so leicht ausgewaschen werden, nur wenig gelangt mit dem Sickerwasser ins Grundwasser (AUGUSTIN 1992; BLUME 2010). Ausspülungen können aber z.T. im Zuge der Erosion von Bodenmaterial erfolgen (KUNTZE et al. 1994). Phosphor gilt vielerorts als limitierender Faktor für das Wachstum der Vegetation. Pflanzen nehmen ihn auf, indem sie von den Wurzeln Exsudate ins Substrat abgeben und damit Phosphorsäureester hydrolysieren, um schließlich anorganischen Phosphor aufnehmen zu können. Unter sauren Bedingungen ist es an Fe- und Al-Hydroxide angeheftet, so dass es für Pflanzen nicht mehr aufnehmbar ist (BLUME 2010). Da sich die pH-Werte jedoch meist im neutralen Bereich bewegen, dürfte ein P-Mangel aus diesem Grund nicht zutreffend sein. Unter alkalischen Bedingungen fällt Phosphor mit im Substrat enthaltenem Ca^{2+} aus (BLUME 2010), was aber ebenfalls aufgrund der vorherrschenden pH-Wert-Verhältnisse nicht der Fall sein dürfte. Der Nährstoff gilt außerdem als essentiell für Mikroorganismen zur Gewinnung von Energie (Augustin 1992; BLUME 2010). Wichtige Phosphorquellen können neben den bereits erwähnten Möglichkeiten Zähne oder Knochen bzw. die abgestorbene organische Substanz oder Organismen sein (BLUME 2010). Da Phosphor sich durch eine geringe Löslichkeit auszeichnet, könnte ein Großteil der ursprünglichen Menge noch vorhanden sein, zumal die unmittelbar vom Dachskadaver beeinflussten Probennummern wenig Vegetation vorweisen.

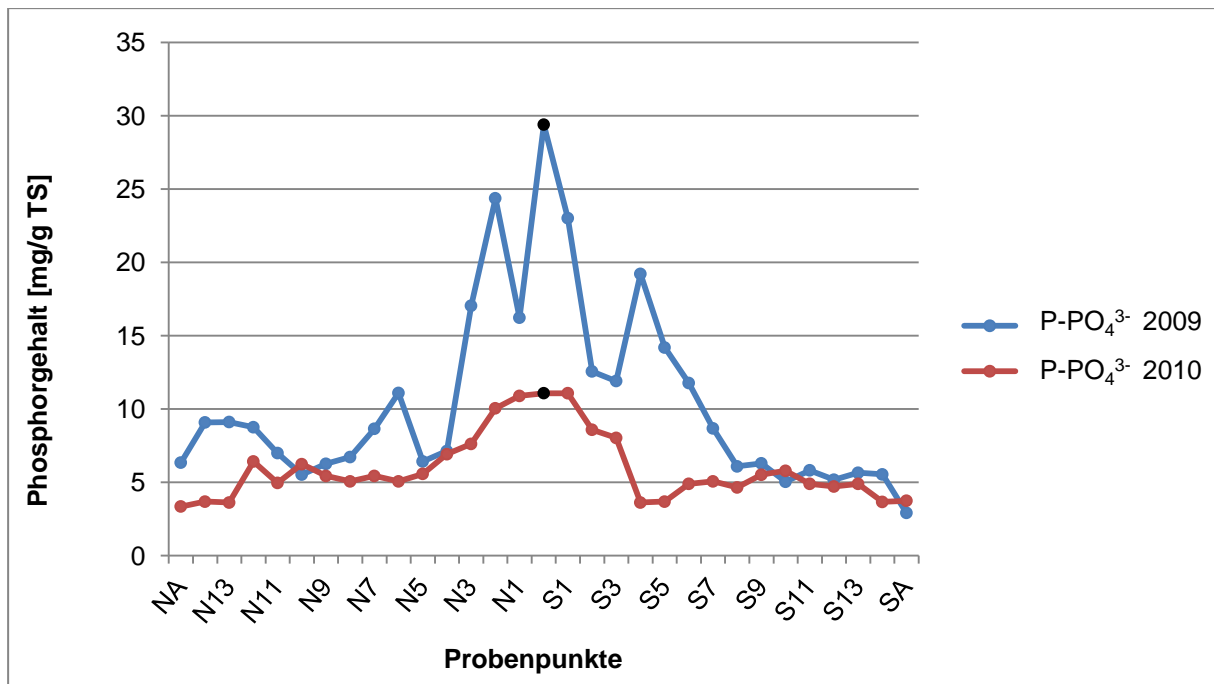


Abb. 57: Vergleich der PO₄³⁻-Konzentrationen des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Die Phosphatkonzentrationen des **West-Ost-Transektes** zeigen zu beiden Beprobungsterminen deutlich erhöhte Werte im Umkreis des ausgelegten Kadavers und das in höherem Maße als es beim Nord-Süd-Transekt der Fall ist (Abb. 58). Selbst im Jahre 2010 konnte sich deutlich mehr Phosphor im Substrat halten. Doch die Phosphatgehalte des Osttransektes schwanken erheblich, so dass sie teilweise unter die von 2010 sinken. Die starken Fluktuationen könnten einerseits wieder auf die Heterogenität des aufgeschütteten Substrates zurückzuführen sein oder möglicherweise andeuten, dass ein Eintrag von Phosphor nur punktuell stattgefunden hat. Phosphor ist der einzige Parameter, der selbst 1 Jahr nach dem Auslegen des Kadavers noch so deutliche Unterschiede zwischen dem Zentrum der Aasstelle und den Außenbereichen aufweist. Das ist vor allem auch auf den geringen Auswaschungsgrad des Nährstoffes zurückzuführen.

MELIS et al. (2007) konnten für verschiedene Kadaver auch eine erhöhte Phosphorkonzentration nachweisen. TOWNE (2000) berichtet, dass er ebenfalls erhöhte Werte messen konnte und dass diese selbst 3 Jahre nach dem Auslegen des Aases noch signifikant über denen der Umgebung liegen. Er weist darauf hin, dass die Konzentration ganz entscheidend von der Größe des Tieres, dem Todeszeitpunkt und der jeweiligen Entfernung zu dem toten Tier abhängt. Im Gegensatz zu Stickstoff ist Phosphor auch nach 1 Jahr erhöht. Wahrscheinlich ist der Grund hierfür in der leichteren Auswaschbarkeit des Stickstoffs zu suchen.

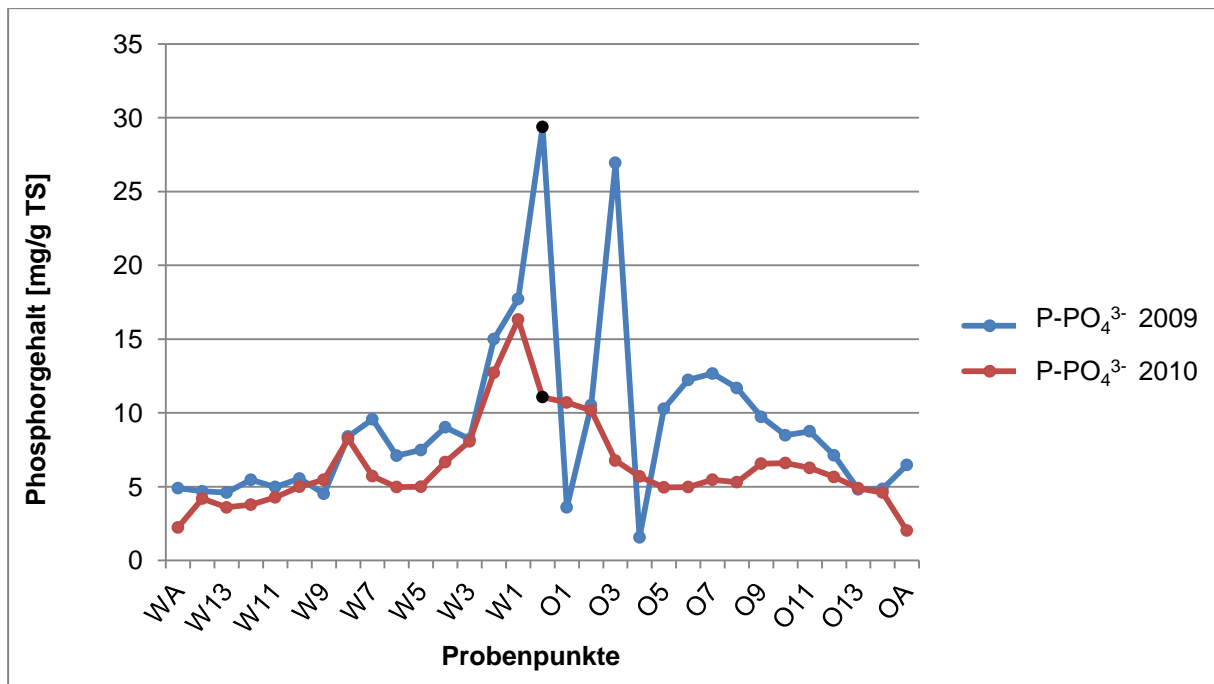


Abb. 58: Vergleich der PO₄³⁻-Konzentrationen des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

4.3.5 Leitfähigkeit

Die Entwicklung der Leitfähigkeit des **Nord-Süd**-Transektes in den Jahren 2009 und 2010 offenbart erhebliche Unterschiede zwischen beiden Beprobungsterminen (Abb. 59). Der Werteverlauf von 2010 erscheint in dieser Abbildung im Vergleich zu dem anderen nahezu konstant. Das Wertenniveau von 2009 hebt sich hingegen deutlich ab. Zwischen dem Nullpunkt und dem 8. Probenpunkt jeder Transekthälfte liegen die Messergebnisse deutlich über denen von 2010. Das äußerst hohe Wertenniveau reicht jedoch nur etwa bis zum 5. Probenpunkt, danach sinken die Werte schließlich rapide ab. Für 2009 kann ein erheblicher Einfluss des Dachskadavers auf die Leitfähigkeit ausgemacht werden. Auf 2010 trifft diese Aussage jedoch anhand dieses Diagrammes nicht mehr zu. Mit Hilfe von Diagrammen mit kleinerer Skaleneinteilung (siehe Diagramme im Ergebnisteil) können noch gewisse Unterschiede im Transektverlauf festgestellt werden, doch bei weitem nicht so deutlich wie die Ergebnisse der 1. Beprobung vermitteln. Offensichtlich ist die Wirkung auf die Leitfähigkeit nur kurzfristig, dafür aber extrem. Die Messergebnisse zwischen den Proben im Zentrum und außen unterscheiden sich um bis zu 700 µS/cm. Dass dieser Effekt nicht anhält, könnte darauf zurückzuführen sein, dass Stoffe, die zur Ionenleitfähigkeit beitragen, entweder rasch umgesetzt oder auch ausgewaschen werden.

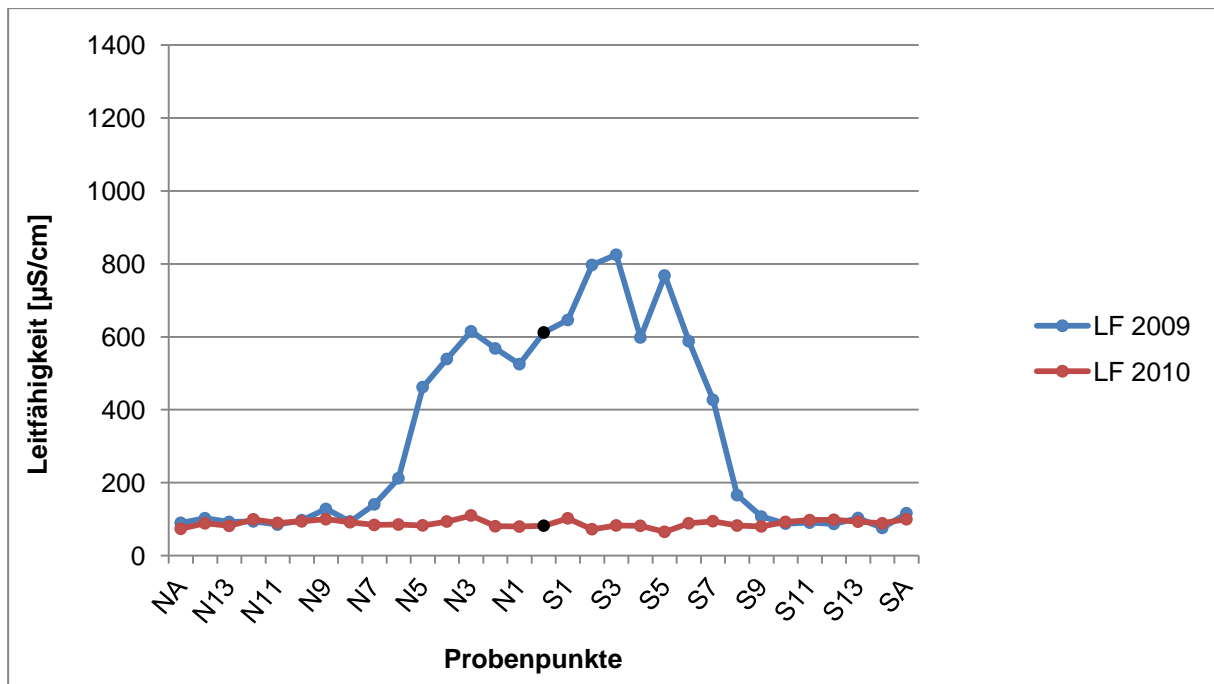


Abb. 59: Vergleich der Leitfähigkeiten des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010

Für den **West-Ost**-Transekt zeigt sich die gleiche Entwicklung (Abb. 60). 2010 ist der Werteverlauf relativ konstant, nur dass die Ergebnisse mit fast 200 µS/cm höher sind als beim Nord-Süd-Transekt. Die Daten aus dem Jahr zuvor erreichen nahe dem Zentrum wieder die größten Leitfähigkeiten. Es existieren sogar 2 Peaks, die das Wertenniveau von 800 µS/cm des Nord-Süd-Transektes deutlich übertreffen. Dass vor allem in östlicher Richtung die Werte so hoch sind, könnte erneut durch die Hangneigung sowie die Lage des Aases bedingt sein. Durch ein gewisses Gefälle könnten Blut und andere Körperflüssigkeiten sowie Regenwasser bevorzugt in diese Richtung abfließen und dadurch Ionen einschwemmen, die den Parameter erhöhen.

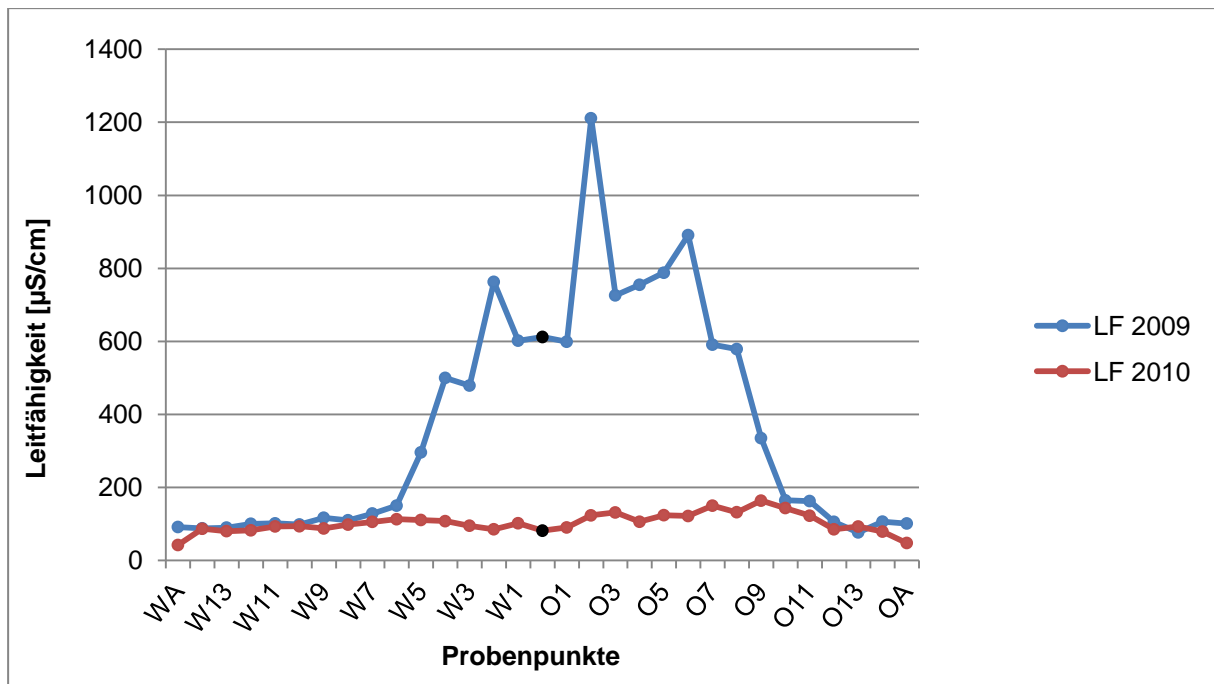


Abb. 60: Vergleich der Leitfähigkeiten des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010

Es ist anzunehmen, dass Nitrat den größten Einfluss auf die Leitfähigkeit hat, da es häufig dort ansteigt, wo die Ionenaustauschrate hoch ist. Der Austausch von Bodenteilchen basiert aber vermutlich noch auf einer ganzen Reihe anderer Stoffe, die jedoch im Zuge der Bodenanalytik nicht ermittelt wurden. Die Leitfähigkeit gibt durch ihre Größe auch Auskunft darüber, in welcher Menge essentielle Pflanzennährstoffe bereitstehen (BLUME 2010). Die hohen Austauschraten liegen dort vor, wo sich der Dachskadaver befand, und können so einen wichtigen Schritt zur Schließung der Vegetationsdecke beitragen, sofern alle für das Wachstum notwendigen Stoffe vorhanden sind. Welche Ionen verstärkt anwesend sind, regelt der pH-Wert. Die Nitrifikation verläuft am besten bei Werten knapp über 7 (TROLLDENIER 1971). Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, ist die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat weit fortgeschritten. Letzteres liegt zumeist in wesentlich größeren Mengen vor und ein pH-Wert von nahezu um 7,0 schafft dafür ideale Bedingungen. Die vorgeschaltete Ammonifikation verläuft im sauren Milieu nicht mehr so zügig (TROLLDENIER 1971), so dass zu vermuten ist, dass die Verhältnisse schon einige Zeit im neutralen Bereich sind.

Dass eine hohe Leitfähigkeit nicht immer erhöhte Ammonium- und Nitratwerte nach sich zieht, kann u.a auch an einer Auswaschung und Aufnahme durch Pflanzen liegen. Nitrat ist über eine größere pH-Wert-Spanne als Ammonium einfacher von der Vegetation aufnehmbar. Andererseits unterliegt es stärker den Auswaschungsprozessen, da es sich kaum an Bodenteilchen anheftet. Doch auch eine Rückführung von NO_3^- zu NH_4^+ kann die Konzentrationen verändern (TROLLDENIER 1971). Da letzteres aber vor allem unter anaeroben Verhältnissen ge-

schiebt, trägt dieser Prozess wohl am wenigsten zum Verlust von Nitrat bei. Wie groß die Leitfähigkeit ausfällt, hängt neben dem pH-Wert und den freien Ionen letztendlich auch von der Temperatur und den organischen Komplexbildnern ab. Der Austausch von Kationen z.B. wird maßgeblich vom Humusgehalt beeinflusst (BLUME 2010). Doch auch die Wertigkeit der betreffenden Ionen ist entscheidend. Demnach sind Phosphate deutlich fester gebunden als Nitrate, welche stark zur Auswaschung neigen. Welche Rolle PO_4^{3-} konkret in diesem System einnimmt, konnte aber noch nicht abschließend geklärt werden (KUNTZE et al. 1994), sie ist höchstwahrscheinlich als gering anzusetzen. Unter sauren Bedingungen gehen Ca-Phosphate in Lösung. Steigt der pH-Wert wiederum rapide an, lösen sich Al(III)- und Fe(III)-Oxide auf und es liegt ein reduktives Milieu vor. So können Phosphate durch die Einwirkung von Anaerobiern freigesetzt werden (BLUME 2010). Da das Substrat jedoch sandig ist und damit gut durchlüftet wird sowie neutrale Bedingungen herrschen, kann der Anteil von mobilen Phosphor-Ionen als gering angesehen werden.

4.4 Collembolen

4.4.1 Endogäische Arten

4.4.1.1 *Friesea afurcata*

Friesea afurcata konnte ausschließlich aus den Proben im Osten extrahiert werden. Dort beträgt ihre Stetigkeit 40 % (Tab. 1a im Anhang). Insgesamt ist die Art jedoch, da sie im Norden, Süden und Westen nicht vorkommt, nur in rund 10 % der Proben am Untersuchungsstandort vertreten. Auffällig ist, dass es sich nicht um mehrere isolierte, sondern um 6 nacheinander folgende Vorkommen handelt, die zwischen O₄ und O₉ liegen. Alle Funde bestehen aus höchstens 2 Individuen, nur in O₆ – in der Mitte dieser Ansammlung – sind 23 Exemplare. Dass *Friesea afurcata* so gruppiert auftritt, könnte an ihrer Ernährungsweise liegen. Die gesamte Gattung zählt zu den Räubern und Aasfressern (DUNGER 2008). Neben Nematoden (RUSEK 1998), gehören Rotatorien, Tardigraden, Proturen und selbst Eier sowie andere Collembolen zur Nahrung (RUSEK 1998; CASSAGNAU 1961 in DUNGER 2008). Dies könnte wiederum für das Vorkommen der Art bedeuten, dass sie bei ergiebigen Nahrungsquellen vermehrt und kompakt auftritt. Die letzten Tage vor der Beprobung waren jedoch sehr trocken. Ihre Nahrung, wie kleinere Bodentiere, könnten die Hitze nicht überlebt haben, so

dass für *Friesea afurcata* die Nahrungsgrundlage für eine starke Ausbreitung fehlte. Dennoch können Predatoren wie diese nie solch große Individuendichten erreichen, wie z.B. sich von Streu oder Pilzen ernährende Collembolenarten. Eine geringe Dichte der Art ist möglicherweise auch darauf zurückzuführen, dass sie ihre Nahrungsgründe bereits stark ausbeutete und die Ressourcen inzwischen zu knapp geworden sind, um eine größere Population zu beherbergen. In O₆ z.B. nimmt sie etwa die Hälfte der gesamten Population des Probenpunktes ein. Die Art gehört zu den „ritzenden Saugern“. Mit Hilfe ihrer Mundwerkzeuge kann sie ihre Beute aufreißen und anschließend aussaugen (PETERSEN 1971 in HOPKIN 1997; DUNGER 2008). Als der Dachskadaver am Beprobungsstandort lag, könnte die Art davon profitiert haben. Ob *Friesea afurcata* aber tatsächlich einen Vorteil aus der Anwesenheit eines Kadavers zieht, müsste zu einem früheren Zeitpunkt untersucht werden.

Betrachtet man die Vegetation in den Punkten, die von *Friesea afurcata* bevölkert werden, so kommen nur 1 - 2 verschiedene Pflanzenarten vor. Stets tritt jedoch *Elytrigia repens*, ein Zeiger für stickstoffreiche Standorte, in allen 6 Probennummern auf. Auch die Collembolen scheinen Bereiche mit höheren N-Werten zu bevorzugen. Sowohl betreffend Ammonium- als auch Nitratstickstoff tritt sie überwiegend bei höheren Konzentrationen auf. Diese stickstoffreichen Standorte könnten für sie eiweißreiche Nahrungsquellen bedeuten. Bezüglich des pH-Wertes beschränkt sich die Collembolen am Untersuchungsort auf einen sehr engen Bereich von 7,1 - 7,2. Die Leitfähigkeit schwankt mit Ergebnissen zwischen 106,0 µS/cm und 163,8 µS/cm dagegen deutlich. Tendenziell kommt die Art aber eher bei höheren Ionenleitkonzentrationen vor. Die Humusgehalte sind jedoch in den betreffenden Punkten gering.

4.4.1.2 *Hypogastrura manubrialis*

Hypogastrura manubrialis kommt mit 36 Exemplaren fast ebenso selten vor wie *Friesea afurcata*. Die Vorkommen erstrecken sich über 3 Transekte, wobei der Süden der einzige Abschnitt ist, wo sie nicht zugegen ist. Die 7 Nachweise verteilen sich jeweils nahezu auf alle Bereiche, mit Ausnahme der Proben im Umfeld des Nullpunktes. Ihren Schwerpunkt hat *Hypogastrura manubrialis* mit 11 Exemplaren in O₈ und 12 in O₉. Im Osten insgesamt besitzt sie eine Stetigkeit von 20 % (Tab. 1a im Anhang). Alle übrigen Nachweise enthalten höchstens 5 Individuen, das heißt dennoch für die Häufigkeit des Westtransektes, dass sie ebenso hoch liegt wie im Osten. Zwar sind die Individuendichten im Osten deutlich höher als im

Westen, doch die Probenanzahl mit der betreffenden Art beträgt bei beiden Abschnitten 3. Im Norden liegt die Stetigkeit bei nur 6,67 %. Insgesamt beträgt die Stetigkeit 11,48 %.

Die Probenpunkte im Osten heben sich von den anderen ab, indem sie bei vielen Parametern höhere Werte erreichen, so z.B. bei den Nährstoffen Ammonium, Nitrat und Phosphor. Dies gilt auch für die Leitfähigkeit, die im Osten allgemein das höchste Wertenniveau aufweist. Die Habitate, wo *Hypogastrura manubrialis* bereits nachgewiesen wurde, sind vielfältig. Neben Müllkippen (HÜTHER 1971 in ZERLING 1990) kommt sie auf Kuhfladen (DAVIDSON 1979 in ZERLING 1990), auf im Initialstadium befindlichen Halden (HUTSON 1981 in ZERLING 1990) und in Komposten oder anderen organischen Ablagerungen vor (LINNANIEMI 1912 in KRAWCZYNSKI 2006; HUTHA et al. 1979 in ZERLING 1990; ZERLING 1990). Auch auf „besseren“ Ackerflächen ist sie anzutreffen (CZARNECKI & LOSINKI 1985 in ZERLING 1990). *Hypogastrura manubrialis* scheint also an nährstoffreicheren Standorten zugegen zu sein, denn auch im Untersuchungsgebiet siedelte sie in Probenpunkten mit hohen Konzentrationen. Die stetigen Auswaschungen vom Kadaver könnten die Art über einen längeren Zeitraum gefördert und zur starken Ausbreitung geführt haben. Inzwischen sind jedoch große Teile der Nährelemente umgesetzt und von der maximalen Population dürfte nur noch ein Bruchteil übrig geblieben sein. *Hypogastrura manubrialis* neigt dazu, sich massenhaft zu vermehren (RIPPER 1930, SIMON 1975, VAIL 1965 in ZERLING 1990) und sich parthenogenetisch fortzupflanzen (ZERLING 1990). Außerdem wird sie als sehr anpassungsfähig beschrieben (CHRISTIANSEN 1967 in ZERLING 1990; PARSONS & PARKINSON 1986 in ZERLING 1990) und zeichnet sich durch ihre kurze Entwicklungsdauer von nur 17 Tagen bei sommerlichen Temperaturen aus (MIKULSKI & WOSIAK 1960 in ZERLING 1990). All diese Punkte konnten möglicherweise in der Vergangenheit zu einem Massenaufkommen von *Hypogastrura manubrialis* führen, ähnlich wie es zum Zeitpunkt der Beprobung für *Hypogastrura vernalis* der Fall war. GISIN (1960) konnte sie zwar auch in organischen Ablagerungen – wie Mist – nachweisen, spricht aber davon, dass es sich um eine seltenere Art handelt.

In der Mehrzahl der Probenpunkte, wo *Hypogastrura manubrialis* auftritt, wachsen 2 - 7 verschiedene Pflanzenarten. Ihre größte Populationsdichte aber hat sie dort, wo die geringste Anzahl von Pflanzen vorkommt. In 4 der 7 Probenpunkte ist sie zusammen mit *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* vertreten.

4.4.1.3 *Hypogastrura vernalis*

Die bei weitem häufigste Collembolenart des Untersuchungsgebietes ist *Hypogastrura vernalis* mit 5.468 Individuen. Dies entspricht bei der Dominanzanalyse etwa 70 % der gesamten Zönose. Es existieren nur 14 Probennummern, die nicht von der Art bevölkert werden. Die größte Populationsdichte erreicht sie in den Bereichen nahe dem Zentrum des Beprobungsdesigns bis etwa zur Mitte eines Transektes und damit in dem Sektor, der unmittelbar unter dem Einfluss des Dachskadavers steht. Mit einem Vorkommen im vierstelligen Bereich, 1.027 Exemplare bei W₅, ist sie die einzige Springschwanzart, die derart hohe Dichten aufweist. Möglicherweise reagiert *Hypogastrura vernalis* auf Aas mit hohen Vermehrungsraten. Andererseits könnte sie auch sehr anspruchslos sein und deshalb, anders als die meisten anderen Arten, in nahezu allen Probenpunkten zugegen sein, schließlich schwanken die Bodenparameter in den einzelnen Abschnitten z.T. erheblich. Größere Populationen der Art konnte bereits FJELLBERG (1980) nachweisen, genauer gesagt in trockenen Wiesen in Küstennähe. Geringere Wassergehalte weist auch das Untersuchungsgebiet auf. Ob *Hypogastrura vernalis* trockene Habitats den feuchteren Standorten vorzieht, lässt sich nicht eindeutig klären. Nach GISIN (1960) zieht sie humidere Standorte vor. Laut seiner Aussage sollte die Art also gar nicht in der Lieberoser Heide anzutreffen sein. Für die große Ausbreitung der Art spricht auch ihre kosmopolitische Verbreitung (FJELLBERG 1998). Nachweise von *Hypogastrura vernalis* gibt es auch an anderen sandigen Standorten (CHRISTIAN & THIBAUD 1988, THIBAUD & TARASCHUK 1997 in DUNGER 2004). Das Untersuchungsgebiet ist ebenfalls geprägt von z.T. sandigen Ablagerungen. Darüber hinaus existieren Nachweise von *Hypogastrura vernalis* unter Steinen, in Moos und sogar auf Schnee (HANDSCHIN 1929). Die Abgrenzung von der zuvor beschriebenen *Hypogastrura manubrialis* erfolgt vorzugsweise durch die Form des Mucro an der Furca. *Hypogastrura vernalis* weist dort eine kleine Einkerbung auf, wohingegen bei *Hypogastrura manubrialis* sich dieser Abschnitt der Sprunggabel fast völlig ohne Unebenheiten gestaltet (FJELLBERG 1998). Sonst ähneln sich beide Arten sehr stark, was eine Unterscheidung erheblich erschwert.

Die Populationsgrößen von *Hypogastrura vernalis* unterscheiden sich in den 4 Teilabschnitten mitunter deutlich. Die meisten Exemplare mit jeweils über 2.000 Tieren enthalten der West- und Nordtransekt. Die Stetigkeit liegt dennoch im Norden, Osten und Süden konstant bei 80 %. Obwohl der Westtransekt die höchste Individuendichte aufweist, ist *Hypogastrura vernalis* hier mit 66,67 % in den wenigsten Proben enthalten. Das ist vor allem damit zu begründen, dass ein einziges Vorkommen, W₅, bereits die Hälfte der Exemplare des

Transektes abdeckt. Die Stetigkeit insgesamt liegt mit 77,05 % sehr hoch (Tab. 1a im Anhang).

Hypogastrura spec. juv. ist die zweithäufigste Art, die nachgewiesen werden konnte, wenngleich sie mit 731 Exemplaren auf eine bedeutend geringere Populationsgröße kommt. Ihre Stetigkeit schwankt innerhalb der Teilabschnitte mitunter deutlich. Am stärksten ist sie mit 26,67 % im Norden vertreten, gefolgt von 20 % im Westen. Im Süden ist *Hypogastrura spec. juv.* in 13,33 % der Proben enthalten, im Osten jedoch nur in 6,67 %. Die Gesamtstetigkeit ist mit 16,39 % recht gering (Tab. 1a im Anhang).

Da bei Jungtieren noch nicht alle Körpermerkmale hinreichend entwickelt sind, wäre eine Zuordnung zu *Hypogastrura vernalis* oder *Hypogastrura manubrialis* sehr schwierig und stets fehlerbehaftet. Aufgrund der wesentlich höheren Individuenzahlen von *Hypogastrura vernalis* scheint aber ein Großteil der juvenilen Exemplare dieser Gruppe zuzuordnen zu sein. Belegen lässt sich dies anhand von 3 verschiedenen statistischen Verfahren. Die Korrelationsanalyse erbrachte, dass zwischen *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* eine signifikante, positive Korrelation besteht (siehe Tab. 16 unter 3.5.3.5.2), die stärkste zwischen allen Collembolen. Ein weiterer Nachweis, dass beide zu einer Art gehören, ist die Clusteranalyse. Dort bilden sie ein gemeinsames Cluster (siehe Abb. 43 unter 3.5.3.4). Zuletzt bestätigt noch die Lage beider Collembolen im Ordinationsdiagramm der Detrended Correspondence Analysis (DCA) die Aussage (siehe Abb. 45 unter 3.5.3.6.1). Aufgrund dieser Nachweise werden *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* zusammengefasst und liegen damit bei 6199 Exemplaren. Sie stellen etwa 81,5 % aller Individuen der Zönose.

4.4.1.4 *Isotomodes productus*

Isotomodes productus erreicht am untersuchten Standort eine Gesamtpopulation von 97 Exemplaren und ist damit sechsthäufigste Collembole der Zönose. Ihre Stetigkeit beträgt im Norden und Osten trotz geringer Populationsgrößen immerhin noch jeweils 46,67 %. Im Süden liegt diese bei 40 %, im Westen bei 20 %. Die Stetigkeit aller Proben beläuft sich auf annähernd 40 % (Tab. 1a im Anhang). Im Norden und Osten sind die Individuen am stärksten von Anfang bis Mitte der beiden Transekte vorhanden. Im Süden dagegen erreicht *Isotomodes productus* ihre größte Besiedlungsdichte erst gegen Ende des Abschnittes und den Westtransekt meidet sie fast vollständig. Die Ursache für diese Verteilung könnte in der Toleranz der Art gegenüber Trockenheit und höheren Bodentemperaturen zu finden sein (ZERLING

1990; STIERHOF 2003; RUSEK 1995 in KRAWCZYNSKI 2006). Die Probenpunkte, die *Isotomodes productus* besiedelt, weisen mehrheitlich eine nur spärliche Vegetationsbedeckung auf. Typische Pflanzenarten dieser Bereiche sind *Berteroa incana*, ein charakteristischer Trockenzeiger, *Agrostis capillaris*, die auch weniger feuchte Standorte besiedelt und *Poa pratensis*, eine Art der mittelfeuchten, zu Austrocknung neigenden Substrate (ELLENBERG 2001). Dass *Isotomodes productus* mit xerophilen Pflanzengesellschaften einhergeht, konnten bereits frühere Untersuchungen feststellen (FJELLBERG 1980). DUNGER (2001) schätzt die Art zwar als verbreitet in trockenen, offenen Habitaten ein, jedoch mit nur niedrigen Populationsdichten, ähnlich wie es die Individuenzahlen dieser Untersuchung ergaben. Aufgrund ihrer weiten Verbreitung auf dem europäischen Kontinent wird sie auch als Kosmopolit eingestuft (SCHULZ 1997; DUNGER 2001; MIGLIORINI et al. 2003; STIERHOF 2003). Dass *Isotomodes productus* auch eine charakteristische Art trockener Wiesen ist, konnten im Vorfeld bereits andere Autoren herausfinden (FJELLBERG 1980; SZEPTYCKI 1967, RUSEK 1995, STERZYŃSKA 1989, KUBÍKOVÁ & RUSEK 1976, EHRNSBERGER et al. 1997 in DUNGER 2001; MIGLIORINI et al. 2003; STERZYŃSKA & KUZNETSOVA 1997 in KRAWCZYNSKI 2006). In Wäldern hingegen fehlt sie bzw. tritt nur an trockenen, offenen Standorten auf (DUNGER 1984 in DUNGER 2001; DUNGER 1994).

Anders als die Vegetation scheinen die vorherrschenden Bodenverhältnisse weniger Einfluss auf *Isotomodes productus* zu haben. Der pH-Wert ändert sich mit 6,8 - 7,3 kaum. Bei der Ionenleitfähigkeit treten zwar mit 73,4 - 132,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ größere Schwankungen auf, diese scheinen aber eine Besiedlung oder ein Fernbleiben der Art weder zu fördern noch zu verhindern. Bezüglich des Wassergehaltes im Boden tritt sie mit 0,42 % Feuchtigkeit sowohl an äußerst trockenen als auch mit 2,45 % an etwas feuchteren Standorten auf. Beide Werte unterschreiten jedoch sogar noch die Wassergehalte einer Bergbaufolgelandschaft bei vergleichbarer Witterung (vgl. KLONOWSKI & RÖBLER 2010). Ähnlich verhält es sich bei der Menge organischer Substanz. Der Wertebereich erstreckt sich hier auf 0,75 - 2,78 % organische Substanz im Boden. Damit decken die Ergebnisse zwar ein gewisses Spektrum ab, gleichen aber dennoch den ebenfalls humusarmen Flächen ehemaliger Tagebaugelände (vgl. KRAWCZYNSKI et al. 2010). Noch erheblichere Unterschiede weisen die Nährstoffkonzentrationen in den einzelnen Probenpunkten auf. Für Ammoniumstickstoff liegen die Ergebnisse bei 0,377 - 0,816 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS und für Nitratstickstoff bei 0,990 - 3,948 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS. Für Diphosphorpentoxid sind die Werte am weitesten gestreut mit 7,676 - 25,375 mg/g TS, da die Collembolen sowohl den Anfang als auch das Ende eines Transektes bevölkert.

4.4.1.5 *Mesaphorura macrochaeta*

Mesaphorura macrochaeta ist mit insgesamt 336 Individuen relativ häufig innerhalb der Collembolenzönose vertreten. Zwar besiedelt sie weite Teile der 4 Transekte, kommt aber nie besonders häufig vor. Abgesehen von einem Vorkommen mit über 150 Exemplaren, zählen alle verbleibenden Proben höchstens 15 Tiere. Ihre Stetigkeit ist jedoch mit 80 % im Norden und 86,67 % im Osten trotz der geringen Populationsgröße außergewöhnlich hoch. Im Süden besiedelt sie noch 66,67 % der Proben und im Westen 53,33 %. Die Stetigkeit insgesamt liegt bei 72,13 % (Tab. 1a im Anhang).

Sowohl in den Probenpunkten, die sich im Bereich des Dachskadavers befinden, als auch außerhalb davon, erreicht *Mesaphorura macrochaeta* zweistellige Individuendichten und scheint damit nicht nachweislich durch die Anwesenheit von Aas begünstigt zu sein. Die Art gilt allgemein als typische Pionierart rekultivierter Tagebaugelände (DUNGER 1994; DUNGER 1997). Auf Rekultivierungsflächen tritt sie als dominante Art auf (KRAWCZYNSKI 2006; KRAWCZYNSKI et al. 2010). Außerhalb davon kann sie zwar auch noch vorherrschend sein, aber dann mit geringeren Individuendichten (KRAWCZYNSKI 2006). An extreme Verhältnisse ist *Mesaphorura macrochaeta* durch Parthenogenese speziell angepasst (FJELLBERG 1998; STIERHOF 2003). Neben Kippenstandorten zählen Kiefernforste (DUNGER 1994; FJELLBERG 1998; PONGE 1993 in KRAWCZYNSKI 2006), trockene Wiesen (FJELLBERG 1998), feuchtes Grasland und urbane Bereiche (DUNGER 1994) zu ihren bevorzugten Habitaten. Die Art gilt weithin als Kosmopolit (FJELLBERG 1998; SIMÓN BENITO & LUCIÁNEZ SÁNCHEZ 2000).

Mesaphorura macrochaeta wird ein indifferentes Verhalten bezüglich des pH-Wertes bescheinigt (PONGE 2000 in KRAWCZYNSKI 2006), zuvor galt sie als typisch für acidophile Substrate (PONGE 1993 in KRAWCZYNSKI 2006). Im Untersuchungsgebiet kommt sie jedoch bei pH-Werten von 6,8 - 7,3 vor. Betrachtet man die Messergebnisse der Leitfähigkeit, so zeigen sich mit 65,1 - 163,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erhebliche Unterschiede. *Mesaphorura macrochaeta* tritt also sowohl bei besonders hohen als auch bei sehr niedrigen Leitfähigkeiten auf. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt man bei den Wasser- und Humusgehalten. Bei ersteren erstreckt sich der Wertebereich von 0,42 - 2,45 % Feuchtigkeit im Boden und bei letzteren von 0,75 - 2,80 % organischer Substanz. Bei den 3 Nährstoffen treten ebenfalls erhebliche Schwankungen auf. Ammoniumstickstoff erreicht Konzentrationen von 0,309 - 0,816 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS, Nitratstickstoff 0,874 - 3,948 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS und Diphosphorpentoxid 7,676 - 24,949 mg/g TS.

Am häufigsten kommt *Mesaphorura macrochaeta* zusammen mit *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* vor. An zweiter Stelle schließt sich *Berteroa incana* an und an dritter Position folgen *Bryum argenteum*, *Dicranella rufescens* sowie *Elytrigia repens*.

4.4.1.6 *Parisotoma notabilis*

Auf 4 Nachweise mit insgesamt 10 Individuen kommt *Parisotoma notabilis* im Untersuchungsgebiet. Das zahlenmäßig größte Vorkommen befindet sich im Außenbereich des Nordtransektes. Der Osten wird gänzlich als Besiedlungsraum ausgeschlossen. Im Norden und Süden ist die Art in jeweils 6,67 % der Proben vertreten, im Westen in 13,33 %. Die Gesamtstetigkeit ist mit 6,56 % jedoch äußerst gering (Tab. 1a im Anhang).

In den 4 Probenpunkten umfasst der pH-Wert 6,7 - 7,2. Dass *Parisotoma notabilis* bevorzugt im neutralen Bereich vorkommt, konnte bereits von VAN STRAALLEN & VERHOEF (1997) nachgewiesen werden. Generell gilt die Art aber als schwacher Indikator für die Bodenreaktion (VAN STRAALLEN 1996 in DUNGER 2001). Die Ergebnisse der Leitfähigkeit belaufen sich auf 42,3 - 99,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. *Parisotoma notabilis* hat demnach möglicherweise keine Neigung zu bestimmten Leitfähigkeiten. Mit Wassergehalten von 1,01 - 2,06 % deckt die Collembole nahezu den gesamten Wertebereich ab, der jedoch wie bereits zuvor erwähnt extrem niedrig ist und denen einer Bergbaufolgelandschaft gleicht (vgl. KLONOWSKI & RÖBLER 2010). Die Humusgehalte erreichen 1,49 - 2,73 %. Abgesehen von dem Minimum zählen die anderen 3 Werte tendenziell eher zu den höheren Mengen organischer Substanz im Untersuchungsgebiet. Besiedelt *Parisotoma notabilis* frühere Kippen und Halden (BODE 1973, GUTTMANN 1979, KÖHLER 1983 in ZERLING 1990), so zeigt sie durch ihre Anwesenheit eine einsetzende Humusbildung an (DUNGER 1968 in ZERLING 1990; DUNGER 1991 in DUNGER et al. 2002). *Parisotoma notabilis* gilt als typischer Besiedler diverser Komposthabitats, kommt dort aber vorzugsweise erst im fortgeschrittenen Stadium vor, wenn bereits Verrottungsprozesse eingesetzt haben (GISIN 1960; ČHERNOVA 1970, HUTHA et al. 1979 in ZERLING 1990; ČHERNOVA 1963 in DUNGER 2001). Trotzdem die Art auch Kippflächen bevölkert, zählt sie nicht zu den Erstbesiedlern, sondern ist stattdessen ubiquistisch (DUNGER 1979, 1984 in ZERLING 1990). Die Präsenz von *Parisotoma notabilis* in nahezu allen Habitattypen, sofern die Bedingungen nicht zu extrem erscheinen, ist charakteristisch für die Art. Sowohl in natürlichen als auch in gestörten Standorten sind hohe Populationsdichten möglich (DUNGER 2001).

Bei den Nährstoffen schwanken die Wertebereiche stark. Für Ammoniumstickstoff beläuft er sich auf 0,360 - 0,630 µg/g TS, für Nitratstickstoff auf 0,688 - 2,215 µg/g TS sowie für Diphosphorpentoxid auf 5,127 - 29,151 mg/g TS.

Bezüglich der Vegetation zeigt sich, dass *Parisotoma notabilis* an 3 der 4 Standorte gemeinsam mit *Agrostis capillaris*, *Berteroa incana* und *Poa pratensis* vorkommt. Warum die Populationsdichten der Art so gering ausfallen, kann nicht zweifelsfrei geklärt werden. Ein möglicher Grund wäre die starke Konkurrenz zu dominant auftretenden Arten, wie z.B. *Hypogastrura vernalis*. *Parisotoma notabilis* zählt zu den K-Strategen (ZERLING 1990), erreicht demnach keine hohen Vermehrungsraten. Mit der starken Ausbreitung anderer Arten geht unter Umständen eine Nahrungsknappheit einher, zumal die Humusgehalte im Boden nicht besonders hoch sind. Es wäre denkbar, dass *Parisotoma notabilis* die durch das Aas bedingte Akkumulation von organischer Substanz, die zum Zeitpunkt der Probenahme nicht mehr so stark vorlag, bevorzugte. Neben saprophager Ernährung ist für die Collembola auch die der mycetophagen möglich (ZERLING 1990). Trockene Verhältnisse schränken das Pilzwachstum ein, so dass auch diese Nahrungsquelle limitiert gewesen sein könnte.

4.4.1.7 *Proisotoma ripicola*

Proisotoma ripicola ist nach *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* mit 728 Exemplaren die dritthäufigste Art der Collembolengemeinschaft. Es existieren lediglich 6 Probennummern, die nicht von ihr besiedelt werden. Keine weitere Art ist in derart vielen Punkten vertreten. Deshalb erreicht sie unter allen Arten auch die höchsten Stetigkeiten. Im Norden und Westen belaufen sich diese auf jeweils 86,67 %, im Osten und Süden sogar auf 93,33 %. Die Gesamtstetigkeit beträgt 90,16 % (Tab. 1a im Anhang). In allen 4 Transekten kommt sie auf dreistellige Populationsgrößen, im Westen ist sie jedoch am häufigsten zugegen.

Aufgrund dessen, dass *Proisotoma ripicola* nahezu das gesamte Beprobungsfeld als Besiedlungsraum innehat, decken die Bodenparameter ebenfalls fast das gesamte Spektrum der Messergebnisse ab. Die pH-Werte belaufen sich auf 6,2 - 7,3. Jene größeren Vorkommen, die über 30 Exemplare umfassen, liegen jedoch ausnahmslos bei $\text{pH} \geq 7$. Die Leitfähigkeit erreicht Werte zwischen 42,3 µS/cm und 150,1 µS/cm. Die Bodenfeuchte beträgt 0,42 - 2,45 %. Sowohl bei dem Wassergehalt als auch bei der Leitfähigkeit gibt es selbst in den Probenpunkten mit größeren Populationen erhebliche Schwankungen. Der Humusgehalt beläuft sich

auf 0,75 - 2,97 %, in den Punkten mit höheren Individuendichten überschreitet der Anteil organischer Substanz aber überwiegend 2 %. Die Ammoniumstickstoffwerte liegen bei 0,258 - 0,841 µg/g TS, die von Nitratstickstoff bei 0,688 - 3,948 µg/g TS und die von Diphosphorpentoxid bei 4,655 - 37,412 mg/g TS. Während die P₂O₅-Werte im Bereich der größeren Vorkommen von *Proisotoma ripicola* – bis auf eine Ausnahme – bei mehr als 11 mg/g TS und damit bei tendenziell höheren Konzentrationen liegen, verhalten sich die Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffmengen in den betreffenden Probenpunkten indifferent.

Über *Proisotoma ripicola* wird wenig in der Literatur berichtet, ihre tatsächliche Verbreitung in Europa scheint unklar (DUNGER 2001). Sie zählt zu den psammophilen Arten (THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001). Tiere der Gattung *Proisotoma* wurden bereits in synanthroper Umgebung als Massenansammlung vorgefunden (ELLIS 1970 in HOPKIN 1997).

4.4.1.8 *Pseudachorutes spec. juv.*

Von *Pseudachorutes spec. juv.* gibt es lediglich einen Nachweis im Westtransekt in W₁₂. Ihre Stetigkeit beträgt dehalb nur 6,67 % und insgesamt sogar lediglich 1,64 % (Tab. 1a im Anhang). Da es sich um ein sehr kleines Exemplar handelt, war eine Bestimmung bis auf Art-niveau nicht möglich. Der pH-Wert liegt im betreffenden Probenpunkt bei 7,2. Leitfähigkeit und Wassergehalt belaufen sich auf 82,6 µS/cm bzw. 1,37 % und zählen beide damit zu den niedrigeren Werten. Der Humusgehalt hingegen ist mit 2,0 % relativ hoch. Ammoniumstickstoff wiederum kommt mit 0,365 µg/g TS fast auf die geringste Konzentration des gesamten Untersuchungsgebietes, die Nitratstickstoffmenge ist mit 0,873 µg/g TS ebenfalls recht niedrig. Diphosphorpentoxid hingegen erreicht mit 12,38 mg/g TS eine mittlere Konzentration. Diese Bodendaten geben selbstverständlich keine hinreichenden Angaben über die Standortbedürfnisse der Art. Die Mundwerkzeuge der Gattung *Pseudachorutes* sind nadelartig geformt. Sie stechen mit ihnen in ihre Nahrung hinein und saugen sie dann aus (DUNGER 2008).

4.4.2 Epigäische Arten

4.4.2.1 *Entomobrya multifasciata*

Entomobrya multifasciata zählt zu den selteneren Arten der Zönose. Sie ist nur in 4 Probenpunkten mit 6 Individuen vorhanden und das ausschließlich im West- und Osttransekt. Im Osten liegt ihre Stetigkeit bei 20 %, im Westen jedoch nur bei 6,67 %. Insgesamt bevölkert sie nur 6,56 % der Proben (Tab. 1a im Anhang). Die Nachweise beschränken sich aber nicht auf einen bestimmten Bereich eines Transektes. Auffällig ist jedoch, dass dort, wo die Art vorkommt, nur wenige Pflanzenarten wachsen. In den 4 Punkten sind maximal 2 verschiedene Pflanzenarten vertreten. Dies scheint auf den ersten Blick verwunderlich zu sein, da *Entomobrya multifasciata* wegen des reich pigmentierten Körpers und den gut entwickelten Augen eine typische Art der epigäischen Collembolenfauna ist (FJELLBERG 1980). Doch sie ist xerotherm (RUSEK 1995 in KRAWCZYNSKI 2006) und bevorzugt trockene offene Habitats (SZEPTYCKI 1967 in KRAWCZYNSKI 2006; DUNGER 1991 in KRAWCZYNSKI 2006). Der Untersuchungsstandort liegt am Waldrand, die sonnenexponierte Lage kann dabei unter Umständen zu einer starken Aufheizung der Oberfläche führen. Aufgrund der geringen Häufigkeit werden keine Präferenzen der Art bezüglich der Bodenparameter sichtbar. *Entomobrya multifasciata* ist in ganz Europa verbreitet (GISIN 1960) und für einige Autoren gar kosmopolitisch (SCHULZ 1997; SCHULZ et al. 2003). In Mitteleuropa sind warme, sonnige Lagen typisch für die Art (GISIN 1960). *Entomobrya multifasciata* gilt als halophil (FJELLBERG 1980), also salzliebend.

Die Identifikation von *Entomobrya multifasciata* gestaltet sich schwierig. Abgesehen von kleinen Unterschieden in der Zeichnung der Abdomensegmente, gleicht sie sich fast völlig mit *Entomobrya nivalis*. In Nordamerika existieren sogar Übergangsformen zwischen beiden Arten, so dass sich einige Wissenschaftler nicht veranlasst sehen, beide als eigenständige Arten anzuerkennen (GISIN 1960).

4.4.2.2 *Entomobrya spec. juv.*

Entomobrya spec. juv. besiedelt nur wenige Punkte der Beprobungsfläche, sie ist mit 33 Exemplaren aber etwas häufiger als *Entomobrya multifasciata* in der Collembolengemeinschaft vertreten. Bis auf Westen ist sie in allen Abschnitten zugegen und das sowohl am An-

fang als auch am Ende eines Transektes. Die Stetigkeit von *Entomobrya spec. juv.* beläuft sich im Norden auf 33,33 %, im Osten auf 26,67 % und im Süden auf 20 %. Die Gesamtstetigkeit fällt mit 19,67 % relativ gering aus (Tab. 1a im Anhang).

Die Collembolen könnten unter Umständen juvenile Stadien der Art *Entomobrya multifasciata* sein. Dennoch ist es auch möglich, dass es sich um Nachkommen von *Entomobrya nivalis* handelt, wenngleich dies unwahrscheinlicher ist, da keine adulten Tiere vorhanden sind. Aufgrund der oben beschriebenen Ähnlichkeit der beiden Arten ist eine falsche Zuordnung der Jungtiere nicht auszuschließen, zumal selbst *Entomobrya multifasciata* sehr selten vorkommt. Die Korrelationsanalyse erbrachte zur Fragestellung keine signifikante Aussage (siehe Tab. 16 unter 3.5.3.5.2). Bei der Clusteranalyse bilden beide *Entomobryiden* keine gemeinsame Gruppe innerhalb der ersten Verknüpfungsebene (siehe Abb. 43 unter 3.5.3.4) und im Ordinationsdiagramm der DCA liegen sie recht weit auseinander (siehe Abb. 45 unter 3.5.3.6.1). Aufgrund dessen sollen beide weiterhin getrennt behandelt werden.

Entomobrya spec. juv. tritt über ein breites pH-Wert-Spektrum auf. Die Individuen sind sowohl in leicht saurem Substrat bei pH = 6,2 als auch unter nahezu neutralen Bedingungen bis pH = 7,3 vertreten. Überwiegend scheint sie jedoch neutrale Verhältnisse zu bevorzugen. Bei Leitfähigkeit, Wassergehalt und organischer Substanz zeigt die Art eine weite Amplitude. Sie tritt sowohl bei besonders hohen als auch bei äußerst niedrigen Werten auf. Sie scheint also keine besondere Affinität zu den 3 Parametern zu besitzen. *Entomobrya spec. juv.* kommt bei Ammoniumstickstoffgehalten von 0,398 - 1,230 µg/g TS vor. Für Nitratstickstoff fällt diese Differenz noch deutlicher aus. Die Art besiedelt Probenpunkte, die einen N-NO₃⁻-Gehalt von 1,056 - 3,948 µg/g TS aufweisen. Für Diphosphorpentoxid beträgt die Spanne 4,655 - 25,375 mg/g TS. Die Art deckt damit ein breites Spektrum bezüglich der Nährstoffe ab, denn sie besiedelt sowohl Probenpunkte mit besonders hohen als auch äußerst niedrigen Konzentrationen. Entomobryiden ernähren sich von trockener Bodenstreu (MÜLLER 1965), höhere Nährstoffkonzentrationen im Boden könnten für sie also reiche Nahrungsgründe bedeuten.

Betrachtet man die Vegetation in den Punkten, wo *Entomobrya spec. juv.* auftritt, so zeigt sich, dass die Tiere meist dort siedeln, wo mehrere Arten vertreten sind. Das mag daran liegen, dass sie auf eine strukturreiche Bodenaufgabe angewiesen sind (MÜLLER 1965). Am häufigsten siedelt die Collembole dort, wo *Agrostis capillaris*, *Berteroa incana* und *Poa pratensis* zugegen sind, was bei der Hälfte der Vorkommen der Fall ist. Fast ebenso oft ist sie zusammen mit *Trifolium dubium*, gefolgt von den beiden Moosarten, vertreten.

4.4.2.3 *Lepidocyrtus cyaneus*

Lepidocyrtus cyaneus ist nur einmal am untersuchten Standort in W_2 vertreten. Damit liegt die Stetigkeit der Collembolen dort bei 6,67 %. Insgesamt ist *Lepidocyrtus cyaneus* dadurch, dass sie im Norden, Osten und Süden fehlt, nur in 1,64 % der Proben enthalten (Tab. 1a im Anhang). Der Probenpunkt, den die Art bevölkert, weist einen pH-Wert von 6,9 auf. VAN STRAALLEN & VERHOEF (1997) fanden heraus, dass sie pH-Werte um 6,6 bevorzugt. Typisch für sie sind Habitate wie Offenlandflächen (DUNGER 1984 in ZERLING 1990; PONGE 1980, PONGE 1993 in PONGE et al. 2003; STIERHOF 2003) sowie Wiesen und Äcker (GISIN 1960; DUNGER 1979 in ZERLING 1990; STIERHOF 2003; KOVAČ & MIKLISOVÁ 1997 in KRAWCZYNSKI 2006). Neben Kippen (DUNGER 1979 in ZERLING 1990) lebt sie auch unter verrottender Rinde und in Kompost (FJELLBERG 1980). Auffällig ist, dass *Lepidocyrtus cyaneus* an einem Standort mit hohen Ammoniumstickstoff- und Nitratstickstoffkonzentrationen von 0,630 µg/g TS bzw. 2,215 µg/g TS und außerdem bei einem großen Diphosphor-pentoxidgehalt von 29,151 mg/gTS auftritt. Ob sie generell nährstoffreichere Gegebenheiten bevorzugt, hätte nur durch eine stärkere Ausbreitung der Art nachgewiesen werden können. KRAWCZYNSKI (2006) fand heraus, dass die Art eine signifikant positive Korrelation zu Nitrat ($r = 0,388$; $p < 0,041$) aufweist. Häufig soll *Lepidocyrtus cyaneus* auch in pflanzlicher Streu vertreten sein (FJELLBERG 1980). Die z.T. spärliche Vegetationsbedeckung bietet offensichtlich keine günstigen Bedingungen für eine ausgedehntere Besiedlung. In Mitteleuropa jedoch gilt die Art als verbreitet und zahlreich (STIERHOF 2003). Viele Autoren stufen die Collembolen gar als kosmopolitisch ein (SCHULZ 1997; MIGLIORINI et al. 2003; CHRISTIAN 1987 in STIERHOF 2003).

4.4.2.4 *Sminthurus nigromaculatus*

Sminthurus nigromaculatus ist mit 9 Individuen in 7 Probenpunkten vertreten. Die meisten davon befinden sich im Osten und keinerlei im Westen. Mit 26,67 % ist der Kugelspringer im Osten am stärksten verbreitet, es folgt mit 13,33 % der Norden. Im Süden ist die Stetigkeit mit 6,67 % am geringsten. Da die Art im Westen völlig fehlt, fällt die Gesamtstetigkeit mit 11,48 % recht gering aus (Tab. 1a im Anhang).

Die pH-Werte sind in den Vorkommen mit 6,9 - 7,2 nahezu konstant. In der Literatur wird die Collembolen als mesophil eingestuft (RUSEK 1995 in KRAWCZYNSKI 2006). Die Leitfähig-

keiten decken mit 79 - 122,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ den mittleren Wertebereich ab. Die Wassergehalte in den einzelnen Punkten unterscheiden sich mit 0,83 - 1,87 % z.T. deutlich voneinander, wohingegen die Differenz bei den Humusgehalten mit 1,48 - 2,15 % etwas geringer ausfällt – abgesehen vom kleinsten Wert liegen alle übrigen Ergebnisse um 2 %. Für Ammoniumstickstoff betragen die Konzentrationen 0,441 - 0,841 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS, für Nitratstickstoff 1,055 - 1,865 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS und für Diphosphorpentoxid 8,431 - 14,379 mg/g TS. Die N-NH_4^+ -Gehalte unterscheiden sich am stärksten voneinander, die anderen beiden Parameter sind in sich konstanter.

Sminthurus nigromaculatus tritt im Untersuchungsgebiet häufig in Verbindung mit den gleichen Pflanzenarten auf. Sechs Mal kommt sie in Kombination mit *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* sowie fünf Mal zusammen mit *Berteroa incana* vor.

Die Verbreitung von *Sminthurus nigromaculatus* auf dem europäischen Kontinent ist ebenfalls wenig bekannt, wurde aber von FJELLBERG (1980) zu diesem Zeitpunkt als möglicherweise häufig eingestuft. Charakteristisch ist die Art für offene Habitats (PONGE 1980, 1993 in PONGE et al. 2003) und Grasland (GISIN 1960; FJELLBERG 1980), welches mitunter auch trocken sein kann (FJELLBERG 1980; DUNGER 1999). Zur Nahrung von *Sminthurus nigromaculatus* gehören Pflanzenpollen (GISIN 1960), weshalb ihre Anwesenheit am Untersuchungsstandort nur indirekt in Verbindung zum Dachskadaver steht. Das Aas liefert jedoch Dünger, welcher das Pflanzenwachstum und damit verbunden die Produktion von Pollen, anregt.

4.4.2.5 *Sphaeridia pumilis*

Sphaeridia pumilis kommt in 22 Probenpunkten mit insgesamt 118 Individuen vor. In keinem der 4 Transekte siedelt die Art nahe dem Nullpunkt bzw. auch nicht in diesem selbst. Offenbar meidet sie die Bereiche, unter denen das Aas lag, weitestgehend. Stattdessen sind die Populationen in den Außenproben, speziell im Norden, Osten und Westen, am höchsten. Dennoch reicht sie mit maximal 27 Exemplaren in einer Probe bei weitem nicht an die häufigeren Arten heran. Ihre Stetigkeit ist im Norden wiederum mit 60 % als durchaus hoch anzusehen. Im Osten besiedelt *Sphaeridia pumilis* immerhin noch 46,67 % der Proben, im Westen sind es nur noch 33,33 % und im Süden sogar nur 6,67 %. Die Gesamtstetigkeit des Kugelspringers erstreckt sich auf rund 36 % aller Proben (Tab. 1a im Anhang).

Die Art kommt bei pH-Werten von 6,2 - 7,3 vor. Sie deckt damit das gesamte Spektrum des Untersuchungsgebietes ab. Andere Untersuchungen ergaben, dass sie bei pH-Werten von 6,5 - 6,9 vorkommt (ROCHEFORT et al. 2006 in KRAWCZYNSKI 2006) und sie damit innerhalb des pH-Wert-Spektrums des Untersuchungsgebietes liegt. KRAWCZYNSKI (2006) ermittelte für *Sphaeridia pumilis* eine Tendenz zu hohen pH-Werten ($r = 0,332$; $\rho < 0,073$) und darüber hinaus signifikante Korrelationen zu Leitfähigkeit ($r = 0,461$; $\rho < 0,010$), Phosphat ($r = 0,456$; $\rho < 0,011$), Nitrat ($r = 0,405$; $\rho < 0,033$) und Ammonium ($r = 0,390$; $\rho < 0,033$).

Die Leitfähigkeitswerte umfassen mit 47,8 - 163,8 $\mu\text{S/cm}$ sowohl sehr hohe als auch besonders niedrige Messergebnisse. Die Wassergehalte bewegen sich zwischen 0,76 % und 1,87 %, dies schließt zwar nicht die Minima und Maxima der Transekte ein, variiert aber dennoch deutlich. DUNGER et al. (1997) bezeichnen diesen Kugelspringer als feuchtigkeitsliebend, was die vorliegenden Daten allerdings nicht bestätigen können. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass *Sphaeridia pumilis* hier nicht in hohen Individuendichten vorkommt bzw. nicht über einen längeren Zeitabschnitt hinweg beobachtet wurde, so dass diese Daten nicht aussagekräftig genug für solche Schlüsse sind. Die Humusgehalte betragen in den Punkten 1,15 - 2,80 %. Die Mehrzahl davon liegt aber über 2 %, so dass bei diesem Parameter die Schwankungen eher gering ausfallen. Betreffend die 3 Nährstoffe variieren die Konzentrationen in den jeweiligen Probenpunkten dagegen wieder deutlich. Die Ammoniumstickstoffgehalte betragen 0,309 - 1,230 $\mu\text{g/g TS}$, die von Nitratstickstoff 1,055 - 2,219 $\mu\text{g/g TS}$ und die von Diphosphorpentoxid 7,676 - 18,910 mg/g TS .

Sphaeridia pumilis besiedelt Proben mit großer Phytodiversität. In 16 der 22 Probenpunkte tritt die Art gemeinsam mit *Agrostis capillaris* und *Poa pratensis* auf, 9 Mal zusammen mit *Bryum argenteum* und *Dicranella rufescens* sowie je 8 Mal mit *Berteroa incana*.

Sphaeridia pumilis wird in Europa als recht verbreitet angesehen (DUNGER 1999). Die Art zählt zu den Kosmopoliten (DUNGER et al. 1997; SCHULZ 1997; MIGLIORINI et al. 2003; STIERHOF 2003). Sie soll häufig an der Bodenoberfläche anzutreffen sein, besonders in den oberen Schichten verschiedener feuchter Substrate und in niedriger Vegetation (BLANCQUAERT & MERTENS 1979 in DUNGER 1999). Dies könnte ein Anhaltspunkt dafür sein, warum *Sphaeridia pumilis* überwiegend in den äußeren Bereichen der Transekte vorkommt. Im Gegensatz zum Zentrum des Beprobungsdesign ist die Vegetationsbedeckung dort deutlich dichter und fehlt nicht – wie z.B. beim Nullpunkt – gänzlich. Der Lebenszyklus von *Sphaeridia pumilis* erstreckt sich nur über 12 - 37 Tage (BLANCQUAERT & MERTENS 1979 in DUNGER 1999), so dass es schwer ist, auf größere Populationen zu stoßen, zumal die Art sich in trockenen Sommermonaten zurückzieht.

4.5 Stetigkeit der Collembolen

Anders als bei der Dominanzanalyse zeigt die Berechnung der Stetigkeit, dass es eine ganze Reihe von Arten gibt, die die Zönose beherrschen (Tab. 1a im Anhang). Im **Norden** sind es gleich 3 Arten – *Hypogastrura vernalis*, *Proisotoma ripicola* und *Mesaphorura macrochaeta* – die mit jeweils mindestens 80 % der Proben eine hohe Stetigkeit aufweisen. Vor allem die beiden zuerst genannten Collembolen haben sandige Flächen als bevorzugte Habitate (FJELLBERG 1980; THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001). Da das Untersuchungsgebiet in der Lieberoser Heide einst durch Fremdmaterial aufgeschüttet wurde, könnte *Mesaphorura macrochaeta*, bezogen auf die Bodenstrukturierung, ähnliche Bedingungen wie in einem ehemaligen Tagebau auffinden, wo sie häufig und mitunter auch als Erstbesiedler auftritt (DUNGER 1994; KRAWCZYNSKI et al. 2010). Jedoch ist vermutlich ausschließlich bei *Hypogastrura vernalis* ein Zusammenhang zwischen ihrer Besiedlung und der Anwesenheit des Kadavers zu sehen. Trotz einer Individuenzahl von nur 18 Exemplaren im Norden ist *Isotomodes productus* mit einer Stetigkeit von fast 50 % vertreten. Der Grund hierfür ist wohl in ihrer Präferenz für offene, trockene Standorte zu suchen (DUNGER 2001). Obwohl sie die Probenpunkte im Umkreis des Nullpunktes bevorzugt, ist die Frage nach der Beeinflussung durch den Kadaver aufgrund der geringen Populationsdichte schwer zu beantworten. Überraschend häufig ist *Sphaeridia pumilis* mit 60 % vertreten. Da sie sich bevorzugt in niedriger Vegetation aufhält (DUNGER 1999), ist der Kadaver nicht der Grund für die Anwesenheit des Kugelspringers.

Die Stetigkeiten im **Osten** ähneln denen im Norden. Die größte Stetigkeit weist mit ca. 93 % erneut *Proisotoma ripicola*, gefolgt von *Mesaphorura macrochaeta* mit ca. 87 % und *Hypogastrura vernalis* mit 80 %, auf.

Beim **Süden** hingegen sind die Stetigkeiten von *Hypogastrura vernalis* und *Proisotoma ripicola* im Vergleich zum Osten unverändert, doch *Mesaphorura macrochaeta* erreicht stattdessen nur noch rund 67 %. Die durch das Gefälle bedingten Nährstoffeinspülungen könnten konkurrenzstärkere Arten anlocken und die Pionierart *Mesaphorura macrochaeta* im Gegenzug etwas eindämmen.

Im **Westen** nimmt die Stetigkeit der 3 häufigsten Arten weiter ab.

Der **Gesamttransekt** offenbart ebenfalls diese 3 als diejenigen mit der höchsten Stetigkeit, wobei sich *Proisotoma ripicola* mit über 90 % deutlich von den anderen absetzt, obwohl sie nur dritthäufigste Art der Zönose ist und eine deutlich geringere Population als *Hypogastrura vernalis* aufweist.

4.6 Milben- und Collembolenpopulationen im Vergleich

Da für die Bodenorganismen 2009 keine Daten erhoben wurden, kann an dieser Stelle keine vergleichende Betrachtung wie mit den Bodenparametern erfolgen.

Milben und Collembolen besiedeln innerhalb des Beprobungsmusters unterschiedliche Bereiche (siehe Abb. 21 unter 3.3.1 u. Abb. 40 unter 3.4). Die Springschwänze konzentrieren ihre größten Individuendichten in der Nähe des Zentrums des Beprobungsmusters. Bei den Acari hingegen steigt die Anzahl der Individuen erst gegen Ende eines Transektes an. Selten treten beide zusammen in großen Dichten auf, vielmehr meiden sie sich gegenseitig. Bereits BRAUNS (1964) stellte fest, dass entweder Milben oder Collembolen zahlreich auftreten. KÜHNELT (1950) sieht das Porensystem als entscheidendes Element dafür an. Für Bodenorganismen wie Milben und Collembolen, die nicht in der Lage sind, selbst zu graben, ist der Lebensraum Hohlraumgefüge ein limitierender Faktor. Gleichzeitig soll ein deutlicher Rückgang des Wassergehaltes Milbenpopulationen begünstigen und umgekehrt eine starke Wiederbefeuchtung sich eher positiv auf die Springschwänze auswirken (FRENZEL 1936 in KÜHNELT 1950). Eine Betrachtung des Wassergehaltes sowie der übrigen Bodenparameter bei den 10 größten Milbenpopulationen erbrachte keine derartigen Ergebnisse. Alle Bodenparameter zeigen keine Extrema an, sondern sind vielmehr durchschnittlich im vorliegenden Datensatz.

KÜHNELT (1950) betont, dass zwischen den beiden Gruppen offensichtlich keine Nahrungskonkurrenz besteht, sondern vielmehr der Platzmangel eine entscheidende Rolle spielt. Böden mit einem hohen Anteil an Grobporen, wie z.B. Sande, bieten jedoch beste Bedingungen, um große Zahlen an Bodenorganismen zu beherbergen (RÖSKE & LARINK 1990, JUMA 1993, GISI et al. 1997 in FROMM 1998). Gamasiden zählen u.a. Collembolen zu ihrer Nahrung (TROLLDENIER 1971). Dort, wo die Zahl der Springschwänze geringer ist, könnten also Gamasiden vermehrt aufgetreten sein und zu einer Dezimierung der Collembolenbestände geführt haben. Die unterschiedliche Verteilung von Milben- und Collembolenfauna könnte auch darauf zurückzuführen sein, dass sie den Boden nesterartig besiedeln (TROLLDENIER 1971; DUNGER 2008). Sowohl bei Milben als auch bei Collembolen sinkt die Besiedlungsdichte je tiefer man in den Boden vordringt (KÜHNELT 1950; TROLLDENIER 1971). Der überwiegende Teil der Acari lebt in der Streuauflage (TROLLDENIER 1971), daher könnte sich die schütterere Vegetationsdecke im Zentrum des Beprobungsdesigns negativ auf die Größe der Population auswirken. Collembolen hingegen sind in den obersten 5 - 7 cm sehr zahlreich vorhanden, unterhalb von etwa 10 cm sind sie dagegen rar (KÜHNELT 1950; MÜLLER 1965).

Eine Ausnahme konnten jedoch bereits mehrere Autoren zu Beginn des 20. Jahrhunderts belegen. FOLSOMs 1902 erschienener Artikel „The collembola of the grave“ sowie HUNZIKERS 1919 und HANDSCHINS 1925 veröffentlichte Abhandlungen „Über die Befunde bei Leichen- ausgrabungen auf den Kirchhöfen Basels“ und „Subterrane Collembolengesellschaften“ konnten belegen, dass bei ungewöhnlichen Standorten, wie z.B. Friedhöfen, die Besiedlungs- dichte von Collembolen in etwa 2 m Tiefe besonders hoch liegt. Spezielle Arten unter den Springschwänzen könnten somit auch am Abbau des Dachskadavers beteiligt gewesen sein. Untersuchungen aus British Columbia, bei denen Kadaver z.T. auch vergraben wurden (VANLAERHOVEN et al. 1999), könnten somit auch für die Collembolenforschung von Interesse sein. Bisher spielten jedoch Springschwänze für die Forschung vom Abbau von Tierkadavern kaum eine Rolle. Lediglich eine Quelle berichtet von Nachweisen der Familien *Hypogastruridae*, *Entomobryidae* sowie *Sminthuridae* im Umfeld von Aas (WATSON 2004). Ob es Übereinstimmungen mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen gibt, kann nicht weiterverfolgt werden, da die Springschwänze dort nicht bis auf Artniveau determiniert wur- den. Dennoch sei erwähnt, dass die von WATSON (2004) nachgewiesene Familie der *Hypogastruridae* im Untersuchungsgebiet mit 2 Arten – *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura manubrialis* – vertreten ist und *Hypogastrura vernalis* mit Abstand die individuenstärkste Art stellt. FJELLBERG (pers. Kommentar) vermutete im Vorfeld dieser Untersuchungen, dass besonders Kompostarten auf der ehemaligen Kadaverfläche anzutreffen sein würden. Er fand bei eigenen Beprobungen *Hypogastrura viatica* sehr zahlreich auf kleinen Säugetierkadavern. Dass WATSON (2004) die selben Kugelspringerarten wie in der Lieberoser Heide fand, ist stattdessen höchstwahrscheinlich auszuschließen, da *Sphaeridia pumilis* und *Sminthurus nigromaculatus* keine Verbindung zum Kadaver nachzuweisen ist. Ähnlich verhält es sich wohl auch mit den *Entomobryiden* des Untersuchungsgebietes.

4.7 Hypothese der mittleren Störungshäufigkeit

Die Hypothese der mittleren Störungshäufigkeit (Intermediate Disturbance Hypothesis) ist ein von CONNELL entwickeltes Konzept, welches die Störungshäufigkeit und -intensität in Ver- bindung zur Artenvielfalt setzt. Demnach soll die Vielfalt ihr Maximum erreichen, wenn die Intensität der Störungen im mittleren Bereich liegt (CONNELL 1978). GRIME (2002) formuliert in seiner CSR-Theorie 3 verschiedene Komplexstrategien von Populationen zu diesem Kon- zept: competitors (C), stress-tolerators (S) und ruderals (R). Treten nur selten Störungen auf,

sind meistens konkurrenzstarke Arten zugegen. Stellen sich jedoch häufig Störungen ein, kommen besonders Pionierarten vor. In beiden Fällen ist die Artenvielfalt gering. Liegt die Anzahl der Störungen jedoch im mittleren Bereich, so kommen Vertreter beider Strategien vor und die Artenvielfalt erreicht ein höheres Niveau (GRIME 2002). Somit ergibt sich in einem Diagramm eine Glockenkurve. Stress definiert GRIME (2002) als sich auf einen Organismus ungünstig auswirkende Faktoren und Störung als einen Prozess, bei dem Biomasse zerstört wird. Übertragen auf die vorliegenden Untersuchungen bedeutet das Auslegen des Dachskadavers eine Bereitstellung von Biomasse (Ressourcen) und gleichzeitig eine Störung.

Sowohl die Collembolen- als auch die Milbenpopulation erreicht im **Norden** im Probenpunkt N₅ mit 1.415 bzw. 314 Exemplaren ihr Maximum. Die größte Artenvielfalt bei den Springschwänzen liegt bei N₆ mit 8 Arten. Im **Osten** hingegen sind die Maxima deutlich räumlich voneinander getrennt. Die Collembolendichte ist in O₈ mit 316 Tieren am höchsten, die der Milben hingegen in O₁₄ mit 418 Exemplaren. Der größte Artenreichtum unter den Collembolen wiederum befindet sich mit 9 verschiedenen Arten in O₈. Im **Süden** erreichen die Springschwänze bereits in S₃ mit 632 Individuen ihr Maximum, das der Milben liegt mit 144 Exemplaren in S₁₁ außen. Das größte Artenspektrum mit jeweils 5 Arten befindet sich mit S₇ und S₈ dazwischen. Im **Westen** hingegen weist W₅ mit 1.133 Tieren die größte Collembolendichte auf, die höchste Milbendichte befindet sich mit 173 Exemplaren in W₁₁. Die höchste Artenzahl der Collembolen ist im Punkt W₆ vereint und liegt damit unweit der maximalen Populationsgröße (siehe Abb. 36 - 40 unter 3.3.4 und 3.4).

Es zeigt sich, dass die größten Collembolendichten und deren höchste Artenvielfalt zumeist auf Bereiche zwischen dem 5. und 8. Probenpunkt eines Transektes fallen. Dieser Abschnitt schließt vermutlich nicht die ehemalige Liegefläche des Dachskadavers ein, sondern den Teil, welcher als erstes von den ausgeschwemmten Stoffen beeinflusst wird. Damit liegt die Störung dort nicht so hoch wie in unmittelbarer Nähe zum Nullpunkt, aber dennoch höher als in den Außenbereichen. Diese Reaktion auf die Störung durch erhöhte Arten- und Individuendichten kann als weiterer Anhaltspunkt dienen, dass die Collembolenzönose in gewisser Weise vom Kadaver profitiert.

Auf der sanierten Bergbaufläche von Schlabendorf Süd konnten bereits 2007 ähnliche Reaktionen einer Collembolenzönose auf Störungen beobachtet werden. Die höchste Artenzahl befand sich auf gewachsenem Land, unweit des Überganges zur Kippenfläche. Dort lag der Grad der Störung wahrscheinlich im mittleren Bereich. Das geringste Artenspektrum

zeigte sich im Bereich des ehemaligen Tagebaus, wo die Störungsintensität vermutlich am höchsten war (vgl. KLONOWSKI & RÖBLER 2010).

Bei den Milben hingegen befindet sich die maximale Individuendichte in 3 von 4 Abschnitten sehr weit außen in den Transekten und damit deutlich entfernt von stärkeren Einflüssen durch den Kadaver. Sie könnten also weniger durch das Aas beeinflusst sein und nur einen geringen Nutzen daraus ziehen. Unter Umständen ist ihr Bezug dazu eher als indirekt zu betrachten. Ihre Reaktion darauf, besonders die der Gamasiden, richtet sich vermutlich mehr nach ihren Beutetieren wie den Collembolen.

4.8 Die Struktur der Zönose

Die mit Abstand häufigste Art des **Gesamtransektes** ist *Hypogastrura vernalis*, die zusammen mit den juvenilen Exemplaren über 80 % stellt (Abb. 41, Tab. 1 unter 3.5.1) und somit als eudominant einzustufen ist. Diese Art ist vermutlich die einzige, die durch den Kadaver ihre Population stärken konnte. Es existieren neben dieser vorherrschenden Art nur 2 subdominante Collembolenarten. Die größte unter ihnen ist *Proisotoma ripicola* mit 9,6 %, es folgt *Mesaphorura macrochaeta* mit 4,4 %. Bei *Hypogastrura vernalis* handelt es sich um einen Kosmopoliten (FJELLBERG 1998). Die Art bevorzugt trockene Wiesen (Fjellberg 1980), was der Untersuchungsfläche entspricht. *Mesaphorura macrochaeta* dagegen ist eine charakteristische Art ehemaliger Tagebaugebiete (DUNGER 1994; KRAWCZYNSKI 2006; KRAWCZYNSKI et al. 2010). Aufgrund des Aaseinflusses ist sie unter Umständen weniger häufig als *Hypogastrura vernalis*. *Sphaeridia pumilis*, die mit 1,6 % noch zu den rezedenten Arten zählt, ist, da sie in den Außenbereichen siedelt, nicht für die Zönose am abgebauten Kadaver von Bedeutung. Die verbleibenden subrezedenten Arten beeinflussen die Collembolengemeinschaft nicht maßgeblich.

Im **Osttransekt** herrscht erneut *Hypogastrura vernalis* vor, hat aber mit 32,6 % einen bedeutend geringeren Anteil und wird dort lediglich als dominant bezeichnet (Abb. 42, Tab. 2 unter 3.5.1). Für die Zönose bedeutet dies, dass sie sich in diesem Abschnitt deutlich abwechslungsreicher zusammensetzt. *Mesaphorura macrochaeta* mit 26,0 %, und *Proisotoma ripicola* mit 21,5 % nehmen in diesem Transekt einen höheren Anteil an der Zönose ein. Starke Auswaschungen von Nährstoffen, die vom Aas stammen, könnten ein Grund für den Rückgang von *Hypogastrura vernalis* sein. Bereits die 2 nachfolgenden, subdominanten Collembolen – *Isotomodes productus* und *Sphaeridia pumilis* – haben nur noch Anteile von rund 5 %. Damit

ist auch ihr Anteil an der Zönose als gering anzusehen. Die rezedenten Arten – *Friesea afurcata*, *Hypogastrura manubrialis* und *Hypogastrura spec. juv.* – sind in der Wertigkeit darunter einzuordnen. Welche Rolle *Friesea afurcata*, die u.a. auch von Aas lebt (DUNGER 2008), beim Abbau des Kadavers spielte, kann nicht geklärt werden, zumal nicht angegeben wird, um was für Aas es sich handelt.

Im **Südtransekt** ist *Hypogastrura vernalis* wieder als eudominante Art vertreten (Abb. 42, Tab. 3 unter 3.5.1). Einschließlich der juvenilen Exemplare hat sie einen Anteil von über 80 %. Dementsprechend schwach ist mit 10,8 % die nachfolgende *Proisotoma ripicola* zugegen. *Mesaphorura macrochaeta* hat mit 3,6 % im Vergleich zum Osttransekt einen deutlich geringeren Anteil. Vermutlich sind die Auswaschungsprozesse in Richtung Süden Grund für die geringere Populationsdichte. *Isotomodes productus* ist zwar typisch für trockene Standorte (DUNGER 2001) wie dem des Untersuchungsgebietes, aber mit 2,6 % bei Weitem nicht so häufig wie *Hypogastrura vernalis*.

Der **Westtransekt** ist derjenige Abschnitt, in dem *Hypogastrura vernalis* mit 82,5 % ihren höchsten Anteil aller 4 Teilbereiche erreicht (Abb. 42, Tab. 4 unter 3.5.1). Auch hier zeichnet sich die Collembolengemeinschaft durch ihre Artenarmut aus. Betrachtet man *Hypogastrura spec. juv.* nicht als eigenständige Art, so kommt nur *Proisotoma ripicola* mit 10,1 % auf relativ hohe Ergebnisse, obwohl der Abstand zwischen beiden Arten bereits sehr deutlich ausfällt. Die extreme Trockenheit, die mitunter stärker als in einer Bergbaufolgelandschaft ausgeprägt ist (vgl. KLONOWSKI & RÖBLER 2010), kann das Bodenleben einschränken. Ebenfalls denkbar wäre, dass Nahrungsknappheit ein Grund ist, dass keine weitere Art mit ähnlicher Populationsgröße wie *Hypogastrura vernalis* vorkommt. Dieses Argument ist jedoch unwahrscheinlicher einzuschätzen als das der Trockenheit.

Im **Nordtransekt** ist *Hypogastrura vernalis* ebenfalls eudominant, liegt aber mit 71,9 % etwas hinter dem Ergebnis im Westen zurück (Abb. 42, Tab.5 unter 3.5.1). Bezieht man jedoch die juvenilen Stadien mit ein, so erreichen beide zusammen eine Dominanz von annähernd 90 %. *Proisotoma ripicola* ist da mit 6,0 % nur als subdominant einzustufen.

Insgesamt betrachtet ist *Hypogastrura vernalis* auf dem gesamten Untersuchungsfeld meist mit deutlichem Abstand die vorherrschende Art. Lediglich im Osten ist *Mesaphorura macrochaeta* fast ebenso dominant vertreten. Die deutliche Präsenz von *Hypogastrura vernalis* könnte zum einen an einer Anpassung an Trockenheit liegen. *Mesaphorura macrochaeta* wird als Erstbesiedler eher als konkurrenzschwach eingestuft (KRAWCZYNSKI et al. 2010). Andererseits kann ein hohes Aufkommen von *Hypogastrura vernalis* auch daran liegen, dass sie gut angepasst ist. Unter Umständen kommt sie mit einer breiten Amplitude

von Umweltbedingungen zurecht und würde dann nicht als typische Zeigerart für bestimmte Verhältnisse gelten. Möglicherweise sind die Ressourcen für die anderen Arten auch nicht besonders optimal, so dass ihre Vermehrungsraten deshalb stets unter denen von *Hypogastrura vernalis* liegen. Da der Standort besonders sonnenexponiert ist, könnten zahlreiche xerotherme Arten trotz hoher Temperaturen bei der Extraktion im Probenmaterial verblieben sein. Welche Gründe letztendlich zur starken Ausbreitung von *Hypogastrura vernalis* geführt haben, können nur Langzeitstudien genauer klären. Damit könnte außerdem nachgewiesen werden, ob *Hypogastrura vernalis* tatsächlich wie vermutet als einzige in starkem Maße vom Kadaver profitierte.

Die Clusteranalyse der Collembolenarten stellt die Struktur der Zönose aus einer anderen Sichtweise dar. Das Dendrogramm zeigt zunächst 4 Cluster in der ersten Verbindungsebene an (siehe Abb. 43 unter 3.5.3.4). Die erste Gruppierung setzt sich aus den folgenden Arten zusammen: *Lepidocyrtus cyaneus* (Lc), *Parisotoma notabilis* (Pn), *Entomobrya multifasciata* (Em), *Pseudachorutes* spec. juv. (Psj) und *Sminthurus nigromaculatus* (Sn). Allen 5 gemeinsam ist, dass sie zu den seltensten Arten gehören. Es sind maximal 10 Individuen pro Art vorhanden. Sonstige Ähnlichkeiten lassen sich nur schwer ausmachen. 3 dieser Arten – *Lepidocyrtus cyaneus*, *Parisotoma notabilis* und *Entomobrya multifasciata* – zählen zu den Kosmopoliten (SCHULZ 1997; DUNGER 2001; MIGLIORINI et al. 2003; SCHULZ et al. 2003; STIERHOF 2003) und wiederum 3 – *Lepidocyrtus cyaneus*, *Entomobrya multifasciata* und *Sminthurus nigromaculatus* – sind epigäische Arten.

Das zweite Cluster, das jedoch bereits ein größeres Distanzmaß als die Gruppe zuvor aufweist, bilden *Friesea afurcata* (Fa), *Hypogastrura manubrialis* (Hm) und *Entomobrya* spec. juv. (Esj). Diese ähneln sich ebenfalls sehr stark in der Individuenzahl; sie beträgt 32 - 36 Tiere. Ihre Lebensweisen sind unterschiedlich. *Friesea afurcata* gehört zu den Prädatoren (HOPKIN 1997; RUSEK 1998; DUNGER 2008), *Hypogastrura manubrialis* dagegen ist eine Kompostart (HUTHA et al. 1979 in ZERLING 1990; FJELLBERG 1998; DUNGER 2004; LINNANIEMI 1912 in KRAWCZYNSKI 2006) und *Entomobrya* spec. juv. ist als epigäische Gattung eher an der Bodenoberfläche und der Vegetation zugegen.

Es schließt sich daraufhin eine weitere Gruppe, bestehend aus *Isotomodes productus* (Ip) und *Mesaphorura macrochaeta* (Mm) mit nächstgrößerem Distanzmaß an. Bei ihnen betragen die Populationen bereits 97 und 336 Tiere und unterscheiden sich damit schon deutlich voneinander. Neben den Tatsachen, dass beide Arten des Öfteren auf ehemaligen Tagebauflächen gefunden wurden (DUNGER et al. 1997; DUNGER 1989, ZERLING 1990 in KRAWCZYNSKI 2006) und als kosmopolitisch gelten (SCHULZ 1997; FJELLBERG 1998; SIMÓN

BENITO & LUCIÁNEZ SÁNCHEZ 2000; DUNGER 2001; MIGLIORINI et al. 2003; SCHULZ et al. 2003; STIERHOF 2003), sind sie außerdem typisch für trockene, offene Standorte (FJELLBERG 1980; ZERLING 1990; FJELLBERG 1998; DUNGER 2001; STIERHOF 2003) wie das Untersuchungsgebiet selbst. Beide Arten verbindet, dass *Isotomodes productus*, abgesehen vom Probenpunkt W₇, stets dieselben Besiedlungsräume aufsucht wie *Mesaphorura macrochaeta*. Ihr gemeinsames Vorkommen ist laut Korrelationsanalyse als höchst signifikant einzustufen ($r = 0,496$; $\rho = 0,000$).

Das vierte Cluster setzt sich aus *Hypogastrura vernalis* (Hv) und *Hypogastrura spec. juv.* (Hsj) zusammen. Hier besteht deren Ähnlichkeit ebenfalls nicht in den Populationsgrößen, sondern darin, dass beide zusammen vorkommen und somit höchstwahrscheinlich zu einer Art gehören. *Sphaeridia pumilis* (Sp) und *Proisotoma ripicola* (Pr) können keinem der 4 Cluster der ersten Verbindungsebene zugeordnet werden. In nächster Instanz verbinden sich die ersten beiden Startgruppierungen zu einem Cluster. Sie weisen ein geringeres Distanzmaß auf als die Arten des 3. bzw. 4. Clusters der ersten Ebene untereinander. Der Zusammenschluß der ersten beiden Cluster dieser Ebene sorgt dafür, dass nun die seltensten Arten des Untersuchungsgebietes mit Populationsgrößen, die zwischen 10 - 36 Tieren liegen, verknüpft werden. Im Anschluß wird eine Verbindung zu *Sphaeridia pumilis* hergestellt, die mit insgesamt 118 Individuen ebenfalls recht selten ist. Zu der Gruppierung von *Isotomodes productus* und *Mesaphorura macrochaeta* schließt sich *Proisotoma ripicola* an. Diese weist jedoch mit 728 Nachweisen eine doppelt so große Population auf wie *Mesaphorura macrochaeta*, bevorzugt jedoch auch trockene Habitate (THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001). Darauf folgend verbinden sich die ursprünglichen Cluster 1 - 3. Ihr Distanzmaß ist nur geringfügig höher als das des 4. Clusters der ersten Verbindungsebene. Erst am Ende verbindet sich das Cluster, welches *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* umfasst, mit den übrigen Arten. Dies könnte ihre besondere Stellung innerhalb der Zönose hervorheben. Nicht nur, dass sie am zahlreichsten auftreten, sie sind wahrscheinlich auch diejenigen, die am stärksten von der Anwesenheit des Kadavers profitierten.

4.9 Die Reichweite des Aaseinflusses

Mit einer Gruppierungsvariablen werden die Probenahmestellen so klassifiziert, dass die ersten von ihnen, die Probenpunkte 0 - 7, der ehemaligen Liegefläche des Kadavers entsprechen und die zweite Gruppe mit den Punkten 8 - 14, den „unbeeinflussten“ Bereich

repräsentieren. Muss die aufgestellte Nullhypothese beim MANN-WHITNEY U-Test, dass sich beide Abschnitte nicht signifikant voneinander unterscheiden, verworfen werden, so kann der auftretende Unterschied durch das Aas bedingt sein.

Mit jeweils einer Signifikanz von $p < 0,000$ existieren bei den Nährstoffen Nitratstickstoff (NS), pflanzenverfügbarer Stickstoff (pS) sowie Diphosphorpentoxid (P) deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (siehe Tab. 9 unter 3.5.3.2). Diese sind selbst 1 Jahr nach dem Abbau des Kadavers noch sichtbar, wie die Abbildungen 11 (siehe 3.2.5), 15 (siehe 3.2.7) und 17 (siehe 3.2.8) zeigen. Dass Stickstoff- und Phosphorverbindungen aus dem toten Tier in den Boden gelangen und dort eine bestimmte Zeit verbleiben, wiesen bereits TOWNE (2000) und MELIS et al. (2007) nach. KRAWCZYNSKI (unveröffentlichte Daten) konnte diese Konzentrationsunterschiede, jedoch mit weitaus höheren Werten, bereits 2009 am Dachskadaver nachweisen. Ammoniumstickstoff als weiterer Nährstoff zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede an, wobei $p = 0,041$. $N-NH_4^+$ gibt in der grafischen Darstellung (siehe Abb. 13 unter 3.2.6) keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen an. Der Nährstoff ist vermutlich stärker als Nitratstickstoff oder Diphosphorpentoxid in rasch verlaufende Umsetzungsprozesse eingebunden bzw. neigt zur Auswaschung. Für den pH-Wert muss die Hypothese mit einer Signifikanz von 0,006 ebenfalls verworfen werden. Die Ergebnisse der ersten Gruppe liegen hierbei leicht unter denen der zweiten. Zwar ändert sich auch der pH-Wert infolge von Abbauprozessen (TOWNE 2000; MELIS et al. 2007; KRAWCZYNSKI unveröffentlicht), doch sind die Unterschiede sehr gering (siehe Abb. 5 unter 3.2.2). Ob diese tatsächlich noch vom Aas stammen, lässt sich schwer einschätzen. Vielmehr kann z.B. auch der unterschiedliche Bedeckungsgrad der Vegetation zu geringfügigen Differenzen führen. Für die Trockensubstanz ($p = 0,019$) und den Wassergehalt ($p = 0,029$) trifft die Nullhypothese ebenfalls nicht zu. KRAWCZYNSKI (unveröffentlicht) wies für die Bodenfeuchte noch deutlich höhere Werte im Zentrum nach (Abb. 49 u. 50 unter 4.3.2). Inzwischen veränderte sich die Situation, und im Umkreis des Nullpunktes liegen nun die niedrigeren Wassergehalte vor. Diese sind eine Folge der veränderten Vegetation auf der Liegefläche des Kadavers. Durch Rohbodenstellen verdunstet Feuchtigkeit nun viel schneller. Für die Leitfähigkeit (Leit), den Humusgehalt (HG) und den Kohlenstoffgehalt (C) bestätigt sich hingegen die Hypothese. Damit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Proben nahe am Aas und den weiter entfernt liegenden. Denkbar wäre, dass derartige Effekte für die Parameter entweder nur sehr kurzfristig bzw. gar nicht nachweisbar sind. Bei länger währenden Kreisläufen, wie dem der Humusbildung, treten Auswirkungen erst später in Erscheinung.

Beim überwiegenden Teil Collembolenarten existieren hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (siehe Tab. 10 unter 3.5.3.2). Zu den Arten, auf die der Dachskadaver offenbar keinen Einfluss hat, zählen: *Entomobrya multifasciata* (Em), *Entomobrya spec. juv.* (Esj), *Friesea afurcata* (Fa), *Hypogastrura manubrialis* (Hm), *Isotomodes productus* (Ip), *Lepidocyrtus cyaneus* (Lc), *Mesaphorura macrochaeta* (Mm), *Parisotoma notabilis* (Pn), *Proisotoma ripicola* (Pr) sowie *Pseudachorutes spec. juv.* (Psj). Bei *Hypogastrura vernalis* (Hv) dagegen ist die Hypothese auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,000$ abzulehnen. Die Art scheint einen deutlichen Vorteil aus der Anwesenheit des Dachskadavers gezogen zu haben, nicht nur, dass sie die häufigste Collembole der Zönose ist, vor allem in der Gruppe 0 - 7 sind die Individuenzahlen stark erhöht. Vorteilhaft könnte sein, dass *Hypogastrura vernalis* vor allem die Bedingungen im Boden, die durch das Aas erhöht sind, als optimal empfindet. Dies könnte konkret bedeuten, dass die bodenchemischen Verhältnisse für die Anwesenheit von *Hypogastrura vernalis* vorteilhaft sind oder, dass sie vor allem in der erhöhten Nährstoffakkumulation eine ausgezeichnete Nahrungsquelle findet. Sie könnte sich auch fakultativ vom Kadaver selbst bzw. der dort siedelnden Mikroflora ernährt haben.

Bei den beiden Kugelspringern der Collembolengemeinschaft ist die Nullhypothese ebenfalls zu verwerfen. Für *Sminthurus nigromaculatus* (Sn) liegt p bei 0,036 und für *Sphaeridia pumilis* (Sp) bei $p = 0,016$. Anders als *Hypogastrura vernalis* (Hv) treten beide verstärkt in den Abschnitten der Gruppe 8 - 14 auf. Möglicherweise bedeutet dies, dass sie keine Vorteile aus der unmittelbaren Nähe zum Aas ziehen. Der positive Einfluss ist bei ihnen möglicherweise eher indirekt. Beide Kugelspringerarten findet man häufig in niedriger Vegetation (BLANCQUAERT & MERTENS 1979 in DUNGER 1999; DUNGER 1999). Die zusätzlichen Nährstoffe, die beim Abbau des Kadavers anfallen, stimulieren unter Umständen das Pflanzenwachstum. Wie die Vegetationsprotokolle zeigen (siehe Abb. 3 unter 3.1.1.2, Abb. 4 unter 3.1.1.3), ist der Bedeckungsgrad außen höher und bietet den beiden Arten somit in diesen Abschnitten geeignetere Lebensräume. Nahe dem Zentrum hingegen fehlt die Vegetation vielfach und der Boden trocknet schneller aus, so dass vor allem die Bedingungen für die feuchteliebende *Sphaeridia pumilis* (DUNGER 1997) ungünstig sein könnten. *Sminthurus nigromaculatus* ernährt sich nachweislich auch von pflanzlichen Pollen (GISIN 1960), ist streugebunden und meidet deshalb aufgrund der Rohbodenstellen die ehemalige Liegefläche. Bei *Hypogastrura spec. juv.* (Hsj) muss die Nullhypothese mit $p = 0,046$ ebenfalls verworfen werden. Sie siedelt – ähnlich wie *Hypogastrura vernalis* – vor allem im Bereich der Gruppe 0 - 7. Der Grund dafür könnte darin bestehen, dass es sich bei *Hypogastrura vernalis* und

Hypogastrura spec. juv. um die gleiche Art handelt, die ähnliche Standortbedingungen und Nahrungsquellen benötigen. Dieses Ergebnis wird durch eine höchst signifikante Aussage der Korrelationsanalyse ($r = 0,640$; $p = 0,000$) bestätigt (siehe 3.5.3.5.2).

Für die Gesamtzahlen der Milben ($p = 0,026$) und Collembolen ($p = 0,003$) existieren ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (siehe Tab. 11 unter 3.5.3.2). Die Springschwänze treten, bedingt vor allem durch die hohe Präsenz von *Hypogastrura vernalis*, überwiegend in der Gruppe 0 - 7 auf. Die Milben dagegen dominieren eher die Gruppe 8 - 14. Das könnte unter Umständen daran liegen, dass sich einige Collembolen möglicherweise vom Kadaver selbst und dessen Umwandlungsprodukten ernährt haben. Unter den Milben hingegen könnte eine Reihe von Prädatoren sein, die aus dem Aas selbst keine Vorteile ziehen. Beide meiden jedoch gleiche Besiedlungsräume wie bereits BRAUNS (1964) feststellte.

Um noch detailliertere Aussagen als beim MANN-WHITNEY U-Test zu erhalten, wurde die Anzahl der Gruppen auf 4 erhöht. Aufgrund der neuen Einteilung zeigt Ammoniumstickstoff beim KRUSKAL-WALLIS-Test keine hinreichende Signifikanz mehr (siehe Tab. 12 unter 3.5.3.3). Die Differenz der $N-NH_4^+$ -Konzentrationen zwischen Zentrum und Außenproben scheint noch hinreichend groß zu sein, sinkt aber über die gesamten Transekte hinweg betrachtet nur allmählich und nicht abrupt. Bei Nitratstickstoff (NS), pflanzenverfügbarem Stickstoff (pS) sowie Diphosphorpentoxid (P) bleibt die Aussage bestehen, dass deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen vorhanden sind und dies mit unverändert hoher Signifikanz von $p < 0,000$. Bei allen 3 Parametern zeigt sich ein ausgeprägtes Gefälle zwischen den Anfangs- und Endproben der Transekte. Damit bestätigen diese Resultate, dass die Anwesenheit des Kadavers einen erheblichen Einfluss auf deren Konzentrationen hat. Bei pH-Wert (pH), Trockensubstanz (TS) und Wassergehalt (WG) muss die Nullhypothese erneut verworfen werden. Bei ihnen hat die Signifikanz der Aussage im Vergleich zu der Einführung von 2 verschiedenen Gruppen z.T. noch deutlich zugenommen. Es bleibt jedoch weiter die Frage, ob nicht inzwischen andere Faktoren die 3 Parameter stärker beeinflussen als das Aas. Bei allen Kennwerten, bei denen bereits beim MANN-WHITNEY U-Test die Nullhypothese nicht zutrifft, also für die Leitfähigkeit (Leit), den Humus- (HG), den Kohlenstoff- (C) und den Ammoniumstickstoffgehalt (AS), bestehen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Damit gilt für diese Parameter zumindest bis zu diesem Zeitpunkt ein erheblicher Einfluss durch den Dachskadaver nach 1 Jahr als ausgeschlossen.

Bei der Mehrzahl der Collembolenarten treten trotz der Einteilung in 4 Gruppen wie zuvor beim MANN-WHITNEY U-Test keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Tab. 13 unter 3.5.3.3). Dies betrifft *Entomobrya multifasciata* (Em), *Entomobrya* spec. juv. (Esj),

Isotomodes productus (Ip), *Lepidocyrtus cyaneus* (Lc), *Mesaphorura macrochaeta* (Mm), *Parisotoma notabilis* (Pn), *Proisotoma ripicola* (Pr) sowie *Pseudachorutes* spec. juv. (Psj). *Hypogastrura vernalis* zeigt jedoch mit unverändert hoher Signifikanz ($p < 0,000$) an, dass sich ihr Besiedlungsraum nach dem Aas richtet, ebenso wie *Hypogastrura* spec. juv. mit $p = 0,049$. Beide sind vor allem in der ersten Gruppe stark präsent. Für *Sminthurus nigromaculatus* ist die Nullhypothese mit einer Signifikanz von $p = 0,012$ erneut abzulehnen. Dies bestätigt die zuvor beim MANN-WHITNEY U-Test getroffene Aussage, dass das Besiedlungsmuster der Art vom Kadaver beeinflusst wird. Da der Wert für p dieses Mal noch geringer ist, nimmt die Qualität der Aussage zu. In diesem Fall kommt diese Collembolenart verstärkt in den Proben der Gruppe 3 vor. Ebenfalls widerlegt ist die Hypothese für den Kugelspringer *Sphaeridia pumilis* mit $p = 0,020$, der ebenfalls nur die Außenbereiche besiedelt. Für 2 Arten, *Friesea afurcata* mit $p = 0,036$ und *Hypogastrura manubrialis* mit $p = 0,011$, ist die Nullhypothese erstmals zu verwerfen. *Friesea afurcata* wird sich vor allem an den lokalen Gegebenheiten orientieren. Als Prädator sucht sie sich Bereiche, in denen ihre Beute, z.B. kleinere Organismen oder Collemboleneier, gehäuft vorkommt. *Hypogastrura manubrialis* hingegen wird sich als Kompostart (HUTHA et al. 1979 in ZERLING 1990; FJELLBERG 1998; DUNGER 2004; LINNANIEMI 1912 in KRAWCZYNSKI 2006) stark an den Stellen konzentrieren, wo reichlich organische Substanz lagert.

Für die Gesamtpopulationen der Milben und Collembolen bestätigt sich die Nullhypothese des MANN-WHITNEY U-Tests, dass die Gruppen verschieden sind. Einzig die Qualität der Nullhypothese nahm weiter zu. Für die Milben liegt p bei 0,005 und für die Collembolen bei 0,001 (siehe Tab. 14 unter 3.5.3.3). Die Springschwanzdichten sind in der Gruppe 0 - 4 besonders hoch, dort erreichen sie häufig den dreistelligen Bereich. In der danach folgenden Gruppe 5 - 9 erhöhen sich die Individuenzahlen nochmals, da dieser Abschnitt die am dichtesten bevölkerten Probenpunkte N_5 und W_5 einschließt. Bei der Gruppe 10 - 14 hingegen, sinken die Individuendichten deutlich, um in der letzten Gruppe A den niedrigsten Stand zu erreichen. Dadurch, dass besonders die ersten beiden Gruppen größere Collembolenzahlen beherbergen, ist ein positiver Einfluss des Dachskadavers durchaus denkbar. Die Milbenpopulationen variieren ebenfalls merklich innerhalb der 4 Abschnitte. Hier ist jedoch die erste Gruppe diejenige, welche sehr schwach besiedelt ist. Im Gegensatz dazu stehen die beiden nachfolgenden Gruppen, dort sind meist mehr als 100 Milben in einer Probe enthalten. In der letzten Gruppe hingegen ist die Population z.T. wieder deutlich geringer. Es scheint, als würde die Milbenpopulation nicht in dem Maße vom Aas profitieren, wie es bei den Collembolen der Fall ist. Die Gruppe 5 - 9 mit den Probenpunkten, die in der Nähe vom Aas

liegen, weist eine größere Population auf, doch die Gruppe 0 – 4, mit dem größten Einfluss des Kadavers, ist schwächer mit Milben besetzt. Dies mag daran liegen, dass sie mehr räuberische Arten beinhalten, die weniger von Nährstoffen aus dem Kadaver profitieren.

4.10 Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Transektverlauf

Die Clusteranalyse der Probenpunkte verknüpft Standorte mit ähnlichen Eigenschaften. Der im Dendrogramm rot umrandete Bereich (Abb. 61) enthält die Cluster, die alle Probennummern bis zum jeweils 4. Punkt der Teilabschnitte umfasst. Lediglich S_4 ist dort nicht vorhanden (in der Abbildung blau markiert). Da es sich bei miteinander verknüpften Clustern um Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften handelt, ist davon auszugehen, dass dieser rot markierte Bereich einem starken Einfluss des Aases unterliegt. Damit beträgt der Einflussbereich des Dachskadavers etwa 40 cm im Radius, außerhalb von diesem wird die Intensität deutlich schwächer. GU & KRAWCZYNSKI (2012) ermittelten für einen Rehkadaver sogar einen Radius von 80 cm. Vermutlich ist die betroffene Fläche ausgedehnter, da es sich um einen größeren Kadaver handelt und die Zeitspanne zwischen dem Abbau und der Beprobung kürzer gewählt wurde. Anhand der Abbildung 61 lässt sich ebenfalls gut zeigen, dass höchstens 3 Proben von einer Himmelsrichtung zu einem Cluster zusammengefasst sind. Die Einteilung der Probenpunkte basiert auf den Ausprägungen der Bodenparameter. Somit wird die Heterogenität des Bodens im Untersuchungsgebiet hervorgehoben.

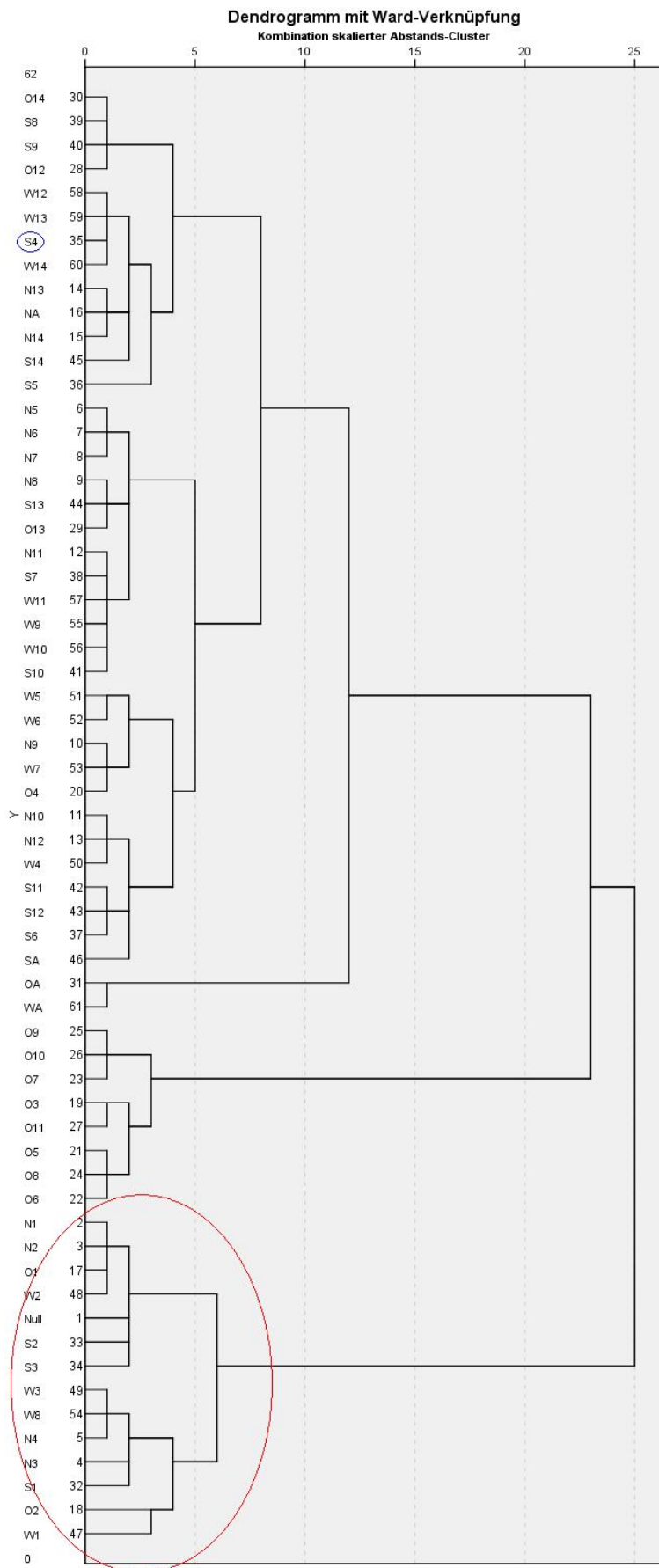


Abb. 61: Dendrogramm (Distanzmaß Häufigkeit mit Chi Quadrat) mit den kadaverbeeinflußten Probenpunkten

4.11 Beeinflussungen der Bodenparameter bzw. Collembolenarten untereinander

Die Rangkorrelationen zwischen den Bodenparametern werden mit Hilfe einer Kreuztabelle dargestellt (siehe Tab. 15 unter 3.5.3.5.1) und geben Hinweise auf die Stärke dieser Zusammenhänge. Der pH-Wert und die Leitfähigkeit sind nur schwach miteinander korreliert ($r = 0,355$; $\rho = 0,004$). Beide sind in besonderem Maße von der An- oder Abwesenheit von Ionen beeinflusst. Das betrifft im Wesentlichen das Vorhandensein von OH^- bzw. H^+ -Ionen, die je nach Konzentration den pH-Wert erhöhen oder senken und damit gleichzeitig auch die Ionenleitfähigkeit ändern. Je nach pH-Wert wechselt die Mobilität z.B. von Schwermetallionen, die im sauren Bereich am stärksten ist.

Die Leitfähigkeit korreliert nur schwach positiv mit dem Humus- ($r = 0,287$; $\rho = 0,021$) und Kohlenstoffgehalt ($r = 0,291$; $\rho = 0,020$). Humusakkumulationen implizieren die Anwesenheit von Nährstoffen und damit von Ionen, die wiederum Einfluss auf die Leitfähigkeit haben. Einen schwachen Zusammenhang zeigt die Leitfähigkeit außerdem zum Ammoniumstickstoff ($r = 0,360$; $\rho = 0,003$). Zum Nitratstickstoff ($r = 0,506$; $\rho = 0,000$) und pflanzenverfügbarem Stickstoff ($r = 0,510$; $\rho = 0,000$) bestehen sogar mittlere Korrelationen. Dass es zwischen den Nährstoffen und der Leitfähigkeit einen gewissen Zusammenhang gibt, liegt daran, dass erstere häufig als frei bewegliche Teilchen vorliegen.

Die Trockensubstanz wiederum korreliert jeweils schwach mit Nitratstickstoff ($r = 0,279$; $\rho = 0,026$), pflanzenverfügbarem Stickstoff ($r = 0,273$; $\rho = 0,029$) und Diphosphorpentoxid ($r = 0,270$; $\rho = 0,031$). Je höher der Anteil an Trockensubstanz im Boden ist und dieser Zustand nicht durch Niederschlagsereignisse verändert wird, umso geringer ist die Gefahr der Nährstoffverluste durch Auswaschungsprozesse.

Viel stärkere Zusammenhänge zeigen sich hingegen zwischen dem Wasser- und Humusgehalt ($r = 0,755$; $\rho = 0,000$) sowie zwischen Wasser- und Kohlenstoffgehalt ($r = 0,752$; $\rho = 0,000$). Hohe Mengen an organischer Substanz sind in der Lage, viel Feuchtigkeit aufzunehmen und zu speichern (BACHMANN 1988, 1995 in WÖLLECKE 2006).

Nitratstickstoff ($r = 0,584$; $\rho = 0,000$), pflanzenverfügbarer Stickstoff ($r = 0,775$; $\rho = 0,000$) und Diphosphorpentoxid ($r = 0,321$; $\rho = 0,010$) korrelieren alle in unterschiedlich starkem Maße positiv mit Ammoniumstickstoff. Die ersten beiden sind mit N-NH_4^+ durch Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse miteinander verknüpft. Der positive Zusammenhang zwischen Ammoniumstickstoff und Diphosphorpentoxid wird wahrscheinlich durch das Vorhandensein von Vegetation bedingt. Dort, wo das Pflanzenwachstum hoch ist, werden Nährstoffe wie diese vermehrt gespeichert.

Der stärkste aller Zusammenhänge besteht zwischen Nitratstickstoff und pflanzenverfügbarem Stickstoff ($r = 0,958$; $\rho = 0,000$), welcher sich aus der Summe der Konzentrationen von N-NH_4^+ und N-NO_3^- zusammensetzt. Der Anteil des Nitratstickstoffes übersteigt in den meisten Fällen den des Ammoniumstickstoffes deutlich, so dass die Kurvenverläufe von Nitratstickstoff und pflanzenverfügbarem Stickstoff sich nahezu gleichen. Mit $r = 0,712$ ($\rho = 0,000$) ist die Stärke der Korrelation zwischen Nitratstickstoff und Diphosphorpentoxid angegeben. Vermutlich werden die Konzentrationen beider Parameter durch die Anwesenheit von Pflanzen beeinflusst. Pflanzenverfügbare Stickstoff und Diphosphorpentoxid ($r = 0,672$; $\rho = 0,000$) sind fast genauso stark miteinander korreliert, ebenso aufgrund des zuletzt erwähnten Arguments.

In der Kreuztabelle (siehe Tab. 16 unter 3.5.3.5.2) werden Zusammenhänge zwischen den Collembolenarten aufgezeigt. Es finden sowohl positive als auch negative Beziehungen zwischen den Arten Berücksichtigung.

Die Populationen von *Entomobrya multifasciata* und *Friesea afurcata* stehen mit $r = 0,359$ ($\rho = 0,004$) in einer signifikant positiven Korrelation zueinander. Zwar kommen beide Arten z.T. gemeinsam vor, besetzen aber unterschiedliche Nischen, so dass sie nicht in Konkurrenz zueinander stehen. *Friesea afurcata* lebt räuberisch (HOPKIN 1997; RUSEK 1998; DUNGER 2008), *Entomobrya multifasciata* hingegen ernährt sich von Pollen der Blütenpflanzen (JANSSENS et al. 2001). Damit ist ihr gemeinsames Auftreten wohl dem Zufall geschuldet und eine gegenseitige Beeinflussung ist als gering zu beurteilen.

Ebenfalls nur schwach sind die Individuenzahlen von *Hypogastrura manubrialis* und *Mesaphorura macrochaeta* miteinander korreliert ($r = 0,329$; $\rho = 0,008$). Beide Arten überschneiden sich z.T. darin, dass sie dieselben Habitate besiedeln. Die Arten konnten in verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen auf verkippten Flächen nachgewiesen werden (HUTSON 1981 in ZERLING 1990; DUNGER 1994; KRAWCZYNSKI 2006; KRAWCZYNSKI et al. 2010). Darüber hinaus sind beide Collembolen kosmopolitisch (FJELLBERG 1998; SCHULZ et al. 2003) und können, wie die Stärke der Korrelation auch ausdrückt, eher zufällig gemeinsam im Untersuchungsgebiet vorkommen.

Die Individuendichte von *Hypogastrura manubrialis* korreliert außerdem noch signifikant mit 2 weiteren, mit der von *Sphaeridia pumilis* ($r = 0,348$; $\rho = 0,005$) und *Hypogastrura spec. juv.* ($r = 0,389$; $\rho = 0,002$). Unter der Annahme, dass die juvenilen Stadien zur Art *Hypogastrura vernalis* gehören, zählen alle 3 Springschwänze zu den Kosmopoliten (DUNGER 1997; SCHULZ 1997; FJELLBERG 1998; MIGLIORINI et al. 2003; STIERHOF 2003; DUNGER 2004). Es existieren 3 Probenpunkte – N_6 , O_8 und W_6 – in denen diese Arten gemeinsam vorkommen.

Sie kommen bei einem konstanten pH-Wert von 7,1 vor, nur geringfügig schwankenden Wassergehalten sowie nahezu konstanten Nitratstickstoff- und Diphosphoroxidkonzentrationen. Außerdem liegen die Humusgehalte auf einem relativ hohen Niveau von 2,01 % bis 2,18 % im Gegensatz zu den übrigen Standorten. Diese vergleichsweise größeren Mengen von organischer Substanz sind vor allem das Milieu von *Hypogastrura manubrialis* (DUNGER 2004). Die anderen Arten besitzen keine solch hohe Affinität zum Humusgehalt. Wahrscheinlich treten sie eher zufällig gemeinsam mit *Hypogastrura manubrialis* auf, zumal die Populationen nur schwach untereinander korrelieren und generell ein weites Verbreitungsspektrum zeigen. Die von allen gemeinsam besiedelten Probenpunkte jedoch liegen stets zwischen dem 6. und 8. Punkt, sie könnten also alle einen gewissen Nutzen aus dem Dachskadaver ziehen.

Eine mittlere Korrelation ($r = 0,402$; $\rho = 0,001$) weisen die Individuendichten von *Hypogastrura vernalis* und *Mesaphorura macrochaeta* auf. Ihre Gemeinsamkeiten bestehen darin, dass beide Kosmopoliten sind (FJELLBERG 1998) und sie häufig auf trockenen Wiesen zugegen sein können (FJELLBERG 1980; FJELLBERG 1998). Da der Zusammenhang zwischen beiden Arten stärker ausgeprägt ist, wäre es durchaus denkbar, dass sie öfter gemeinsam in solchen Habitaten siedeln und ihr gemeinsames Auftreten weniger dem Zufall unterliegt als es bei zuvor erwähnten Kombinationen der Fall sein könnte.

Mit $r = 0,284$ ($\rho = 0,023$) zeigen die Populationsdichten von *Hypogastrura vernalis* und *Proisotoma ripicola* einen schwachen Zusammenhang an. Beide Arten sind häufig in trockenen Habitaten anzutreffen (FJELLBERG 1998; THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001), dennoch ist diese Gemeinsamkeit aufgrund der niedrigeren Korrelation von der Wertigkeit her geringer einzuschätzen als bei der zuvor genannten Kombination.

Die Individuendichten von *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* weisen mit $r = 0,628$ ($\rho = 0,000$) auf eine starke Korrelation hin, den größten Wert der gesamten Zönose. Vermutlich handelt es sich um die gleiche Art.

Die Individuendichte von *Isotomodes productus* zeigt eine mittlere Korrelation zu der von *Mesaphorura macrochaeta* ($r = 0,481$; $\rho = 0,000$) an. Beide Arten weisen eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf. Sie sind Kosmopoliten (SCHULZ 1997; FJELLBERG 1998; SIMÓN BENITO & LUCIÁNEZ SÁNCHEZ 2000; DUNGER 2001; MIGLIORINI et al. 2003; SCHULZ et al. 2003; STIERHOF 2003), Besiedler ehemaliger Tagebauflächen (DUNGER 1994; KRAWCZYNSKI 2006) und xerophil (FJELLBERG 1980; ZERLING 1990; FJELLBERG 1998; DUNGER 2001; STIERHOF 2003; RUSEK 1995 in KRAWCZYNSKI 2006). Aufgrund zahlreicher Berührungspunkte treten sie vermutlich häufiger zusammen in einer Collembolengesellschaft auf.

Der Zusammenhang zwischen den Populationen von *Isotomodes productus* und *Proisotoma ripicola* basiert auf einer schwachen Korrelation ($r = 0,346$; $\rho = 0,005$). Beide sind in trockenen, sandigen Standorten zugegen (DUNGER 2001; THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001). Da die tatsächliche Verbreitung von *Proisotoma ripicola* vor 11 Jahren noch weitgehend unbekannt war (DUNGER 2001), bleiben Einstufungen über etwaige Gemeinsamkeiten stets unsicher.

Die Individuenzahlen von *Lepidocyrtus cyaneus* und *Parisotoma notabilis* gehen mit einer mittleren Korrelation einher ($r = 0,496$; $\rho = 0,000$). Beide Arten gehören zu den Kosmopoliten (SCHULZ 1997; DUNGER 2001) und besiedeln Komposte, wenngleich *Parisotoma notabilis* erst in späteren Sukzessionsstadien zugegen ist (GISIN 1960; FJELLBERG 1980). Außerdem wurden beide bereits auf Kippenflächen nachgewiesen (ZERLING 1990). Die 2 Arten besetzen also des Öfteren gemeinsame Nischen bzw. Lebensräume.

In einer schwachen Korrelation zueinander treten die Populationen von *Mesaphorura macrochaeta* und *Hypogastrura spec. juv.* auf ($r = 0,386$; $\rho = 0,002$). Da die Juvenilen vermutlich zur Art *Hypogastrura vernalis* zählen, sind für diese Kombination wahrscheinlich dieselben Aussagen zutreffend, die zuvor in Verbindung mit *Mesaphorura macrochaeta* formuliert wurden.

Die Individuendichten von *Parisotoma notabilis* und *Proisotoma ripicola* bilden eine Besonderheit innerhalb der Collembolenzönose. Sie sind die einzigen mit einer schwach negativen Korrelation ($r = -0,316$; $\rho = 0,011$). In ihren bevorzugten Habitaten sind die Arten sehr gegensätzlich. *Parisotoma notabilis* ist typisch für Komposte verschiedenster Art (ČHERNOVA 1970, HUTHA et al. 1979 in ZERLING 1990), wohingegen der primäre Lebensraum von *Proisotoma ripicola* charakteristischerweise trocken und sandig ist (THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001).

In einer schwachen Korrelation zueinander stehen die Populationsdichten von *Proisotoma ripicola* und *Sphaeridia pumilis* ($r = 0,354$; $\rho = 0,004$). Der Kugelspringer gilt als kosmopolitisch (STIERHOF 2003) und feuchtigkeitsliebend (DUNGER et al. 1997). Im Kontrast dazu steht *Proisotoma ripicola*, deren Verbreitung nicht hinreichend erforscht ist (DUNGER 2001) und die vermutlich als psammophile Art gilt (THIBAUD & CHRISTIAN 1995 in DUNGER 2001). Möglich wäre, dass beide Arten nebeneinander existieren, ohne einen großen Einfluss aufeinander auszuüben.

Zwischen den Individuenzahlen der Kugelspringerarten *Sphaeridia pumilis* und *Sminthurus nigromaculatus* besteht eine schwache Korrelation ($r = 0,322$; $\rho = 0,009$). Abgesehen davon,

dass beide häufig mesophile Standorte besiedeln (RUSEK 1995 in KRAWCZYNSKI 2006), wählen sie gern niedrige Vegetationsbestände als bevorzugten Aufenthaltsort (DUNGER 1999). Insgesamt betrachtet zeigen die meisten Collembolenpopulationen nur schwache Korrelationen zueinander. Es ist möglich, dass durch die Anwesenheit des Kadavers und die damit verbundenen ständig wechselnden Standortgegebenheiten sich keine festen Zönosestrukturen ausbilden können. Das wird auch dadurch deutlich, dass die meisten Arten in zu geringer Zahl vorkommen, als dass sie für die Collembolengemeinschaft tatsächlich von entscheidender Bedeutung sein könnten.

KRAWCZYNSKI (2006) untersuchte die Collembolenzönose einer Bergbaufolgelandschaft ebenfalls bezüglich ihrer Korrelationen zueinander. Dass es aufgrund des aufgeschütteten Substrates durchaus Parallelen gibt, die auch einen Vergleich ermöglichen, wurde bereits an anderer Stelle zuvor erwähnt. Die Untersuchung von 2006 zeigt lediglich 3 Kombinationen von Collembolen, die so auch in der Lieberoser Heide hätten auftreten können. Es handelt sich um Korrelationen der Populationen von *Isotomodes productus* mit denen von *Hypogastrura manubrialis* ($r = 0,515$; $\rho < 0,004$), *Parisotoma notabilis* ($r = 0,389$; $\rho < 0,034$) sowie *Sphaeridia pumilis* ($r = 0,393$; $\rho < 0,032$). Tatsächlich findet sich keine dieser Kombinationen in der Lieberoser Heide. Das könnte ein Indiz dafür sein, dass der Kadaver sonst feste Zönosestrukturen stark beeinflusst und sich damit völlig neue Beziehungen unter den Arten bilden.

Die Korrelationsanalyse zwischen Collembolenarten und Bodenparametern (siehe Tab. 17 unter 3.5.3.5.3) erbrachte nur wenige signifikante Ergebnisse. Lediglich 4 der 14 Arten des Untersuchungsgebietes korrelieren mit mindestens 1 Bodenparameter. Das lässt darauf schließen, dass zum Zeitpunkt der Probenahme nur noch wenige spezialisierte Arten zugegen waren.

Dass *Friesea afurcata* bei hohen Ionenkonzentrationen und speziell bei hohen Konzentrationen an Ammonium- sowie Nitratstickstoffverbindungen vorkommt, deutet darauf hin, dass sie solche Standorte gezielt auf der Suche nach Nahrung aufsucht. Da sie u.a. nekrophag lebt (DUNGER 2008), signalisieren ihr stickstoffreiche Substrate unter Umständen reiche Nahrungsquellen in Form von Aas.

Die Korrelationen von *Hypogastrura vernalis* zu Nitratstickstoff ($r = 0,434$; $\rho = 0,000$) und Diphosphorpentoxid ($r = 0,419$; $\rho = 0,001$) bestätigen die Vermutung, dass die Art einen Nutzen aus der Anwesenheit des Kadavers zog und sich eventuell sogar von ihm direkt ernährte, schließlich decken sich die ehemalige Liegefläche des Aases und die höchsten Populationsdichten der Art in weiten Teilen.

Die Population von *Entomobrya multifasciata* umfasst nur sehr wenige Exemplare. Daher ist die schwache Korrelation zu Ammoniumstickstoff ($r = 0,254$; $\rho = 0,049$) wenig aussagekräftig und am ehesten durch ihre Rolle als Kosmopolit (SCHULZ 1997; SCHULZ et al. 2002) erklärbar.

Mesaphorura macrochaeta erreichte in früheren Untersuchungen auf nährstoffarmen Kippböden wahre Massenvorkommen (KRAWCZYNSKI et al. 2010), auf dem angereicherten Boden des Untersuchungsgebietes jedoch deutlich geringere Dichten. Es bleibt wie bereits in KLONOWSKI & RÖBLER (2010) vermutet wurde, zu bedenken, ob sich *Mesaphorura macrochaeta* bei besseren Nährstoffbedingungen als konkurrenzschwach erweist. Als Kosmopolit (FJELLBERG 1998; SIMÓN BENITO & LUCIANEZ SÁNCHEZ 2000) ist sie jedoch in den verschiedensten Habitaten zugegen. Daher kann sie auch außerhalb ihres typischen Habitates, der Bergbaufolgelandschaft, Korrelationen zu Parameter wie in diesem Fall zur Leitfähigkeit, zu Nitrat- und Ammoniumstickstoff aufweisen, die sich gegensätzlich zu ihrem angestammten Habitat verhalten. Die von KRAWCZYNSKI (2006) nachgewiesenen Korrelationen zur organischen Substanz ($r = 0,334$; $\rho < 0,071$) und zum Wassergehalt ($r = 0,333$; $\rho < 0,078$) konnten diese Untersuchungen hingegen nicht bestätigen, ebensowenig wie andere von ihm aufgeführte Verbindungen zwischen Collembolenarten und Bodenparametern. Es ist zu vermuten, dass die Arten in den zwei gänzlich verschiedenen Habitaten grundverschiedene Verhaltens- und Lebensweisen haben.

Die Vielzahl der Korrelationen, welche in der Kreuztabelle (siehe Tab. 18 unter 3.5.3.5.4) aufgeführt sind, verdeutlichen die Komplexität des Ökosystems Dachskadaver. Zum einen gibt es Parameter wie den pH-Wert, wo die Unterschiede im Transektverlauf zwischen beiden Jahren gering ausfallen. Andere Kennwerte wie der Wassergehalt haben sich innerhalb eines Jahres tiefgreifend verändert. 2009 lag der Feuchtegrad im Zentrum des Beprobungsmusters höher. 2010 jedoch kehrte sich die Situation um, wodurch die negative Korrelation zwischen beiden Meßreihen zu erklären ist ($r = - 0,394$; $\rho = 0,002$). Die Ergebnisse des Nitratstickstoffes beider Jahre korrelieren stattdessen positiv miteinander ($r = 0,645$; $\rho = 0,000$). Beide Meßreihen beinhalten jeweils die höchsten Stickstoffwerte von 2009 und 2010 und zeigen ähnliche Kurvenverläufe, auch wenn der von 2010 etwas gedämpfter erscheint als der des Vorjahres.

Die starke Korrelation zwischen dem Ammoniumstickstoff von 2009 und dem Nitratstickstoff von 2010 ($r = 0,624$; $\rho = 0,000$) verdeutlicht, dass beide abhängig von der Sauerstoffzufuhr fortwährenden Umwandlungsprozessen unterliegen.

Die starke Korrelation zwischen dem Ammoniumstickstoff von 2009 und dem Diphosphorpentoxid von 2010 ($r = 0,605$; $\rho = 0,000$) beruht vermutlich auf ihrer ähnlichen Stoffausbreitung im Substrat. Bei beiden Nährstoffen sind hohe Konzentrationen auf das Zentrum des Beprobungsmusters beschränkt, nach außen hin fallen diese jedoch rasch ab. Die starke Korrelation zwischen der Leitfähigkeit von 2009 und dem Nitratstickstoff von 2010 ($r = 0,630$; $\rho = 0,000$) beruht wahrscheinlich darauf, dass aufgrund der hohen Konzentrationen von Nitratstickstoff von diesem die meisten freibeweglichen Ionen bereitgestellt werden.

4.12 Bevorzugte Habitate der Collembolenarten

Auf Grundlage des Diagramms (siehe Abb. 45 unter 3.5.3.6.1) kann man ein gemeinsames Vorkommen von *Hypogastrura spec. juv.* und *Hypogastrura vernalis* erkennen. Dies kann als weiteres Indiz gelten, dass es sich bei *Hypogastrura spec. juv.* um *Hypogastrura vernalis* handelt. Die beiden Taxa befinden sich in einer Punktwolke, um die sich eine ganze Reihe von Probenpunkten gruppiert. Es sind überwiegend Standorte in westlicher und nördlicher Richtung, die das betrifft. In jenen Abschnitten sind sie mit besonders hohen Populationen zugegen. Es sind vor allem Probenpunkte nahe dem Zentrum des Beprobungsmusters, die sich um beide Taxa herum anordnen, speziell N_3 , N_6 , W_5 , W_6 und W_8 . Da es sich hierbei überwiegend um niedrige Beprobungsnummern handelt, unterstreicht dies die Tatsache, dass beide durch den ausgelegten Dachskadaver in ihrer Populationsentwicklung deutlich, höchstwahrscheinlich im positiven Sinne, beeinflusst wurden.

Die Populationen von *Lepidocyrtus cyaneus* und *Parisotoma notabilis* kommen isoliert von den übrigen Arten und den meisten Probenpunkten vor. Der Probenpunkt W_2 beschreibt die Präferenzen der beiden Collembolenarten hinreichend genau, da dieser die kürzeste Distanz zu den beiden aufweist. Wie die Abbildung 39 mit dem Artenspektrum der Collembolen des Westtransektes vermittelt, sind *Lepidocyrtus cyaneus* und *Parisotoma notabilis* zwei der drei dort vertretenen Arten und beschreiben damit die Charakteristik dieses Probenpunktes bereits in hohem Maße. Die im Diagramm der DCA dargestellte isolierte Lage beschreibt deutlich die Wertigkeit innerhalb der Collembolengemeinschaft. Da sie in so geringen Individuendichten vorkommen, ist die Wertigkeit der Interpretation als gering anzusehen.

Pseudachorutes spec. juv. zeigt ähnlich wie *Lepidocyrtus cyaneus* und *Parisotoma notabilis* eine entfernte Lage von den anderen Arten an, da sie nur in W_{12} zugegen ist. Etwas näher, aber trotzdem noch gesondert von der Punktwolke, ist die Lage von *Sphaeridia pumilis* im

Diagramm zu beschreiben. Sie tritt z.B. in W_{14} mit 27, in O_A mit 8 und in N_{14} mit 14 Exemplaren auf. Zwar befinden sich alle Punkte in der Nähe der Art, aber dennoch so weit entfernt, dass andere Arten eine kürzere Distanz zu den Standorten haben. W_{14} beispielsweise wird in höherem Maße durch eine andere Art, nämlich *Proisotoma ripicola* mit 89 Exemplaren, beschrieben. Genauso verhält es sich bei N_{14} . O_A hingegen zeigt eine geringere Distanz zu *Sphaeridia pumilis* als zu *Proisotoma ripicola*, da erstere mit einer höheren Individuenzahl in dem Punkt W_{14} vertreten ist.

Entomobrya spec. juv., *Hypogastrura manubrialis* und *Proisotoma ripicola* grenzen eine größere Punktwolke in Form eines Dreiecks ein. *Proisotoma ripicola* ist in der Mehrzahl dieser Probenpunkte vertreten und ergänzend dazu mindestens eine der anderen beiden Arten. Es sind schwerpunktmäßig höhere Probennummern, die sich um die 3 Collembolen herum gruppieren. Das bedeutet, sie siedeln weiter weg vom Aas und unterliegen demnach auch nicht dem starken Einfluss durch den Kadaver wie es bei *Hypogastrura spec. juv.* und *Hypogastrura vernalis* der Fall ist.

Entomobrya multifasciata, *Friesea afurcata*, *Isotomodes productus* und *Mesaphorura macrochaeta* sind hingegen nicht Teil dieser Punktwolke, befinden sich aber in der Nähe dieser Konzentration von Probenpunkten. Ihre Gemeinsamkeit besteht darin, dass alle 4 Arten den Punkt O_8 besiedeln. Vereinzelt treten einige von ihnen auch zusammen in anderen Probenpunkten auf.

Außerhalb der Punktwolke, in der Nähe von *Sphaeridia pumilis*, liegt *Sminthurus nigromaculatus*. Die Collembolenart beschreibt alleinig den Probenpunkt N_{11} , da sie direkt auf ihm positioniert ist und die einzige anwesende Art stellt. Der Kugelspringer besiedelt zwar noch weitere Standorte, kann aber aufgrund der geringen Individuendichten diese nicht hinreichend erklären.

Auffällig ist, dass sich die meisten Probenpunkte in einem relativ engen Bereich häufen. Ganz links befinden sich jene Punkte, die nahe dem Zentrum liegen und damit aasbeeinflusst sind. Dieser Abschnitt wird lediglich von *Hypogastrura spec. juv.* und *Hypogastrura vernalis* besetzt. Weiter rechts im Diagramm gruppieren sich die meisten anderen Probenpunkte, ohne eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten. Möglicherweise spielt ab einer gewissen Entfernung zum Aas die Distanz keine Rolle mehr. D.h., ob man den 9. oder 14. Probenpunkt betrachtet, scheint irrelevant zu sein, da sie sich kaum noch in einer Reihenfolge staffeln. Diese große, ungeordnete Punktwolke beherbergt die meisten vorkommenden Arten des Untersuchungsgebietes. Sie scheinen nicht vom Kadaver zu profitieren.

Die Abbildung 46 (siehe 3.5.3.6.2) zeigt Abhängigkeiten zwischen Umweltfaktoren und Collembolenpopulationen. Aus dieser ergibt sich, dass *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* nahezu in der Mitte des Koordinatensystems liegen. Die Individuendichten der Arten stehen somit für unspezifische Bodenbedingungen und erlauben deshalb auch keine Aussagen zu bevorzugten Standortverhältnissen. Dass *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* im Koordinatensystem sehr dicht beieinanderliegen, deutet erneut darauf hin, dass es sich um eine Art handelt.

Die Art *Lepidocyrtus cyaneus* wird von den Vektoren der Bodenparameter Wasser- und Kohlenstoffgehalt sowie Diphosphorpentoxid eingeschlossen. Sie hat ihr einziges Vorkommen im Punkt W₂, der der Art auch am nächsten liegt. Das Vorkommen der Art gibt dort höhere Werte von Diphosphorpentoxid- und Kohlenstoffgehalt an. Beide Parameter sind im entsprechenden Probenpunkt überdurchschnittlich hoch. Ersterer beläuft sich auf 29,151 mg/g TS und letzterer auf 1,59 %. Zwar handelt es sich beim Kohlenstoffgehalt um einen der höchsten Werte des Untersuchungsgebietes, jedoch ist er im Vergleich mit den Anteilen organischer Substanz in einer Bergbaufolgelandschaft gleichzusetzen (vgl. KRAWCZYNSKI et al. 2010). Der Diphosphorpentoxidgehalt hingegen liegt mehr als doppelt so hoch wie der in einem ehemaligen Tagebau. Ein Vergleich zwischen beiden Flächen bietet sich an, da ihre Gemeinsamkeit auf verkipptem Substrat basiert. Es zeigt sich, die Bereitstellung von Phosphorverbindungen geschieht rasch, der Humuskreislauf jedoch verläuft langsam. Obwohl die Art nachweislich auch auf gedüngten Äckern (GISIN 1960), fetten Wiesen (STIERHOF 2003) u.a. nährstoffreichen Standorten vorkommt, ist nicht auszuschließen, dass die Anwesenheit an diesem phosphor- und humusreicheren Umfeld zufällig ist. KRAWCZYNSKI (2006) ermittelte hingegen für eine Population von *Lepidocyrtus cyaneus* eine signifikante Korrelation zu Nitrat ($r = 0,388$; $\rho < 0,041$).

Das Vorkommen von *Hypogastrura manubrialis* befindet sich im Umfeld von Ammoniumstickstoff und Leitfähigkeit. O₈, der in der Nähe von der Art liegt, zeichnet sich durch hohe Bodenkennwerte aus. Dass Populationen von *Hypogastrura manubrialis* eine Affinität zu Stickstoffverbindungen haben, zeigt sich dadurch, dass vielfach deren Anwesenheit in Komposten oder ähnlichen organischen Akkumulationen dokumentiert wurde (LINNANIENI 1912 in KRAWCZYNSKI 2006; GISIN 1960; FJELLBERG 1998).

Die Vektoren der Leitfähigkeit und des Nitratstickstoffs liegen unweit von *Mesaphorura macrochaeta*. Das größte Vorkommen der Art, O₈, befindet sich in ihrer Umgebung. Tatsächlich sind nur bei der Leitfähigkeit höhere Werte erkennbar und damit ist eine Korrelation vorhanden.

Bei *Entomobrya multifasciata* befindet sich ein von der Art besiedelter Probenpunkt (O₅) im näheren Umfeld. Die Art tangiert den Richtungsvektor der Leitfähigkeit.

Im Umfeld von *Isotomodes productus* liegen Nitratstickstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit. Hierbei zeigt lediglich der pH-Wert höhere Werte an. Die höheren pH-Werte erscheinen zunächst ungewöhnlich, da sie auch Besiedler von ehemaligen Tagebaugebieten ist (KRAWCZYNSKI 2006), kann jedoch dem Zufall unterliegen. KRAWCZYNSKI (2006) konnte einem Vorkommen der Art eine signifikante Korrelation zum pH-Wert ($r = 0,482$; $p < 0,007$) nachweisen.

Die Population von *Sminthurus nigromaculatus* liegt auf dem pH-Wert- und neben dem Nitratstickstoffvektor, wobei nur erstgenannter Parameter höhere Werte aufweist.

Proisotoma ripicola liegt ebenfalls in der Nähe des pH-Wert-Vektors. Die Individuen der Art besiedeln nahezu alle Probenpunkte, jedoch befindet sich lediglich N₅ im Umfeld der Collembolenpopulation. Dabei handelt es sich um das drittgrößte Vorkommen der Art.

Friesea afurcata befindet sich am weitesten entfernt vom Koordinatenursprung in der Nähe des Vektors des pH-Wertes, mit dem sie aber laut Korrelationsanalyse (siehe 3.5.3.5.3) nicht korreliert. Dennoch zeigt sie bei ihren Vorkommen hohe pH-Werte an. O₆, das größte Vorkommen der Art, liegt in unmittelbarer Nähe.

Pseudachorutes spec. juv. liegt im Diagramm direkt auf W₁₂, dem einzigen Vorkommen mit nur 1 Exemplar, welches die Gattung beschreibt.

Entomobrya spec. juv. und *Parisotoma notabilis* liegen im Koordinatensystem nah aneinander, im näheren Umfeld der Vektoren Kohlenstoff, Diphosphorpentoxid und Wassergehalt. Diese korrelieren aber nicht mit beiden Populationen (siehe 3.5.3.5.3) und zeigen keine höheren Werte an.

4.13 Schlussfolgerungen

Um aus dieser Arbeit abschließend Schlussfolgerungen formulieren zu können, werden die 3 eingangs aufgestellten Thesen erneut aufgegriffen:

- I Die Anwesenheit von Aas beeinflusst die Bodenparameter nachhaltig.
- II Kadaver beeinflussen die Zönose endogäischer Collembolen.
- III Höhere Abundanzen von Collembolen fördern wiederum weitere Bodenorganismen wie z.B. Milben.

Die erste These kann nur eingeschränkt bestätigt werden. Der pH-Wert als einer der untersuchten Bodenparameter zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen der Liegefläche des Kadavers und den Bereichen außerhalb. Diese Aussage trifft sowohl auf den Beprobungstermin vom August 2009 zu, also kurz nach dem weitgehenden Abbau des Aases, als auch auf den Beprobungszeitpunkt vom Juni 2010. Im Zentrum des Beprobungsmusters liegen die pH-Werte zwar etwas unter den übrigen, die Differenz ist jedoch so gering, so dass dies auch auf die Inhomogenität des Substrates zurückzuführen sein kann. Die Leitfähigkeit zeigt zwar im Jahre 2009 noch deutlich erhöhte Werte im Zentrum, diese sind aber im Jahre 2010 bereits kaum noch nachweisbar. Bezüglich des Wassergehaltes wurden ebenfalls nur zum Zeitpunkt der ersten Beprobung um den Nullpunkt herum und in den angrenzenden Proben erhöhte Gehalte gemessen, 1 Jahr darauf gab es bereits keine Unterschiede mehr zwischen den verschiedenen Abschnitten. Bei der Ermittlung des Humusgehaltes waren sowohl im Jahre 2009 als auch 1 Jahr später keine Unterschiede zwischen der Kadaverstelle und dem Umfeld sichtbar. Ammonium hingegen zeigte im Jahre 2009 noch merklich höhere Konzentrationen nahe dem Zentrum, die aber bereits im Jahre 2010 nicht mehr nachweisbar waren. Etwas anders verhält es sich beim Nitrat: Im Jahre 2009 konnten hohe Gehalte in der Nähe des Nullpunktes ermittelt werden. Diese Unterschiede zwischen dem Zentrum und den Außenbereichen waren selbst 1 Jahr darauf noch messbar, wenn auch in einem etwas geringeren Umfang. Auch für Phosphor konnten zu beiden Beprobungszeitpunkten erhöhte Konzentrationen im Umkreis der Aasstelle bestimmt werden, doch hier sanken die Gehalte im Jahre 2010 etwas ab, wenn auch nicht in dem Maße wie beim Nitrat.

Die 2. These kann sich nur auf Ergebnisse des Jahres 2010 stützen. Die Zahlen der Gesamtpopulationen der Collembolen offenbaren vor allem nahe dem Zentrum sehr hohe Werte. Lediglich im Nullpunkt ist das Ergebnis aufgrund der Doppelbeprobung geringer. Spitzenwerte

erreichen die Individuendichten u.a. bei N₅, W₅, N₆ oder S₃ und damit im Einflussbereich des Kadavers. Nur der Osten wurde durchgängig spärlicher besiedelt. Ein positiver Einfluss des Dachskadavers auf die Collembolenpopulation ist aber dennoch denkbar. Zwar sind nicht alle Probennummern im Umkreis des Nullpunktes durchgehend dicht besiedelt, doch liegt das daran, dass Springschwänze vorzugsweise nesterartig auftreten (TROLLENIER 1971; DUNGER 2008). Die Artendiversität liegt nahe dem Zentrum des Beprobungsdesigns recht hoch, erreicht aber erst in der Mitte der 4 Transekte, also etwa beim 8. Probenpunkt, ihren Höchstwert. Die Außenbereiche dagegen sind artenärmer. Es haben sich *Hypogastrura vernalis* und *Hypogastrura spec. juv.* herauskristallisiert, die bevorzugt im Bereich der ehemaligen Liegefläche des Kadavers siedeln und damit auch unter Umständen einen Vorteil aus dem Aas ziehen. Ob dies jedoch tatsächlich der Fall ist, hätten nur Daten, die unmittelbar nach dem Abbau des Aases erhoben worden wären, bestätigen können. Andere Arten wiederum wie *Mesaphorura macrochaeta* oder *Proisotoma ripicola* besiedeln alle Bereiche der Transekte durchgängig und scheinen eventuell keine Vorteile aus der Anwesenheit des Aases zu ziehen. *Sphaeridia pumilis* hingegen meidet den Einflussbereich des Kadavers nahezu und könnte unter Umständen von ihm sogar negativ beeinflusst werden. Die von FJELLBERG (per E-Mail) formulierte Behauptung, dass das Aas vor allem Kompostarten anzieht, konnte hingegen im Rahmen dieser Untersuchungen nicht bestätigt werden. Bei einer früheren Beprobung könnte die Artenzusammensetzung jedoch anders ausgesehen haben.

Die 3. These kann allein anhand des Datenmaterials dieser Arbeit nicht eindeutig widerlegt oder bestätigt werden. Zwar treten die Milben mitunter auch in hohen Populationsdichten auf, jedoch an anderen Stellen als die maximalen Individuendichten der Collembolen. Es ist schwer einzuschätzen, ob die hohen Milbendichten durch eine starke Dezimierung der Springschwanzpopulationen zustande kamen, zumal der Anteil der Gamasiden im Rahmen dieser Arbeit nicht ermittelt wurde und aufgrund fehlender Daten aus dem Jahre 2009 keine Populationsentwicklung betrachtet werden konnte. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich die Raubmilben neben den Collembolen noch weitere Nahrungsquellen suchten, da der Anteil der Räuber dem der Beute sonst übersteigen würde. Eine Untersuchung der Populationsdynamik von Milben könnte jedoch zukünftig in nachfolgenden Projekten durchaus weiter betrachtet werden, um festzustellen, ob die Milben sich in Richtung der Collembolen bewegen. Damit wäre nachweisbar, ob die Milben abhängig von den Collembolen sind.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit dem Einfluss eines Kadavers auf Bodenparameter sowie die Collembolen- und Milbenfauna. Zu diesem Zweck fanden Untersuchungen in der Lieberoser Heide südlich der ehemaligen Schießbahn am Waldrand nahe dem Ortsteil Heide, Drachhausen statt. Mit Hilfe von 4 kreuzförmig angeordneten Transekten, die sich nach Norden, Osten, Süden und Westen richteten sowie einer in der Mitte befindlichen Probe wurde beprobt. Jeder Teilabschnitt bestand aus 14 sich aneinanderreihenden Proben sowie einer Außenprobe A in 1 m Entfernung. Der Dachskadaver wurde im Juni 2009 in der Mitte des Beprobungsmusters ausgelegt und der Standort im August desselben Jahres erstmals beprobt, nachdem der Kadaver vollständig skelettiert vorlag. Es wurden ausschließlich Bodenparameterdaten erhoben. Am 4. Juni 2010 fand die 2. Beprobung vor Ort statt. Folgende Bodenparameter wurden im Labor analysiert: pH-Wert, Leitfähigkeit, Humus- und Wassergehalt sowie Ammonium, Nitrat und Phosphor. Ausschließlich die letzten beiden Kennwerte zeigten noch deutlich erhöhte Konzentrationen auf der Aasstelle gegenüber der Umgebung an. Des Weiteren wurde die Collembolen- und Milbenfauna erfasst und mit Hilfe der MACFAYDEN-Extraktion ausgetrieben. Die Zahl der Milben belief sich auf 7.197, die der Springschwänze auf 7.606 Exemplare. Letztere wurden bis auf Artniveau bestimmt. Die Collembolenzönose umfasste 14 verschiedene Taxa, wobei *Hypogastrura vernalis* mit 6.199 Individuen am häufigsten vorkam. Es folgten *Proisotoma ripicola* mit 728 und *Mesaphorura macrochaeta* mit 336 Tieren. Die Zahl der Collembolen lag besonders nahe dem Zentrum hoch, so dass ein positiver Einfluss auf die Zönose durch das Aas möglich wäre. Den Hauptanteil davon stellte *Hypogastrura vernalis*. Es ist möglich, dass diese am stärksten vom Kadaver profitierte. Die Milbendichten hingegen waren im Umkreis des Zentrums gering und nahmen stattdessen nach außen hin zu. Der positive Einfluss des Kadavers auf die Milben schien geringer auszufallen. Außerdem wurde im Rahmen der Beprobung die Vegetation erfasst. Es konnten 12 höhere Pflanzenarten sowie 2 Moosarten ermittelt werden. Die ehemalige Liegefläche des Kadavers zeichnete sich durch ihre Artenarmut aus, die mittleren Abschnitte und die Außenbereiche der Transekte zeigten eine Artendiversität sowie deutlich höhere Bedeckungsgrade. Innerhalb der Collembolenzönose war in der Mitte der 4 Abschnitte das Artenspektrum am größten.

Auf der Grundlage des umfangreichen Datenmaterials konnten eine Reihe von statistischen Tests durchgeführt werden. Die Dominanzanalyse nach ENGELMANN erbrachte, dass *Hypogastrura vernalis* in allen 4 Transekten vorherrschend war, teils als dominante oder gar

eudominante Art. Mittels SPSS wurde der MANN-WHITNEY U-Test durchgeführt. Trockensubstanz, pH-Wert, Wassergehalt, Ammoniumstickstoff, Nitratstickstoff, pflanzenverfügbare Stickstoff und Diphosphorpentoxid zeigten signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen an. Bei den Collembolenarten zeigten nur *Hypogastrura vernalis*, *Sminthurus nigromaculatus* und *Sphaeridia pumilis* deutliche Unterschiede an. Darüber hinaus waren die Collembolen- und Milbenpopulationen im Allgemeinen nicht gleichmäßig verteilt. Der KRUSKAL-WALLIS-Test mit den Einstufungen in 4 Entfernungsklassen sollte diese Angaben weiter präzisieren. Signifikante Unterschiede zeigten sich bei den Bodenparametern pH-Wert, Trockensubstanz, Wassergehalt, Nitratstickstoff, pflanzenverfügbare Stickstoff und Diphosphorpentoxid. Unter den Springschwänzen waren *Friesea afurcata*, *Hypogastrura manubrialis*, *Hypogastrura vernalis*, *Sminthurus nigromaculatus* sowie *Sphaeridia pumilis* unterschiedlich stark vertreten ebenso wie die Collembolen- und Milbendichten im Allgemeinen.

Am aufschlussreichsten bei der DCA war, dass *Hypogastrura vernalis* den überwiegenden Teil der nahe dem Zentrum des Beprobungsdesigns gelegenen Probenpunkte in ihrem Umkreis vereinte.

Ein Vergleich zwischen den Jahren 2009 und 2010 zeigte kaum Veränderungen bei Humusgehalt und pH-Wert. Weder zum Zeitpunkt der ersten Beprobung noch zur zweiten konnten sich signifikante Unterschiede zur Umgebung entwickeln, die Werte blieben über den gesamten Zeitraum nahezu konstant. Bei der Leitfähigkeit, dem Wassergehalt, Ammonium, Nitrat und Phosphor hingegen traten im Jahre 2009 im Umkreis des Zentrums deutlich höhere Werte auf, die aber im Jahre 2010, abgesehen von den letzten beiden Parametern, nicht mehr sichtbar waren.

6 Danksagung

An dieser Stelle möchten wir allen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

- PD Dr. Udo Bröring und Dr. Rene´ Krawczynski vom Lehrstuhl Allgemeine Ökologie für die Betreuung der Diplomarbeit,
- Dr. Hans-Jürgen Schulz vom Senckenberg Museum für Naturkunde in Görlitz für die Anleitung zur Präparation und Bestimmung von Collembolen sowie wertvollen Ratschlägen zur Thematik,
- Dr. Hans-Georg Wagner für die Bestimmung der Moose und der Überprüfung der bestimmten Gefäßpflanzen,
- Barbara Seidl-Lampa und Angelika Striemann für die Unterstützung im Labor sowie Ratschlägen für die graphische Darstellung des Datenmaterials,
- Dr. Rene´ Krawczynski für das Zur-Verfügung-Stellen von unpublizierten Daten des Untersuchungsgebietes und für die Bereitstellung einer umfangreichen Literatursammlung,
- PD Dr. Udo Bröring für die Einarbeitung in die Programme SPSS und Canoco sowie die Interpretationshilfen zur Diskussion der Daten,
- Heiko Hornoff für die Bereitstellung der Wetterdaten des Untersuchungsgebietes,
- Unseren Familien, die uns unterstützt haben und ganz besonders Kristin Klonowski für das Korrekturlesen der Arbeit.

7 Literaturverzeichnis

- AUGUSTIN, S. (1992): Mikrobielle Stofftransformationen in Bodenaggregaten. Göttingen: Forschungszentrum Waldökosysteme, Reihe A, Band 85.
- BACHMANN, J. (1988): Auswirkungen der organischen Substanz verschiedenen Zersetzungsgrades auf physikalische Bodeneigenschaften. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Universität Hannover, S. 1 - 146.
- BACHMANN, J. (1995): Benetzbarkeit im Zusammenhang mit dem Humifizierungsgrad der organischen Substanz und ihr Einfluß auf Infiltration und Wasserretentionskurven. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, Bd. 37, S. 190 - 196.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & WEIBER, R. (2008): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 12. Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- BEUTLER, H. (2000): Landschaft in neuer Bestimmung. Russische Truppenübungsplätze. Neuenhagen: Fingling, Buch- und Zeitschriftenverlag, S. 185 - 187.
- BIEN, A. (2008): Sanierung und Revitalisierung von Bergbaufolgelandschaften im Südraum. Leipzig, Norderstedt: GRIN Verlag, S. 16 - 18.
- BLANCQUAERT, J.-P. & MERTENS, J. (1979): Postembryonal development in *Megalothorax minimus* (Willem, 1900). *Collembola. Rev. Écol. Biol. Sol*, vol. 16, S. 125 - 130.
- BLUM, W. E. H. (2007): Bodenkunde in Stichworten. 6. Auflage. Stuttgart: Gebr. Borntraeger, S. 27 - 90.
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G. W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K. & WILKE, B.-M. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, S. 51 - 428.
- BODE, E. (1973): Beiträge zu den Erscheinungen einer Sukzession der terricolen Zoonose auf Rekultivierungsflächen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Technische Universität Braunschweig, S. 1 - 114.
- BRAACK, L.E.O. (1987): Community dynamics of carrion-attendant arthropods in tropical african woodland. *Oecologia*, vol. 72, S. 402 - 409.
- BRANDENBURGISCHES VORSCHRIFTENSYSTEM (BRAVORS) (2008): Verordnung zur Durchführung des Jagdgesetzes für das Land Brandenburg (BbgJagdDV). [online], erreichbar unter:
<http://www.bravors.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c47038.de> [aufgerufen am: 14.05.2012].

- BRAUNS, A. (1964): Taschenbuch der Waldinsekten. Grundriß einer terrestrischen Bestandes- und Standort-Entomologie. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- BRÖRING, U. (2011): Datenerfassung und Datenauswertung in der Ökologie. Skriptum, überarbeitete Version 2.2. BTU Cottbus. Lehrstuhl Allgemeine Ökologie.
- BROSIUS, F. (2006): SPSS 14. Das mitp-Standardwerk. Heidelberg: REDLINE GMBH, S. 399 - 865.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2010): Landschaftssteckbrief. Truppenübungsplatz Lieberose. [online], erreichbar unter: <http://www.bfn.de/0311_landschaft.html?landschaftid=82602> [Stand: 01.12.2011].
- Cassagnau, P. (1961): Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales. Les biocénoses des Collemboles. Paris: Hermann, S. 1 - 235.
- ČHERNOVA, N. M. (1970): Gesetzmäßigkeiten der Verteilung der Mikroarthropoden in Komposthaufen. *Pedobiologia*, vol. 10, S. 365 - 372.
- ČHERNOVA, N. M. (1963): Dynamics of collembola population in composts of fallen leaves. *Zool. Journ.*, vol. 42, S. 1370 - 1382.
- CHRISTIAN, E. (1987): *Catalogus Faunae Austriae. Teil XII, Insecta, Insekten. U.-Kl.: Collembola (Springschwänze)*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, S. 1 - 83.
- CHRISTIAN, E. & THIBAUD, J.-M. (1988): Terrestrisch-interstitielle Collembolen aus österreichischen und ungarischen Sanden. *Pedobiologia*, vol. 31, S. 229 - 237.
- CHRISTIANSEN, K. (1967): Competition between Collembolan species in culture jars. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, vol. 4, S. 439 - 462.
- CONNELL, J. (1978): Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science*, vol. 199, No. 4335, S. 1302 - 1310.
- CZARNECKI, A. & LOSINSKI, J. (1985): The effect of GT seed dressing on the community of Collembola in the soil under sugar beet. *Pedobiologia*, vol. 28, S. 427 - 431.
- DANELL, K., BERTEAUX, D. & BRÄTHEN, K. A. (2002): Effect of Muskox Carcasses on Nitrogen Concentration in Tundra Vegetation. *ARCTIC*, vol. 55, No. 4, S. 389 - 392.
- DAVIDSON, S. J. (1979): Mesofaunal response to cattle dung with particular reference to Collembola. *Pedobiologia*, vol. 19, S. 402 - 407.
- DIEKE, M. (2006): Nachnutzung des ehemaligen Truppenübungsplatzes Lieberose. Diplomarbeit im Studiengang Stadt- und Regionalplanung. Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung. Brandenburgische Technische Universität Cottbus.

- DUNGER, W. (1968): Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohletagebaus. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz, Bd. 43 (2), S. 1 - 256.
- DUNGER, W. (1979): Bodenzoologische Untersuchungen an rekultivierten Kippböden der Niederlausitz. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz, Bd. 52 (11), S. 1 - 19.
- DUNGER, W. (1984): Beobachtungen an Collembolen und anderen Antennaten in offenen Sandtrockenstellen einer Fichtenpflanzung. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz, Bd. 58 (5), S. 1 - 20.
- DUNGER, W. (1989): The return of soil fauna to coal mined areas in the German Democratic Republic. In: MAJER, J. D. (ed): Animals in primary succession. The role of fauna in reclaimed lands. Cambridge: University Press, S. 307 - 337.
- DUNGER, W. (1991): Zur Primärsukzession humiphager Tiergruppen auf Bergbauflächen. Zoologische Jahrbücher, Systematik 118, S. 423 - 447.
- DUNGER, W. [Ed.] (1994): Synopsis on Palaearctic Collembola. Tullbergiinae. Volume 1. Görlitz: Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz, Band 68, S. 1 - 70.
- DUNGER, W. (1997): Untersuchungen zur Fauna 35jähriger aschemeliorierter Kippböden. BTUC Innovationskolleg Bergbaufolgelandschaften: Ökologisches Entwicklungspotential der Bergbaufolgelandschaften im Lausitzer Braunkohlerevier. Nicht publizierter Abschlußbericht AG Görlitz. Polykopie, S. 1 - 84.
- DUNGER, W. & FIEDLER, H. J. (1997): Methoden der Bodenbiologie. 2. Auflage. Jena: Gustav Fischer Verlag, S. 1 - 419.
- DUNGER, W. [Ed.] (1999): Synopsis on Palaearctic Collembola. Symphypleona. Volume 2. Görlitz: Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz, Band 71, S. 1 - 318.
- DUNGER, W. [Ed.] (2001): Synopsis on Palaearctic Collembola. Isotomidae. Volume 3. Görlitz: Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz, Band 73, S. 1 - 603.
- DUNGER, W., SCHULZ, H.-J. & ZIMDARS, B. (2002): Colonization behavior of Collembola under different conditions of dispersal. Pedobiologia, vol. 46, S. 316 - 327.
- DUNGER, W. [Ed.] (2004): Synopsis on Palaearctic Collembola. Hypogastruridae. Volume 4. Görlitz: Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz, Band 75, S. 1 - 287.
- DUNGER, W. (2008): Tiere im Boden. 4. Auflage. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH, S. 94 - 159.
- EHRNSBERGER R. (1993): Bodenmesofauna und Naturschutz. Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland. Cloppenburg: Verlag Günter Runge, Band 6, S. 32 - 39.

- EHRNSBERGER, R., STERZYNSKA, M. & SZEPTYCKI, A. (1997): Apterygota of a North Sea salt marshes – community structure and vertical distribution. *Pedobiologia*, vol. 41, S. 123 - 130.
- EISENBEIS, G. & WICHARD, W. (1985): Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, S. 76 - 105.
- ELLENBERG, H. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Auflage. Göttingen: Verlag Erich Goltze KG, S. 1 - 258.
- ELLIS, W. N. (1970): *Proisotoma filifera* Denis in Holland, with a note on its classification (Collembola, Isotomidae). *Entomologische Berichte*, Bd. 30, S. 18 - 24.
- ENGELMANN, H.-D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia*, vol. 18, S. 378 - 380.
- EUROPÄISCHE UNION (2011): VERORDNUNG (EU) Nr. 142/2011 DER KOMMISSION vom 25. Februar 2011. [online], erreichbar unter: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:054:0001:0254:DE:PDF>> [aufgerufen am: 24.04.2012].
- FJELLBERG, A. (1980): Identification keys to Norwegian Collembola. Norsk: Norsk Entomologisk Forening, S. 1 - 152.
- FJELLBERG, A. (1998): The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part 1: Poduromorpha. Volume 35. Leiden: EJ Brill, S. 1 - 184.
- FOLSOM, J. W. (1902): Collembola of the Grave. *Psyche*, vol. 9, No. 315, S. 363 - 367.
- FRENZEL, G. (1936): Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. Jena: Gustav Fischer, S. 1 - 130.
- FREY, W. (2010): Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. 3. Auflage. Heidelberg: Akademischer Verlag, S. 69 - 77.
- FROMM, H. (1998): Räumliche und zeitliche Variabilität der Collembolenfauna und ihre Bedeutung für C- und N-Umsatz in einer Agrarlandschaft. Aachen: Shaker Verlag, Bericht 26, S. 8 - 21.
- GISI, U., SCHENKER, R., SCHULIN, R., STADELMANN, F. X. & STICHER, H. (1997): Bodenökologie. 2. Auflage. Stuttgart: G. Thieme, S. 1 - 350.
- GISIN, H. (1960): Collembolenfauna Europas. Genf: Museum d'histoire naturelle, S. 1 - 312.
- GRIME, J. P. (2002): Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties. Second Edition. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Gu, X. & Krawczynski, R. (2012): Tote Weidetiere – staatlich verhinderte Förderung der Biodiversität. *Artenschutzreport*, Bd. 28.

- GUTTMANN, R. (1979): Untersuchungen zur Entwicklung der Bodenfauna rekultivierter Schutthalden eines Stahlwerkes. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Technische Universität Braunschweig, S. 1 - 140.
- HANDSCHIN, E. (1925): Subterrane Collembolengesellschaften. Archiv für Naturgeschichte, Bd. 91 (1), S. 119 - 138.
- HANDSCHIN, E. (1929): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. Urinsekten oder Apterygota (Protura, Collembola, Diplura, Thysanura). Jena: Verlag von Gustav Fischer (= 16. Teil).
- HERMANN, B. & SATERNUS, K.-S. (2007): Biologische Spurenkunde. Kriminalbiologie. Berlin: Springer-Verlag, S. 221 - 243.
- HOPKIN, S. P. (1997): Biology of the Springtails. Insecta: Collembola. Oxford/ New York/ Tokyo: Oxford University Press, S. 1 - 330.
- HORNOFF, H. (2010): Private Wetterstation Lieberose-Hollbrunn. [online], erreichbar unter: <<http://www.hollbrunn-wetter.de/>>.
- HUNZIKER, H. (1919): Über die Befunde bei Leichenausgrabungen auf den Kirchhöfen Basels. Unter besonderer Berücksichtigung der Fauna und Flora der Gräber. Wiesbaden: J. F. Bergmann.
- HUTHA, V., IKONEN, E. & VILKAMAA, P. (1979): Succession of invertebrate populations in arctic soil made of sewage sludge and crushed bark. Ann. Zool. Fennici, vol. 16, S. 223 - 270.
- HÜTHER, W. (1971): Collembolen von einem Hamburger Müllplatz. Ent. Mitt. Zool. Mus. Hamburg, Bd. 4 (72), S. 157 - 165.
- HUTSON, B. R. (1981): Age distribution and the annual reproductive cycle of some Collembola colonizing reclaimed land in Northumberland, England. Pedobiologia, vol. 21, S. 410 - 416.
- JANSSEN, J. (2010): Statistische Datenanalyse mit SPSS. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. Berlin: Springer, S. 1 - 809.
- JANSSENS, F., NEDSTAM, B. & HESSELD AHL, K. (2001): Checklist of the Collembola: Entomobrya multifasciata feeding on pollen grains in Sweden. [online], erreichbar unter: <<http://www.geocities.com/~fransjanssens/publicat/barbro.htm>> [aufgerufen am: 13.02.2012].
- JUMA, N. G. (1993): Interrelationships between soil structure/ texture, soil biota/ soil organic matter and crop production. Geoderma, vol. 57, S. 3 - 30.

- KLONOWSKI, B. & RÖBLER, A. (2010): Collembolenzönose in der Bergbaufolgelandschaft. Studienprojekt am Lehrstuhl Allgemeine Ökologie. Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, S. 1 - 112.
- KLOTZBACH, H., KRETTEK, R., BRATZKE, H., PÜSCHEL, K., ZEHNER, R. & AMENDT, J. (2004): The history of forensic entomology in German-speaking countries. *Forensic Science International*, vol. 144, S. 259 - 263.
- KNÖLL, H.-J. (2001): Gesetze des Landes Brandenburg. München: Verlag C. H. Beck München, S. 1 - 32.
- KÖHLER, H. (1983): Studies on the development of soil mesofauna in a rubble dump cover. In: LEBRUN, P., ANDRÉ, H. M., MEDTS, A. DE, GRÉGOIRE-WIBÓ, C. & WAUTHY, G. (eds.), *New Trends in Soil Biology*. Louvain-la-Neuve: *Ecologie Animale*, S. 561 - 567.
- KOPERSKI, M. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. Dokumentation unterschiedlicher taxonomischer Auffassungen. Bonn/ Bad Godesberg: Landwirtschaftsverlag GmbH, S. 1 - 520.
- KOVAČ, L. & MIKLISOVÁ, D. (1997): Collembolan communities (Hexapoda Collembola) in arable soils of East Slovakia. *Pedobiologia*, vol. 41, S. 62 - 68.
- KRAWCZYNSKI, R. (2006): Succession of Collembola in the post-mining landscape of Lower Lusatia. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, S. 1 - 202.
- KRAWCZYNSKI, R., KLONOWSKI, B. & RÖBLER, A. (2010): Collembolenzönosen im Übergang in die Bergbaufolgelandschaft. *Biologische Studien*, Bd. 39, S. 48 - 58.
- KUBÍKOVA, J. & RUSEK, J. (1976): Development of xerothermic rendzinas. A study in ecology and soil microstructure. *Rozpr. Českoslov. Akad. Věd*, vol. 86, S. 1 - 78.
- KÜHNELT, W. (1950): *Bodenbiologie*. Wien: Verlag Herold, S. 106 - 203.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGER, G. (1994): *Bodenkunde*. 5. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, S. 200 - 212.
- LAND BRANDENBURG MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (MUGV) (2009): Masterplan Region Lieberose. Abschlussbericht des diskursiven Planungsverfahrens. [online], erreichbar unter: <http://www.ina-lieberose.org/abschlussbericht_masterplan_lieberose.pdf> [aufgerufen am: 01. 12. 2011].

- LANDKREIS SPREE-NEIßE (2009): Landschaftsrahmenplan Landkreis Spree-Neiße
 Band I. Entwicklungsziele und Maßnahmen. [online], erreichbar unter:
 <http://www.lkspn.de/_media/forms/verwaltung/erlaeuterungsbericht.pdf>
 [aufgerufen am: 01. 12. 2011].
- LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P. (2003): Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO.
 Cambridge: Cambridge University Press, S. 70 - 73.
- LEYER, I. (2007): Multivariate Statistik in der Ökologie. Eine Einführung. Berlin: Springer
 Verlag.
- LINNANIEMI, W. M. (1912): Die Apterygotenfauna Finnlands. II. Spezieller Teil. Acta
 Societatis Scientiarum Fennicae, vol. 40 (5), S. 1 - 359.
- MACFAYDEN, A. (1961): Improved tunnel-type extractors for soil arthropods. Journal of
 Animal Ecology, vol. 30, S. 171 - 184.
- MEHLHORN, H. & PIEKARSKI, G. (2002): Grundriß der Parasitenkunde. Parasiten des
 Menschen und der Nutztiere. 6. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag,
 S. 392 - 402.
- MELIS, C., TEURLINGS, I., LINNELL, J. D. C., ANDERSEN, R. & BORDONI, A. (2004): Influence
 of a deer carcass on Coleopteran diversity in a Scandinavian boreal forest: a
 preliminary study. European Journal of Wildlife Research, vol. 50, S. 146 - 149.
- MELIS, C., SELVA, N., TEURLINGS I., SKARPE C., LINNELL, J. D. C. & ANDERSEN, R. (2007):
 Soil and vegetation nutrient response to bison carcasses in Bialowieza Primeval
 Forest, Poland. The Ecological Society of Japan, vol. 22, S. 807 - 813.
- MIGLIORINI, M., FANCIULLI, P. P. & BERNINI, F. (2003): Comparative analysis of two edaphic
 zoocoenoses (Acari Oribatida; Hexapoda Collembola) in the area of Orio al Serio Air-
 port (Bergamo, northern Italy). Pedobiologia, vol. 47, S. 9 - 18.
- MIKULSKI, J. & WOSIAK, H. (1960): The influence of temperature upon development of
Hypogastrura manubrialis (TULLB.). Zeszyty Nauk. Univ. Toruniu, Nauki Mat.-
 Przyrod. Biol., vol. 5, S. 71 - 75.
- MÜLLER, G. (1965): Bodenbiologie. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, S. 159 - 551.
- PARSONS, W. F. & PARKINSON, D. (1986): Species composition, distribution and abundance of
 Collembola colonizing reclaimed mine spoil in Alberta. Pedobiologia, vol. 29,
 S. 33 - 45.
- PETERSEN, H. (1971): Collembolernes ernæringsbiologi og dennes økologiske betydning.
 Entomologiske Meddelelser, vol. 39, S. 97 - 118.

- PONGE, J.-F. (1980): Les biocénoses des Collemboles de la forêt de Sénart. In: PESSON, P. (ed.): Actualités d'Écologie Forestière. Paris: Gauthier-Villars, S. 151 - 176.
- PONGE, J.-F. (1993): Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia*, vol. 37, S. 223 - 244.
- PONGE, J.-F. (2000): Acidophilic Collembola: Living Fossils?. Contributions from the Biological Laboratory Kyoto University, vol. 29, S. 65 - 74.
- PONGE, J.-F., GILLET, S., DUBS, F., FEDOROFF, E., HAESE, L., SOUSA, J. P. & LAVELLE, P. (2003): Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 35, S. 813 - 826.
- RIPPER, J. (1930): Champignon-Springschwänze – Biologie und Bekämpfung von *Hypogastrura manubrialis* Tullberg. *Z. ang. Ent.*, vol. 16, S. 547 - 584.
- ROCHEFORT, S., THERRIEN, F., SHETLAR, D. J. & BRODEUR, J. (2006): Species diversity and seasonal abundance of Collembola in turfgrass ecosystems in North America. *Pedobiologia*, vol. 50, S. 61 - 68.
- RÖSKE, H. & LARINK, O. (1990): Collembolenfauna auf unterschiedlich landwirtschaftlich genutzten Flächen. *Vehandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, Bd. 19 (2), S. 268 - 275.
- ROTHMALER, W. & SCHUBERT, R. (HRSG.) (1994): Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 15. Auflage. Jena: Gustav Fischer Verlag, Band 2, S. 1 - 640.
- RUSEK, J. (1995): Collembola. In: ROZKOSNY, R. & VANHARA, J. (ed.): *Terrestrial Invertebrates of the Palava Biosphere Reserve of UNESCO*. Brno: Folia Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Masarykianae, S. 103 - 109.
- RUSEK, J. (1998): Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, vol. 7, S. 1207 - 1219.
- SCHMIDT, A. (2010): Normalverteilungsannahme und Transformationen bei Regressionen. [online], erreichbar unter: <http://www.bwl.uni-kiel.de/bwlinstitute/gradkolleg/new/typo3conf/ext/naw_securedl/secure.php?u=0&file=/fileadmin/publications/pdf/2010_Methodik_der_empirischen_Forschung_-_Normalverteilungsannahme__Arne_Schmidt_.pdf&t=1272745396&hash=047d8763f4331cf740a478480fd48464> [aufgerufen am: 05.07.2012].
- SCHULZ, H.-J. (1997): Zur Kenntnis der Collembolen Helgolands (Insecta, Collembola). *DROSERÄ – Naturkundliche Mitteilung aus Nordwestdeutschland*, Bd. 2, S. 87 - 94.

- SCHULZ, H.-J., BRETTFELD, G. & ZIMDARS, B. (2003): Verzeichnis der Springschwänze (Collembola) Deutschlands. In: Klausnitzer, B. (ed.): Entomofauna Germanica 6. Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft 8, S. 11 - 25.
- SEIDL-LAMPA, B. (2005): Ökologisches Anfängerpraktikum – Bodenökologie. [online], erreichbar unter: <http://www-1.tu-cottbus.de/BTU/Fak4/AllgOeko/scripte_deutsch/oekolog-prakt/oekoprak2005_d.pfd> [aufgerufen am: Oktober 2006].
- SIMON, H. R. (1975): Ein Massenvorkommen von *Hypogastrura manubrialis* Tullberg (Collembola: Hypogastruridae). Ent. Z., Bd. 85, S. 83 - 93.
- SIMÓN BENITO, J. C. & LUCIÁÑEZ SÁNCHEZ, M. J. (2000): Ecology of soil springtails (Collembola, Insecta) from pine woods and Rhododendron shrublands in the Central and Eastern Pyrenees (North Spain). Pedobiologia, vol. 44, S. 430 - 441.
- STERZYNSKA, M. (1989): Springtails (Collembola) of moist meadows on the Mazovian Lowland. Memorabilia Zool., vol. 43, S. 61 - 81.
- STERZYNSKA, M. & KUZNETSOVA, N. (1997): Comparative analysis of dominant species in springtail communities (Hexapoda: Collembola) of urban greens in Moscow and Warsaw. Fragmenta Faunistica, vol. 40 (2), S. 15 - 26.
- STIERHOF, T. (2003): Collembolengemeinschaft in baden-württembergischen Waldböden. [online], erreichbar unter: <<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2004/1377/pdf/StierhofThomas-2003-12-17.pdf>> [aufgerufen am: 24.11.2011].
- SÜCHTING, H. F. (1929): Kalk als Grundlage der Waldbodenkultur. Versuch einer Monographie auf Grund bisheriger Erfahrungen und Untersuchungen. Berlin: Kalkverlag GmbH.
- SZEPTYCKI, A. (1967): Fauna of the springtails (Collembola) of the Ojców National Park in Poland. Acta Zoologica Cracoviensis, vol. 12, S. 219 - 280.
- THIBAUD, J.-M. & CHRISTIAN, E. (1995): Essai de synthèse sur les peuplements de Collembolles interstitiels aériens des sables littoraux et continentaux européens et méditerranéens. Bull. Ent. Pologne, vol. 64, S. 207 - 216.
- THIBAUD, J.-M. & TARASCHUK, M. (1997): Collembolles interstitiels des sables d'Ukraine. Rev. Fr. Ent., vol. 19, S. 111 - 116.
- TOPP, W. (1981): Biologie der Bodenorganismen. Heidelberg: Quelle und Meyer, S. 98.
- TOWNE, E. G. (2000): Prairie vegetation and soil nutrient responses to ungulate carcasses. Oecologia, vol. 122, S. 232 - 239.

- TROLLDENIER, G. (1971): Bodenbiologie. Die Bodenorganismen im Haushalt der Natur. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co, S. 41 - 107.
- UNTERSTEINER, H. (2007): Statistik. Datenauswertung mit Excel und SPSS. 2. Auflage. Wien: facultas.wuv Universitätsverlag.
- VAIL, G. (1965): Colonization of *Hypogastrura manubrialis* (Collembola: Poduridae), with Notes on its Biology. Ann. Ent. Soc. Amer., vol. 58, S. 555 - 561.
- VANLAERHOVEN, S. L. & ANDERSON, G. S. (1999): Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. Journal of Forensic Sciences, vol. 44, S. 31 - 41.
- VAN STRAALEN, N. M. (1996): Critical body concentrations: Their use in bioindication. In: Van Straalen, N. M. & Krivolutsky, D. A. (ed.): Bioindicator Systems for Soil Pollution. Boston: Kluwer Academ, S. 5 - 16.
- VAN STRAALEN, N. M. & VERHOEF, H. A. (1997): The development of a bioindicator system for soil acidity based on arthropod ph preferences. British Ecology Journal of Applied Ecology, vol. 34, S. 217 - 232.
- VETION (2001): Gesetz über die Beseitigung von Tierkörpern, Tierkörperteilen und tierischen Erzeugnissen (Tierkörperbeseitigungsgesetz – TierKBG). [online], erreichbar unter: <<http://www.vetion.de/gesetze/Gesetzestexte/TierKBG.htm?mainPage=1>> [aufgerufen am: 16.08.2012].
- VOGT, U. (2008): Wetterdaten: Mai 2007. [online], erreichbar unter: <<http://www.lausitzwetter.de/Erweiterte%20Datenbank/2007/m200705.htm>> [aufgerufen am: 22.08.2012].
- VOGT, U. (2008): Wetterdaten: Juni 2007. [online], erreichbar unter: <<http://www.lausitzwetter.de/Erweiterte%20Datenbank/2007/m200706.htm>> [aufgerufen am: 22.08.2012].
- WATSON, E. J. G. (1997): Faunal succession on necrophilous insects associated with high-profile wildlife carcasses in Louisiana. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. B. A. Western Washington University, S. 1 - 219.
- WIKIPEDIA (2012): Milben. [online], erreichbar unter: <<http://de.wikipedia.org/wiki/Milben>> [aufgerufen am: 12.06.2012].

- WÖLLECKE, B. (2006): Einfluß von Acker- und Waldnutzung auf Wasseraufnahme und Wasserspeicherung von Löss- und Sandböden. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Band 35, S. 94 - 99.
- ZERLING, L. (1990): Zur Sukzession von Kleinarthropoden, insbesondere Collembolen im Bodenbildungsprozess auf einer landwirtschaftlich genutzten Braunkohlenkippe bei Leipzig. *Pedobiologia*, vol. 34, S. 315 - 335.
- ZETTEL, J. (1999): Blick in die Unterwelt. Ein illustrierter Bestimmungsschlüssel zur Bodenfauna. Bern/ Hannover: Verlag Agrarökologie, S. 9 - 22.

Anhang

Steckbrief Collembolen

Die Ordnung Collembolen gehört in der Systematik zum Stamm der Arthropoda (Gliederfüßer), zur Überklasse der Hexapoda (Sechsfüßer) und zur Klasse der Entognatha (Sackkiefler) (HOPKIN 1997). Sie treten häufig in großen Populationen auf. Ihr Verbreitungsraum erstreckt sich über die gesamte Erde, teilweise sogar bis in die Antarktis. Die Tiere werden 0,2 - 9 mm groß und können je nach Art auch bei niedrigen Temperaturen noch aktiv sein. In Waldböden ist die Arten- und Individuendichte der Collembolengemeinschaft in der Regel am höchsten. Ackerböden sind vergleichsweise artenarm und dünner besiedelt (KÜHNELT 1950). In den obersten 5 - 10 cm des Bodens sind Collembolen am häufigsten anzutreffen, bei gepflügten Ackerböden sogar bis in 20 cm Tiefe, dann aber spärlicher (KÜHNELT 1950). Die bodenbiologische Bedeutung von Springschwänzen ist sehr vielfältig. Zum einen können sie durch ihre Fraßleistung die Oberfläche der abzubauenden organischen Substanz vergrößern. Sie schaffen so mehr Angriffsfläche für Mikroflora. Außerdem beweiden sie Pilz- und Bakterienkolonien und fördern dadurch deren Aktivität und beugen einer Überalterung der Bestände vor. Collembolen haben des Weiteren Bedeutung bei der Verbreitung von Sporen durch ihren Kot. Dieser wiederum liefert gleichzeitig neues Substrat für das mikrobielle Wachstum (ZETTEL 1999). Aber Collembolen haben viele Feinde, an der Bodenoberfläche sind es vor allem Spinnen und Käfer und im Boden Käferlarven und räuberische Milben (KÜHNELT 1950; EHRNSBERGER 1993). Da Springschwänze die Bodenbestandteile mechanisch zerkleinern, tragen sie wesentlich zur Bodenzerersetzung bei. Ihre Nahrung sind, je nach Art, Pflanzenreste wie Algen (TOPP 1981), Mikroorganismen, Tierleichen und einige spezialisierte Arten ernähren sich sogar von unzersetztem Holz. Je nach Klima können bis zu 12 Generationen im Jahr aufkommen. Collembolen lassen sich bezüglich ihres Körperbaus in 2 Formen unterscheiden: 1. in langgestreckte, zylindrisch gebaute Arthropleona und 2. in rundlich-kugelige Symphypleona, bei denen die Körpersegmente verschmolzen sind. Ebenso ist eine Unterteilung in Lebensformtypen möglich. Epigäische Springschwänze leben auf dem Boden und in der Streuschicht. Verglichen mit den übrigen Formen sind sie besonders groß sowie dicht behaart oder beschuppt und stark pigmentiert. Ihre Augen sind gut entwickelt, so wie auch die lange Sprunggabel, die der Flucht dient. Einige Arten haben sogenannte Pseudozellen. Das sind ringförmige Öffnungen, die auf dem gesamten Körper verteilt sind. Bei einer Reizung reißen dünne Häutchen, es tritt eine zählebrige Substanz aus, die toxisch ist (EHRNSBERGER 1993). Epigäische Springschwänze unternehmen im Verlaufe eines Tages oft Vertikalwanderungen, immer in Abhängigkeit von den lokalen Feuchtigkeitsverhältnissen (ZETTEL 1999). Endogäische Collembolen bewohnen den Boden unterhalb der Streuschicht. Sie sind viel kleiner als epigäische Formen und selten größer als 1 mm. Ihr Körper ist langgestreckt, wurm- oder walzenförmig. Antennen und Beine sind kurz und die Sprunggabel ist funktionslos oder stark reduziert. Sie sind außerdem weniger behaart und pigmentiert, ihre Augen fehlen. Dafür haben sie gut entwickelte Sinnesborsten und ebenfalls Pseudocellen für die passive Abwehr. Endogäische Arten weisen einen viel höheren Sauerstoffverbrauch auf und sind kohlendioxidresistenter als epigäische Formen. Außerdem gibt es hypogäische Collembolen, d.h. sie können sowohl epigäisch als auch endogäisch leben (ZETTEL 1999).

Steckbrief Milben

Milben gehören ebenso wie Collembolen zu den Arthropoda (Gliederfüßer), sind jedoch der Unterklasse der Arachnida (Spinnentiere) zugeordnet (WIKIPEDIA 2012). Aufgrund der 4 Beinpaare, die alle adulten Tiere aufweisen, lassen sich Milben eindeutig dieser Unterklasse zurechnen (DUNGER 2008). Milben häuten sich mehrmals und durchlaufen dabei in der Regel 3 Stadien. Das erste Stadium ist das der Larve, welches sich durch nur 3 Beinpaare auszeichnet. Es folgen schließlich die Nymphen und darauf die Adulten, welche alle jeweils 8 Beine haben (MÜLLER 1965). Unter den Bodenarthropoden sind die Milben sowohl die mit den höchsten Individuendichten als auch jene mit den größten Artenspektren (KÜHNELT 1950; EISENBEIS & WICHARD 1985). Inzwischen existieren um die 15.000 beschriebene Arten (DUNGER 2008). Man findet sie in nahezu allen Bodentypen wieder (KÜHNELT 1950). Etwa die Hälfte der bekannten Arten ist bodenbewohnend (EISENBEIS & WICHARD 1985; DUNGER 2008). Die zweite Hälfte setzt sich aus pflanzlichen und tierischen Parasiten, Süßwasser- und Meeresbewohnern sowie Vorratsschädlingen zusammen (DUNGER 2008). Genauso vielfältig zeigen sie sich in ihren Ernährungsweisen. Neben Pflanzenfressern und parasitisch lebenden Arten gibt es außerdem Prädatoren und Kotfresser (MÜLLER 1965). Einige unter ihnen, die Gamasina, ernähren sich sogar zeitweise von Aas (KÜHNELT 1950; MÜLLER 1965). KÜHNELT (1950) berichtete, dass Gamasina selbst bei fortschreitender Zersetzung einen Kadaver nicht verlassen. KRAWCZYNSKI (pers. Kommentar) hingegen beobachtete, dass sie sich nicht vom Aas selbst, sondern von darauf befindlichen Fliegenlarven und Nematoden ernähren. Die bereits erwähnten Gamasina reihen sich in ein kompliziertes taxonomisches System ein. Anhand der Platzierung der Stigmenöffnungen am Körper werden Milben in 3 Gruppen gegliedert: Meso-, Pro- und Astigmata (MEHLHORN & PIEKARSKI 2002). Die Gamasina, auch als Raubmilben bezeichnet, gehören zur Gruppe der Mesostigmata. Sie zeichnen sich durch ihre hohe Beweglichkeit aus, die sie benötigen, wenn sie ihrer Beute, Nematoden, Collembolen, anderen Milbenarten, Eiern sowie jungen Larven, nachstellen (EISENBEIS & WICHARD 1985). Ebenfalls den Mesostigmata zuzuordnen sind die Uropodina. Sie sind sehr klein und weisen eine gute Panzerung auf, unter die sie ihre Beine nahezu vollständig zurückziehen können. Aufgrund ihrer äußeren Erscheinung werden sie häufig auch als Schildkrötenmilben bezeichnet (DUNGER 2008). Bekannte Vertreter der Astigmata sind die Horn- oder Moosmilben. Sie können sehr hohe Populationsdichten erreichen und sind deshalb von großer bodenbiologischer Bedeutung, denn sie haben einen erheblichen Anteil an der Zersetzung von pflanzlichen Materialien. Einige unter ihnen leben mikrophytophag, ernähren sich also von Algen, Pilzhyphen sowie -sporen. Andere wiederum gehören zu den Makrophytophagen und fressen Laub, Nadeln und Holz (EISENBEIS & WICHARD 1985).

Tabellen

Tab. 1a: Stetigkeit der Collembolen

| Arten | Norden [%] | Osten [%] | Süden [%] | Westen [%] | Gesamt [%] |
|----------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| <i>Entomobrya multifasciata</i> | 0 | 20 | 0 | 6,67 | 6,56 |
| <i>Entomobrya spec. juv.</i> | 33,33 | 26,67 | 20 | 0 | 19,67 |
| <i>Friesea afurcata</i> | 0 | 40 | 0 | 0 | 9,84 |
| <i>Hypogastrura manubrialis</i> | 6,67 | 20 | 0 | 20 | 11,48 |
| <i>Hypogastrura vernalis</i> | 80 | 80 | 80 | 66,67 | 77,05 |
| <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | 26,67 | 6,67 | 13,33 | 20 | 16,39 |
| <i>H.v. + H. spec. juv.</i> | 80 | 80 | 80 | 66,67 | 77,05 |
| <i>Isotomodes productus</i> | 46,67 | 46,67 | 40 | 20 | 39,34 |
| <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | 0 | 0 | 0 | 6,67 | 1,64 |
| <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | 80 | 86,67 | 66,67 | 53,33 | 72,13 |
| <i>Parisotoma notabilis</i> | 6,67 | 0 | 6,67 | 13,33 | 6,56 |
| <i>Proisotoma ripicola</i> | 86,67 | 93,33 | 93,33 | 86,67 | 90,16 |
| <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> | 0 | 0 | 0 | 6,67 | 1,64 |
| <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | 13,33 | 26,67 | 6,67 | 0 | 11,48 |
| <i>Sphaeridia pumilis</i> | 60 | 46,67 | 6,67 | 33,33 | 36,07 |

Tab. 2a: Bodenparameter

| Probe | pH-Wert | Leitfähigkeit | Wassergehalt | Humusgehalt | Ammonium-Stickstoff | Nitrat-Stickstoff | pflanzenverfügbare Stickstoff | Phosphat |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | - | LF | WG | GV | N-NH ₄ ⁺ | N-NO ₃ ⁻ | N | P ₂ O ₅ |
| | CaCl ₂ | [μS/cm] | [%] | [%] | [μg/g TS] | [μg/g TS] | [μg/g TS] | [mg/g TS] |
| 0 | 7,0 | 81,9 | 0,72 | 1,43 | 0,501 | 1,452 | 1,953 | 25,375 |
| N ₁ | 6,9 | 79,5 | 1,29 | 2,11 | 0,475 | 1,663 | 2,138 | 24,949 |
| N ₂ | 7,0 | 80,4 | 1,88 | 2,37 | 0,536 | 1,693 | 2,229 | 23,016 |
| N ₃ | 7,0 | 110,1 | 1,40 | 2,09 | 0,451 | 2,051 | 2,501 | 17,447 |
| N ₄ | 7,2 | 93,5 | 1,52 | 2,14 | 0,423 | 1,260 | 1,683 | 15,842 |
| N ₅ | 7,1 | 82,9 | 1,16 | 1,92 | 0,425 | 1,215 | 1,640 | 12,774 |
| N ₆ | 7,1 | 85,1 | 1,52 | 2,18 | 0,398 | 1,199 | 1,597 | 11,594 |
| N ₇ | 7,1 | 84,0 | 1,76 | 2,04 | 0,488 | 1,304 | 1,793 | 12,443 |
| N ₈ | 7,3 | 91,4 | 1,81 | 2,80 | 0,410 | 1,182 | 1,592 | 11,594 |
| N ₉ | 7,3 | 99,8 | 1,17 | 1,73 | 0,407 | 1,317 | 1,724 | 12,443 |
| N ₁₀ | 7,3 | 93,8 | 1,92 | 2,62 | 0,500 | 1,306 | 1,806 | 14,285 |
| N ₁₁ | 7,1 | 89,5 | 1,81 | 1,97 | 0,571 | 1,264 | 1,835 | 11,358 |
| N ₁₂ | 7,2 | 99,5 | 1,68 | 2,51 | 0,531 | 1,242 | 1,773 | 14,709 |
| N ₁₃ | 7,1 | 81,7 | 0,97 | 1,15 | 0,435 | 1,092 | 1,526 | 8,290 |
| N ₁₄ | 7,1 | 88,5 | 1,33 | 1,91 | 0,451 | 1,055 | 1,505 | 8,431 |
| N _A | 7,0 | 73,4 | 0,98 | 1,47 | 0,623 | 1,112 | 1,735 | 7,676 |
| O ₁ | 7,0 | 90,4 | 1,23 | 2,48 | 0,736 | 2,351 | 3,087 | 24,530 |
| O ₂ | 7,0 | 123,5 | 0,62 | 1,88 | 0,774 | 3,948 | 4,722 | 23,300 |
| O ₃ | 7,1 | 131,4 | 0,42 | 1,71 | 0,631 | 1,729 | 2,359 | 15,512 |
| O ₄ | 7,2 | 106,0 | 0,83 | 1,48 | 0,445 | 1,736 | 2,181 | 13,057 |
| O ₅ | 7,2 | 124,0 | 1,60 | 2,14 | 0,742 | 1,627 | 2,369 | 11,358 |
| O ₆ | 7,1 | 121,7 | 0,76 | 1,66 | 0,622 | 2,219 | 2,841 | 11,405 |
| O ₇ | 7,1 | 150,1 | 1,10 | 1,70 | 0,777 | 2,489 | 3,267 | 12,538 |
| O ₈ | 7,1 | 132,1 | 1,51 | 2,01 | 0,816 | 1,281 | 2,097 | 12,161 |
| O ₉ | 7,1 | 163,8 | 1,39 | 2,03 | 1,230 | 2,010 | 3,240 | 15,040 |
| O ₁₀ | 7,2 | 143,5 | 1,61 | 1,79 | 0,692 | 1,709 | 2,401 | 15,134 |
| O ₁₁ | 7,1 | 122,5 | 1,28 | 2,01 | 0,629 | 1,865 | 2,494 | 14,379 |
| O ₁₃ | 6,9 | 92,9 | 1,86 | 1,93 | 0,841 | 1,224 | 2,065 | 11,216 |
| O ₁₄ | 6,9 | 79,0 | 1,56 | 2,12 | 0,441 | 1,159 | 1,600 | 10,555 |
| O _A | 6,2 | 47,8 | 1,39 | 1,67 | 0,544 | 1,056 | 1,599 | 4,655 |

| Probe | pH-Wert | Leitfähigkeit | Wassergehalt | Humusgehalt | Ammonium-Stickstoff | Nitrat-Stickstoff | pflanzenverfügbare Stickstoff | Phosphat |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | - | LF | WG | GV | N-NH ₄ ⁺ | N-NO ₃ ⁻ | N | P ₂ O ₅ |
| | CaCl ₂ | [μS/cm] | [%] | [%] | [μg/g TS] | [μg/g TS] | [μg/g TS] | [mg/g TS] |
| S ₁ | 7,0 | 102,2 | 1,57 | 2,43 | 0,566 | 1,993 | 2,559 | 25,375 |
| S ₂ | 6,7 | 72,4 | 0,81 | 0,97 | 0,768 | 1,554 | 2,322 | 19,665 |
| S ₃ | 6,9 | 82,6 | 1,55 | 2,22 | 0,688 | 1,871 | 2,558 | 18,391 |
| S ₄ | 6,9 | 81,6 | 1,94 | 2,02 | 0,439 | 1,123 | 1,562 | 8,290 |
| S ₅ | 7,0 | 65,1 | 1,29 | 1,74 | 0,493 | 1,014 | 1,507 | 8,431 |
| S ₆ | 7,1 | 88,5 | 2,19 | 2,57 | 0,462 | 1,289 | 1,751 | 11,216 |
| S ₇ | 7,1 | 94,3 | 2,06 | 2,19 | 0,483 | 1,001 | 1,484 | 11,594 |
| S ₈ | 7,1 | 82,3 | 1,46 | 1,98 | 0,519 | 1,158 | 1,677 | 10,650 |
| S ₉ | 7,0 | 80,0 | 2,01 | 2,07 | 0,364 | 1,083 | 1,446 | 12,632 |
| S ₁₀ | 7,1 | 92,4 | 2,45 | 2,57 | 0,727 | 1,088 | 1,814 | 13,246 |
| S ₁₁ | 7,1 | 97,3 | 1,87 | 2,15 | 0,618 | 1,530 | 2,148 | 11,216 |
| S ₁₂ | 6,8 | 98,2 | 2,12 | 2,78 | 0,436 | 1,268 | 1,704 | 10,792 |
| S ₁₃ | 7,1 | 93,0 | 2,36 | 2,52 | 0,444 | 1,312 | 1,756 | 11,216 |
| S ₁₄ | 7,1 | 88,4 | 0,93 | 0,75 | 0,559 | 0,990 | 1,549 | 8,384 |
| S _A | 7,0 | 99,7 | 2,29 | 2,74 | 0,350 | 1,024 | 1,375 | 8,573 |
| W ₁ | 6,8 | 101,9 | 0,83 | 2,14 | 0,590 | 2,927 | 3,517 | 37,412 |
| W ₂ | 6,9 | 85,4 | 1,47 | 2,73 | 0,630 | 2,215 | 2,845 | 29,151 |
| W ₃ | 6,9 | 95,2 | 1,70 | 2,58 | 0,420 | 1,833 | 2,253 | 18,486 |
| W ₄ | 7,0 | 107,6 | 1,80 | 2,37 | 0,715 | 1,814 | 2,529 | 15,275 |
| W ₅ | 7,0 | 110,8 | 1,92 | 2,52 | 0,687 | 1,633 | 2,320 | 11,453 |
| W ₆ | 7,1 | 112,9 | 1,84 | 2,08 | 0,647 | 1,407 | 2,054 | 11,405 |
| W ₇ | 7,1 | 105,8 | 1,83 | 2,52 | 0,428 | 1,244 | 1,672 | 13,104 |
| W ₈ | 7,0 | 98,2 | 1,67 | 2,48 | 0,377 | 1,466 | 1,842 | 18,910 |
| W ₉ | 7,3 | 87,6 | 1,57 | 2,58 | 0,348 | 0,874 | 1,222 | 12,538 |
| W ₁₀ | 7,1 | 93,7 | 2,09 | 2,97 | 0,355 | 1,022 | 1,377 | 11,453 |
| W ₁₁ | 7,2 | 93,2 | 1,49 | 1,79 | 0,394 | 1,057 | 1,451 | 9,800 |
| W ₁₂ | 7,2 | 82,6 | 1,37 | 2,00 | 0,365 | 0,873 | 1,238 | 8,668 |
| W ₁₃ | 7,2 | 80,3 | 1,55 | 1,59 | 0,258 | 0,813 | 1,071 | 8,242 |
| W ₁₄ | 7,2 | 86,9 | 1,80 | 2,03 | 0,309 | 1,264 | 1,573 | 9,611 |
| W _A | 6,7 | 42,3 | 1,01 | 1,49 | 0,360 | 0,688 | 1,048 | 5,127 |

Tab. 3a: Individuenzahl der Collembolen

| Probennummer | <i>Entomobrya multifasciata</i> | <i>Entomobrya spec. juv.</i> | <i>Friesea afurcata</i> | <i>Hypogastrura manubrialis</i> | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | <i>Hypogastrura vernalis</i> | <i>Isotomodes productus</i> | <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | <i>Parisotoma notabilis</i> | <i>Proisotoma ripicola</i> | <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | <i>Sphaeridia pumilis</i> | Summe |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 1 | 0 | 1 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| O ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 2 | 0 | 10 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 133 |
| O ₂ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| O ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 2 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| O ₄ | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 26 | 4 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 1 | 0 | 61 |
| O ₅ | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| O ₆ | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 | 0 | 24 | 0 | 0 | 1 | 62 |
| O ₇ | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| O ₈ | 2 | 0 | 2 | 11 | 13 | 70 | 21 | 0 | 158 | 0 | 35 | 0 | 0 | 4 | 316 |
| O ₉ | 0 | 1 | 1 | 12 | 0 | 18 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 40 |
| O ₁₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 10 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| O ₁₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 10 | 0 | 6 | 0 | 3 | 5 | 28 |
| O ₁₂ | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| O ₁₃ | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| O ₁₄ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0 | 1 | 19 | 35 |
| O _A | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 | 14 |
| S ₁ | 0 | 1 | 0 | 0 | 19 | 220 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 275 |
| S ₂ | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 160 |
| S ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 555 | 0 | 0 | 13 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 632 |
| S ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| S ₅ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| S ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| S ₇ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| S ₈ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 | 1 | 0 | 1 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| S ₉ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| S ₁₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 7 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| S ₁₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 1 | 4 | 41 |
| S ₁₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 0 | 4 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| S ₁₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 12 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| S ₁₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 15 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| S _A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W ₁ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| W ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| W ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| W ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 | 0 | 0 | 6 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 134 |

| Probennummer | <i>Entomobrya multifasciata</i> | <i>Entomobrya spec. juv.</i> | <i>Friesea afurcata</i> | <i>Hypogastrura manubrialis</i> | <i>Hypogastrura spec. juv.</i> | <i>Hypogastrura vernalis</i> | <i>Isotomodes productus</i> | <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> | <i>Mesaphorura macrochaeta</i> | <i>Parisotoma notabilis</i> | <i>Proisotoma ripicola</i> | <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> | <i>Sminthurus nigromaculatus</i> | <i>Sphaeridia pumilis</i> | Summe |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------|
| W ₅ | 0 | 0 | 0 | 1 | 89 | 1027 | 0 | 0 | 3 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 1133 |
| W ₆ | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 593 | 1 | 0 | 5 | 0 | 16 | 0 | 0 | 2 | 626 |
| W ₇ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 1 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 2 | 90 |
| W ₈ | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 321 | 1 | 0 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | 2 | 354 |
| W ₉ | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 48 | 0 | 0 | 6 | 59 |
| W ₁₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| W ₁₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| W ₁₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| W ₁₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| W ₁₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 89 | 0 | 0 | 27 | 117 |
| W _A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| N ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| N ₂ | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 2 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| N ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 168 | 3 | 0 | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 196 |
| N ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 279 | 0 | 0 | 3 | 0 | 13 | 0 | 0 | 1 | 309 |
| N ₅ | 0 | 0 | 0 | 0 | 420 | 951 | 1 | 0 | 8 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 1415 |
| N ₆ | 0 | 1 | 0 | 5 | 81 | 630 | 4 | 0 | 10 | 0 | 6 | 0 | 0 | 2 | 739 |
| N ₇ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 44 | 5 | 0 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 63 |
| N ₈ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 12 |
| N ₉ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 33 | 0 | 0 | 4 | 42 |
| N ₁₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| N ₁₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| N ₁₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| N ₁₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 2 | 13 |
| N ₁₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 1 | 14 | 35 |
| N _A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 20 | 0 | 0 | 7 | 32 |
| gesamt: | 6 | 33 | 32 | 36 | 731 | 5468 | 97 | 1 | 336 | 10 | 728 | 1 | 9 | 118 | 7606 |

Tab. 4a: Individuenzahl der Milben

| Probennummer | Individuenzahl | Probennummer | Individuenzahl | Probennummer | Individuenzahl | Probennummer | Individuenzahl |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Null | 36 | | | | | | |
| N ₁ | 52 | O ₁ | 94 | S ₁ | 94 | W ₁ | 32 |
| N ₂ | 62 | O ₂ | 34 | S ₂ | 136 | W ₂ | 13 |
| N ₃ | 164 | O ₃ | 47 | S ₃ | 8 | W ₃ | 13 |
| N ₄ | 286 | O ₄ | 107 | S ₄ | 39 | W ₄ | 63 |
| N ₅ | 314 | O ₅ | 117 | S ₅ | 14 | W ₅ | 107 |
| N ₆ | 204 | O ₆ | 192 | S ₆ | 12 | W ₆ | 105 |
| N ₇ | 194 | O ₇ | 132 | S ₇ | 37 | W ₇ | 131 |
| N ₈ | 116 | O ₈ | 318 | S ₈ | 76 | W ₈ | 94 |
| N ₉ | 140 | O ₉ | 196 | S ₉ | 74 | W ₉ | 96 |
| N ₁₀ | 62 | O ₁₀ | 272 | S ₁₀ | 90 | W ₁₀ | 70 |
| N ₁₁ | 96 | O ₁₁ | 375 | S ₁₁ | 144 | W ₁₁ | 173 |
| N ₁₂ | 103 | O ₁₂ | 204 | S ₁₂ | 103 | W ₁₂ | 68 |
| N ₁₃ | 117 | O ₁₃ | 205 | S ₁₃ | 31 | W ₁₃ | 62 |
| N ₁₄ | 142 | O ₁₄ | 418 | S ₁₄ | 86 | W ₁₄ | 97 |
| N _A | 139 | O _A | 114 | S _A | 39 | W _A | 38 |
| Σ | 2191 | Σ | 2825 | Σ | 983 | Σ | 1162 |

Abbildungen

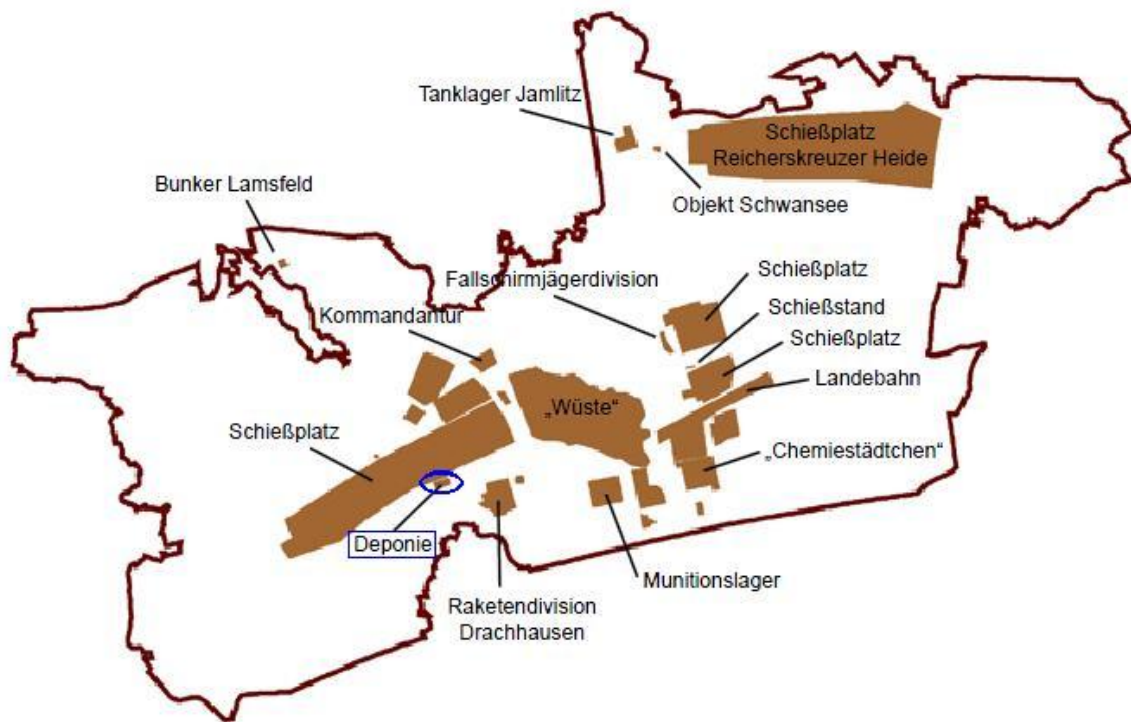


Abb. 1a: Die Deponie als Beprobungsfläche auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz Lieberose (M 1: 200.000, verändert nach DIEKE)



Abb. 2a: Hangneigung des Beprobungsstandortes



Abb. 3a, 4a: Knochenreste des Dachskadavers



Abb. 5a: Düngungseffekt in Umfeld eines Kadavers (Foto: René Krawczynski)

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Dominanzwerte der Arten des gesamten Transektes | 54 |
| Tab. 2: Dominanzwerte der Arten des Osttransektes | 56 |
| Tab. 3: Dominanzwerte der Arten des Südtransektes | 57 |
| Tab. 4: Dominanzwerte der Arten des Westtransektes | 57 |
| Tab. 5: Dominanzwerte der Arten des Nordtransektes | 58 |
| Tab. 6: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Bodenparameter | 59 |
| Tab. 7: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Individuenzahlen der Collembolen | 60 |
| Tab. 8: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Gesamtzahlen von Collembolen und Milben | 60 |
| Tab. 9: Mann-Whitney U-Test der Bodenparameter für die Gruppen 0 - 7 und 8 - 14 | 61 |
| Tab. 10: Mann-Whitney U-Test der Collembolenarten für die Gruppen 0 - 7 und 8 - 14 | 63 |
| Tab. 11: Mann-Whitney U-Test der Gesamtzahlen von Collembolen und Milben für die Gruppen 0 - 7 und 8 - 14 | 64 |
| Tab. 12: KRUSKAL-WALLIS-Test der Bodenparameter für die 4 Gruppen | 65 |
| Tab. 13: KRUSKAL-WALLIS-Test der Collembolenarten für die 4 Gruppen | 66 |
| Tab. 14: KRUSKAL-WALLIS-Test der Gesamtzahlen von Collembolen und Milben für die 4 Gruppen | 67 |
| Tab. 15: Kreuztabelle der Bodenparameter nach SPEARMAN's rho | 71 |
| Tab. 16: Kreuztabelle der Collembolenarten nach SPEARMAN's rho | 73 |
| Tab. 17: Ausschnitt aus der Kreuztabelle der Collembolenarten und Bodenparameter nach SPEARMAN's rho | 76 |
| Tab. 18: Ausschnitt aus der Kreuztabelle der Bodenparameter von 2009 und 2010 nach SPEARMAN's rho | 77 |
| Tab. 19: Marginal- und Konditionaleffekte | 82 |
| Tab. 20: Lebensdauer der Vegetation | 86 |
| Tab. 21: Stetigkeit der Vegetation | 87 |

Tabellen im Anhang

| | |
|---|-----|
| Tab. 1a: Stetigkeit der Collembolen | IX |
| Tab. 2a: Bodenparameter | X |
| Tab. 3a: Individuenzahl der Collembolen | XII |
| Tab. 4a: Individuenzahl der Milben | XIV |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Beprobungsstandort im Südosten der Deponie (Google Earth 2000) | 3 |
| Abb. 2: Probenahmedesign | 4 |
| Abb. 3: Vegetation des Nord-Süd-Transektes | 14 |
| Abb. 4: Vegetation des West-Ost-Transektes | 15 |
| Abb. 5: pH-Wert in zweidimensionaler Darstellung | 17 |
| Abb. 6: pH-Wert in räumlicher Darstellung | 18 |
| Abb. 7: Wassergehalt in zweidimensionaler Darstellung | 19 |
| Abb. 8: Wassergehalt in räumlicher Darstellung | 20 |
| Abb. 9: Humusgehalt in zweidimensionaler Darstellung | 21 |
| Abb. 10: Humusgehalt in räumlicher Darstellung | 22 |
| Abb. 11: Nitratstickstoff in zweidimensionaler Darstellung | 23 |
| Abb. 12: Nitratstickstoff in räumlicher Darstellung | 24 |
| Abb. 13: Ammoniumstickstoff in zweidimensionaler Darstellung | 25 |
| Abb. 14: Ammoniumstickstoff in räumlicher Darstellung | 26 |
| Abb. 15: Pflanzenverfügbarer Stickstoff in zweidimensionaler Darstellung | 27 |
| Abb. 16: Pflanzenverfügbarer Stickstoff in räumlicher Darstellung | 28 |
| Abb. 17: P ₂ O ₅ -Gehalt in zweidimensionaler Darstellung | 29 |
| Abb. 18: P ₂ O ₅ -Gehalt in räumlicher Darstellung | 30 |
| Abb. 19: Leitfähigkeit in zweidimensionaler Darstellung | 31 |
| Abb. 20: Leitfähigkeit in räumlicher Darstellung | 32 |
| Abb. 21: Collembolenanzahl in den Transekten | 34 |
| Abb. 22: Individuenzahlen von <i>Friesea afurcata</i> in den Transekten | 35 |
| Abb. 23: Individuenzahlen von <i>Hypogastrura manubrialis</i> in den Transekten | 36 |
| Abb. 24: Individuenzahlen von <i>Hypogastrura vernalis</i> in den Transekten | 37 |
| Abb. 25: Individuenzahlen von <i>Hypogastrura spec. juv.</i> in den Transekten | 39 |
| Abb. 26: Individuenzahlen von <i>Isotomodes productus</i> in den Transekten | 40 |
| Abb. 27: Individuenzahlen von <i>Mesaphorura macrochaeta</i> in den Transekten | 41 |
| Abb. 28: Individuenzahlen von <i>Parisotoma notabilis</i> in den Transekten | 42 |
| Abb. 29: Individuenzahlen von <i>Proisotoma ripicola</i> in den Transekten | 43 |
| Abb. 30: Individuenzahlen von <i>Pseudachorutes spec. juv.</i> in den Transekten | 44 |
| Abb. 31: Individuenzahlen von <i>Entomobrya multifasciata</i> in den Transekten | 45 |
| Abb. 32: Individuenzahlen von <i>Entomobrya spec. juv.</i> in den Transekten | 46 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 33: Individuenzahlen von <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> in den Transekten | 46 |
| Abb. 34: Individuenzahlen von <i>Sminthurus nigromaculatus</i> in den Transekten | 47 |
| Abb. 35: Individuenzahlen von <i>Sphaeridia pumilis</i> in den Transekten | 48 |
| Abb. 36: Artenvielfalt des Nordtransektes | 49 |
| Abb. 37: Artenvielfalt des Osttransektes | 50 |
| Abb. 38: Artenvielfalt des Südtransektes | 51 |
| Abb. 39: Artenvielfalt des Westtransektes | 52 |
| Abb. 40: Milbenanzahl in den Transekten | 53 |
| Abb. 41: Dominanzwerte der Arten des gesamten Transektes | 55 |
| Abb. 42: Dominanzwerte der Arten aller 4 Transekte | 58 |
| Abb. 43: Dendrogramm der Collembolenarten (Distanzmaß Häufigkeit mit Chi Quadrat) .. | 68 |
| Abb. 44: Dendrogramm der Probenpunkte (Distanzmaß Häufigkeit mit Chi Quadrat) | 69 |
| Abb. 45: Ordinationsdiagramm nach DCA basierend auf den Collembolenarten und Proben- punkten (Abszisse erklärt 18,4 % der Varianzen der Individuenzahlen, beide Achsen zusammen 32,3 %) | 79 |
| Abb. 46: Ordinationsdiagramm nach CCA basierend auf den Collembolenarten, Proben- punkten und Bodenparametern (Abszisse erklärt 5,7 % der Varianzen der Individuen, beide Achsen zusammen 8,9 %) | 81 |
| Abb. 47: Vergleich der pH-Werte des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 89 |
| Abb. 48: Vergleich der pH-Werte des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 91 |
| Abb. 49: Vergleich der Wassergehalte des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 93 |
| Abb. 50: Vergleich der Wassergehalte des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 94 |
| Abb. 51: Vergleich der Humusgehalte des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 95 |
| Abb. 52: Vergleich der Humusgehalte des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 96 |
| Abb. 53: Vergleich der NH_4^+ -Konzentrationen des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 97 |
| Abb. 54: Vergleich der NH_4^+ -Konzentrationen des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 99 |
| Abb. 55: Vergleich der NO_3^- -Konzentrationen des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 100 |
| Abb. 56: Vergleich der NO_3^- -Konzentrationen des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 101 |
| Abb. 57: Vergleich der PO_4^{3-} -Konzentrationen des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 103 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 58: Vergleich der PO_4^{3-} -Konzentrationen des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 104 |
| Abb. 59: Vergleich der Leitfähigkeiten des Nord-Süd-Transektes von 2009 und 2010 | 105 |
| Abb. 60: Vergleich der Leitfähigkeiten des West-Ost-Transektes von 2009 und 2010 | 106 |
| Abb. 61: Dendrogramm (Distanzmaß Häufigkeit mit Chi Quadrat) mit den kadaverbeeinflußten Probenpunkten | 135 |

Abbildungen im Anhang

| | |
|---|-----|
| Abb. 1a: Die Deponie als Beprobungsfläche auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz Lieberose (M 1: 200.000, verändert nach DIEKE) | XV |
| Abb. 2a: Hangneigung des Beprobungsstandortes | XV |
| Abb. 3a, 4a: Knochenreste des Dachskadavers | XVI |
| Abb. 5a: Düngungseffekt in Umfeld eines Kadavers (Foto: René Krawczynski) | XVI |