

Mikrohabitatpräferenzen von Tausendfüßern und Asseln (Diplopoda, Isopoda) in Buchenwaldböden

Harald Hauser

Abstract: Microhabitat preferences of millipedes and woodlice in beech forest soils (Diplopoda, Isopoda). – The distribution patterns of diplopods and isopods in the microhabitats of forest floors were studied in old-growth beech populations in a mountainous area in Central Germany (Nature Park „Habichtswald“ near Kassel). Two methods were used. Sieving was applied to 132 litter samples from a single 25 m x 25 m grid and a standardized field sampling technique was applied to 38 study sites. The microhabitats studied at each site were tree base, tree stump, dead wood and leaf litter. Of 16 diplopod and 9 isopod species, 11 species could be classified as generalists or specialists with respect to their microhabitats.

Key words: Diplopoda, Isopoda, beech forest, microhabitat

1. Einleitung

Präferenzen von Tausendfüßern und Asseln für die Teillebensräume von Waldböden sind aus verschiedenen Gründen von Interesse.

Wenn man die Lebensweise einer Tierart verstehen will, muss man zunächst die Verteilung ihrer Individuen auf die einzelnen Strukturen ihres Lebensraumes kennen. Wo halten sie sich bevorzugt auf? Die Antwort auf diese Frage ist Ausgangspunkt für alle weiteren Analysen z. B. der Nahrungswahl oder der Konkurrenzvermeidung. Fruchtbar wird die Untersuchung der räumlichen Verteilung besonders bei Betrachtung einer ganzen Artengruppe mit ähnlicher Lebensweise in demselben Biotoptyp oder sogar an demselben Standort, wie in diesem Fall den saprophagen Makroarthropoden in Laubwaldböden. Grenzen sich die Arten durch ihre Verteilung voneinander ab? Inwieweit überlappen sich ihre Verteilungsmuster?

Zum anderen ist die Kenntnis der Habitatnutzung der einzelnen Arten Voraussetzung für eine genaue Analyse der Tiergemeinschaft eines Waldbodens. Denn jede Planung einer tierökologischen oder naturschutzfachlichen Untersuchung muss die genaue Methodik der Probenahme vor Beginn festlegen. Diese schließt für den Lebensraum Wald die Verteilung der Probenahmestellen am Waldboden ein. Sollen die Bodenfallen, Quadratproben o. ä. in der Nähe von Baumfüßen, Baumstümpfen, liegendem Totholz oder entfernt von großen Strukturelementen in der freien Laubstreu positioniert werden? Wie stark beeinflusst die Wahl der Probenahmestellen die Messung der Individuendichten der Arten?

Für die Beantwortung dieser Fragen muss bekannt sein, welche Arten gleichmäßig um die Strukturelemente eines Waldbodens verteilt sind und welche Arten bestimmte Strukturen bevorzugen oder meiden. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher festzustellen, welche Präferenzen die Arten der Tausendfüßer und Asseln (Diplopoda, Isopoda) eines Buchenwaldbodens für die Mikrohabitate Baumfuß, Baumstumpf, Totholz und freie Laubstreu zeigen.

2. Methoden

2.1. Planung der Ergebniskontrolle und der Auswertung

Für die Kontrolle der Ergebnisse verwendete ich zwei parallele Untersuchungen. Dabei bearbeitete ich dieselbe Fragestellung durch zwei verschiedene Methoden und verglich anschließend die Ergebnisse beider Teiluntersuchungen. Diese interne Prüfung durch zwei parallele Untersuchungen wurde so geplant, dass abschließend zwei Zahlenreihen verglichen werden konnten, die hinsichtlich ihrer Aussage (Häufigkeit von Art A im Mikrohabitat B) identisch waren, aber aufgrund unterschiedlicher Methoden verschiedene Einheiten aufwiesen (hier: % und Ind./m²).

Der Absicherung der Ergebnisse dienten zusätzlich unterschiedliche Schwerpunkte in beiden Teiluntersuchungen. In Teil 1 lag der Schwerpunkt auf der Untersuchung einer breiten Palette von Standorten, wodurch eine von der Vielfalt der Standorteigenschaften unabhängige Einschätzung des Verhaltens der Arten ermöglicht werden sollte, während in Teil 2 an einem einzelnen Standort Siedlungsdichten von hoher Genauigkeit ermittelt wurden.

Für die Auswertung und Diskussion der Ergebnisse verwendete ich in Anlehnung an andere Autoren (FRÜND 1987, SCHAEFER 1991, SCHEU & POSER 1996), die sich mit der Analyse der horizontalen und vertikalen Verteilung von Bodentieren in ihrem Lebensraum befasst haben, den unmittelbaren Vergleich von Dominanzwerten (Totalprozente des Gesamtfangs).

In Teil 1 wertete ich als Präferenz einer Art für einen Mikrohabitatyp Anteile der Individuen einer Art von über 40 % an den Funden in einem der vier Mikrohabitate. Präferenz einer Art für zwei der vier Mikrohabitate nahm ich an, wenn der Anteil an den Funden in einem zweiten Mikrohabitat über 30 % und die Summe der Anteile an beiden bevorzugten Mikrohabitaten mindestens 75 % betrug. In Teil 2 verwendete ich die Siedlungsdichten als absolutes Maß für die Mikrohabitatpräferenzen.

Für die weitere Analyse und Diskussion führte ich einen Präferenzfaktor (Pf) ein, der für jede Art die Daten beider Teiluntersuchungen berücksichtigt, indem er die Unterschiede der Prozentwerte bzw. Siedlungsdichten als Verhältnisse ausdrückt und mittelt. Der Präferenzfaktor ist der Mittelwert der Quotienten zwischen dem höchsten der drei Werte jeder Teiluntersuchung und den beiden niedrigeren. Der Faktor gibt an, um wie viel mal häufiger die gefundenen Exemplare der Art in dem bevorzugten Mikrohabitat im Vergleich zu den beiden anderen gefunden wurden.

2.2. Probenahme Teil 1: Standardisierte Handaufsammlung

An 38 Waldstandorten wurden zwischen dem 22.03.1995 und dem 28.04.1995 Tausendfüßer und Asseln durch Zeitfänge gesammelt. An jedem Standort wurden auf einer Fläche von 25 m x 25 m in einem Zeitraum von 2 h Strukturteile genau untersucht und Laubstreu aussortiert, wobei 0,5 h für jedes der vier Mikrohabitate verwendet wurde:

- (1) strukturferne (freie) Laubstreu (ca. 10 x 0,04 m²),
- (2) Baumfußbereiche (Bereich zwischen Stammbasis und Hauptwurzeln, Ø 5),
- (3) Baumstumpfbereiche (Ø 5) und
- (4) liegende größere Totholzteile (Ø 5).

Die je Standort und Mikrohabitatyp pro 0,5 h besammelten Einzelstellen (z. B. 5 Baumfußbereiche) wurden zu Mischproben vereinigt, so dass für 152 Mikrohabitate (38 x 4) vergleichbare Besiedlungswerte vorlagen.

2.3. Probenahme Teil 2: Erfassung von Siedlungsdichten durch Quadratproben

In der intensiven Standortanalyse (01.-10.05.1995) einer Fläche von 25 m x 25 m wurden die Siedlungsdichten der Arten durch Aussieben (7 mm Maschenweite) der Bodenaufgabe ermittelt. Die Probenahme der freien Laubstreu erfolgte durch ein gleichmäßiges Raster aus 100 Quadratproben von 0,25 m², die jeweils mindestens 2 m entfernt vom nächsten Baum oder Baumstumpf genommen wurden. Die Laubstreu wurde in einem Abstand von ca. 0,3 m um die 20 Baumfüße und 12 Baumstümpfe der Fläche komplett gesiebt. Insgesamt wurde auf 7,3 % der Bezugsfläche (45,9 m² von 625 m²) die Besiedlung der Laubstreu mit Diplopoden und Isopoden analysiert, was eine ungewöhnlich hohe Bearbeitungsintensität bedeutet. Aus methodischen Gründen wurde das Mikrohabitat Totholz nicht untersucht.

3. Standorte

Die für Teil 1 untersuchten 38 Buchenaltbestände (80 bis 170 Jahre) befanden sich im Naturpark Habichtswald bei Kassel (Tab.1). Sie verteilen sich über ca. 150 km² an Kuppen und Hängen in Höhen zwischen 260 und 610 m üNN. Es wurden Standorte über Muschelkalk, Basalt, Oberem und Mittlerem Buntsandstein sowie in nördlicher oder südlicher Exposition einbezogen. Die Standorte wurden aufgrund der Arten höherer Pflanzen durch die Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1991) charakterisiert.

Der für Teil 2 ausgewählte Kalkbuchenwald „Tergarten“ liegt ca. 5 km nordwestlich von Kassel in 300-320 m üNN auf einem Muschelkalkplateau. Jährlicher Niederschlag und Jahresmitteltemperatur liegen bei 720 mm und 8 °C (HAKES 1992). Auf der Fläche dominierte *Mercurialis perennis* mit ca. 95 % Deckung. Mit hohen Frequenzen traten außerdem auf: *Arum maculatum*, *Asarum europaeum*, *Galium odoratum*, *Hordelymus europaeus*, *Melica uniflora* und *Milium effusum* (Nomenklatur nach ROTH-MALER 1990).

Tab. 1: Abiotische und biotische Beschreibung der Standorte. (Ex: Exposition, N: Nordhang, S: Südhang; – Ge: Geologie, Ba: Basalt, Mu: Muschelkalk; Os: Oberer Buntsandstein, Ms: Mittlerer Buntsandstein; – Hö: Höhe ü. NN (m); – Al: Alter (Jahre); – L/T/K/F/R/N: mittlere Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1991).

Name	Ex	Ge	Hö	Al	L	T	K	F	R	N
Kleiner Gudenberg	N	Ba	500	140	3,5	5,6	2,9	5,6	6,6	6,9
	S	Ba	500	140	3,8	5,6	3,1	5,3	6,5	6,5
	N	Mu	390	131	3,7	5,6	3,3	5,2	6,4	6,1
	S	Mu	390	131	3,8	6,4	3,4	5,3	6,4	6,7
Großer Gudenberg	N	Ba	510	150	3,5	5,4	3,0	5,5	6,5	7,1
	S	Ba	510	145	4,4	5,3	3,1	5,4	5,6	6,1
	N	Mu	430	151	3,5	5,5	3,3	5,3	7,0	6,1
	S	Mu	460	118	4,0	5,1	3,1	5,1	6,2	6,2
Bärenberg	N	Ba	490	80	4,6	5,1	3,3	5,3	5,5	6,5
	S	Ba	530	110	3,3	5,2	3,0	5,1	6,3	6,4
Kleiner Schreckenberg	N	Ba	450	116	4,0	5,4	3,3	5,5	6,6	6,4
	S	Ba	450	116	3,5	5,3	2,9	5,2	5,1	6,3
	N	Mu	420	126	3,7	5,3	3,2	5,3	6,3	6,2
	S	Mu	400	126	4,2	5,1	3,3	5,2	6,2	6,2
Schartenberg	S	Mu	360	163	4,6	5,5	3,4	4,9	6,9	5,6
Filtz	N	Ba	380		3,0	4,8	3,0	5,1	6,3	6,2
	S	Ba	380		3,7	4,8	2,8	5,1	6,2	6,3
	N	Mu	340	151	3,9	5,0	3,2	5,3	6,3	6,6
	S	Mu	340	136	4,2	5,2	3,3	5,0	6,7	6,0
Isthaberg	N	Ba	480	164	4,4	4,9	3,6	5,2	6,1	6,3
	S	Ba	480	136	4,1	5,3	3,1	5,1	6,3	6,3
	-	Os	370	116	4,4	4,8	3,3	5,2	5,0	6,0
Hundsberg	N	Ba	450	176	4,1	5,3	3,1	5,1	6,3	6,3
	S	Ba	450	176	4,2	5,1	3,3	5,3	6,4	6,7
Triffelsbühl	N	Mu	370	121	4,1	5,9	3,4	5,6	6,8	6,8
Haselgrund	N	Mu	320	123	4,6	5,5	3,1	5,3	6,8	6,9
Üffel	S	Mu	300	121	3,9	5,5	3,3	4,9	6,9	5,4
Katerholz	-	Os	370	151	4,3	5,4	3,1	5,1	6,2	6,2
Burgberg	N	Ms	260	130	4,5	5,2	3,7	5,1	4,0	5,1
Hohes Gras	-	Ba	610		4,1	5,2	3,1	5,2	5,9	6,3
Wuhlhagen	-	Ba	560		4,1	4,8	3,3	5,0	4,8	5,1
Großer Steinhaufen	-	Ba	590		4,1	4,7	3,3	5,2	5,3	5,9
Rödeser Berg	N	Ms	370		4,6	5,0	3,5	5,2	4,0	4,0
	S	Ms	370	92	5,0	5,7	2,8	5,0	4,5	5,0
Falkenberg	N	Mu	340	151	4,0	5,4	3,3	6,8	6,3	6,3
	N	Os	270	111	4,1	5,3	3,2	5,4	6,3	6,5
Elsberg	N	Ms	310	114	3,9	5,0	3,4	5,2	4,0	4,4
	S	Ms	310	144	4,6	4,7	3,3	5,0	3,8	3,8

4. Ergebnisse

25 Arten der Tausendfüßer und Asseln wurden insgesamt festgestellt (Tab. 2). 11 (von 23) in Teil 1 und 6 (von 12) in Teil 2 gefundene Arten waren für eine weitere Auswertung der Daten ausreichend häufig.

Hinsichtlich der prozentualen Verteilung der Individuenzahlen jeder Art auf die Mikrohabitate (Abb. 1) fallen zunächst drei Arten ohne Präferenz auf, deren Individuen gleichmäßig über die vier untersuchten Mikrohabitate verteilt waren: *G. marginata*, *M. germanica* und *P. conspersum*. Die freie Laubstreu wurde von *G. conspersa* (43 %), *T. pusillus* (44 %) und *A. nitidus* (46 %) bevorzugt besiedelt, wobei *A. nitidus* einen zweiten Schwerpunkt

Tab. 2: Arten und Individuenzahlen der Teiluntersuchungen. [+ = vorhanden, nicht gezählt. Nomenklatur nach SPELDA (1991) und ALLSPACH (1992)].

Art	Individuen		
	Teil 1	Teil 2	
Diplopoda	<i>Polyxenus lagurus</i> (LINNAEUS, 1758)	9	-
	<i>Glomeris marginata</i> (VILLERS, 1789)	665	2688
	<i>Glomeris conspersa</i> (C. L. KOCH, 1847)	138	2
	<i>Craspedosoma rawlinsii</i> LEACH, 1815	8	-
	<i>Mycogona germanica</i> (VERHOEFF, 1897)	63	-
	<i>Polydesmus angustus</i> LATZEL, 1884	32	56
	<i>Macrostermodesmus palicola</i> BRÖLEMANN, 1908	1	-
	<i>Nemasoma varicorne</i> C. L. KOCH, 1847	1	-
	<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (WOOD, 1864)	-	1
	<i>Allajulus nitidus</i> (VERHOEFF, 1891)	240	329
	<i>Julus scandinavicus</i> LATZEL, 1884	18	-
	<i>Leptoiulus proximus</i> (NEMEC, 1896)	-	5
	<i>Leptoiulus bertkaui</i> (VERHOEFF, 1896)	1	-
	<i>Unciger foetidus</i> (C. L. KOCH, 1838)	1	-
	<i>Megaphyllum projectum</i> (VERHOEFF, 1907)	6	-
<i>Tachypodoiulus niger</i> (LEACH, 1815)	221	171	
Isopoda	<i>Ligidium hypnorum</i> (CUVIER, 1792)	77	14
	<i>Trichoniscus pusillus</i> BRANDT, 1833	510	+
	<i>Philoscia muscorum</i> (SCOPOLI, 1763)	28	1
	<i>Oniscus asellus</i> LINNAEUS, 1758	504	293
	<i>Armadillidium pictum</i> BRANDT, 1833	8	-
	<i>Porcellio scaber</i> LATREILLE, 1804	4	-
	<i>Porcellium conspersum</i> (C. L. KOCH, 1841)	96	343
	<i>Trachelipus ratzeburgi</i> (BRANDT, 1833)	136	-
	<i>Trachelipus rathkii</i> (BRANDT, 1833)	2	-

	L	F	S	T	pM
<i>G. marginata</i>	24	19	31	27	-
<i>P. conspersum</i>	24	27	19	30	-
<i>P. angustus</i>	2	13	52	33	S+T
<i>O. asellus</i>	4	12	21	63	T
<i>T. niger</i>	9	57	17	17	F
<i>A. nitidus</i>	46	6	14	34	L+T
<i>M. germanica</i>	30	19	24	27	-
<i>G. conspersa</i>	43	17	16	24	L
<i>T. pusillus</i>	44	12	31	13	L+S
<i>L. hypnorum</i>	13	9	32	46	S+T
<i>T. ratzeburgi</i>	8	20	17	55	T

Abb. 1: Verteilung (%) der Diplopoda und Isopoda auf die Mikrohabitate freie Laubstreu (L), Baumfuß (F), Baumstumpf (S) und Totholz (T) an 38 Buchenwaldstandorten Nordhessens. pM: präferierte(s) Mikrohabitat(e). Die Markierung umfasst den direkt mit Teil 2 der Untersuchung (Abb. 2) vergleichbaren Bereich.

an liegendem Totholz aufwies (34 %). Typische Bewohner des liegenden Totholzes waren mit Anteilen von 63, 55 und 46 % die drei Asselarten *O. asellus*, *T. ratzeburgi* und *L. hypnorum*, die mit Anteilen von 4, 8 und 13 % den Aufenthalt in der freien Laubstreu mieden. *L. hypnorum* war mit 32 % der Funde außerdem an Baumstümpfen häufig, ebenso wie *T. pusillus* (31 %) und *P. angustus* (52 %), der auch an liegendem Totholz häufig war (33 %). Mit insgesamt 85 % der Funde an liegendem Totholz und Baumstümpfen kann *P. angustus* innerhalb der Diplopoda als eine Charakterart für Totholz bezeichnet werden. Der Diplopede *T. niger* zeigte als einzige Art eine deutliche Präferenz für Baumfüße (57 %).

Eine Prüfung dieser Aussagen erfolgte durch die Ergebnisse der intensiven Standortanalyse in Teil 2. Die Datenlage erlaubte eine Auswertung für sechs Arten und drei Mikrohabitate (Abb. 2), die für einen unmittelbaren Vergleich der Ergebnisse beider Teile der Untersuchung herangezogen werden konnten.

	L	F	S	pM
<i>G. marginata</i>	63,9	45,5	62,9	-
<i>P. conspersum</i>	7,5	7,5	7,4	-
<i>P. angustus</i>	1,0	0,5	3,0	S
<i>O. asellus</i>	3,2	5,9	17,1	S
<i>T. niger</i>	1,4	9,3	2,0	F
<i>A. nitidus</i>	9,7	3,8	4,8	L

Abb. 2: Siedlungsdichten (Ind./m²) der Diplopoda und Isopoda in den Mikrohabitaten freie Laubstreu (L), Baumfuß (F), Baumstumpf (S) eines Kalkbuchenwalds bei Kassel. pM: präferiertes Mikrohabitat.

Die Reihung der Höhe der Siedlungsdichten der Arten in den Mikrohabitaten entsprach weitgehend derjenigen der Prozentanteile in Teil 1. Einen ausführlichen Vergleich liefert Tab. 3. Von 18 vergleichbaren Tendenzen stimmten 15 überein. Von drei nicht übereinstimmenden gehörten zwei zu den Arten ohne deutliche Mikrohabitatpräferenz (*G. marginata*, *P. conspersum*), weshalb die Besiedlungswerte der Individuen dieser Arten in den Mikrohabitaten erwartungsgemäß nah beieinander lagen. Die dritte nicht übereinstimmende Tendenz lag bei *P. angustus* vor, der Art, die im Rahmen der sechs auswertbaren

Tab. 3: Vergleich der Ergebnisse aus Teil 1 (%) und Teil 2 (Ind./m²). n: Anzahl Individuen, L/F/S/pM: siehe Abb. 1, Pf: Präferenzfaktor, Rahmen: übereinstimmende Tendenzen.

Art	Teil	n	L	L/F	F	F/S	S	S/L	pM	Pf
<i>G. marginata</i>	1	665	24	> 0	19	< 0	31	> 0	-	1,3
	2	2688	63,9	> 0	45,5	< 0	62,9	< 0		
<i>P. conspersum</i>	1	96	24	< 0	27	> 0	19	< 0	-	1,1
	2	343	7,5	= 0	7,5	> 0	7,4	< 0		
<i>P. angustus</i>	1	32	2	< 0	13	< 0	52	> 0	S	9,8
	2	56	1,0	> 0	0,5	< 0	3,0	> 0		
<i>O. asellus</i>	1	504	4	< 0	12	< 0	21	> 0	S	3,8
	2	293	3,2	< 0	5,9	< 0	17,1	> 0		
<i>T. niger</i>	1	221	9	< 0	57	> 0	17	> 0	F	5,3
	2	171	1,4	< 0	9,3	> 0	2,0	> 0		
<i>A. nitidus</i>	1	240	46	> 0	6	< 0	14	< 0	L	3,9
	2	329	9,7	> 0	3,8	< 0	4,8	< 0		

Arten die geringste Siedlungsdichte aufwies, deren Erfassung durch Zufälligkeiten (statistisches Rauschen) somit am stärksten beeinflussbar war. Zusätzlich betraf die Inkohärenz bei *P. angustus* die beiden Mikrohabitate, die die Art nicht bevorzugt besiedelte und somit dort die geringsten Dichten aufwies. Trotz der Inkohärenz war die Bevorzugung von Baumstümpfen durch *P. angustus* in beiden Teilen der Untersuchung belegt. Insgesamt wurden die Ergebnisse aus Teil 1 durch Teil 2 deutlich bestätigt, wodurch auch die übrigen in Abb. 1 genannten Mikrohabitatpräferenzen an Glaubwürdigkeit gewannen.

Bei den drei Arten, die sowohl deutliche Präferenzen als auch hohe Siedlungsdichten aufwiesen (*A. nitidus*, *T. niger*, *O. asellus*), stimmten die Tendenzen zwischen beiden Teiluntersuchungen vollständig überein. Die Präferenzfaktoren betragen bei den Arten mit Verteilungsschwerpunkt durchschnittlich 5,7, d. h. die „Spezialisten“ bewohnten eines der drei Mikrohabitate mit 5 bis 6 mal höherer Dichte als die beiden anderen. Bei den Arten ohne Verbreitungsschwerpunkt (*G. marginata*, *P. conspersum*) betragen die Präferenzfaktoren durchschnittlich 1,2 (1,0 entspricht völliger Identität).

5. Diskussion

5.1. Autökologie

Die räumliche Aufteilung des Habitats ist die theoretisch wahrscheinlichste Form der ökologischen Sonderung sympatrischer Arten derselben ökologischen Gilde (SCHOENER 1974). Erst danach rangieren Spezialisierungen hinsichtlich der Ernährung oder zeitlicher Aktivitätsmuster. Das belegte FRÜND (1987) für eine andere Gruppe der Makroarthropoden des Waldbodens, die Chilopoda. Er fand in einem Buchen-Altbestand eine unterschiedliche Verteilung der Arten auf die Teilhabitate Streu, Stubben und Stammbasen und folgerte, dass die räumliche Sonderung von wesentlicher Bedeutung für die Koexistenz innerhalb dieser Artengruppe ist.

Für die Arten der Diplopoda und Isopoda verglichen SCHEU & POSER (1996) die Besiedlung stammnaher und stammferner Bereiche in einem Kalkbuchenwald. Der deutlichste Unterschied ergab sich für *A. nitidus*, der im stammfernen Bereich eine etwa fünffach höhere Dichte aufwies als in der Nähe der Stämme, ein Ergebnis, das durch die in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Eigenschaften von *A. nitidus* bestätigt wurde.

SCHEU & POSER (1996) wiesen nach, dass Unterschiede zwischen den Tiergemeinschaften der nah oder fern von Baumfüßen gelegenen Bereiche des Waldbodens durch den Stammablauf verursacht wurden. Sie konnten zeigen, dass der durch den Stammablauf am Fuß der Bäume stark verringerte pH-Wert des Bodens für die Tiergemeinschaft dieses Mikrohabitats ein wichtiger strukturbestimmender Umweltfaktor war.

Der Stammablauf könnte sich außer über seine Fracht an gelösten Stoffen auch indirekt auf das Mikrohabitat Baumfußbereich auswirken, indem er dessen Mikroklima beeinflusst. Durch die höhere Feuchtigkeit könnte die gesteigerte Verdunstungskälte zusätzlich zur Schattenwirkung des Stammes eine zumindest zeitweise markante Verringerung der Temperatur in der Laubstreu um Baumfüße im Vergleich zu freien Bereichen des Waldbodens bewirken. Hinsichtlich einer möglichen ökologischen Einnischung könnten solchen Unterschieden im Mikroklima unterschiedliche Präferenzen der Arten gegenüberstehen.

Eine entsprechende Untersuchung führte THIELE (1959) durch. Er verglich Temperaturpräferenzen von Diplopoden, u. a. der Arten *A. nitidus* und *T. niger*. Während *A. nitidus* als Bewohner der sich leichter erwärmenden freien Laubstreu eine relativ hohe Präferenztemperatur von 22 °C aufwies, lag die Präferenztemperatur des Baumfußbewohners *T. niger* mit 6 °C deutlich niedriger. Die von THIELE (1959) gemessenen Präferenztemperaturen dieser Arten stehen somit im Einklang mit ihren in der vorliegenden Arbeit festgestellten Mikrohabitatpräferenzen.

Weiterführend kann gefragt werden, wie der kleinräumige Verbreitungsfaktor der Mikrohabitate durch den großräumigen Faktor Ausgangsgestein beeinflusst wird. Für die

Gruppe der Isopoda zeigten JUDAS & HAUSER (1998), dass in Wäldern über Kalkstein eine etwa gleich hohe Besiedlung der freien Laubstreu im Vergleich zum Mikrohabitat Baumstumpf vorlag, während in Wäldern über Mittlerem Buntsandstein die Besiedlungsdichte dieses Mikrohabitates im Vergleich zur freien Laubstreu etwa 5 mal höher lag. Die Besiedlungsdichte des liegenden Totholzes lag sogar 8 mal höher als die der freien Laubstreu. Da die absolute Besiedlungsdichte in Wäldern über Mittlerem Buntsandstein nur etwa halb so hoch war wie in Wäldern über Kalkstein, kann geschlossen werden, dass sich die Isopoda bei Verschlechterung der Lebensbedingungen aus der Gesamtfläche der freien Laubstreu zurückziehen und um größere Strukturteile konzentrieren. Eine Analyse der Verhältnisse für die einzelnen Arten liegt jedoch nicht vor.

5.2. Messung von Individuendichten

Präferenzfaktoren von bis zu 10 bedeuten, dass bei bodenzoologischen Erhebungen je nach Anordnung der Proben am Waldboden für dieselbe Art Siedlungsdichten ermittelt werden könnten, die um den Faktor 10 schwanken. Dieser Faktor resultiert allein aus dem ökologischen Verhalten der Art und erhöht die mit hoher Unsicherheit behafteten Dichteschätzungen von Bodentieren (ECKSCHMITT & BRECKLING 1999) zusätzlich um den bisher wenig beachteten Aspekt der Bindung an Mikrohabitate.

Bei Untersuchungen, die die Erfassung von Massen- und Energieflüssen in Ökosystemen zum Ziel haben, erscheint die Kenntnis der Präferenzfaktoren als Voraussetzung für sinnvolle Aussagen. Auch wenn im Rahmen eines naturschutzfachlichen Gutachtens außer dem bloßen Vorkommen einer Art zusätzlich deren Individuendichte für eine Bewertung des Standortes verwendet werden soll, muss entschieden werden, an welchen Stellen eines Waldbodens die Dichten gemessen werden sollen. Deshalb sind Mikrohabitatpräferenzen von möglichen Indikatororganismen der Bodenfauna von hoher praktischer Bedeutung, wie FRÜND (1987, 1995) am Beispiel der Chilopoda nachwies.

5.3. Zeitfänge

Zeitfänge sind eine wenig verwendete bodenzoologische Methode. Die standardisierte Handaufsammlung wurde jedoch von älteren (DAHL 1919, HEROLD 1925, SCHUBART 1957) und jüngeren (SPELDA & RAHMANN 1995) Autoren als halbquantitative Methode eingesetzt und positiv beurteilt.

HEROLD (1925) diskutierte die Problematik der Methode ausführlich. Sammelt derselbe Sammler mit derselben Technik, dann dürfen „die auf diese Weise gewonnenen Verhältniszahlen (...) als getreues Abbild der tatsächlichen Zusammensetzung einer Biozönose (...) angesehen werden“ (S. 339). Nach DUNGER & FIEDLER (1997) kann die zeitgebundene Erfassung z. B. für das Absammeln unübersichtlicher Strukturteile, etwa von Stubben, anderen Versuchen zur Quantifizierung überlegen sein.

Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Paralleluntersuchung entspricht einer Überprüfung und positiven Bestätigung der Aussagefähigkeit von Zeitfängen durch eine mit hohem Probenumfang abgesicherte quantitative Methode.

6. Zusammenfassung

Die Verteilung der Tausendfüßer und Asseln auf die Mikrohabitate von Waldböden wurde in Buchenaltbeständen im Naturpark Habichtswald bei Kassel (Mittel-Deutschland) untersucht. Zwei Methoden wurden eingesetzt: Streusieben von 132 Quadratproben auf einer einzelnen 25 m x 25 m-Fläche und standardisierte Handaufsammlung auf 38 verschiedenen Standorten. Innerhalb jedes Standortes wurden die Mikrohabitate Baumfuß, Baumstumpf, Totholz und freie Laubstreu untersucht. Von 16 Diplopoden- und 9 Isopoden-Arten konnten 11 Arten als Generalisten oder Spezialisten hinsichtlich ihrer Verteilung auf die Mikrohabitate charakterisiert werden.

7. Literatur

- ALLSPACH, A. (1992): Die Landasseln (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) Hessens. – Wetzlar: Naturschutz-Zentrum Hessen e.V. 146 S.
- DAHL, F. (1919): Reihenfänge und die Ökologie der deutschen Landisopoden. – Zool. Anz. **50**: 193-203, 209-218.
- DUNGER, W. & H. J. FIEDLER (Hrsg.) (1997): Methoden der Bodenbiologie. – Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: Fischer. 539 S.
- EKSCHMITT, C. & B. BRECKLING (1999): Die Erfassung von Bodentiergemeinschaften: Die Variabilität beim Einblick in ein undurchsichtiges, heterogenes Medium. – In: KOEHLER, H., MATHES, K. & BRECKLING, B. (Hrsg.): Bodenökologie interdisziplinär: 43-53. – Berlin: Springer.
- ELLENBERG, H., H. E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER & D. PAULIBEN (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII. – Erich Goltze, Göttingen. 248 S.
- FRÜND, H.-C. (1987): Räumliche Verteilung und Koexistenz der Chilopoden in einem Buchen-Altbestand. – Pedobiologia **30**: 19-29.
- FRÜND, H.-C. (1995): Statistische Verfahren bei der Auswertung bioökologischer Daten für Planungsvorhaben. – Schr.-R. f. Landschaftspf. u. Natursch. **43**: 357-376.
- HAKES, W. (1992): Pflanzengesellschaften Nordhessens und ihre Umwelt. – Gesamthochschule Kassel, Abteilung Ökologie [unveröff.].
- HEROLD, W. (1925): Untersuchungen zur Ökologie und Morphologie einiger Landasseln. – Z. Morph. Ökol. Tiere **4**: 335-415.
- JUDAS, M. & H. HAUSER (1998): Patterns of isopod distribution: from small to large scale. – Israel Journal of Zoology **44**: 333-343.
- ROTHMALER, W. (Begr.) (1990): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 2. – Berlin: Volk und Wissen. 640 S.
- SCHAEFER, M. (1991): The animal community: diversity and resources. – In: RÖHRIG, E. & B. ULRICH (eds.): Ecosystems of the world **7**. Temperate deciduous forests: 51-120. – Elsevier, Amsterdam [u.a.].
- SCHU, S. & G. POSER (1996): The soil macrofauna (Diplopoda, Isopoda, Lumbricidae and Chilopoda) near tree trunks in a beechwood on limestone: indications for stemflow induced changes in community structure. – Applied Soil Ecology **3**: 115-125.
- SCHOENER, T. W. (1974): Resource partitioning in ecological communities. – Science **185**: 27-89.
- SCHUBART, O. (1957): Die Diplopoden der Mark Brandenburg. – Mitt. Zool. Mus. Berlin **33**, **1**: 4-94.
- SPELDA, J. (1991): Zur Faunistik und Systematik der Tausendfüßler (Myriapoda) Südwestdeutschlands. – Jahresb. Ges. Natur. Württemberg **146**: 211-232.
- SPELDA, J. & H. RAHMANN (1995): Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Hundert- und Tausendfüßerfauna (Chilopoda, Diplopoda) im Wurzacher Becken, Landkreis Ravensburg / Baden-Württemberg. – Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. **9**: 665-668.
- THIELE, H.-U. (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standortes. – Z. angew. Entomol. **44**: 1-21.

Anschrift des Verfassers

Dr. Harald Hauser, An der Kirche 17, D-14476 Groß Glienicke,
E-Mail: hauser.harald@web.de