



Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz	Band 72 Heft 1	S. 121 - 133	2000
--	-------------------	--------------	------

ISSN 0373-7586

Vortrag zum 2. Milbenkundlichen Kolloquium
vom 14. bis 16. Oktober an der Universität Bremen

Die Raubmilbenfauna als Indikator für Bodenqualität – was zeigen Milben an, das Regenwürmer nicht können?

ANDREA RUF

Universität Bremen, Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie

Abstract

Predatory mites as indicators for soil quality – what is indicated by mites and not by earthworms?

The possible role of predatory mites within an indication programme for evaluating soil quality was assessed in two investigations. One was conducted in woodlands in southwestern Germany (Baden-Württemberg), the other at 15 different sites spread all over Germany. Site specific reference values for the predatory mite community were derived from literature and from the first investigation. Reference values were defined for the maturity-index, for indicator species, for community attributes, and for the location of the community within a r/K triangle. We found a procedure that allowed for differentiated statements even on the basis of few specimens and a single sampling. In comparison to the other investigated soil fauna taxa, predatory mites seem to be most sensitive in respect to disturbance or pollution of their habitat.

1. Einleitung

Die Forschung an Bodenmilben ist für viele Fragestellungen ein ergiebiges Feld, so z.B. für Taxonomie und Systematik, für Evolutionsforschung, für Anatomie und Histologie, Bodenbiologie und auch viele grundlegende ökologische Probleme lassen sich an dieser Gruppe gut bearbeiten. Die angewandte Bodenökologie und Bodenzoologie hat durch das Bundes-Bodenschutzgesetz Rückenwind erhalten, im §2 (2) wird festgeschrieben, daß Böden unter anderem eine Funktion als Lebensraum für Tiere und Bodenorganismen besitzen. Gesetzesauftrag ist, eine Beeinträchtigung aller Funktionen zu vermeiden. Dieser Auftrag setzt die Bodenbiologie unter Zugzwang, die Forschung hat eine Bringschuld (BACHMANN 1999). Bisher liegen nämlich keine Methoden vor, die geeignet sind, die Lebensraumfunktion von Böden flächendeckend abzubilden. Einige Ansätze werden seit Erscheinen des Gesetzes in diesem Zusammenhang diskutiert (GRAEFE 1993, GRÖNGRÖFT et al. 1998, DUNGER 1998, HÖPER 1999, VOLLMER et al. 1999). Ein Verfahren, das wir in einer größeren Gruppe aus Bodenbiologen mit verschiedenen systematischen Schwerpunkten erarbeitet haben, ist die Bodenbiologische Standortklassifikation (BBSK)

(RÖMBKE et al. 1997, RUF et al. 1999, DREHER et al. 1999). Dabei dient ein standort-spezifischer Erwartungswert als Grundlage für die Beurteilung eines konkreten Bodens. Im Detail besteht das Verfahren aus 4 Schritten:

1. Festlegung von Standorttypen nach Bodenparametern, die für die Ausprägung der Bodenbiozönose wichtig sind.
2. Formulierung von Erwartungswerten für diese Standorttypen.
3. Beprobung eines Standortes und Abgleich mit den Erwartungswerten für verschiedene Bodentiergruppen.
4. Beurteilung der Abweichung zwischen Befund und Erwartung.

Die Standorttypen werden bodenkundlich definiert. Wir haben versucht, die Faktoren und deren Einteilung in Werte-Klassen aus den Ansprüchen und Reaktionen der untersuchten Bodentierfauna abzuleiten (DREHER et al. 1999). Ein Standort, der beurteilt werden soll, wird nach seinen bodenkundlichen Eigenschaften einem Standorttyp zugeordnet. Für ausgewählte Bodentierfauna werden für jeden Standorttyp Erwartungswerte festgelegt (Beispiele in RÖMBKE et al. 1997, BECK et al. 1997, RUF 1998). Diese werden entweder für das Vorkommen oder die Dominanz einzelner Arten oder auf höheren Integrationsniveaus formuliert. Nach dieser Arbeit am Schreibtisch werden die entsprechenden Bodentiere am Standort mit den gängigen Methoden beprobt. Für jede Bodentiergruppe werden die Erwartungswerte mit den tatsächlich gefundenen verglichen. Eine Beurteilung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen kann durch das Maß der Abweichung vom Erwartungswert bestimmt werden. Dabei wird beim jetzigen Stand der Ausarbeitungen für jede Tiergruppe gesondert abgeschätzt, ob und wann eine Abweichung vom Erwartungswert für gravierend gehalten wird. In einer Zusammenschau der Ergebnisse kann der Informationsgewinn, den jede Tiergruppe zur Beurteilung des Standortes leistet, übersehen werden. In diesem Beitrag soll untersucht werden, an welchen Standorten Raubmilben Auffälligkeiten zeigen und ob an diesen Standorten die anderen Bodentierfauna ähnlich reagieren. An den Standorten, für die Informationen über mögliche Ursachen der Beeinträchtigung vorliegen, werden auch diese herangezogen, um abzuschätzen, welche Art von Schädigungen die Raubmilben anzeigen.

2. Material und Methoden

2.1 Ableitung der Erwartungswerte

Für die Raubmilben wurde auf Material zurückgegriffen, das aus einer umfangreichen Untersuchung aus Baden-Württemberg gewonnen wurde (vgl. RÖMBKE et al. 1997). Dabei habe ich die Raubmilbenfauna von 10 Wäldern ausgewertet, die auch im Rahmen des Immissionswirkungskatasters der LfU (LfU 1990) untersucht worden sind. Aus diesem Material konnten Erwartungswerte auf verschiedenen Niveaus abgeleitet werden, vier Ansätze kamen dabei zur Anwendung. Der erste war der Vergleich der Reife-Indices der Zönosen (analog zu BONGERS 1990) mit dem Erwartungswert an einem Standort. Die Erwartungswerte für den Reife-Index wurden nach der Humusform des Standortes aus Literaturdaten abgeleitet (RUF 1998) (Tab. 1). Ein zweiter Ansatz war die Ausarbeitung von Zeigerarten (hier: Arten, die unter bestimmten abiotischen Bedingungen mit einer bestimmten Dominanz vorkommen). Aus Korrelationsanalysen konnten 8 Arten benannt werden, die relativ eng (Bestimmtheitsmaß $R^2 > 75\%$) mit einem bodenkundlichen Faktor korreliert waren, den wir auch zur Einteilung in Standorttypen verwendet haben (Tab. 2). Von diesen 8 Arten wurden in der jetzigen Untersuchung 6 gefunden, so daß eine

Auswertung gut möglich war. Die Idee der Zeigerarten beruht auf dem Vergleich der Häufigkeiten bzw. Dominanzen an verschiedenen Standorten. Da nur so wenig Tiere gefunden wurden, habe ich mich auf eine rein qualitative Auswertung beschränkt. Zur Beurteilung dienten nicht die Dominanzwerte als solche, sondern ob an einem Standort im Vergleich zu einem anderen mehr oder weniger der entsprechenden Zeigerart gefunden wurde (Tab. 3). Ein dritter Ansatz zur Beurteilung war der Vergleich von Zeiger-Eigenschaften der Zönose, hier Artenzahl, Abundanz und Diversität. Auch für diese wurden Korrelationen berechnet und zum qualitativen Vergleich herangezogen, wie oben beschrieben. Der vierte Ansatz berücksichtigt wie der Reife-Index die Fortpflanzungsspektren der Zönose aber unter Berücksichtigung der Dominanz. Es wurde analog zu De GOEDE (1993) für Nematoden ein r/K Dreieck gezeichnet, in dem die Zönosen eingetragen werden können. In dem Dreieck lassen sich Literaturangaben bzw. die Werte aus Baden-Württemberg berücksichtigen (Abb. 1).

Tab. 1 Erwartungswerte für den Reife-Index für Raubmilben in Waldstandorten nach der Humusform; N gibt die Anzahl der ausgewerteten Artenlisten an.

	min	median	max	N
Mull	0,58	0,69	0,74	7
Moder	0,73	0,81	0,88	5
Rohhumus	0,81	0,82	0,82	2

Tab. 2 Zusammenhang zwischen der Dominanz von Arten bzw. von Kennwerten der Raubmilbenzönose mit ausgewählten Bodeneigenschaften aus den Untersuchungen in Baden-Württemberg. Die Richtung der Pfeile gibt steigende Dominanzen für die betreffende Art bei Änderung des Bodenparameters an, *Leitneria granulata* z.B. erreicht bei höheren pH-Werten höhere Dominanzen.

	pH-Wert		C/N		Bodenart		Feuchte		org. Gehalt	
	niedrig	hoch	eng	weit	Sand	Ton	wenig	viel	wenig	viel
<i>G. mandibularis</i>					→					
<i>L. granulata</i>	→									
<i>P. crassipes</i>			→							
<i>V. nemorensis</i>			→							
<i>L. bicolor</i>	→									
<i>R. aequalis</i>			←							
<i>P. suecicus</i>									→	
<i>P. longisetis</i>			→				→			
Abundanz					←					
Artenzahl							←			
Diversität	→				→					

Tab. 3 Beispiel für die Beurteilung der Standorte auf Grund der Dominanz von einer Zeigerart. Als Beispiel dient *Geholaspis mandibularis*, die höhere Dominanzen in tonigeren Böden (Klasse 3) erreichen sollte. Auffällig sind die grau unterlegten Standorte TAM und SBB, weil die Dominanzen im Vergleich mit den anderen Standorten mit gleicher Bodenart zu gering sind.

Bodenart		<i>Geholaspis mandibularis</i> (Dominanz)				
sandig	1	LUB	EHE	BEK	MEM	BBK
			0	0	0	0
	2	NIB	TAM	SCF		
			6,4	0	1,6	
tonig	3	SBB	CRM			
			1,9	6,1		

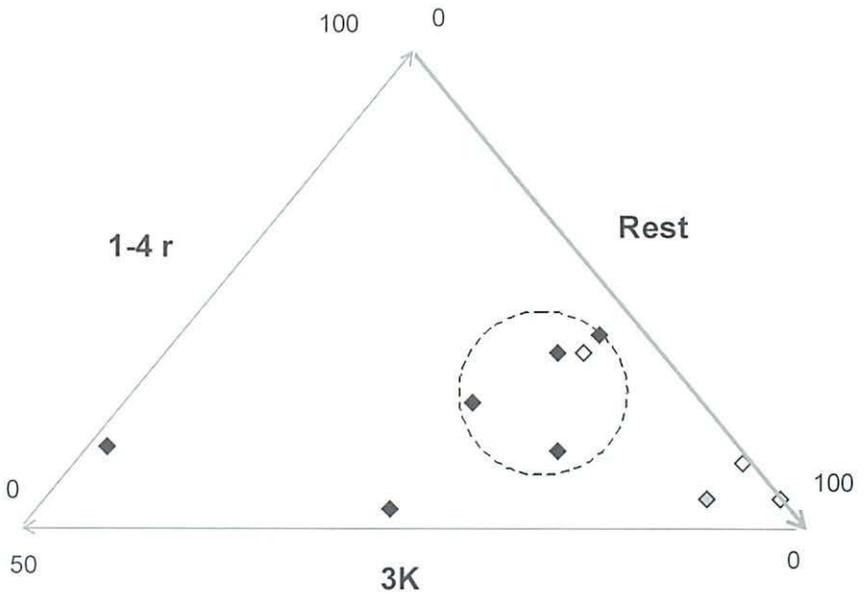


Abb. 1 Die Lage der untersuchten Wälder in Baden-Württemberg im r/K Dreieck nach den Dominanzen der Fortpflanzungstypen der Raubmilbenzönose. Aufgetragen ist die Dominanzsumme aller Arten in der Gruppe 3K gegen die Dominanzsumme aller Arten in den Gruppen 1r, 2r und 4r und gegen die Dominanzsumme aller übrigen Arten, die meist in der 2K Gruppe zu finden sind aber auch nicht zuordenbare Arten beinhaltet. Die schwarzen Symbole kennzeichnen die unauffälligen Standorte, die weißen die, die von den Erwartungen abweichen (Beurteilung nach dem Reife-Index), das graue steht für einen auffälligen Standort. Im Kreis liegen alle unauffälligen Mullwälder und ein abweichender Rohhumus-Standort.

Abweichungen zum Erwartungswert wurden unterschiedlich beurteilt. Es gab deutliche Abweichungen, bei numerischen Erwartungswerten mehr als 30% des Erwartungswertes, und Auffälligkeiten, wo der Erwartungswert zwar nicht erreicht wurde, aber die Abweichung für nicht gravierend gehalten wurde. Deutliche Abweichungen werden mit »-« gekennzeichnet, Auffälligkeiten mit »+/-«.

Die Standorte, die beurteilt werden sollten, wurden im Rahmen einer Untersuchung, die 15 Standorte in ganz Deutschland umfaßt, bearbeitet. Dazu haben wir 10 Wälder (BBK, SCF, NIB, SBB, EHE, LUB, CRM, TAM, BEK, MEM), 4 Grünländer (BRG, AKG, SBG, SCG) und einen Acker (SBA) jeweils einmal im Herbst beprobt (9 Einstiche pro Standort; zwei Tiefen: org. Auflage (Wald) bzw. Durchwurzelungshorizont (Grünland) und bis 5 cm darunter bzw. im Acker 0-5, 5-10 cm; Durchmesser Bodenbohrer 6 cm bzw. 5,8 cm). Zur Extraktion der Bodentiere wurden die Taxa-spezifischen Standardverfahren angewandt (DUNGER & FIEDLER 1997). Das Material wird in der Sammlung an der Universität Bremen aufbewahrt. Zur Charakterisierung der Raubmilbenzönosen an einem Standort wurden die Abundanzen (Indiv. / m²), die Dominanzen (Anteil der Art an der Zönose), die Diversität (Shannon-Wiener Index, wie in MÜHLENBERG 1993) und der Reife-Index (RUF 1997) bestimmt.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der Beprobung der 15 Beispiel-Standorten

Insgesamt konnten nur 680 Tiere ausgewertet werden, das sind im Mittel lediglich 45 Individuen pro Standort. Die Tiere verteilen sich auf 77 Arten, von denen nur 31 an mehr als einem Standort vorkommen (Tab. 4). Mehr als die Hälfte der Arten wurden also nur an einem Standort gefunden. Diese Arten sind jedoch bis auf ganz wenige Ausnahmen keine Spezialisten für bestimmte Verhältnisse. Der hohe Grad an nur einmal gefundenen Arten weist vielmehr auf die mangelhafte Erfassung der Gamasinen-Zönose hin.

Der faunistische Vergleich weist innerhalb der Wälder drei Standortgruppen aus, die offenen Standorte weichen davon deutlich ab (Tab. 4). Alle Wälder sind durch das Vorkommen von *Veigaia nemorensis* und *Pergamasus conus* (außer B) charakterisiert, wobei in der Gruppe (A) *V. nemorensis* die deutlich häufigere Art ist. Typisch für Gruppe (A) könnte das Vorkommen von *Pergamasus runcatellus* sein, der auch auf zwei Grünlandstandorten vertreten ist. Die beiden Wälder in der Lüneburger Heide (EHE, LUB) weichen von den anderen der Gruppe ab, ihnen fehlen *Pergamasus suecicus* und *Geholaspis mandibularis*. Die Wälder der Gruppe (C) sind durch die geringe Dominanz von *V. nemorensis* und durch *Rhodacarus coronatus*, *Pergamasus vagabundus* und *Pergamasus lapponicus* zu charakterisieren. Die Grünlandstandorte sind untereinander nicht sehr einheitlich, *Alliphis halleri* und *Arctoseius cetratus* konnten nur hier gefunden werden. Die beiden feuchten Standorte (Aue und Marsch) sind durch die beiden Arten *Macrocheles carinatus* und *Neojordensia levis* gekennzeichnet, deren Präferenz für nasse Böden bekannt ist. Der Acker fällt durch seine Arten- und Individuenarmut auf. Die drei Arten, die gefunden wurden, sind keine typischen Ackerarten, sondern euryöke Ubiquisten.

Die Abweichungen von den Erwartungswerten wurden getrennt für die vier Methoden ermittelt. Die Kennzahlen der untersuchten Standorte und die Abweichungen von den jeweiligen Erwartungswerten sind in den Tabellen 5 und 6 zusammengefaßt. Als Beispiel für die Beurteilung ist in Abb. 2 das r/K Dreieck mit allen 15 untersuchten Standorten angegeben.

Deutliche Abweichungen von der Erwartung zeigen die Standorte TAM und MEM, an denen weder »3K«- noch »r«-Arten gefunden wurden, und der Standort BEK, der in der Nähe der Grünländer liegt. Deutlich ist die Sondersituation der Brache (SBG), dieser Standort liegt eher bei den sauren Wäldern als bei den anderen Grünländern. Es wäre auch zu erwarten gewesen, daß sich die beiden basischeren Wälder CRM und NIB in dem Bereich finden, in dem die Mullwälder Baden-Württembergs eingeordnet wurden. Das war jedoch nicht der Fall, beide Standorte liegen zwischen den sauren Wäldern. Der Standort BBK, ein Kiefernforst in Brandenburg, fällt durch seinen hohen Anteil an »3K« Arten auf. Für diese eher kontinental geprägten Standorttypen fehlt es jedoch bisher noch an Referenzstandorten, so daß diese Besonderheit nicht gewertet wurde.

Tab. 5 Kennzahlen und Beurteilung der untersuchten Waldstandorte anhand der Raubmilbenzönose

	SBB	CRM	SCF	BBK	BEK	EHE	NIB	LUB	TAM	MEM
Siedlungsdichte (Ind./m ²)	2311	2933	2711	3511	2889	1520	2089	1800	1289	3289
Artenzahl	21	18	14	13	12	11	10	9	9	7
Diversität	2,75	2,39	1,99	1,91	2,00	2,03	2,03	1,45	2,00	1,49
Reife-Index	0,91	0,73	0,83	0,75	0,63	0,86	0,85	0,72	1,00	1,00
Humusform	Moder	Mull- moder		Roh- humus	Moder	Moder -Rohh.	F-Mull	Moder	Moder	F-Mull
Beurteilung										
Reife-Index	+/-	+	+	(-)	(-)	+	-	+/-	-	-
Indikator-Arten	-	-	+/-	+/-	+	-	-	+	-	-
Ab., Art., Div.	+/-	+/-	+/-	+	+/-	-	+	+/-	+/-	+
r/K Dreieck	+	+/-	+	+	-	+	+/-	+	-	-
Zusammenfassung	+/-	+/-	+	+	+/-	+/-	+/-	+	-	-

Tab. 6 Kennzahlen und Beurteilung der untersuchten offenen Standorte (Grünland und ein Acker) anhand der Raubmilbenzönose

	SBG	SCG	BRG	AKG	SBA
Siedlungsdichte (Ind./m ²)	2667	1156	1022	356	178
Artenzahl	20	12	10	7	3
Diversität	2,573	2,247	2,261	1,906	1,04
Reife-Index	0,784	0,4	0,385	0,615	1
Beurteilung					
Reife-Index	+/-	+	+	+/-	(-)
Indikator-Arten	?	?	?	?	?
Ab., Art., Div.	?	?	?	?	?
r/K Dreieck	(-)	+	+	+	?

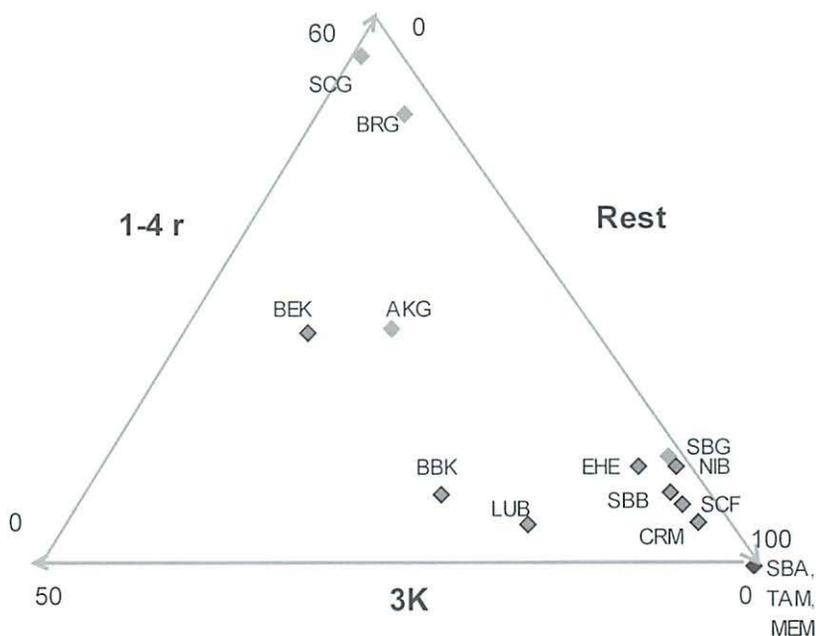


Abb. 2 Die Lage der 15 untersuchten Standorte im r/K Dreieck nach deren Raubmilbengemeinschaft. Erklärungen siehe Abb. 1, Standorte siehe Text.

3.2. Vergleich mit anderen Bodentiergruppen

Raubmilben waren in beiden Untersuchungen die Gruppe, die am häufigsten von den Erwartungswerten abwich (Tab. 7, 8). Bei Regenwürmern traten oft Situationen auf, deren Beurteilung nicht eindeutig war (+/- in den Tabellen 7 und 8). In der Untersuchung in Baden-Württemberg ergaben sich häufig für Hornmilben und Raubmilben gleiche Aussagen, das war in der bundesweiten Erhebung für die 10 Waldstandorte nicht der Fall. Am Standort NIB (Niddahänge, Vogelsberg bei Frankfurt) waren die Raubmilben sogar die einzige Gruppe, die Auffälligkeiten zeigte.

Tab. 7 Beurteilung der Wälder in Baden-Württemberg aufgrund der verschiedenen Tiergruppen. + : entspricht der Erwartung, ± : weicht etwas von der Erwartung ab, - entspricht nicht der Erwartung, n.u.: nicht untersucht.

Tiergruppe	Standorte										
	130	140	292	310	350	380	400	410	450	470	520
Regenwürmer	+	±	+	+	-	±	±	±	+	+	-
Enchyträen	+	+	+	+	-	+	+	+	±	+	-
Diplopoden	n.u.	+	n.u.	+	+	+	-	+	+	±	-
Chilopoden	n.u.	+	n.u.	+	+	+	+	+	+	-	-
Asseln	n.u.	+	n.u.	+	+	+	+	+	+	±	-
Laufkäfer	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
Hornmilben	+	+	+	+	-	±	+	+	+	+	-
Raubmilben	+	+	n.u.	+	-	±	+	+	+	-	-

Tab. 8 Ergebnisse der Beurteilung der untersuchten Waldstandorte aufgrund der verschiedenen Tiergruppen. + : entspricht der Erwartung, ± : weicht etwas von der Erwartung ab, - entspricht nicht der Erwartung, ? : keine Beurteilung möglich

	Hornmilben	Raubmilben	Enchyträen	Regenwürmer	Chil.Dipl.Ass.
BBK	+	+	+	+	+
BEK	±	±	+	±	?
LUB	±	+	+	±	+
EHE	±	+ ¹	+	±	+
MEM	+	-	+	±	+
NIB	+	-	+	+	+
TAM	+	-	+	-	-
SCF	+	+	-	+	+
SBB	+	±	-	-	-
CRM	+	+ ¹	+	+	+

¹ unter Berücksichtigung von umfangreicherem Probenmaterial

4. Diskussion

4.1. Raubmilben

Die 10 nur einmal untersuchten Wälder konnten auf Grund von vier verschiedenen Parametern beurteilt werden. Für jeden dieser Parameter wurden Erwartungswerte formuliert, mit denen die gefundene Zönose verglichen wurde. Die Erwartungswerte wurden teils aus der Literatur abgeleitet, teils aus den Untersuchungen in Baden-Württemberg gewonnen.

Die hohe Zahl an auffälligen Standorten bei der vorliegenden Untersuchung hängt sicherlich mit der mangelnden Erfassung der Zönose zusammen. Bei genauerer Untersuchung würden sich diese Standorte eindeutiger zuordnen lassen. An dem Standort EHE läßt sich dies exemplarisch zeigen. Dieser Standort wird im Rahmen eines Forschungsvorhabens ausführlicher bearbeitet. Dazu werden größere Proben genommen und vier mal im Jahr beprobt. Zum Vergleich ausgewertet wurden jedoch zunächst nur zwei Probennahmeterminen. Die Siedlungsdichte (Indiv. / m²) ändert sich von ca. 1.500 auf 12.000, die Artenzahl von 11 auf 20. Der Reife-Index sinkt bei mehr nachgewiesenen Arten, wie es erwartet worden war (von 0,86 auf 0,80). Die Auffälligkeiten bei den Zeigerarten reduzieren sich auf zwei Arten, die nur leichte Abweichungen aufweisen, bei den Kennzahlen entspricht der Standort den Erwartungen. Die Lage im r/K Dreieck verschiebt sich etwas in Richtung der Moder-Rohhumuswälder, was dem Standort sehr gut entspricht. Nimmt man die Beurteilung des Standortes anhand des umfangreicheren Raubmilbenmaterials vor, sind hier keine gravierenden Abweichungen von der Erwartung zu finden. Der Vergleich zeigt, daß die Siedlungsdichte bei einmaliger Probennahme sehr schlecht erfaßt ist (Unterschiede um Faktor 10). Die Parameter, für die Erwartungswerte bei bestimmten abiotischen Bedingungen formuliert wurden, sind konstanter. Besonders der Reife-Index und die Lage im r/K Dreieck wiesen auch bei der weniger umfangreichen Untersuchung in die richtige Richtung. Die Dominanz der einzelnen Arten war nicht so gut zu schätzen, so daß bei den Erwartungswerten für die Zeigerarten relativ häufig Abweichungen auftraten, die aber nach der besseren Erfassung der Zönose nicht mehr nachzuweisen waren. Ähnliches gilt für die Kennzahlen der Zönose wie Artenzahl und Diversität. Auch hier verschwanden die Auffälligkeiten durch den größeren Stichprobenumfang.

4.2. Vergleich mit anderen Tiergruppen und Standorteigenschaften

Im Vergleich zu den anderen untersuchten Bodentiergruppen zeigen die Raubmilben am häufigsten Auffälligkeiten. Regenwürmer, über die es ja ausführliche Informationen über die Ansprüche der einzelnen Arten gibt, sind weniger klar in der Aussage (Tab. 7, 8). Besonders an den sauren Standorten ist die Beurteilung nach den Regenwürmern nicht eindeutig. Hier sind zu wenig Arten in zu wenig Individuen zu erwarten, so daß schon geringste Abweichungen zu numerisch großen Fehlern werden. Dazu kommt noch, daß die Regenwurmabundanzen im Jahresgang und auch zwischen den Jahren stark schwanken können (RÖMBKE et al. 1997). Bei entsprechenden Minima wird auch die Wahrscheinlichkeit ein Individuum einer seltenen Art zu fangen sehr gering. Obwohl über die einzelnen Regenwurmartens am meisten bekannt ist, ist eine Beurteilung der Standortqualität mit dieser Tiergruppe nicht einfach, sie wird stark von den Zufälligkeiten der jeweiligen Probennahme beeinflusst. Bei den Enchyträen scheint man zwar zu

eindeutigeren Aussagen zu kommen, das liegt jedoch hauptsächlich an der mangelnden Zuordnung der Erwartungswerte. Hier mußte das Verfahren noch so grob bleiben, daß nur ein wenig differenziertes Bild entstehen konnte. Mit Hilfe der Hornmilben kann man unterschiedlich gut differenzieren. In der Untersuchung in Baden-Württemberg, wo viel Erfahrung und Vergleichswerte zu Grunde liegen, wurde zur Beurteilung ein Verfahren verwandt, wie in BECK et al. (1997) dargestellt. Dabei werden die Dominanzen taxonomischer Gruppen miteinander verglichen. In der bundesweiten Untersuchung, deren Ergebnisse in Tab. 8 dargestellt sind, schien das kein gerechtfertigtes Verfahren zu sein, hier wurde mehr Wert auf Summenparameter wie Abundanz und Artenzahl gelegt. Das Resultat ist ein eher undifferenziertes Bild, das auch kaum durch Befunde aus den anderen Tiergruppen unterstützt wird.

Wie kommen jedoch die vielen Abweichungen bei den Raubmilben zu Stande? Zum einen könnten die Erwartungswerte schlecht begründet sein und dem Stand des Wissens nicht angepaßt. Zum anderen könnten Raubmilben aber durch ihre Stellung im Nahrungsnetz sehr empfindlich auf Veränderungen im Boden reagieren, wie es von KARG & FREIER (1995) und KOEHLER (1996, 1999) dargestellt wird. Aus der Baden-Württemberg-Untersuchung gibt es Hinweise darauf, daß an den Standorten, für die die Raubmilben Auffälligkeiten zeigten, tatsächlich schädliche Einflüsse von außen gewirkt haben. In Tab. 9 sind die Ergebnisse der Indikation durch Pflanzen angegeben. Die Übereinstimmung mit den Flechten-Daten ist deutlich. Flechten sind Indikatoren für luftgetragene Schadstoffe, der Wirkort ist oberirdisch (LfU 1990). Die Vitalität der Krautschicht scheint auch noch von anderen Standortfaktoren abhängig zu sein als allein von der Luftverschmutzung, sie ist weder mit der Indikation durch Flechten noch durch Raubmilben gekoppelt.

Tab. 9 Vergleich der Beurteilung der Standorte aufgrund der Raubmilbengemeinschaft (Reife-Index) und vegetationskundlicher Parameter (aus LfU 1990) wie der Indikation durch Flechten (Werte zwischen 1: nicht geschädigt, und 4: deutlich geschädigt) und der Schädigung der Krautschicht (Angaben in %)

	Standorte									
	130	140	310	350	380	400	410	450	470	520
RI	0,74	0,69	0,73	0,59	0,79	0,81	0,67	0,71	0,66	0,65
Beurteilung RI	+	+	+	-	±	+	+	+	-	-
Flechten	2	2	2	4	2	1	1	2	3	4
Schädigung Krautschicht	47	44	21	100	62	56	64	50	50	100

Raubmilben scheinen also wirklich auf Schadstoffeintrag in Wälder zu reagieren, sei es direkt oder indirekt über ihre Nahrung. Das würde auch die Abweichungen vom Erwartungswert an den Standorten TAM, der bekanntermaßen etwas belastet ist, NIB am Vogelsberg nahe Frankfurt und BEK am Standrand Berlins erklären. In Verfahren, mit deren Hilfe die biologische Bodenqualität beurteilt werden soll, wie der BBSK oder SOILPACS (WEEKS 1997) können Raubmilben einen wichtigen Beitrag zur Beurteilung von Böden leisten.

5. Zusammenfassung

Die Eignung von Raubmilben als Indikatoren für den Zustand von Waldböden wurde in zwei Untersuchungen überprüft. Eine Untersuchung wurde an Wäldern in Baden-Württemberg durchgeführt, eine andere an insgesamt 15 über Deutschland verteilten Standorten. Die Ergebnisse aus Baden-Württemberg wurden zusammen mit Literaturangaben dazu benutzt, standortspezifische Erwartungswerte für bestimmte Eigenschaften der Raubmilbengemeinschaft zu formulieren. Erwartungswerte wurden für den Reife-Index, für die Dominanz von Zeigerarten, für Kennwerte der Gemeinschaft und für die Lage der Zönose in einem r/K Dreieck festgelegt. Es resultierte ein Verfahren, das es erlaubte selbst auf Grund von wenigen nachgewiesenen Individuen und nur einer einmaligen Probennahme zu differenzierten Aussagen zu gelangen. Im Vergleich zu den anderen untersuchten Bodentiergruppen scheinen die Raubmilben sehr differenziert auf Beeinträchtigungen ihres Lebensraums zu reagieren.

6. Danksagung

Die Untersuchungen zur Bodenfauna an den verschiedenen Standorten fand in einer Gruppe von Bodenkundlern und -zoologinnen und -zoologen statt. Ich bedanke mich bei Ludwig Beck, Steffen Woas, Jörg Römbke, Peter Dreher, Kerstin Hund, Werner Kördel, Harald Knoche, Wolfram Hammel, Silvia Pieper, Jörg Spelda, Christian Fründ und Michael Scheurig für die Zusammenarbeit. Die Sortierarbeiten wurden von Franziska Meyer, Vu Thi Ming Hang und Elke Munderloh geleistet, ihnen sei auch hier herzlich gedankt.

7. Literatur

- BACHMANN, G. (1999): Zukünftig noch Aufgaben im Bodenschutz und Altlastensanierung? Ein Zwischenruf. - *Bodenschutz* 2: 71-73.
- BECK, L., S. WOAS & F. HORAK (1997): Taxonomische Ebenen als Basis der Bioindikation - Fallbeispiele aus der Gruppe der Oribatiden. - *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 69, 2: 67-86.
- BONGERS, T. (1990): The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematodes species composition. - *Oecologia* 83: 14-19.
- DREHER, P., W. KÖRDEL & H. KNOCHE (1999): Grundlagen für die Erarbeitung eines Bewertungsrahmens für die Bodenfunktion »Lebensraum für Bodenorganismen«. Teil I: Definition und räumliche Zuordnung von bodenkundlich/bodenbiologisch definierten Standorttypen. - *Mittl. deut. bodenkundl. Ges.* 89: 173-176.
- DUNGER, W. (1998): Die Bindung zwischen Bodenorganismen und Böden und die biologische Beurteilung von Böden. - *Bodenschutz* 2: 62-68.
- & H. J. FIEDLER (1997): Methoden der Bodenbiologie. - G. Fischer Verlag, Stuttgart: 539 S.
- GOEDE, R. G. M., de (1993): Graphical representation and interpretation of nematode community structure: C-P triangles. - *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent* 58: 743-730
- GRAEFE, U. (1993). Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. - *Mittl. deut. Bodenkundl. Ges.* 69: 95-98.
- GRÖNGRÖFT, A., D.B. HOCHFELD & G. MIEHLICH (1998): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen. - *Mittl. deut. Bodenkundl. Ges.* 87: 7-10.
- HÖPER, H. (1999): Bedeutung abiotischer Bodeneigenschaften für bodenmikrobiologische Kennwerte. Ergebnisse aus der Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. - *Mittl. deut. bodenkundl. Ges.* 89: 253-256.

- KARG, W. & B. FREIER (1995): Parasitiforme Milben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen. - Mitt. BBA Berlin-Dahlem **308**, 96 S.
- KOEHLER, H. (1996): Soil animals and bioindication. - In VAN STRAALLEN, N. M. & D. A. KRIVOLUTZKI (eds.): bioindicator systems for soil pollution. Kluwer Acad.Publ., Dordrecht, The Netherlands: 179-188.
- (1999): Mesostigmatic mites. - In PAOLETTI, M. G. (ed.): The role of biodiversity and bioindication in assessing sustainability in European landscapes. Agric. Ecosystems & Environment **74**: 395-410.
- LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1990): Immissionsökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg. - Jahresbericht 1989, Karlsruhe, 198 S.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. - 3. Aufl., Quelle & Meyer, Heidelberg, 512 S.
- RÖMBKE, J., L. BECK, B. FÖRSTER, H.-C. FRÜND, F. HORAK, A. RUF, K. ROSCICZEWSKI, M. SCHEURIG & S. WOAS (1997): Boden als Lebensraum für Bodenorganismen und die bodenbiologische Standortklassifikation: eine Literaturstudie. - Texte und Berichte zum Bodenschutz 4/97 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Karlsruhe, 390 S.
- RUF, A. (1997): Fortpflanzungsbiologie von Raubmilben (Mesostigmata: Gamasina) und Charakterisierung von Böden. - Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz **69,2**: 209-216.
- (1998): A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. - Appl. Soil Ecol. **9**: 447-452
- , L. BECK, W. HAMMEL, K. HUND, W. KRATZ, J. RÖMBKE & J. SPELDA (1999): Grundlagen für die Erarbeitung eines Bewertungsrahmens für die Bodenfunktion »Lebensraum für Bodenorganismen«. Teil II: Erste Ergebnisse zur Anwendung von bodenkundlich/bodenbiologisch definierten Standorttypen. - Mittl. deut. bodenkundl. Ges. **89**: 177-180.
- VOLLMER, T., M. SOMMER & O. EHRMANN (1999): Die Regenwürmer südwestdeutscher Wälder - Vorkommen und Abhängigkeit von Standortfaktoren. - Mittl. deut. bodenkundl. Ges. **89**: 289-292.
- WEEKS, J. M. (ed.) (1997): A Demonstration of the feasibility of SOILPACS. - Environment Agency, London, 180 S.

Manuskriptannahme: 23.1.2000

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Andrea Ruf, Universität Bremen, FB 2, Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie,
UFT, Abt. 10, Postfach 33 04 40,
D-28334 Bremen
email: aruf@uni-bremen.de