

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**



**Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren
für den ökologischen Zustand
von Ökosystemen**

von

Prof. Dr. Wolfgang Karg

Dr. Bernd Freier

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Integrierten Pflanzenschutz Kleinmachnow

Heft 308

Berlin 1995

*Herausgegeben
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem*

Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH Berlin/Wien
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3070-6

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Karg, Wolfgang

Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen / von Wolfgang Karg; Bernd Freier.

Hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. – Berlin; Wien: Blackwell-Wiss.-Verl. [in Komm.], 1995.
(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 308)

ISBN 3-8263-3070-6

NE: Freier, Bernd: ; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin; Braunschweig>:

Mitteilungen aus der...

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funk- sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungs- pflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1995 Kommissionsverlag Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH Berlin/Wien, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin
Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Bedeutung und Kriterien von Bioindikatoren	5
2. Die besondere Eignung der parasitiformen Raubmilben als Indikatoren	6
3. Methodisches Vorgehen	8
Besatzdichte von Raubmilben	10
3.1. Bodenuntersuchungen	12
3.2. Untersuchungen von Obstbäumen	12
3.3. Erkennen der Raubmilben aus Boden- und Blattproben	12
4. Kontamination und Schädigung	12
Indikatorgruppe Gamasina LEACH, Diagnosemerkmale	13
4.1. Indikatorarten im Boden	14
4.2. Indikatorarten auf Pflanzenbeständen	14
Repräsentative Raubmilben der Bodenschichten	16
Repräsentative Raubmilben auf Pflanzenbeständen	16
5. Rekultivierung und Wiederbesiedlung	17
5.1. Freilandexperiment zu den biozönotischen Grundgesetzen	17
Die wichtigsten Indikatorgruppen der parasitiformen Raubmilben auf einen Blick	25
5.2. Biotopreihen mit Pionierstadium	28
Küstenregion	28
Gebirgslagen	31
Deponien und Halden	31
5.3. Naturreservate	31
Beispiele für Artanalysen	32
Trockenbiotop	41
Feuchtbiotop	41
Trocken-Feucht-Gradienten	41
5.4. Landwirtschaftlich genutzte Flächen und Waldgebiete	41
Ackerland mit verschiedenen Feldfrüchten und Bodenarten	41
Obstanlagen	45
5.5. Auftreten von Indikatorarten in Gebieten außerhalb Deutschlands	45
Steppengebiet in Sibirien	52
Feld- und Wiesenbiotop in Finnland und Italien	52
5.6. Schlußfolgerungen	52
6. Raubmilben als biologisches "Gedächtnis" für Kontamination und Bodenverhältnisse	55
7. Methoden zur praktischen Nutzung der Indikatoren	58
7.1. Erste Nutzungsstufe: Ermittlung der Raubmilbenzahl insgesamt für Indikationen	58
Bodenuntersuchungen	58

1. Bedeutung und Kriterien von Bioindikatoren

Durch vielfache Maßnahmen und technische Entwicklungen in der gegenwärtigen Zeit kommt es zu Störungen und Veränderungen in den verschiedenen Ökosystemen der Natur- und Kulturlandschaft der Erde. Es erweist sich oft als schwierig, Ausmaß und Störungsgrad einzuschätzen und zu beurteilen, um daraus Schlußfolgerungen für Gegenmaßnahmen abzuleiten.

Ökosysteme setzen sich aus einer Vielzahl von Organismengruppen und -arten zusammen. Keinem Forschungszentrum in der Welt gelang es bisher, auch nur an einem Beispielobjekt den gesamten Bestand zu erfassen. Angesichts der vielfältigen Organismengemeinschaften in verschiedenen Erdregionen oder selbst in Landschaftsteilen eines Landes erscheint ein solches Unterfangen absolut aussichtslos. Alle bisherigen Ermittlungen mußten sich notgedrungen auf Ausschnitte des Gesamtkomplexes eines Ökosystems beschränken. Bewußt oder unbewußt wendet man damit das Indikatorprinzip an. Bioindikatoren sollen gleichsam als pars pro toto den Zustand eines Ökosystems oder doch eines wesentlichen Teiles des Abhängigkeitsgefüges kennzeichnen.

Alle Länder mit einer hochentwickelten industriellen und landwirtschaftlichen Produktion zeichneten sich durch einen breiten Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln in den vergangenen Jahrzehnten aus. Je nach Wirkstoff und Behandlungsintensität wurden dadurch die Agroökosysteme in unterschiedlichem Grade verändert. Hier können Indikatoren helfen, erstens, Aussagen zu treffen über das Ausmaß vorangegangener Störungen und zweitens, Voraussagen über die Auswirkungen weiterer Behandlungen zu ermöglichen. Sie wären ein Hilfsmittel für gezielte Maßnahmen, gestörte Agroökosysteme wieder zu reaktivieren und zukünftige Schäden zu vermeiden. Nach WINKELBRANDT (1990) sollten Bioindikatoren eindeutig definiert, zuverlässig, treffsicher sein und ein "spezifisches Parameterbündel" abbilden.

Ehe man aber derartige Indikatorarten oder -gruppen vorweisen kann, müssen sehr umfangreiche Analysen und Vergleiche von Biozönosen durchgeführt werden. In der Mitte dieses Jahrhunderts erschienen die ersten umfassenden Arbeiten über die sogenannte Mesofauna des Bodens (GHILAROV, 1949; FRANZ, 1950; KÜHNELT, 1950; BALOGH, 1958). Dazu gehören vor allem Fadenwürmer (Nematoden), Ringelwürmer und kleine Gliedertiere in einer Größenordnung von 0,3-3 mm. Den Hauptanteil der Gliedertiere stellen Milben (Acarina) und Springschwänze (Collembola). In den letzten Jahrzehnten setzte eine intensive Erforschung dieser Gruppen ein. Mosaikartig gelang es, neue Befunde zusammenzufügen, so daß heute ein guter Überblick des Beziehungsgefüges im Boden und der Zusammenhänge zur Vegetation besteht.

Unter den kleinen Gliedertieren standen besonders einige Milbengruppen im Mittelpunkt des Interesses. Zeigte sich doch, daß zu dieser Gruppe sowohl Pflanzenschädlinge als auch regulierend wirkende Prädatoren gehören, sowie Lebensformen, die maßgeblich an den boden- und humusbildenden Prozessen beteiligt sind. Vor allem wurde sukzessiv deutlich, daß diese Tierformen weltweit verbreitet sind und mit großen Individuen- und Artenzahlen die

verschiedensten Landschaftsteile besiedeln. Gerade dies dürfte unseres Erachtens eine weitere sehr wichtige Voraussetzung für die Nutzbarkeit von Bioindikatoren sein.

Im Institut für integrierten Pflanzenschutz¹⁾ der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft liegt aus Untersuchungen der letzten 4 Jahrzehnte ein umfangreiches Tier- und Datenmaterial von etwa 100 Standorten vor, das bisher nur wenig ausgewertet werden konnte²⁾.

Zur Nutzung von kleinen Gliedertieren im Boden, speziell Milbengruppen als Indikatoren könnte man einwenden, daß dies viel leichter mit Hilfe von Pflanzengemeinschaften möglich ist. Die Pflanzenbestände auf landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen geben jedoch nur kurzzeitig die jeweiligen Wachstumsbedingungen wieder. Sie stellen sich schnell auf die jeweiligen Bedingungen ein.

Die besondere Indikatoreignung der kleinen Bodentiere gründet sich auf ihrem konservativen Verhalten. Sie sind an Grundeigenschaften des Bodens gebunden, die sich in Jahrtausenden entwickelt haben, wie Horizontbildung und Ton-Humus-Komplexe (DUNGER, 1983). Diese aber bestimmen auf Dauer die Fruchtbarkeit des Bodens und damit natürliches Pflanzenwachstum und Erträge.

Hohe Gaben von Kunstdünger sowie wiederholte chemische Pflanzenschutzmitteleinsätze sollen Erträge sichern. Bei sich ansammelnden Überdosen haben sich bereits die Kleintiere im Boden als Indikatoren bewährt (KARG, 1993a, 1995). Durch die vorliegende Arbeit sollen Indikatorarten nachgewiesen werden, die mit einfachen Methoden leicht zu erkennen sind. Diagnosen und Abb. mögen bei der Nutzung helfen.

2. Die besondere Eignung der parasitiformen Raubmilben als Indikatoren

Als Indikatorgruppe erwies sich eine Familiengruppe von Raubmilben als besonders geeignet (Cohors Gamasina LEACH, Abb. 8, 9). Anstoß für die Bearbeitung in den letzten Jahrzehnten gab ihre hohe Empfindlichkeit auf breitwirkende Pflanzenschutzmittel (DDT, Lindan, Phosphorinsektizide). Diese dezimierten die Raubmilben und es kam zur Massenvermehrung ihrer Beutetiere. Auf Obstgehölzen vermehrten sich schädliche Spinnmilben, im Boden vor allem Springschwänze. Intensive Untersuchungen konnten für Mitteleuropa etwa 1000 Raubmilben-Arten nachweisen (KARG, 1993b). Davon leben etwa 4/5 im Boden, in der Streuschicht bzw. an der Bodenoberfläche zwischen Grashalmen oder auch in Kompostmaterialien. Der übrige Anteil der Arten besiedelt Kräuter, Sträucher und Bäume. Durchaus gibt es aber Arten, deren ökologische Valenz mehrere Strata umfaßt. Abb. 1 und 2 gibt die Präsenz einiger Arten im Boden und in der

1) Vor 1992 eine entsprechende Abteilung der Biologischen Zentralanstalt Kleinmachnow.

2) Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, die die vorliegenden Untersuchungen ermöglichten.

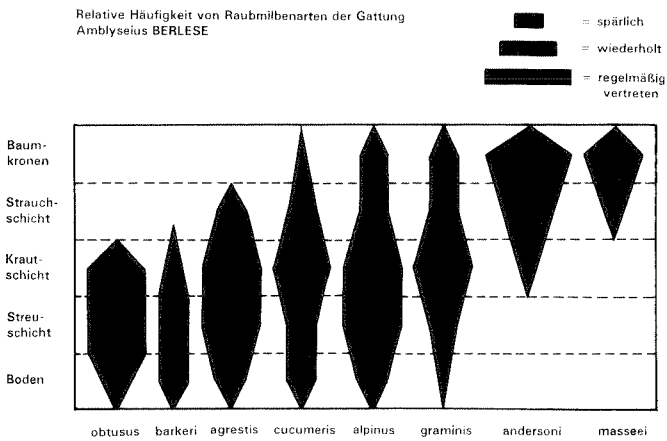
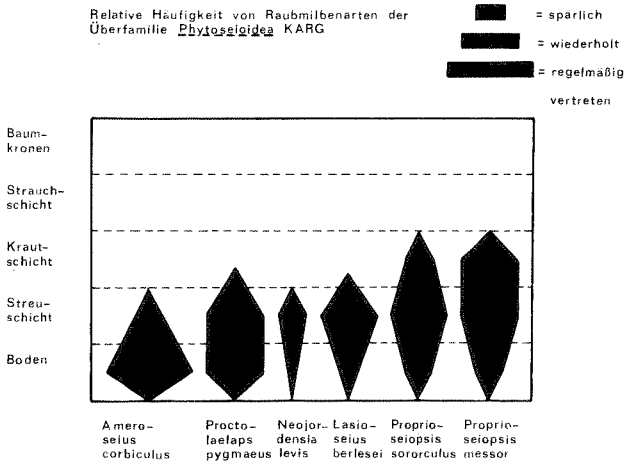


Abb. 1 und 2: Verteilungsfiguren zur Präsenz von Raubmilben in 5 Strata ihres Lebensraumes auf der Basis von 3 Präsenzgraden: spärlich, wiederholt, regelmäßig vertreten.

Kraut-, Strauch- und Baumkronenschicht wieder. Besondere Eignung zum Nachweis von Langzeiteinflüssen messen wir den Arten zu, die im Hohlraumsystem des Bodens leben. Über Ergebnisse zur Biologie und zum Verhalten der Arten wurde an anderer Stelle eingehend berichtet (KARG, 1994).

Entscheidend für ihren Aussagewert erscheint ihre Stellung im Abhängigkeitsgefüge der Ökosysteme. Die Raubmilben im Boden stehen relativ am Ende von Nahrungsketten, die sich aus sehr verschiedenen Vertretern des Bodenlebens zusammensetzen. Sie alle wirken an den bodenbildenden Prozessen, vor allem der Humusbildung mit. Den Raubmilben dienen bevorzugt Nematoden, kleine Insektenlarven, Ringelwürmer, Springschwänze sowie Wurzelmilben als Nahrung. Nematoden und z.T. auch die Springschwänze ernähren sich wiederum von Bodenpilzen und Bodenbakterien. Diese finden in den Kotballen der Tiere fördernde Bedingungen. Springschwänze schließlich fressen die Kotballen von Regenwürmern (Abb. 3).

Im Zusammenwirken der Organismen entstehen die für die Bodenfruchtbarkeit wichtige Krümelstruktur sowie die komplexen Humusverbindungen. Durch die hochintegrierte Trophiestufe der Raubmilben registrieren sie jede Schädigung oder Störung eines Ökosystems. Aber auch in die fördernden Prozesse einer Rekultivierung sind die Raubmilben einbezogen.

Ein weiteres Merkmal, das die Nutzung der Raubmilben als Indikatoren begünstigt, ergibt sich durch ihre fast flächendeckende Verbreitung und die hohen Individuenzahlen. Die Milbengruppe besiedelt die oberen Bodenschichten, überwiegend bis zu einer Tiefe von 15 cm, in humusreichen Böden bis etwa 30 cm Tiefe. Wir finden sie vor allem dort, wo sich organische Materialien zersetzen, also in der Streudecke auf der Bodenoberfläche, in Abfall- und Komposthaufen und in vermodernden Baumstubben. Eine Anzahl Arten lebt auf den Pflanzenbeständen, wo sie meist auf den Blattunterseiten auf Beutesuche ausgehen. Tab. 1 vermittelt durch einige Beispiele einen Überblick zur Besiedlungsdichte.

Testungen auf Formenvielfalt und Abundanz lassen sich mit Hilfe einfacher Auslesemethoden durchführen. Genaue Auszählungen und Artbestimmungen erfordern jedoch einen hohen Arbeitsaufwand und spezielle Kenntnisse. Die Tab. 2, 9 und 10 geben Einblicke in die Formenanalyse von Wald-, Wiesen- und Ackerböden sowie von Naturreservaten. Inzwischen liegen entsprechende Anleitungen für diese biologischen Analysen vor. Eine Einführung bietet ein Brehm-Buch, das die Biologie und die Diagnosen der 215 wichtigsten Arten enthält (KARG, 1994). Eine umfassende Monographie mit 1000 Arten erschien in der Tierwelt Deutschlands (KARG, 1993b).

3. Methodisches Vorgehen

In der vorliegenden Arbeit sollen sich die Analysen auf bestimmte Indikatorgruppen und -arten konzentrieren, die uns schlagartig die Situation im Boden oder auf der Vegetation aufzeigen, ohne daß immer wieder der gesamte Artenbestand untersucht werden muß. Zur Ermittlung der

	Seite
Blattuntersuchungen	61
7.2. Zweite Nutzungsstufe: Erfassung von empfindlichen Indikatorarten	61
Indikatorarten des Bodens	61
Indikatorarten auf Pflanzenbeständen	61
Diagnosetafel für verschiedene Milbengruppen, die auf Blättern von Pflanzen und Bäumen auftreten	63
Darstellung der Präparation für mikroskopische Untersuchungen zur Artbestimmung	64
Erkennungsmerkmale der kleinen Rhodacaridae	65
Differentialmerkmale der 2 wichtigsten Indikatorarten der Gattung <i>Hypoaspis</i> CANESTRINI, 1885	65
Indikatorgattung <i>Hypoaspis</i> CANESTRINI, Diagnosemerkmale	68
Spezielle Raubmilbengruppen als Indikatoren für Bodensanierung und -entwicklung	71
Indikatorgattung <i>Veigaia</i> , Diagnose der Arten	72
Indikatorgruppe große Arten der Pergamasinae, Diagnosemerkmale	75
Diagnosemerkmale der wichtigsten Raubmilben im Obst- und Weinbau aus der Familie Phytoseiidae	79
7.3. Haltung und Beobachtung von Raubmilben	84
7.4. Testung von Agrochemikalien im Labor mit Hilfe von Indikatorarten	86
8. Zusammenfassung	91
8.1. Summary	92
9. Literaturverzeichnis	93

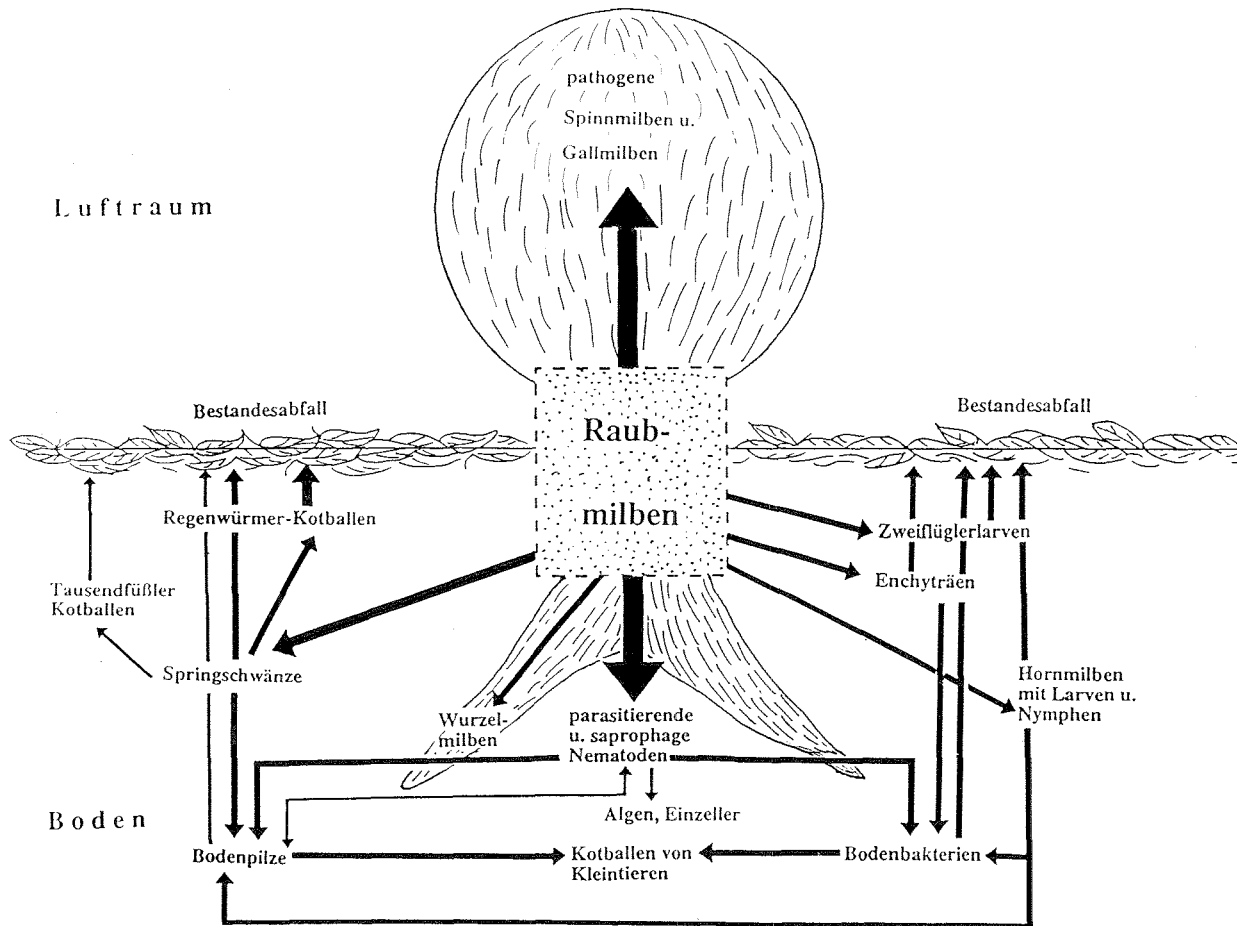


Abb. 3: Stellung der Raubmilben im Gefüge der Nahrungsbeziehungen im Ökosystem.

Tab. 1: Besatzdichte von Raubmilben (aus Ergebnissen von Untersuchungen bei Potsdam, Halle und Erfurt)

Biotopbeispiele	Durchschnittliche Besatzdichte pro m ² bis 15 cm Tiefe
Treiberde unter Glas, Fruchtart Gurke	24000
Komposterden	21000
Humoser Sandboden, mehrjährige Wiese	15000
Schwarzerde, Feldfrucht Kartoffel	15000
Kalksteinverwitterungsboden, Luzerne	10500
Humoser Sandboden, Winterroggen	8000
Rostfarbener Podsol auf diluvialen Sanden, Buchenbestand	
- Boden ohne Streuschicht	18000
- 4 cm mächtige Streuschicht	5000
	Durchschnittliche Besatzdichte pro 50 Blätter
Apfelanlage, 1 Jahr ohne Insektizide	
- Sorte Boskoop	250
- Sorte Auralia	100
Apfelanlage, Sorte Breuhahn	
- 1 Jahr integriert	100
- 2 Jahre integriert	500

Wir möchten hier den technischen Assistentinnen Frau J. v. Voß, Frau I. Schreiber und Frau H. Dörr für ihre unermüdliche Mithilfe bei den Labor- und Freilandarbeiten danken.

Tab. 2: Vergleich eines Waldbodens (Buchenbestand, Potsdamer Forst) mit einem Wiesenboden und mit einem Ackerboden bei Potsdam

Acarina, Parasitiformes	B	W	A
<i>Alliphis siculus</i> (OUDMS., 1905)	-	0,6	0,6
<i>Macrocheles glaber</i> (MÜLLER, 1860)	2,0	-	-
<i>Hypoaspis aculeifer</i> (CAN., 1883)	4,0	-	-
<i>Hypoaspis vacua</i> (MICH., 1891)	-	0,6	-
<i>Amblyseius obtusus</i> (C.L.KOCH, 1839)	-	1,2	-
<i>Asca bicornis</i> (CAN. et FANZ., 1877)	-	9,0	-
<i>Leiioseius bicolor</i> (BERL., 1818)	1,0	-	-
<i>Arctoseius cetratus</i> (SELLN., 1940)	1,0	-	6,0
<i>Arctoseius magnanalis</i> EVANS, 1958	1,0	-	-
<i>Arctoseius venustus</i> (BERL., 1917)	2,0	-	-
<i>Zercon peltatus</i> (C.L.KOCH, 1836)	1,0	-	-
<i>Procercon fimbriatus</i> (C.L.KOCH, 1836)	-	42,0	-
<i>Rhodacarus coronatus</i> BERL., 1921	24,0	28,2	15,6
<i>Rhodacarellus silesiacus</i> WILLM., 1936	-	46,2	1,2
<i>Dendrolaelaps rectus</i> KARG, 1962	-	4,8	-
<i>Punctodendrolaelaps strenzkei</i> HIRSCHM., 1960	-	-	6,8
<i>Leptogamasus suecicus</i> (TRÄG., 1936)	17,0	0,6	-
<i>Lysigamasus conus</i> (KARG, 1971)	18,0	-	12,6
<i>Lysigamasus misellus</i> BERL., 1903	-	1,2	-
<i>Lysigamasus puerilis</i> (KARG, 1963)	15,0	-	-
<i>Lysigamasus vagabundus</i> (KARG, 1968)	17,0	-	-
<i>Pergamasus norvegicus</i> (BERL., 1905)	12,0	0,6	-
<i>Pergamasus crassipes</i> (LINNE, 1758)	-	0,6	-
<i>Veigaia cerva</i> (KRAMER, 1876)	4,0	-	-
<i>Veigaia kochi</i> (TRÄG., 1901)	2,0	-	-
<i>Veigaia nemorensis</i> C.L. KOCH, 1836)	22,0	45,6	-
<i>Veigaia exigua</i> (BERL., 1917)	2,0	3,0	-
<i>Veigaia planicola</i> (BERL., 1892)	3,0	-	-

Bodenproben von 1-15 cm Tiefe, errechnete Abundanzen pro 1000 ml Erde, vom Forst aus 24 Proben, von der Wiese und vom Acker aus 40 Proben.

B = Buchenbestand

W = Wiese

A = Acker (Feldfrucht Winterroggen)

Indikatoren wurden unterschiedliche Standortvarianten sehr genau auf Raubmilben untersucht. Sie umfaßten landwirtschaftlich genutzte Standorte - z.T. mit hart wirkenden chemischen Pflanzenschutzbehandlungen - unter Naturschutz stehende Biotope, Biotopreihen mit Extrem- und Pioniervarianten an der Küste und im Gebirge, sowie Sukzessionen nach Rekultivierungsmaßnahmen. Zum Vergleich zu unseren mitteleuropäischen Ergebnissen sollen außerdem einige Beispiele von Raubmilbenuntersuchungen aus Süd-, Nord- und Osteuropa herangezogen werden.

3.1. Bodenuntersuchungen

Pro Variante wurden Probenserien aus 25-40 Einzelproben mit Bodenstechrohren von 2 cm Durchmesser in einer Tiefe von 0-15 cm entnommen. Jede Probe wurde in 3 Tiefenstufen geteilt: A = 0-5 cm, B = 5-10 cm, C = 10-15 cm Tiefe. Jeder Teilprobe kam ein Erdvolumen von 16 cm^3 zu. Die Proben kamen in einen BERLESE-Automaten zur Auslese.

3.2. Untersuchungen von Obstbäumen

Pro Variante wurden Probenserien von 50 oder 100 Blättern aus dem Kronenbereich entnommen und die Raubmilben unter dem Präpariermikroskop ausgelesen.

Von edaphischen wie auch epigäischen Raubmilben wurden nach Mazeration mit Hilfe eines Eisessig-Glyceringemisches mikroskopische Präparate angefertigt (Glycerineinbettung) und die Tiere determiniert.

3.3. Erkennen der Raubmilben aus Boden- und Blattproben

Die Raubmilben weisen charakteristische Merkmale auf. Sie sind schlank, langbeinig und schnell beweglich. Nach den Diagnosemerkmalen in Tab. 3 lassen sich die Raubmilben leicht ermitteln und von anderen Kleintieren unterscheiden.

4. Kontamination und Schädigung

Am besten wurden bisher die chemischen Pflanzenschutzmittel untersucht. Von HASSAN (1988); HASSAN et al.(1991); BAIKU et al. (1981) und anderen Autoren liegen inzwischen Einstufungen zur Wirkung zahlreicher Pflanzenschutzmittel auf Nutzarthropoden vor. Wir verglichen die Wirkung von 76 Präparaten auf 6 Gruppen von Antagonisten (KARG et al., 1987). Es zeigte sich, daß bei 97 % der Präparate die Raubmilben am empfindlichsten reagieren. Raubmilben sind also offensichtlich besonders gut als Indikatoren für die Kontamination terrestrischer Ökosysteme durch Chemikalien geeignet.

Die bisherigen Angaben fußen allerdings auf Testungen mit wenigen Arten. Andererseits liegen inzwischen umfangreiche Untersuchungen von Feld-, Wald- und Wiesenbiotopen auf Raubmilben

Tab. 3: Indikatorgruppe Gamasina LEACH

Diagnosemerkmale	Gegenprüfung
- Milben von ovaler, schlanker Körperform (Abb. 8, 9), 0,2-2 mm lang	Körperform flach und nicht rund, gewölbt oder keilförmig (Abb. 5)
- Färbung gelblich, braun oder ockerbraun	nicht rot oder grünlich gefärbt
- Das 1. und 4. Beinpaar etwa von Körperlänge, das 2. und 3. Beinpaar kürzer (Abb. 8, 9)	keine Milbenformen mit kurzen Beinen (Abb. 4)
- Vorn am Körper ein deutlicher Kegel, der die Mundwerkzeuge und die Fühler trägt (Abb. 6)	andere Milben ohne deutlichen Mundkegel
- Bauchseite meist mit 2-3 Schilden bedeckt, beim Männchen zu einem Schild verwachsen (Abb. 7)	andere Milben ohne derartige Bauchschilder
- Seitlich, zwischen den Hüften des 3. und 4. Beinpaares je eine Atemöffnung, von der eine Atemrinne nach vorn verläuft (Abb. 7)	fehlt anderen Milbengruppen

vor (KARG, 1961, 1967, 1968, 1969, 1971a, 1971b, 1982, 1989a, b, 1993b; HIRSCHMANN et al., 1969; HIRSCHMANN und WIŚNIEWSKI, 1982; KOEHLER, 1984; SCHULZ, 1991). Aus diesen Ergebnissen werden bei der vorliegenden Untersuchung repräsentative Arten mit hohen Präsenzgraden ausgewählt, die als Indikatoren für die Kontamination eines Ökosystems geeignet erscheinen.

4.1. Indikatorarten im Boden

Zur Ermittlung geeigneter Indikatoren wurden frühere Untersuchungen ausgewertet (KARG, 1964, 1978). Analysiert man das Artenspektrum der Raubmilbengruppe Gamasina genauer, so zeigt sich, daß die einzelnen Arten unterschiedliche Empfindlichkeitsgrade aufweisen. In Tab. 4 wurden Mortalitätsgrade im Vergleich zur Kontrolle bei dominierenden Arten aus verschiedenen Bodenbehandlungen zusammengestellt. Die höchste Präsenz weisen die Raubmilbenarten *Rhodacarus coronatus* BERLESE und *Rhodacarellus silesiacus* WILLMANN auf. Bei 5 von 8 Mortalitätsermittlungen erreicht *Rhodacarus coronatus* Werte von 90-100 %. Diese im Boden lebende Milbe ist also als Indikatorart gut geeignet (Tab. 5). Zu den weit verbreiteten Arten gehört weiterhin *Hypoaspis aculeifer* CAN. (Abb. 26). Die Raubmilbe fehlt in Tab. 4 nur bei der Grünlanduntersuchung. Die Art zeigte bei 3 von 5 Versuchen eine Mortalität von 100 %.

Die genannten Arten gehören zu den kleineren Raubmilben mit einer Körperlänge von 0,3-0,6 mm. Sie besiedeln vor allem landwirtschaftlich genutzte Böden mit geringem Hohlraumvolumen.

Bei besseren Böden mit einer entwickelten Krümelstruktur gewinnen größere Raubmilbenarten an Bedeutung, wie Arten der Gattung *Veigaia* und *Pergamasus* (Abb. 8, 6, 14, 15). Die *Pergamasus*-Arten tolerierten jedoch in 5 von 6 Untersuchungen chemische Behandlungen. Die Raubmilbe *Veigaia nemorensis* dagegen erwies sich im Waldboden als empfindlicher Indikator (Tab. 5).

4.2. Indikatorarten auf Pflanzenbeständen

In Tab. 6 sind weit verbreitete Raubmilben auf Pflanzenbeständen aufgeführt. Als empfindlicher Indikator der Baumkronen erwies sich *Euseius finlandicus* (OUDMS.). Bereits CHANT (1959) stellte bei Untersuchungen in Großbritannien fest, daß die Art in Obstanlagen dominiert, die nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt wurden. Dasselbe bestätigten KROPCZYNSKA (1970) durch umfassende Ermittlungen in Polen sowie TIERENS und FASSOTTE (1992) in Belgien. In behandelten Obstanlagen dominieren in Mitteleuropa *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN oder *Seiulus tiliarum* (KARG, 1971b; CORINO, 1985; ZACHARDA, 1989).

Wir konnten zeigen, daß bei Einführung nützlingsschonender Methoden zuerst *Seiulus tiliarum* und *Euseius finlandicus* fast in gleicher Dichte vertreten waren. In der Folgezeit verschob sich das Verhältnis dann zugunsten von *Euseius finlandicus* (Abb. 19). *Euseius finlandicus* ist eine sehr agile und bewegliche Raubmilbe (KROPCZYNSKA, 1970). Wenn sie nicht durch Pflanzenschutzmittel

Tab. 4: Empfindlichkeit häufiger Raubmilbenarten des Bodens gegenüber Pflanzenschutzmitteln auf der Basis von Freilanduntersuchungen (Zusammenstellung von Untersuchungsergebnissen aus den Jahren 1963-1975)

Raubmilben- art	Lindan				Trichlor- phon			Lindan(3) DDT(3) Dimethoat (4) Parathion (3) Obst, Apfel* humoser Sandboden	
	Grünland 2,5 kg/ha humoser Sandboden Jahre nach Behandlung	Feld 1,5 kg/ ha Lehm- boden	Feld 1 kg/ha Lehm- boden	Forst 1 kg/ha humoser Sand- boden	Feld 20 l/ha Lehm- boden				
	1	2	3	4					
<i>Rhodacarus coronatus</i> BERLESE	-	95	100	90	100	25	35	50	100
<i>Rhodaca- rellus silesiacus</i> WILLM.	50	50	40	V	90	30	-	20	100
<i>Dendro- laelaps- Arten</i>	90	70	60	V	-	-	-	-	90
<i>Arctoseius cetratus</i> SELLN.	90	0	-	-	-	70	-	-	47
<i>Hypoaspis aculeifer</i> (CAN.)	-	-	-	-	38	100	100	13	100
<i>Pergama- sus-Arten</i>	0	0	-	V	-	30	60	-	-

Zahlen geben die Mortalität in % an,

0 = behandelt und unbehandelt mit gleicher Abundanz,

- = Art trat mit zu geringer Abundanz auf oder fehlte ganz,

V = es kam zu Übervermehrungen in behandelten Flächen,

* = beim Obst 6jährige Untersuchungen mit verschiedenen Behandlungsprogrammen, (3) oder (4) bedeuten 3 oder 4 Behandlungsjahre

Tab. 5: Repräsentative Raubmilben der Bodenschichten

A-Horizont	
Streudecke	<i>Lasioseius berlesei</i> (OUDEMANS) <i>Pergamasus</i> -Arten <i>Veigaia nemorensis</i> (KOCH) ⁺
Vermoderungsschicht	<i>Dendrolaelaps</i> -Arten ⁺ <i>Artoseius cetratus</i> (SELLNICK) ⁺ <i>Rhodacarus coronatus</i> BERLESE ⁺
Humoser Mineralboden	<i>Hypoaspis aculeifer</i> (CANESTRINI) <i>Hypoaspis angusta</i> KARG ⁺ <i>Rhodacarellus silesiacus</i> WILLMANN
B- + C-Horizont	-

+ = sensible Indikatoren

Tab.6: Repräsentative Raubmilben auf Pflanzenbeständen

Baumkronen	<i>Seiulus tiliarum</i> (OUDEMANS) <i>Amblyseius andersoni</i> (CHANT) <i>Euseius finlandicus</i> (OUDEMANS) ⁺
Strauchschicht	<i>Kampimodromus aberrans</i> (OUDEMANS) ⁺ <i>Typhlodromus pyri</i> SCHEUTEN
Krautschicht	<i>Amblyseius cucumeris</i> (OUDEMANS) ⁺ <i>Anthoseius rhenanus</i> (OUDEMANS) <i>Amblyseius agrestis</i> KARG

+ = sensible Indikatoren

beeinträchtigt wird, verdrängt sie andere Raubmilbenarten, wie *Typhlodromus pyri* oder *Seiulus tiliarum*. Hier besteht also eine Art Vikarianzverhältnis.

Bei umfangreichen Untersuchungen in Weingärten kamen MARCHESINI und GAMBARO (1989) zu der Erkenntnis, daß bei den dominierenden Raubmilbenarten *Kampimodromus aberrans* (OUDMS.) und *Typhlodromus pyri* der Strauchschicht (Tab. 6) ebenfalls ein solches Vikarianzverhältnis besteht. Als der empfindliche Indikator erwies sich hier die Raubmilbe *Kampimodromus aberrans*.

Unter den repräsentativen und weit verbreiteten Raubmilben der Krautschicht reagiert nach RAMAKERS (1987) und STAAV (1989) *Amblyseius cucumeris* (OUDMS.) besonders empfindlich auf Pflanzenschutzmittel.

5. Rekultivierung und Wiederbesiedlung

5.1. Freilandexperiment zu den biozönotischen Grundgesetzen

Erste Erkenntnisse zu Indikatorarten für Rekultivierungen ergaben sich bereits aus einem Freilandexperiment von 1967.

In einem 70 Jahre alten Buchenbestand des Potsdamer Forstes wurde auf einer 5 x 5 m langen Parzelle die Laubstreu zur Seite geräumt. Auch in den Folgejahren wurde die Fläche immer wieder freigelegt. Eine entsprechende, angrenzende Vergleichsparzelle behielt die Laubstreu mit einer Stärke von 3-5 cm. Bei dem Waldboden handelt es sich um einen rostfarbenen, schwach veränderten Podsol auf diluvialen Sanden. Drei Monate später erfolgte die erste Probenentnahme.

Vergleichsweise wurde eine Ackerfläche mit Gerste des gleichen Gebietes und vergleichbarer Bodenart herangezogen. Periodisch erfolgten genaue Artanalysen der im Boden lebenden parasitiformen Raubmilben. Das biozönotische Experiment führte zu folgenden Ergebnissen: Die Analyse der parasitiformen Milben konnte bereits 3 Monate nach Entfernung der Streudecke starke Veränderungen aufzeigen. Die Artenzahl in der eigentlichen Bodenschicht von 1-15 cm Tiefe hatte sich von 21 auf 8 vermindert, die Abundanz von 192 Tiere auf 106 Tiere pro 1000 cm³ Erde. In den Folgejahren sanken die Werte der biozönotischen Mengencharakteristika noch weiter ab (Abb. 10). Die Abundanz pendelte zwischen 60-70 Tieren pro 1000 cm³ Erde, die Artenzahl zwischen 4 und 7. In der Artenzahl wurden damit Werte erreicht, wie sie für den vergleichsweise untersuchten Ackerboden (A in Abb. 10, unten) mit ähnlicher Bodenbeschaffenheit charakteristisch waren (Artenzahl 4-6). Die Abundanzwerte differierten aber stärker und lagen zwischen 36 und 91 (u und A in Abb. 10, oben). Für den Waldboden ohne Streu wirkte der Baumbestand wahrscheinlich immer noch ausgleichend.

Das rasche Absinken der Artenzahlen auf ein Drittel bis ein Viertel und der Abundanzen auf die Hälfte war vor allem durch das Fehlen der isolierenden Streudecke verursacht worden. BONESS und

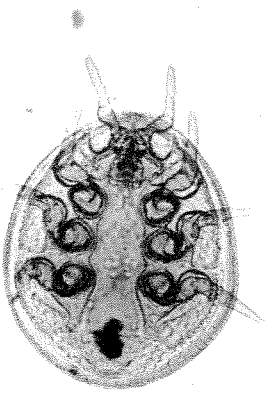


Abb. 4: Vertreter der Schildkrötenmilben (Uropodina), *Trichouropoda ovalis* (KOCH).

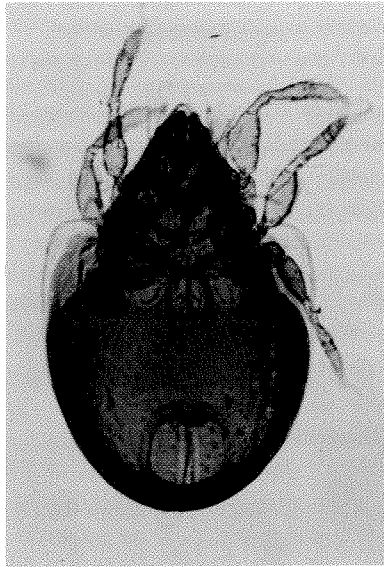


Abb. 5: Vertreter der Hornmilben (Oribatei), *Schelorbates latipes* (KOCH).

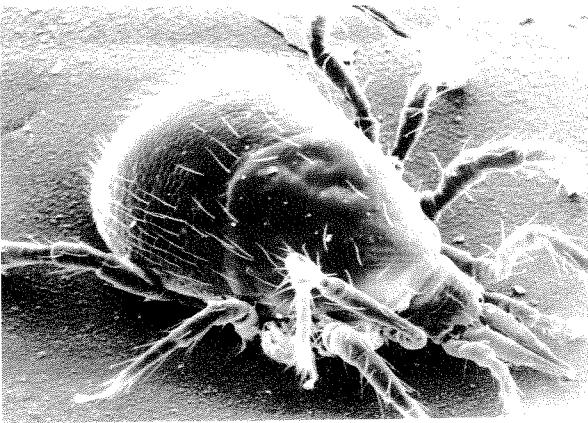


Abb. 6: Raubmilben *Pergamasus crassipes* L., oben: Rückenseite, unten: Mundkegel mit Mundwerkzeugen: in der Mitte über den Cheliceren eine dachartige Bildung, das diagnostisch wichtige Tectum mit 5 kleinen Spitzen (REM-Aufnahmen KARG/CASPERSON).

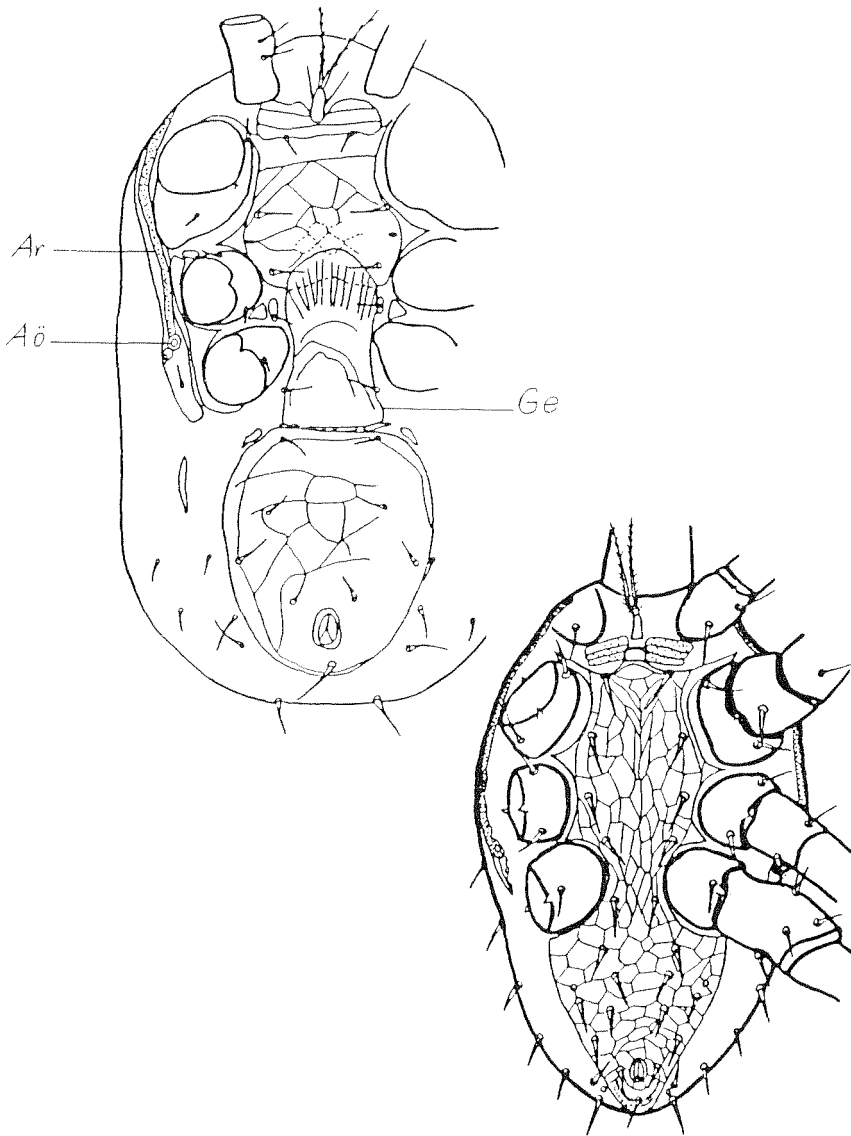


Abb. 7: Darstellung der Bauchseiten von Raubmilben
oben: beim Weibchen *Pachyseius humeralis* BERLESE,
Ar = Atemrinne, Aö = Atemöffnung, Ge = Genitalschild,
unten: beim Männchen *Hypoaspis aculeifer* CAN.; die 3
Schilde beim Weibchen sind zu einem Schild verwachsen.



Abb. 8: Die Raubmilbe *Veigaia nemorensis* (KOCH) hat einen Springschwanz ergriffen. Mit den zangenartigen Mundwerkzeugen (Cheliceren) wird die Haut durchschlagen. Verdauungssäfte verflüssigen die Beute, um sie dann aufzusaugen.

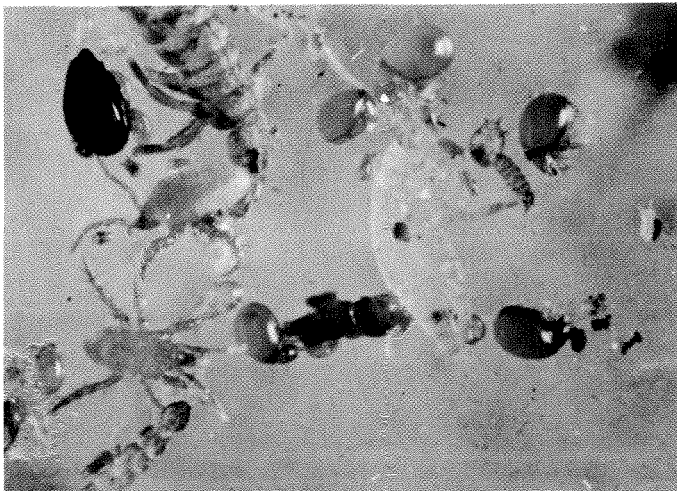


Abb. 9: Ausschnitt einer Auslese von kleinen Gliedertieren des Bodens. Man erkennt 3 größere, langgestreckte Springschwänze, 7 kleine, eiförmige Hornmilben, dazwischen 2 Raubmilben, erkenntlich an den langen Beinen und einem schlanken Körper.

Individuen pro 1000 cm³

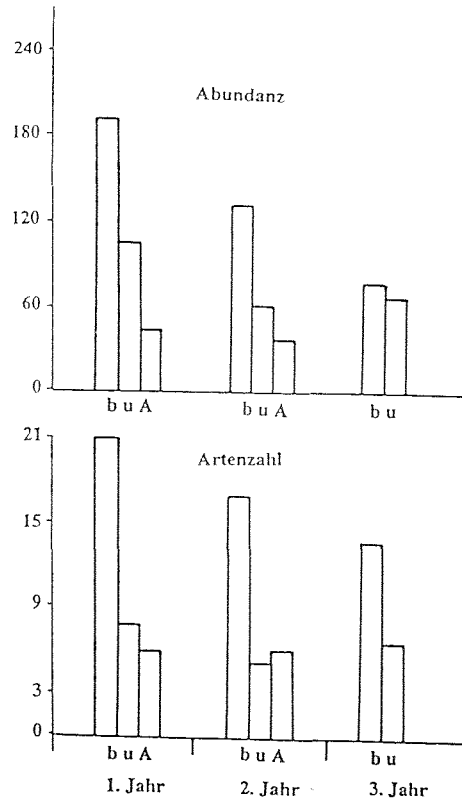


Abb. 10: Synökologische Vergleiche der Parasitenformens eines mit Streu bedeckten (b) bzw. unbedeckten (u) Waldbodens und eines Ackerbodens (A) gleicher Bodenart im Potsdam-Kleinmachnower Gebiet.

Individuen pro 1000 cm³

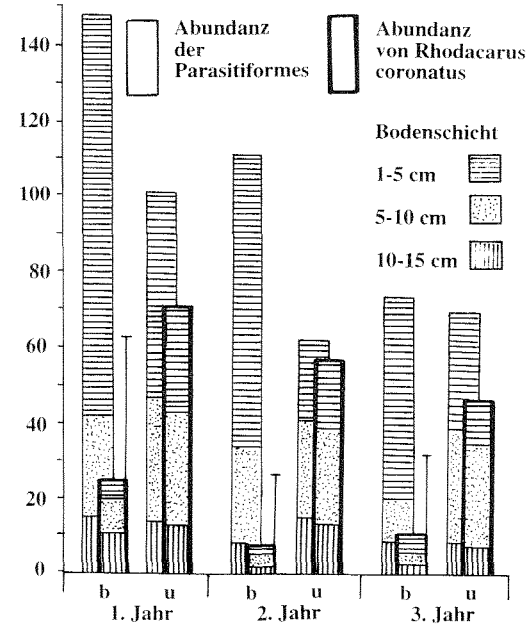


Abb. 11: Biozönotische Veränderungen des Milbenbesatzes der Parasitenformens in einem Buchenbestand nach Entfernung der Streuschicht (Potsdamer Forst), b = Parzelle mit Streubedeckung, u = unbedeckte Parzelle, ohne Streu.

Während die Gesamtabundanz sich verminderte (schwach gezeichnete Säulen), entwickelte eine Art, *Rhodacarus coronatus*, Übervermehrungen (stark gezeichnete Säulen). Für die Übervermehrungen wurden die statistisch ermittelten Grenzdifferenzen eingetragen.

LEUTHOLD (zit. von PALISSA, 1964) haben gezeigt, wie Temperaturschwankungen unter einer isolierenden Pflanzendecke bzw. Bodenschicht viel ausgeglichener verlaufen als in einer freien Bodenschicht.

Ähnliches gilt auch für die Bodenfeuchte. Eine isolierende Schicht schützt den Boden vor Austrocknung und Verdichtung (MORGENWECK, 1941). Beim vorliegenden Experiment würde nach der Streubeseitigung im Laufe der Zeit außerdem noch die Reduzierung der organischen Ausgangsnahrung wirksam werden.

Für die Ermittlung von Indikatoren erwiesen sich folgende Befunde als bedeutsam: Von den 5 Raubmilbenarten der Gattung *Pergamasus* konnten die beiden größten Arten *Pergamasus norvegicus* und *Leptogamasus vagabundus* sowie eine 3. kleinere Art, *Leptogamasus suecicus*, ohne Streudecke nicht mehr existieren. Von *Lysigamasus vagabundus* und von *Leptogamasus suecicus* wurden 3 Monate nach der Streuentfernung nur noch wenige Exemplare gefunden, später fehlten sie ganz (Tab. 7). Von 5 Arten der Gattung *Veigaia* wurden 2 Arten, *Veigaia kochi* und *Veigaia planicola*, die Lebensbedingungen entzogen (Tab. 8). Im Winter und in der trockenen Sommerperiode des 2. Untersuchungsjahres fehlten jedoch alle 5 Arten (Tab. 8).

Eine Art reagierte aber völlig anders als diese bisher aufgezeigten Entwicklungstendenzen es erkennen lassen. Es handelt sich um *Rhodacarus coronatus* (Abb. 13b), eine Art, die im streubedeckten Waldboden meist tiefere Schichten besiedelte. Durch die 3monatige Streuentfernung hatte sich die Abundanz der Art um das Mehrfache erhöht (Abb. 11). In der trockenen Sommerperiode lag sie 8mal höher als im Normalbestand. Die Vermehrung erfolgte vor allem in der Bodenschicht bis zu 10 cm Tiefe (in Abb. 11 querschraffiert und punktiert). Da in diesem Stratum die übrigen Arten reduziert wurden, muß angenommen werden, daß durch die Streuentfernung konkurrierende Arten unterdrückt wurden, so daß eine Vermehrung von *Rhodacarus coronatus* einsetzen konnte. Diese stärkere Vermehrung wirkte für die Raubmilben insgesamt ausgleichend, so daß die Gruppenabundanz nach der Streuentfernung niemals unter 50 % absank. Im Sommer des 2. Jahres wurde fast ein Ausgleich erreicht (Abb. 11).

Die Veränderungen durch das vorliegende Experiment gehorchen dem 2. biozönotischen Grundgesetz von THIENEMANN (1920). Durch die Streubeseitigung fanden zahlreiche Arten keine Lebensbedingungen mehr. Es setzte eine Artenverarmung der Biozönose ein. Einzelne Arten traten aber in größeren Individuenmengen auf als vorher. Strenggenommen traf dies allerdings nur für eine Art zu, nämlich für *Rhodacarus coronatus*.

Vergleicht man die anpassungsfähigen Arten, die die Streuentfernung überstanden, mit den anderen Arten, so zeigt sich in Bezug auf die Körpergröße etwas Bemerkenswertes. Die anpassungsfähigen Formen gehören jeweils zu den Kleinsten ihrer Gruppe. *Rhodacarus coronatus* ist eine der kleinsten Raubmilben. Innerhalb der Gattungen *Pergamasus* und *Veigaia* verschwanden die größten Arten.

Die Ursache dürfte darin zu suchen sein, daß die kleinen Formen in kleinste Hohlräume ausweichen können, in denen sich auch dann noch eine höhere relative Luftfeuchte hält, wenn die isolierende Decke beseitigt wird. Was die Nahrung der Raubmilben betrifft, so ließ sich weiterhin zeigen, daß bestimmte Collembolen ausfielen, wie *Isotoma*-Arten, die größeren *Veigaia*- und *Pergamasus*-Arten als Nahrung dienen.

Produktionsbiologisch muß also ein Rückgang verzeichnet werden, wenn auch die Individuenzahl einzelner Arten ansteigt. Beim Vergleich mit dem Ackerboden ist zu berücksichtigen, daß die Streudecke selbst und damit ihr Tierbestand ausfällt. Die Bodenbildungsprozesse beginnen jedoch bereits in der Streuschicht. Um so schwerer wiegen die quantitativen Befunde, nach denen die Abundanzen im Acker durchschnittlich erheblich niedriger lagen, als selbst im unbedeckten Waldboden.

Die Artenkombination von Acker- und unbedecktem Waldboden zeigte große Ähnlichkeit. Zu den dominierenden Arten des Ackerbodens wie des nackten Waldbodens gehörten *Rhodacarus coronatus* und *Lysigamasus runcatellus*.

Die Vielfalt der Lebensbedingungen eines Ökosystems wird in der Regel durch die Zahl enger verwandter Arten angezeigt, also durch die Artenzahl derselben Familie oder Gattung, denn sie nehmen eine ähnliche ökologische Nische ein. Die Unterfamilie Pergamasinae war im bedeckten Waldboden durch 5 Arten vertreten, im nackten Waldboden waren es anfangs 3, später 2. Im Ackerboden fanden wir lediglich 1 Art (Tab. 7). Von der Gattung *Veigaia* wurden im bedeckten Waldboden 5 und im unbedeckten anfangs 3 Arten festgestellt. Später fehlten sie ganz. Im Ackerboden fehlte die Gattung überhaupt (Tab. 8). Die Streuentfernung zeigte uns modellartig, wie die Artenverarmung zustande kommt.

Nach diesen ersten Befunden wurde die Hypothese aufgestellt, daß die Arten der Gattung *Veigaia* und der Unterfamilie Pergamasinae besonders gut als Indikatorarten für biozönotische Veränderungen geeignet erscheinen. Auch praktische Argumente bestärken dies. Die Arten können relativ gut von anderen Formen unterschieden werden. Innerhalb der Pergamasinae gilt dies vor allem für die größeren Arten, das heißt für die Arten mit einer Körperlänge von 1-2 mm (Abb. 12).

Zur Überführung und Verifizierung wurden 60 Biotopreihen untersucht; Biotopreihen mit Pionierstadium, Naturreservate sowie Feld-, Wiesen- und Waldbiotopreihen. Die Tab. 9 und 10 zeigen an 2 Beispielen die Artenanalyse von 2 Biotopreihen: "Krägenriß" bei Wörlitz und "Elsterhang" bei Röttis. Bei den nun folgenden Auswertungen werden aber in den Tab. 11-26 nicht die gesamten Artenspektren aufgeführt, sondern nur die Artenzahl und die Vertreter der Gattung *Veigaia* und die großen Arten der Unterfamilie Pergamasinae. Arten dieser Gruppen mit hoher Dominanz erscheinen in Fettdruck, vereinzelt auftretende Arten werden in Klammern gesetzt. Einige Besonderheiten werden in der Spalte "weitere Raubmilbenindikationen" erfaßt. Die Ermittlung der Indikatoren aus der Artenanalyse des Biotops "Krägenriß" von Tab. 9 erscheint in Tab. 17, die des

Tab. 7: Vorkommen von Arten der Pergamasinae im humosen Sandboden verschiedener Biotope im Raum von Potsdam (3 Untersuchungsjahre)

	Buchenbestand		Grünland	Feld
	b	u		
<i>Leptogamasus suecicus</i> (TRÄGARDH)	+	(+)	+	-
<i>Lysigamasus conus</i> (KARG)	+	+	+	+
<i>Lysigamasus vagabundus</i> (KARG)	+	(+)	-	-
<i>Lysigamasus puerilis</i> (KARG)	+	+	-	-
<i>Lysigamasus misellus</i> (BERLESE)	-	-	+	-
<i>Pergamasus norvegicus</i> (BERLESE)	+	-	+	-
<i>Pergamasus crassipes</i> (LINNÉ)	-	-	+	-

Tab. 8: Vorkommen von *Veigaia*-Arten im humosen Sandboden verschiedener Biotope im Raum von Potsdam (3 Untersuchungsjahre)

	Buchenbestand		Grünland	Feld
	b	u		
<i>Veigaia exigua</i> BERLESE	+	(+)	+	-
<i>Veigaia nemorensis</i> (KOCH)	+	(+)	+	-
<i>Veigaia cervus</i> (KRAMER)	+	(+)	-	-
<i>Veigaia planicola</i> (BERLESE)	+	-	-	-
<i>Veigaia kochi</i> (TRÄGARDH)	+	-	-	-

b = mit Streu bedeckt

u = ohne Streu

+ = Art vorhanden

- = Art fehlt

(+) = Art nur im ersten Jahr noch vertreten

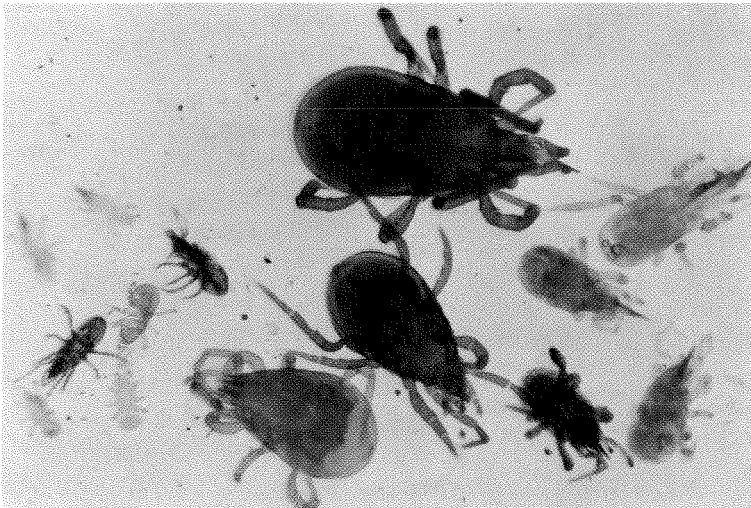
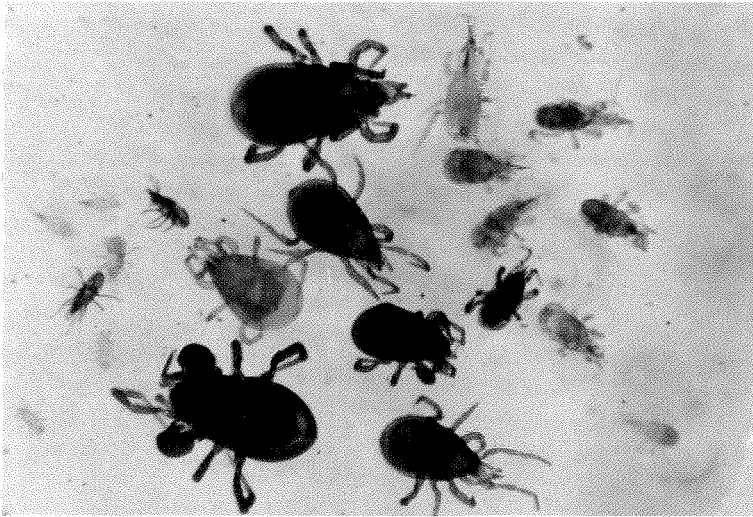
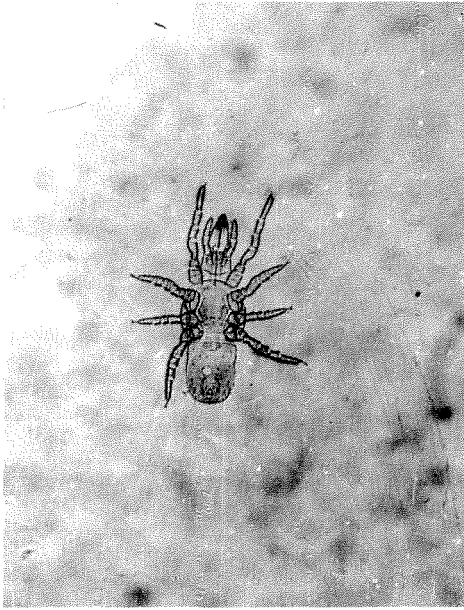
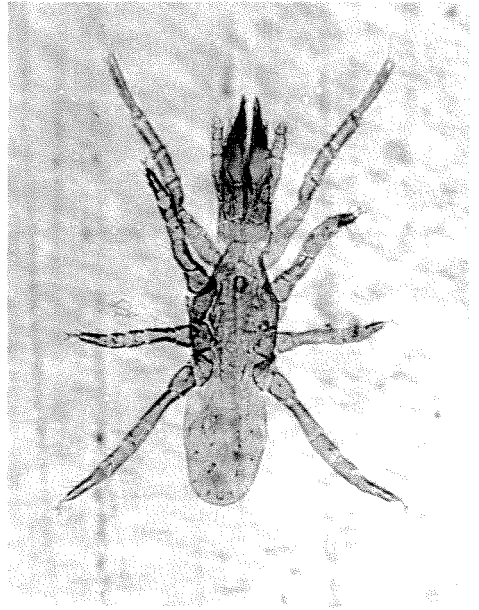


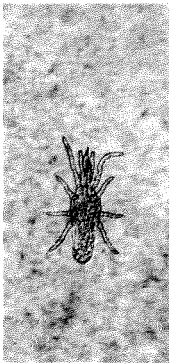
Abb. 12: Die wichtigsten Indikatorgruppen der parasitiformen Raubmilben auf einen Blick:
oben, Mitte: große Vertreter der Pergamasinae mit 1-2 mm Körperlänge, 5 Weibchen und ein
Männchen (erkennlich am verstärkten 2. Beinpaar);
links: die kleinen, schlanken Raubmilben der Familie Rhodacaridae;
rechts: Vertreter der Raubmilbengattung *Veigaia*;
unten: die gleichen Gruppen, stärker vergrößert, rechts bei den Raubmilben der Gattung
Veigaia sind die charakteristischen langen Cheliceren zu erkennen.



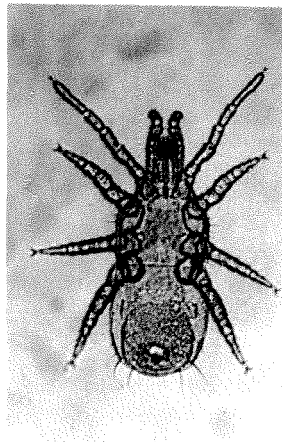
a



b



c



d

Abb. 13: Vertreter der Raubmilbenfamilie Rhodacaridae, die im Pionierstadium eines Ökosystems dominieren,

- a) *Rhodacarellus silesiacus* WILLMANN, Weibchen,
- b) *Rhodacarus coronatus* BERLESE, Männchen,
- c) *Minirhodacarellus minimus* (KARG), Weibchen,
- d) *Dendrolaelaps rectus* KARG, Weibchen

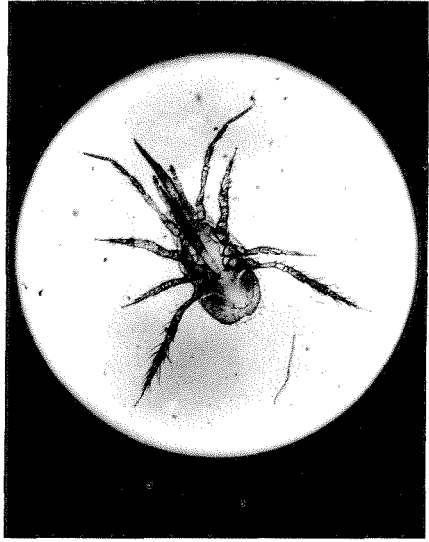
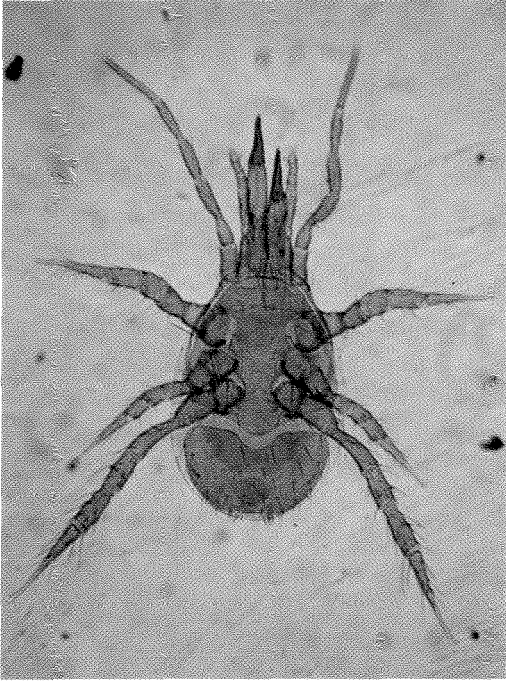


Abb. 14: Vertreter der Raubmilbenfamilie Veigaiidae, die verbesserte Boden- und Vegetationsbedingungen anzeigen, links: *Veigaia nemorensis* (KOCH), rechts: *Veigaia cervae* (KRAMER).

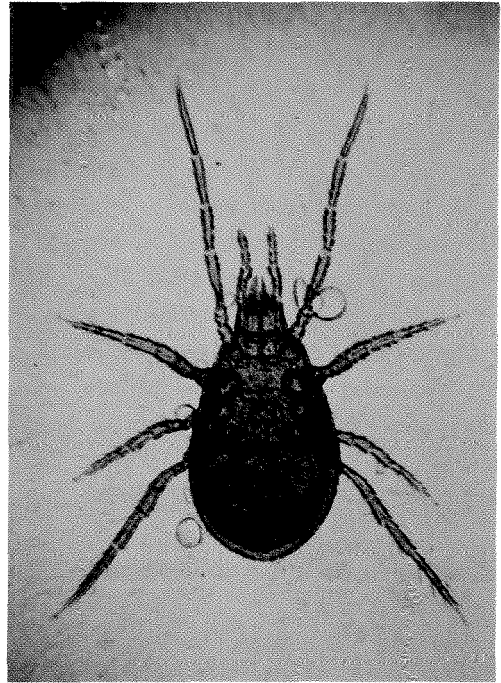
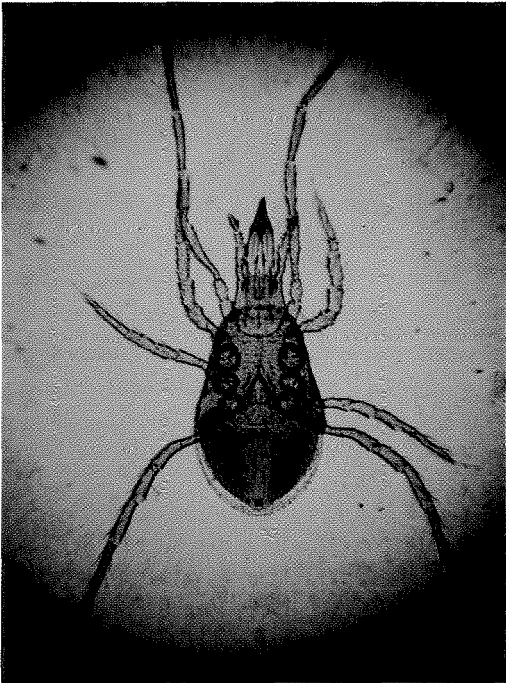


Abb. 15: Größere Vertreter der Raubmilbenfamilie Pergamasidae, Unterfamilie Pergamasinae, die optimale biologische Aktivität in einem Ökosystem anzeigen, links: *Pergamasus norvegicus* (BERLESE), rechts: *Pergamasus crassipes* (L.), Weibchen.

Biotops "Elsterhang" von Tab. 10 in Tab. 23. Entsprechend wurden alle übrigen Auswertungen vorgenommen.

5.2. Biotopreihen mit Pionierstadium

Erste umfangreiche biozönotische Untersuchungsreihen auf Raubmilben wurden von WILLMANN in den Arbeiten von FRANZ (1950) und von SCHWEIZER (1956) im Alpenbereich vorgenommen. Grundlage und Anstoß für weitere intensive bodenbiologische Analysen von Raubmilbenpopulationen gab die Monographie der Raubmilbencohors Gamasina mit Ökologie und Bestimmungstabellen für 650 Arten (KARG, 1971a). KOEHLER (1984) untersuchte danach die Bodenbildungs- und die Rekultivierungsprozesse auf Mülldeponien, CHRISTIAN (1993) entsprechende Raubmilbensukzessionen auf den Halden der Braunkohletagebaue. Wir untersuchten Naturreservate an der Ostseeküste und im Oberharz. Auch KOEHLER et al. (1992) verglichen durch Stichproben an der Nordseeküste die Zusammensetzung der Raubmilbengemeinschaften bei der Bodenbildung.

Küstenregion

Es war zu erwarten, daß sich hier besonders gut erste Keime der Bodenbildung zeigen und damit Indikatorarten ermitteln lassen würden. Das Naturreservat des Darßes an der Ostsee muß als großes Naturexperiment angesehen werden, da hier ständig Sand neu angeschwemmt wird. In der Pflanzenbesiedlung sind vom dreitausend Jahre alten Landteil mit hohem Waldbestand bis zu ersten Pionierpflanzen am Strand alle Übergänge vorhanden (Abb. 16, 17).

In Tab. 11 werden einige Ergebnisse der Ermittlungen zusammengefaßt dargestellt. In Strandnähe sind die Raubmilben nur mit wenigen Arten vertreten. Vereinzelt erscheinen *Veigaia*-Arten und große Arten der Pergamasinae. Es dominieren kleine Raubmilbenarten, z.B. *Cheiroseius serratus*, eine Art, die feuchte Biotope bevorzugt. Auf dem sich anschließenden Landabschnitt des Darßes dominiert *Veigaia nemorensis*. In älteren Bereichen kommen weitere Arten der Gattung *Veigaia* dazu und indizieren zugleich eine Zunahme der Formenvielfalt und der biologischen Aktivität. Die Probe aus der Vermoderungsschicht läßt allerdings erkennen, wie flachgründig der Mutterboden des Neulandes noch ist. Biotopreihen auf Usedom und an der Nordseeküste lassen ähnliche Entwicklungsstufen erkennen (Tab. 12 und 13). Hier fehlen aber im Strandbereich *Veigaia*-Arten und größere Vertreter der Pergamasinae. Es finden sich nur sehr kleine Arten, meist Vertreter der Gattungen *Rhodacarus* und *Cheiroseius* (Abb. 13).

KOEHLER et al. (1992) unterschieden 3 Stadien der Dünenentwicklung: Die "weiße Düne" entwickelt sich zur "grauen Düne" und schließlich zur "braunen Düne". Zugleich nimmt die biologische Aktivität zu. Ein Vergleich der Artenzusammensetzung ergibt, daß dies wiederum durch eine zunehmende Zahl von *Veigaia*-Arten angezeigt wird (Tab. 13). Unsere Untersuchungen auf Usedom verdeutlichen dazu, wie bei größerer Formenvielfalt zusätzlich Vertreter der größeren Pergamasinae auftreten. Damit wird eine höhere Qualität des Bodenlebens angezeigt.



Abb. 16: Ausschnitte von Strandbiotopen an der Ostseeküste.
oben: mit Strandhafer (*Ammophila arenaria*)
unten: mit Strandhafer und Filziger Pestwurz (*Petasites tomentosus*)



Abb. 17: Biotope auf dem Darß, Küstengebiet an der Ostsee zwischen Rostock und Stralsund, oben: Ausschnitt des ehemaligen Meeresufers, das vor 3000 Jahren die Küste des Altdarßes bildete, unten: Blick vom alten Meeresufer auf den Neudarß.

Tab. 9 (I. Teil): Geschützter Biotop "Krägenriß" bei Wörlitz
(Sachsen-Anhalt)(Milbenmaterial KARG)

Raubmilbenarten	sehr feuchter Humus	Laubstreu mäßig feucht	mäßig feuchter Humus
<i>Eviphis ostrinus</i> (KOCH, 1836)	-	2	-
<i>Alliphis siculus</i> (OUDMS., 1905)	-	2	-
<i>Geholaspis mandibularis</i> (BERL., 1904)	-	-	1
<i>Geholaspis longispinosus</i> (KRÄMER, 1876)	-	4	1
<i>Machrocheles tridentatus</i> (C. et R. CAN., 1882)	-	1	-
<i>Machrocheles opacus</i> (C.L. KOCH, 1839)	1	-	-
<i>Machrocheles</i> Nymphen und Larven	-	-	1
<i>Pachylaelaps longicrinitus</i> HIRSCHM. et KRAUSS, 1965	-	1	-
<i>Pachylaelaps jurassicus</i> SCHWEIZER, 1961	3	18	5
<i>Pachylaelaps hispani</i> BERL., 1903	-	5	1
<i>Hypoaspis nollii</i> KARG, 1962	6	115	18
<i>Hypoaspis austriaca</i> SELLNICK, 1935	-	1	-
<i>Hypoaspis semilisetae</i> KARG, 1965	-	1	-
<i>Hypoaspis angustiscutata</i> WILLM., 1951	2	-	3
<i>Hypoaspis</i> (Cosmol.) <i>vacua</i> (MICHAEL, 1891)	-	20	-
<i>Pseudoparasitus sellnicki</i> (BREG. et KOREL., 1964)	-	9	-
<i>Ololaelaps</i> Larve	-	1	-
<i>Amblyseius alpinus</i> SCHWEIZER, 1922	-	2	-
<i>Amblyseius neobernhardi</i> ATHIAS-HENRIOT, 1966	-	4	1
<i>Neojordensia levis</i> (OUDMS., et VOIGTS, 1904)	-	9	-
<i>Lasioseius berlesei</i> (OUDMS., 1938)	2	13	-
<i>Epicrius mollis</i> (KRÄMER, 1876)	-	1	2
<i>Asca bicornis</i> (CAN. et. FANZ., 1877)	1	12	-
<i>Asca aphidioides</i> (LINNE, 1758)	-	9	-
<i>Leioseius bicolor</i> (BERL., 1918)	-	3	-
<i>Leioseius minusculus</i> BERL., 1905	-	1	-
<i>Leioseius montanulus</i> HIRSCHM., 1963	-	2	-
<i>Arctoseius minutus</i> (HALBERT, 1915)	-	1	-
<i>Cheiroseius borealis</i> BERL., 1904	4	39	1
<i>Cheiroseius viduus</i> C.L. KOCH, 1839	-	1	-
<i>Leitneria granulata</i> (HALBERT, 1923)	1	1	-
<i>Zercon peltatus</i> C.L. KOCH, 1836	-	35	3
<i>Zercon vagabundus</i> KARG, 1971	-	88	8
<i>Zercon hungaricus</i> SELLNICK, 1958	-	10	3
<i>Zercon schweizeri</i> (SELLNICK, 1949)	-	11	2
<i>Zercon vacuus</i> C.L. KOCH, 1839	-	25	-
<i>Zercon</i> Nymphen	1	209	6
<i>Prozercon kochi</i> SELLNICK, 1943	-	36	1
<i>Prozercon</i> Nymphen	-	3	4

Gebirgslagen

Wie an der Küste, so lassen auch Untersuchungen in Gebirgslagen eine Stufenreihe der Raubmilbenbesiedlung erkennen, damit zugleich eine Indikation der biologischen Aktivität. In der nivalen Alpenregion über 3000 m/ü.M. fehlen *Veigaia*-Arten, vereinzelt wird unter Pflanzenpolstern eine größere *Pergamasus*-Art gefunden (Tab. 14). Bereits in den Urwiesen in 2200-3000 m/ü.M. zeigen mehrere *Veigaia*-Arten und größere Arten der Pergamasinae eine rege und vielfältige biologische Aktivität an. Subalpin kommt es zu hohen Abundanzen von einigen dieser Arten. Die zugleich vorhandene Dominanz der kleinen *Zercon*-Arten weist auf erste Humusbildung, die der *Cheiroseius*-Arten auf höhere Feuchtigkeit hin. In Mittelgebirgslagen von 800-900 m/ü.M. sind in allen Proben *Veigaia*-Arten vertreten, meist dominiert *Veigaia nemorensis*. Größere Vertreter der Pergamasinae werden nur vereinzelt registriert. Höhere Artenzahlen deuten auf aktive Bodenbildungsprozesse (Biotopstelle mit Grasbewuchs, Tab. 14, unten).

Deponien und Halden

Durch die Untersuchung der Küsten- und Gebirgsregionen ließen sich Indikatorarten bei naturgegebenen bodenbiologischen Besiedlungs- und Aktivitätsstufen nachweisen. Dieselben Kriterien sollen bei Analysen der von KOEHLER (1984) und CHRISTIAN (1993) ermittelten Artbestände einer Deponie und der Halden von Braunkohletagebauen angewendet werden. Die Nutzung von Indikatorarten bei der Rekultivierung von gestörten Landschaftsteilen erscheint für die Zukunft besonders angezeigt.

Auf der Deponie dominiert im 3. Jahr zwar noch die sehr kleine Art *Rhodacarellus silesiacus* (Abb. 13a), aber bereits sind eine *Veigaia*-Art und 2 größere Arten der Pergamasinae vertreten (Tab. 15). Das weist darauf hin, daß im 3. Jahr das erste Pionierstadium der Bodenbildung überschritten wurde; denn dort fehlen diese Arten noch, wie besonders die Strandproben nachweisen konnten (Tab. 12, 13). Auch auf den Halden wurde im 4. Jahr die Anfangsphase überschritten. Mehrere *Veigaia*-Arten sind vertreten, darunter eine dominierende Art. Jedoch fehlen noch größere Pergamasinae. Auch hier tritt noch im 10. Jahr die kleine Art *Rhodacarellus silesiacus* mit hoher Dominanz auf. Vom 24. Jahr ab wird dann fast eine Artenzahl erreicht wie im vergleichsweise untersuchten Auwald (20-21 Arten zu 28 Arten, Tab. 15). Zugleich demonstrieren dies die entsprechenden Indikatorarten (*Veigaia*, Pergamasinae). Eine Kiefernauaufforstung erweist sich als ungünstiger (13 Arten). Die Indikatorarten lassen dies erkennen: Es zeigt sich nur 1 Art der größeren Pergamasinae und immer noch die Dominanz von kleinen Arten der Rhodacaridae wie *Rhodacarellus silesiacus* (Tab. 15).

5.3. Naturreservate

Um das Vorkommen und die Aussagemöglichkeit der hypothetischen Indikatorarten weiter zu fundieren, erschien die Untersuchung von geschützten Biotopen notwendig. Insgesamt wurde von 9 Standorten die Raubmilbenfauna analysiert. Im folgenden sollen 3 weitere Beispiele untersucht werden.

Tab. 9 (2. Teil):

Raubmilbenarten	sehr feuchter Humus	Laubstreu mäßig feucht	mäßig feuchter Humus
<i>Rhodacarus coronatus</i> BERLESE, 1921	-	5	23
<i>Rhodacarus aequalis</i> KARG, 1971	1	1	4
<i>Rhodacarellus kreuzi</i> KARG, 1965	-	-	6
<i>Rhodacarellus silesiacus</i> WILLM., 1936	1	-	10
<i>Rhodacarellus epigynialis</i> SHEALS, 1956	-	-	2
<i>Dendrolaelaps zwoelferi</i> HIRSCHM., 1960	-	-	-
<i>Dendrolaelaps acornutusimilis</i> HIRSCHM., 1960	-	6	1
<i>Parasitus lunulatus</i> (J. MÜLLER, 1859)	-	2	4
<i>Vulgarogamasus kraepelini</i> (BERL., 1903)	-	-	-
<i>Eugamasus</i> Nymphen und Larven	1	12	2
<i>Paragamasus similis</i> (WILLM., 1953)	-	4	-
<i>Leptogamasus suecicus</i> (TRÄGARDH, 1936)	-	1	5
<i>Pergamasus norvegicus</i> BERL., 1905	2	-	1
<i>Pergamasus septentrionalis</i> OUDMS., 1962	-	3	-
<i>Lysigamasus lapponicus</i> (TRÄGARDH, 1910)	-	-	4
<i>Lysigamasus runcatellus</i> (BERL., 1903)	4	-	2
<i>Lysigamasus vagabundus</i> (KARG, 1968)	3	20	2
<i>Lysigamasus misellus</i> (BERL., 1904)	-	1	-
<i>Lysigamasus schweizeri</i> (BATTACHAR., 1963)	-	3	-
<i>Pergamasinae</i> Nymphen und Larven	2	121	48
<i>Holoparasitus calcaratus</i> (C.L. KOCH, 1839)	-	1	1
<i>Veigaia cerva</i> (KRAMER, 1876)	-	1	1
<i>Veigaia kochi</i> (TRÄGARDH, 1901)	-	-	1
<i>Veigaia nemorensis</i> (C.L. KOCH., 1836)	2	28	11
<i>Veigaia exigua</i> (BERL., 1917)	-	3	2
<i>Veigaia planicola</i> (BERL., 1892)	-	-	1

Tab. 10 (1. Teil): Geschützter Biotop "Elsterhang" bei Röttis
(Freistaat Sachsen) (Milbenmaterial KARG)

Raubmilbenarten	Laub- schicht	Vermode- rungs- schicht	Humus- schicht
<i>Eviphis ostrinus</i> (KOCH, 1836)	11	13	9
<i>Geholaspis mandibularis</i> (BERL., 1904)	18	12	1
<i>Geholaspis longispinosus</i> (KRAMER, 1876)	7	3	6
<i>Machrocheles tridentinus</i> (G. et. R. CAN. 1882)	5	3	-
<i>Machrocheles opacus</i> (C.L. KOCH, 1839)	3	1	-
<i>Machrocheles montanus</i> (WILLMANN, 1951)	-	1	-
<i>Machrocheles</i> Nymphen	2	1	2
<i>Pachylaelaps longisetus</i> HALBERT, 1915	1	4	3
<i>Pachylaelaps fuscifuliger</i> BERL., 1921	-	-	-
<i>Pachylaelaps bellicosus</i> BERL., 1920	2	1	-
<i>Pachylaelaps laeuchlii</i> SCHWEIZER, 1922	-	-	1
<i>Pachylaelaps</i> Nymphen	-	2	-
<i>Olopachis suecicus</i> SELLNICK, 1950	2	-	-
<i>Hypoaspis praesternalis</i> WILLMANN, 1949	1	-	-
<i>Hypoaspis aculeifer</i> (CAN., 1883)	-	-	-
<i>Hypoaspis vacua</i> (MICHAEL, 1891)	-	-	-
<i>Ololaelaps placentulus</i> (BERL., 1887)	-	-	-
<i>Ololaelaps venetus</i> (BERL., 1903)	-	1	-
<i>Hypoaspis karawaiewi</i> (BERL., 1903)	-	2	-
<i>Amblyseius bidens</i> KARG, 1970	9	2	-
<i>Proprioseiopsis jugortus</i> (ATHIAS- HENRIOT, 1966)	-	9	-
<i>Proprioseiopsis filixis</i> KARG, 1970	-	-	-
<i>Proprioseiopsis neobernhardi</i> ATHIAS- HENRIOT, 1966	10	1	-
<i>Proprioseiopsis obtusus</i> (C.L. KOCH, 1839)	-	-	-
<i>Proprioseiopsis similifloridanus</i> (HIRSCHMANN, 1962)	3	-	-
<i>Epicriopsis horridus</i> KRAMER, 1876	1	1	-
<i>Leioseius bicolor</i> (BERL., 1918)	9	2	1
<i>Zercoseius spathuliger</i> (LEONARDI, 1899)	-	2	-
<i>Zercoseius remiger</i> (KRAMER, 1876)	-	-	-
<i>Arctoseius eremitus</i> (BERL., 1918)	3	1	-
<i>Asca aphidioides</i> (LINNÉ, 1758)	18	8	-
<i>Antennoseius bullitus</i> KARG, 1969	-	-	-
<i>Zercon vacuus</i> C.L. KOCH, 1839	12	-	1
<i>Zercon peltatus</i> C.L. KOCH, 1836	6	1	-
<i>Zercon hungaricus</i> SELLNICK, 1958	4	-	-
<i>Zercon triangularis</i> C.L. KOCH, 1836	9	39	3
<i>Zercon curiosus</i> TRÄGARDH, 1910	1	-	-
<i>Zercon</i> Nymphen	-	30	7

Tab. 10 (2. Teil):

Raubmilbenarten	Laub- schicht	Vermode- rungs- schicht	Humus- schicht
<i>Prozercon trögardhi</i> HALBERT, 1923	-	4	3
<i>Prozercon fimbriatus</i> (C.L. KOCH, 1839)	22	4	10
<i>Prozercon kochi</i> SELLNICK, 1943	4	5	4
<i>Prozercon</i> Nymphen	1	8	9
<i>Parazercon radiatus</i> (BERL., 1904)	-	-	2
<i>Rhodacarus clavulatus</i> ATHIAS-HENRIOT, 1961	-	-	-
<i>Rhodacarus coronatus</i> BERL., 1921	-	-	-
<i>Rhodacarus</i> Nymphen	-	-	-
<i>Gamasellus montanus</i> (WILLM., 1936)	-	26	12
<i>Vulgarogamasus kraepelini</i> (BERL., 1905)	-	3	1
<i>Parasitus lunulatus</i> (J. MÜLLER, 1859)	-	1	-
<i>Lysigamasus puerilis</i> (KARG, 1963)	8	37	3
<i>Lysigamasus truncellus</i> (ATHIAS-HENRIOT, 1969)	4	1	9
<i>Lysigamasus cornutus</i> (SCHWEIZER, 1961)	-	1	3
<i>Lysigamasus lapponicus</i> (TRÄGARDH, 1910)	4	4	-
<i>Lysigamasus vagabundus</i> (KARG, 1968)	2	2	-
<i>Lysigamasus runcatellus</i> (BERL., 1903)	8	2	2
<i>Leptogamasus tectegynellus</i> (ATHIAS- HENRIOT, 1967)	27	13	5
<i>Leptogamasus oxygynelloides</i> (KARG, 1968)	3	1	-
<i>Leptogamasus suecicus</i> TRÄGARDH, 1936	-	2	-
<i>Leptogamasus obesus</i> (HOLZMANN, 1969)	-	4	-
<i>Pergamasus norvegicus</i> (BERL., 1905)	2	2	1
<i>Pergamasus barbarus</i> BERL., 1904	3	-	-
<i>Pergamasus rühmi</i> WILLM., 1938	-	-	6
<i>Pergamasus</i> Nymphen und Larven	26	32	9
<i>Holoparasitus inornatus</i> (BERLESE, 1906)	1	13	7
<i>Holoparasitus calcaratus</i> (C.L. KOCH, 1839)	-	-	1
<i>Veigaia nemorensis</i> (C.L. KOCH, 1839)	138	67	31
<i>Veigaia exigua</i> (BERL., 1917)	1	1	1
<i>Veigaia cerva</i> (KRAMER, 1876)	5	12	2
<i>Veigaia mollis</i> KARG, 1971	-	-	1

Tab. 11: Biotopreihe mit Pionierstadium, Meeresküste
Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft
(Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten ¹⁾	Pergamasinae, ¹⁾ Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Ostseestrand bei Wustrow, Pestwurz, Strandhafer, Sand und Humus	6	(<i>Veigaia nemorensis</i>)	(<i>Pergamasus norvegicus</i> , <i>P. crassipes</i>)	<i>Cheiroseius serratus</i> dominiert
dito, Strand mit Meersenf, Sand mit Wurzeln	7	(<i>Veigaia transisalae</i>)	-	<i>Dendrolaelaps arenarius</i> dominiert
Schutzgebiet Neudarß, Ost- see, Erlen- bruch, faulen- de Blätter	16	<i>Veigaia transisalae</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	Arctoseiidae dominieren: <i>Arctoseius minutus</i> , <i>Iphi- dozercon gib- bus</i>
dito, alte Düne, ver- pilztes Buchenlaub	15	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> , <i>P. norve- gicus</i>	kleine Per- gamasinae
dito, Vermode- rungsschicht darunter	5	<i>V. nemorensis</i>	-	<i>Rhodacarus coronatus</i> dominiert
dito, alte Düne, ver- moderndes Buchenlaub	23	<i>Veigaia nemorensis</i> (<i>V. transisa- lae</i>) (<i>V. cerva</i>) (<i>V. kochi</i>)	<i>Pergamasus norvegicus</i> (<i>P. crassi- pes</i>)	kleine Per- gamasinae vertreten
dito, Senke zwischen alten Dünen, Wurzeln mit Humus	21	<i>Veigaia nemorensis</i> (<i>V. exigua</i>) (<i>V. kochi</i>)	<i>Pergamasus norvegicus</i>	<i>Rhodacarus clavulatus</i>
dito, Moos mit vermo- derndem Holz	11	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. kochi</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	-

1) Anmerkung für die Tabellen 11-26: In Klammern gesetzte Arten
treten nur vereinzelt auf, fettgedruckte Arten dominieren

Tab. 12: Biotopreihen mit Pionierstadium: Meeresküste Naturpark Usedom
(Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Sanddüne an der Ostsee (Insel Usedom) unter Strandhafer	5	-	-	-
dito, unter Robinie	9	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	-	mehrere kleine Raubmilben-Arten
Mümmelkenmoor (Insel Usedom) verpilzte Nadelstreu	14	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus mediocris</i>	kleine Pergamasinae
dito, Rohhumus 10 cm tiefer	9	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i>	-	<i>Artoseius cetratus</i> vertreten
dito, verpilzte Laubstreu	10	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. kochi</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	kleine Pergamasinae

Tab. 13: **Biotopeihen mit Pionierstadium: Meeresküste Jütland und Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer**
(Datenmaterial KOEHLER et al., 1992)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Nordseeküste, Jütland, Weiße Düne, Sand mit Gras (60 % Deckung und wenig Humus) (0,03 % C)	12	-	-	Arten der Gat- tungen <i>Rhod- acarus</i> und <i>Leioseius</i> dominieren
dito, Graue Düne, humoser Sand (1 % C) 95 % Deckung durch Kräuter	10	-	-	Arten der Gat- tungen <i>Rhod- acarus</i> , <i>Hypo- aspis</i> und <i>Zercon</i>
dito, Braune Düne, podsol- artiger brauner Boden (3 % C) 100 % Deckung durch Kräuter und Sträucher	7	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus quisquiliarum</i>	-
Nordseeküste, Spiekeroog, Weiße Düne, Sand mit Gras und wenig Humus, Poren- volumen 48 %	5	-	-	Arten der Gat- tungen <i>Rhod- acarus</i> und <i>Leioseius</i> dominieren
dito, Graue Düne, humoser Sand, Poren- volumen 59 %	16	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. exigua</i>	<i>Paragamasus robustus</i> <i>Pergamasus norvegicus</i>	Arten der Gat- tung <i>Rhodaca- rus</i> dominieren
dito, Braune Düne, podsol- artiger brauner Boden, Poren- volumen 50 %	12	<i>V. nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. exigua</i> <i>V. kochi</i>	<i>Paragamasus robustus</i> <i>Pergamasus norvegicus</i>	-

Tab. 14: Biotopreihen mit Pionierstadium: Hoch- und Mittelgebirge
Schweizerischer Nationalpark, Nationalpark Hochharz
(Datenmaterial SCHWEIZER, 1957, Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Nivale Alpenregion, > 3000 m, Algen, Flechten und Pio- nierrasen auf Roh- boden	10	-	vereinzelt <i>Pergamasus</i> <i>noster</i> an Pionier- pflanzen	in Moospol- stern ver- einzelt <i>Zer-</i> <i>con</i> -Arten
Alpin 2200 bis 3000 m, Urwiesen auf Humussilikat- und Humuskarbonat- böden	59	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i> <i>V. transisalae</i> <i>V. kochi</i>	<i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i> <i>P. quisqui-</i> <i>liarum</i> <i>P. noster</i>	vereinzelt <i>Arctoseius</i> <i>cetratus</i> , hohe Domi- nanz von <i>Zercon</i> -Arten
Subalpin 1400 bis 2200 m, Nadelhoch- wald auf Humus- silikat- und Hu- muskarbonatböden	87	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i> <i>V. cervus</i> <i>V. transisa-</i> <i>lae</i> <i>V. kochi</i>	<i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i> <i>P. quisqui-</i> <i>liarum</i>	vereinzelt <i>Rhodacarus</i> <i>coronatus</i> , Dominanz von <i>Zercon</i> - und <i>Cheiroseius</i> - Arten
Oberharz, Hahne- kamm, Fichtenwald, 800-900 m, Rohhumus	10	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i>	-	kleine Per- gamasinae
dito, Torfmoos	15	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i>	-	kleine Per- gamasinae, außerdem do- minieren <i>Zerconidae</i> (<i>Prozercon</i> <i>kochi</i>)
dito, Bärlapp mit Wurzelfilz	16	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. transisalae</i>	<i>Amblygamasus</i> <i>longispinosus</i>	kleine Per- gamasinae, außerdem do- minieren <i>Zerconidae</i> (<i>Prozercon</i> <i>kochi</i>)
dito, Graswurzeln mit Streu	21	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. kochi</i> <i>V. transisalae</i>	<i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i>	kleine Pergamasinae

Tab. 15: **Biotopeihe mit Pionierstadium: Deponien und Halden**
(Datenmaterial KOEHLER, 1984 und CHRISTIAN, 1993)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Bauschuttdeponie bei Bremen im 3. Jahr, schwach humoser Sand	18	<i>Veigaia planicola</i>	(<i>Pergamasus crassipes</i> , <i>P. norvegi- cus</i>)	<i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i> domi- niert
Haldenrekultivie- rung eines Braun- kohlentagebaues bei Berzdorf (Sachsen) im 4. Jahr, 35 % Strauchbedeckung	21	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. planicola</i> <i>V. exigua</i>	-	weiterhin dominieren kleine Raub- milben-Arten
dito, im 10. Jahr, Wiese mit Sträu- chern und Bäumen	15	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. planicola</i> (<i>V. cerva</i>)	-	hohe Domi- nanz von <i>Rhodacarel- lus silesi- acus</i>
dito, im 24. Jahr, Laubwald	20	<i>Veigaia exigua</i> <i>V. nemorensis</i> <i>V. planicola</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> <i>P. quisqui- liarum</i> <i>P. norvegicus</i>	weiterhin dominieren kleine Per- gamasinae
dito, im 33. Jahr, Kiefernforst	13	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. planicola</i> <i>V. exigua</i>	<i>Paragamasus diversus</i>	weiterhin dominieren kleine Raub- milbenarten
dito, im 33. Jahr, frisch bis feuch- ter Laubwald	21	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. cerva</i> <i>V. planicola</i>	<i>Paragamasus diversus</i> <i>Pergamasus quisquilia- rum</i> <i>P. crassipes</i>	außerdem dominieren kleine Per- gamasinae
Auwald, Naturwald aus Eiche, Esche und Linde	28	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigus</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus pannonicus</i> <i>P. barbatus</i> <i>P. norvegi- cus</i>	außerdem dominieren <i>Zercon</i> -Arten und kleine Pergamasinae

Trockenbiotope

Stichproben an verschiedenen Stellen im Müritzgebiet weisen Artenzahlen von 7-21 nach (Tab. 16). *Veigaia*-Arten (Abb. 14) zeigen gute biologische Bedingungen an. Bei allgemein höheren Artenzahlen treten 3 Arten auf, dazu Vertreter der größeren Pergamasinae (Abb. 15). Die sehr kleinen Raubmilben der Rhodacaridae, die bei den Pionierstadien dominierten, fehlen hier (Abb. 12,13).

Feuchtbiotope

In der nassen Faulschicht am Müritzufer fehlen *Veigaia*-Arten (Tab. 17). Hier dominieren die für feuchte Biotope charakteristischen *Cheiroseius*-Arten. Bei mäßiger Feuchte bestimmen wiederum *Veigaia*-Arten das Artenspektrum. Dazu kommen bei Bodenbildungsprozessen mit normalem Ablauf größere und kleinere Pergamasinae. Sie fehlen dagegen in der feuchten Moorerde. Hier dominiert eine spezielle Gruppe (Familie Macrochelidae).

Trocken-Feuchtgradienten

Das Leutratall bei Jena besteht am oberen Hangabschnitt aus einem Trockenrasen. *Veigaia*-Arten finden sich nur vereinzelt. Es dominiert eine Art aus der Familie Phytoseiidae, die Trockenheit toleriert. Erst im mittleren und unteren Teil des Hanges erhöht sich die Artenvielfalt (Tab. 18). Damit verbunden erscheinen wiederum mehrere *Veigaia*-Arten sowie ein größerer Vertreter der Pergamasinae. Allerdings tritt zugleich noch eine hohe Abundanz der kleinen Art *Rhodacarellus silesiacus* auf. Vertreter der Familie Rhodacaridae bestimmen nach allen bisherigen Ermittlungen das Artenspektrum der Biotope im Pionierstadium. Wir müssen der Hanglage eine Übergangsstellung zuordnen.

Die Probestellen am Langen See bei Neustrelitz bilden eine Fortsetzung des Gradienten von schwacher zu stärkerer Feuchte. Arten der Gattung *Veigaia* bleiben erhalten. Die Artenzahl geht aber bei sehr hoher Feuchte wieder zurück, zugleich verschwinden Vertreter der Pergamasinae (Tab. 18).

5.4. Landwirtschaftlich genutzte Flächen und Waldgebiete

Um die Anwendungsmöglichkeit der Indikatorarten beurteilen zu können, ergab sich die Aufgabe, wirtschaftlich genutzte Flächen zu untersuchen. Es galt, die Erkenntnisse aus den Analysen von naturnahen Biotopen bei Feld-, Wiesen- und Waldstandorten zu prüfen.

Ackerland mit verschiedenen Feldfrüchten und Bodenarten

In einer ersten Untersuchungsreihe mit Kartoffeln und Erbsen als Feldfrüchten auf verschiedenen Böden können ebenfalls Indikatorarten nachgewiesen werden (Tab. 19). Hohe biologische Aktivität zeigen die *Veigaia*-Arten auf Lössböden an. Vertreter der Pergamasinae erscheinen nur vereinzelt. Es fällt die hohe Abundanz und z.T. Dominanz von *Rhodacarus coronatus*, *Rhodacarellus silesiacus*, *Arctoseius cetratus* sowie *Dendrolaelaps strenzkei* auf. Diese Arten

Tab. 16: Naturreserve 1: Trockenbiotope
Müritz-Nationalpark
(Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Müritzgebiet (Mecklenburg- Vorpommern), Probestelle Baummulm und Humus	7	<i>Veigaia nemorensis</i>	-	kleine Per- gamasinae dominieren
dito, Probestelle mit verpilzten Wurzeln und sandigem Humus, trocken	7	<i>Veigaia nemorensis V. cerva</i>	<i>Pergamasus norvegicus P. crassipes</i>	-
dito, Probe- stelle Baum- mulm und sandi- ger Humus	10	<i>Veigaia nemorensis V. exigua</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	-
dito, Probe- stelle Humus- schicht	12	<i>Veigaia nemorensis V. exigua</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	weiterhin dominieren kleine Per- gamasinae
dito, Probe- stelle sandi- ger Humus	21	<i>Veigaia nemorensis V. cerva V. exigua</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	außerdem dominiert <i>Prozercon kochi</i>
dito, Probe- stelle Laub/ Nadelstreu	16	<i>Veigaia nemorensis V. cerva V. kochi</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	weiterhin dominieren kleine Per- gamasinae

Tab. 17: Naturreservate 2: Feuchtbiotope
Müritz-Nationalpark, Elbtal am Naturpark Dübener Heide
(Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Müritzgebiet (Mecklenburg- Vorpommern)				
- nasse Wurzeln in Faulschicht am Ufer	10	-	<i>Pergamasus crassipes</i>	<i>Cheiroseius</i> - Arten domi- nieren
- sandiger Humus, mäßig feucht	10	<i>Veigaia nemorensis V. exigua</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	kleine Raub- milbenarten dominieren
Erlenbruch bei Neustrelitz (Mecklenburg- Vorpommern), - feuchtes Moos und Wurzeln	16	<i>Veigaia cerva</i>	<i>Pergamasus mediocris</i>	kleine Per- gamasinae dominieren
Kalklöcher bei Neustrelitz, - schwach feuchter Baummulm	10	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cervae</i> <i>V. exigua</i>	-	-
- feuchte Moorerde	12	<i>Veigaia transisaliae</i>	-	<i>Machrochaetae-</i> <i>lidae</i> dominieren
Krägenriß, Wörlitz (Sachsen-Anhalt), Humusschicht - sehr feucht	16	<i>V. nemorensis</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	
- mäßig feucht	36	<i>V. nemorensis</i> <i>V. cervae</i> , <i>kochi</i> , <i>exigua</i> , <i>V. planicola</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	<i>Rhodacarus</i> dominiert
Laubstreu - mäßig feucht	51	<i>V. nemorensis</i> <i>V. cervae</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus septentrio- nalis</i>	Pergamasinae + <i>Zercon</i> dominieren

Tab. 18: Naturreserve 3: Trocken-Feucht-Gradient
(Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, weitere Körperlänge 1-2 mm	Raubmilben- indikationen
Leutratal, Jena (Thüringen) obere Hanglage, Trocken- rasen mit Deckung von 40 % auf schwach verwitter- tem Fels	18	<i>Veigaia nemorensis</i> (<i>V. exigua</i>)	-	Hohe Abun- danz von <i>Propriosei- opsis messor</i> (Phyto- seiidae)
dito, mittlere Hanglage, Wiese auf Kalkton- Rendsina	32	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	Hohe Abun- danzen von <i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i> und kleinen Per- gamasinae
dito, untere Hanglage, Grün- land auf Lößlehm	29	<i>Veigaia exigua V. nemorensis</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	dito
Langer See bei Neustrelitz (Mecklenburg-Vor- pommern) Probe 10 m vom Ufer ent- fernt mit Buchenlaub, schwach-feucht	20	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. kochi</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	Zerconidae und kleine Pergamasinae dominieren
dito, Probe 10 m vom Ufer entfernt mit Humus und ver- moderndem Laub	17	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. cerva</i> <i>V. kochi</i>	-	kleine Per- gamasinae dominieren
dito, Probe am Ufer mit sandi- gem Humus, feucht	9	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. cerva</i>	-	-

charakterisieren, wenn sie allein auftreten, Bodenbildungen im Pionierstadium (Tab. 13). Bei den Feldkulturen entspricht der Sandboden bei Warnemünde diesem Stadium (Tab. 19, unten).

Für eine 2. Untersuchungsreihe wird Luzerne als Feldfrucht auf verschiedenen Böden herangezogen. Von den Indikatorarten treten sowohl *Veigaia*-Arten als auch Arten der Pergamasinae auf (Tab. 20) und weisen damit auf eine höhere biologische Aktivität. Als dominierende Arten erweisen sich aber wiederum die kleinen Arten der Rhodacaridae.

In einer 3. Reihe werden Weizenböden verglichen, wobei ein Grünlandfruchtwechsel einbezogen wird. Wo allgemein höhere Artenzahlen zu verzeichnen sind, treten sowohl Indikatorarten der Gattung *Veigaia* als auch der Gruppe Pergamasinae auf (Tab. 21). Die weiteren Raubmilbenindikationen weisen wiederum ein Dominieren der kleinen Rhodacaridae nach.

In einer 4. Vergleichsreihe werden von SCHULZ (1991) ermittelte Artenspektren analysiert. Sie umfassen eine Stufenfolge:

1. eine Ackerkultur, 2. eine 4jährige Brache, 3. eine 11jährige Brache mit Sträuchern, 4. einen Brachwald. Die allgemeine Artenzahl nimmt von 1-4 zu. Die beiden Indikatorgruppen demonstrieren die zunehmende biologische Aktivität sehr anschaulich auf diesen Flächen (Tab. 22). Zugleich verzeichnen wir, wie bei anderen Feldkulturen, hohe Dominanzen von kleinen Raubmilbenarten, vor allem wiederum der Rhodacaridae. Obwohl phänologisch am Ende der Brache ein natürlicher Waldbestand steht, zeigt das Dominieren der kleinen Rhodacaridae im Boden noch die ursprüngliche Herkunft vom Ackerland an. In natürlichen Waldgebieten fehlen die Rhodacaridae, wie die Untersuchungen im Harz, Erzgebirge und Thüringen zeigen, bzw. sie treten nur vereinzelt auf. Es dominieren außer Arten der Gattung *Veigaia* Vertreter der Pergamasinae und der Zerconidae (Tab. 23).

Obstanlagen

Den Wiesen und Grünlandflächen stehen Obstanlagen nahe, besonders wenn ein Grasbewuchs zwischen den Baumreihen bestehen bleibt. Artenzahlen sowie ein z.T. dominierendes Auftreten der Indikatorgruppen weisen auf hohe biologische Aktivitäten hin (Tab. 24). Dies trifft für Analysen im Rhonetal gleichermaßen zu wie für Anlagen bei Potsdam. Eine Besonderheit stellt das Auftreten von Raubmilben der Phytoseiidae dar, die als Antagonisten von Spinnmilben fungieren. Sie fehlen dort, wo kein Bewuchs vorhanden ist (obere Querspalte). Dort hat sich dagegen die für Pionierstadien charakteristische kleine Raubmilbe *Arctoseius cetratus* vermehrt.

5.5. Auftreten von Indikatorarten in Gebieten außerhalb Deutschlands

Aufschlußreich erscheinen stichprobenartige Analysen aus Gebieten fern des vorliegenden, mitteleuropäischen Untersuchungszentrums. Dazu werden Artenermittlungen aus Sibirien von DAVIDOVA (1968); DAVIDOVA und BELOVA (1969); Finnland (HUTHA et al., 1979) und Italien (Milbenmaterial KARG), herangezogen (Tab. 25, 26).

Tab. 19: Biotope verschiedener Feldkulturen 1 (Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	Veigaia-Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Ackerland bei Halle (Sachsen-Anhalt) Kartoffeln auf Lößboden	26	<i>Veigaia planicola</i> <i>V. nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	-	Hohe Abundanzen von <i>Rhodacarellus silesiacus</i> , <i>Rhodacarus coronatus</i> sowie kleinen Pergamasinae
dito, Kartoffeln auf Lößboden, Fruchtfolge Erbsen, Gerste	24	<i>Veigaia exigua</i> <i>V. nemorensis</i> <i>V. planicola</i>	-	<i>Rhodacarellus silesiacus</i> dominiert außerdem
dito, Erbsen auf Lößboden	17	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus quisquiliarum</i>	<i>Rhodacarellus silesiacus</i> dominiert
dito, Winterroggen auf Lößboden	12	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus quisquiliarum</i>	<i>Rhodacarus coronatus</i> dominiert, kleine Pergamasinae vertreten
Ackerland bei Erfurt (Thüringen) Erbsen auf kalkhaltigem Lehm Boden	15	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. planicola</i>	<i>Pergamasus quisquiliarum</i>	-
Ackerland bei Bärenrode, Harz, Weizen auf sandigem Lehm Boden	15	(<i>Veigaia nemorensis</i>) (<i>V. exigua</i>)	-	<i>Rhodacarellus silesiacus</i> dominiert
Ackerland bei Warnemünde (Mecklenburg-Vorpommern) Kartoffeln auf humosem Sandboden	10	-	-	<i>Arctoseius cetratus</i> und <i>Dendrolaelaps strenzkei</i> dominieren

Tab. 20: Biotope verschiedener Feldkulturen 2 (Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Ackerland bei Egel n (Sachsen-Anhalt) Luzerne auf Lößboden	28	(<i>Veigaia nemorensis</i>) (<i>V. exigua</i>)	<i>Pergamasus crassipes</i> <i>P. norvegicus</i>	Dominanz von <i>Rhodacarellus silesiacus</i>
Ackerland bei Parchim (Mecklenburg-Vorpommern) Luzerne, lehmiger Sandboden	26	<i>Veigaia nemorensis</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	Hohe Abundanz von <i>Dendrolaelaps rectus</i> und <i>Rhodacarellus silesiacus</i> , <i>Hypoaspus aculeifer</i> dominiert
Ackerland bei Müncheberg (Brandenburg) Luzerne auf sandigem Lehmboden	29	(<i>Veigaia nemorensis</i>) (<i>V. exigua</i>)	<i>Pergamasus crassipes</i>	<i>Rhodacarus silesiacus</i> , <i>Arctoseius cetratus</i> sowie kleine Pergamasinae mit hoher Abundanz, <i>Dendrolaelaps rectus</i> dominiert
Ackerland bei Staßfurt (Sachsen-Anhalt) Luzerne auf Kalkboden mit Löß	17	(<i>Veigaia nemorensis</i>)	(<i>Pergamasus crassipes</i>)	<i>Rhodacarellus silesiacus</i> dominiert
Ackerland bei Halberstadt (Sachsen-Anhalt) auf Kalksteinwitterungsboden	9	(<i>Veigaia nemorensis</i>)	-	<i>Rhodacarellus silesiacus</i> dominiert, kleine Pergamasinae vertreten
Ackerland bei Wollup (Brandenburg) Luzerne auf Lehmboden	9	<i>Veigaia nemorensis</i>	(<i>Pergamasus norvegicus</i>)	<i>Rhodacarellus</i> dominiert

Tab. 21: Wiesen- und Grünland-Biotope (Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	Veigaia-Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Wiese bei Egel (Sachsen-Anhalt) Lößboden	32	(<i>Veigaia nemorensis</i>) (<i>V. exigua</i>)	<i>Pergamasus quisqui- liarum</i> <i>P. crassipes</i>	<i>Rhodacarel- lus silesi- acus</i> , <i>Punc- todendrolae- laps strenz- kei</i> , <i>Lasio- seius youce- fi</i>
Wiese bei Münche- berg (Brandenburg) sandiger Lehmboden	39	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> (<i>P. quisqui- liarum</i>)	<i>Rhodacarus coronatus</i> dominiert
Wiese bei Parchim (Mecklenburg) lehmiger Sandboden	26	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i> (<i>P. crassipes</i>)	<i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i> , <i>Rhod- acarus coro- natus</i>
Harz bei Bären- rode (Sachsen- Anhalt), Grünland- fruchtwechsel auf sandigem Lehmboden	25	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i> <i>P. crassipes</i>	<i>Rhodacarus coronatus</i> , <i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i> , kleine Pergamasinae
Naturwiese Klein- machnow (Branden- burg), humoser Sandboden, 1. Jahr	14	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	(<i>Pergamasus crassipes</i>) (<i>P. norvegi- cus</i>)	<i>Prozercon fimbriatus</i> , <i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i>
dito, 2. Jahr	11	<i>Veigaia nemorensis</i>	-	<i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i> , <i>Rhod- acarus coro- natus</i>
Wiese bei Nord- hausen (Thüringen), Lehmboden	11	<i>Veigaia nemorensis</i>	-	<i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i>

Tab. 22: Reihe von Feld-, Waldbiotopen
(Datenmaterial SCHULZ, 1991, Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Ackerland bei Göttingen (Nieder- sachsen), flach- gründiger Muschel- kalkboden mit Winterweizen	24	<i>Veigaia</i> <i>exigua</i> <i>V. planicola</i>	<i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i>	Hohe Domi- nanzen von <i>Lasioseius</i> <i>fimetorum</i> , <i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i> und <i>Arctoseius</i> <i>cetratus</i>
dito, 4jährige Brache, Kraut- und Grasbe- deckung	35	<i>Veigaia</i> <i>planicola</i> <i>V. nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. cervina</i>	<i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i>	Hohe Domi- nanzen von <i>Lasioseius</i> <i>fimetorum</i> , <i>Rhodacarus</i> <i>strenzkei</i> und kleinen Pergamasinae
dito, 11jährige Brache, mit Vergrasung	35	<i>Veigaia</i> <i>planicola</i> <i>V. nemorensis</i> <i>V. cervina</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i>	Hohe Domi- nanzen von <i>Lasioseius</i> <i>fimetorum</i> , kleinen Per- gamasinae, <i>Rhodacarel- lus silesia- cus</i>
dito, Brachwald mit natürlichem Bestand an Laub- bäumen und Sträu- chern mit humus- reichem Ober- boden	36	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. transisa- lae</i> <i>V. planicola</i> <i>V. kochi</i>	<i>Paragamasus</i> <i>diversus</i> <i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i> <i>P. norvegicus</i> <i>P. quisquili- arum</i>	Hohe Domi- nanz von <i>Zercon tri- angularis</i> und <i>Rhodaca- rellus agrestis</i>
Naturnaher Buchenwald auf Muschelkalk bei Göttingen	58	<i>Veigaia</i> <i>nemorensis</i> <i>V. exigua</i> <i>V. kochi</i>	<i>Lysigamasus</i> <i>lapponicus</i> <i>Pergamasus</i> <i>crassipes</i> <i>P. septen- trionalis</i>	Kleine Per- gamasinae und <i>Rhodaca- rellus</i> ver- mehrt

Tab. 23: Geschützte Biotope mit Waldbestand
Naturparks Harz, Thüringer Wald, Erzgebirge/Vogtland
(Milbenmaterial KARG)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Mischwald bei Bärenrode (Harz, Sachsen-Anhalt) auf Berglehm- Braunerde	52	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. kochi</i> <i>V. exigua</i> <i>V. transisalae</i>	<i>Pergamasus lapponicus</i> <i>P. crassipes</i> <i>P. norvegicus</i>	Rhodacaridae fehlen
Buchenwald (Vessertal, Thüringen) auf Berglehm- Braunerde	57	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. kochi</i> <i>V. exigua</i> <i>V. transisala-</i> <i>lae</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> (<i>P. norvegi-</i> <i>cus</i> (<i>P. quisqui-</i> <i>liarum</i>))	Hohe Domi- nanz von Zercon- und <i>Prozercon-</i> Arten und kleinen Pergamasi- nae
Eichenbestand (Unteres Kemnitz- tal, Sachsen) humusreicher Diabasboden	50	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. kochi</i> <i>V. exigua</i> <i>V. transisala-</i> <i>lae</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> (<i>P. norvegi-</i> <i>cus</i>) (<i>P. quisqui-</i> <i>liarum</i>)	Hohe Domi- nanz von Zercon- und <i>Prozercon-</i> Arten und kleinen Pergamasi- nae
Eichenbestand (Elsterhang bei Röttis, Sachsen) humusreicher Dia- basboden, H=Hu- mus-, V=Vermode- rungs-, L=Laub- schicht	H:29 V:44 L:41 ges.:57	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. exigua</i> <i>V. mollis</i> nur in H	<i>Pergamasus norvegicus</i> <i>Lysigamasus lapponicus:</i> nur in L u. V	Hohe Domi- nanz von kleinen Pergamasi- nae und Zercon- so- wie <i>Prozer-</i> <i>con-</i> Arten
Fichtenbestand (Rotwiese bei Oberwiesenthal, Erzgebirge, Sachsen) Berg- lehm-Braunerde	35	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. cerva</i> <i>V. kochi</i> <i>V. mollis</i>	(<i>Pergamasus crassipes</i>)	Hohe Domi- nanz von kleinen Pergamasi- nae

Tab. 24: **Obstanlagen** (Datenmaterial JUVARA-BALS, 1992; KARG, 1978)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	<i>Pergamasinae</i> , Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Obstanlage im Rhonetal, bei Sion (Schweiz), Boden ohne Bewuchs, aber mit Laubresten	20	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. planicola</i> (<i>V. exigua</i>)	<i>Pergamasus norvegicus</i>	Hohe Dominanz von <i>Arctoseius cetratus</i>
dito, Boden mit Unkrautbesatz	24	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i> (<i>V. planicola</i>)	<i>Pergamasus norvegicus</i>	Hohe Dominanz von <i>Hypoaspis aculeifer</i> , mehrere Arten der Phytoseiidae
dito, Boden mit Grasbedeckung	26	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. planicola</i> <i>V. transisalae</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i>	Hohe Dominanz von <i>Hypoaspis aculeifer</i> , <i>Rhodacarellus silesiacus</i> , mehrere Arten der Phytoseiidae
Obstanlage bei Potsdam (Brandenburg) mit Grasbewuchs auf humosem Sandboden	20	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. exigua</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	Hohe Dominanz von <i>Hypoaspis aculeifer</i> und <i>Rhodacarellus silesiacus</i> , mehrere Arten der Phytoseiidae

Fettdruck zeigt hohe Dominanzwerte an

Steppengebiet in Sibirien

In den Steppen und Waldsteppen in Sibirien treten an Standorten mit allgemein erhöhter biologischer Aktivität auch 3 der mitteleuropäischen *Veigaia*-Arten vermehrt auf. Dazu kommen noch weitere, dort einheimische Arten. Die Eignung der Gattung *Veigaia* als Indikatorgruppe findet hier eine großräumige Bestätigung. Die höchste biologische Aktivität wird wiederum durch größere Arten der Pergamasinae angezeigt, ebenfalls z.T. durch dieselben Arten wie in Mitteleuropa. Bei der höchsten allgemeinen Artenzahl treten 3 Arten auf. Sie fehlen an Biotopen mit geringer biologischer Aktivität. Ihre Indikatoreignung bestätigt sich in diesem Gebiet. In der unfruchtbaren Steppe fehlen Arten der Gattung *Veigaia* wie der Pergamasinae. Auffallend erscheinen wiederholte Funde von Arten der Gattung *Macrocheles*. Sie leben vergesellschaftet mit Nagetieren und zeigen zugleich eine dichte Besiedlung mit diesen Steppenbewohnern an.

Feld- und Wiesenbiotope in Finnland und Italien

Die höhere biologische Aktivität der Wiese in Finnland wird sehr deutlich durch die Dominanz von *Veigaia nemorensis* und die höhere Artenzahl der beiden Indikatorgruppen angezeigt. Im Boden der Feldkulturen in Italien fehlen *Veigaia*-Arten bei Maismonokultur. Damit stimmt eine allgemein geringere Artenzahl überein. Es bestätigt sich auch hier, daß bei geringer biologischer Aktivität die *Veigaia*-Gruppe fehlt.

5.6. Schlußfolgerungen

Sowohl bei natürlichen Besiedlungen an der Küste oder im Hochgebirge als auch bei planmäßig vorgenommenen Rekultivierungen lassen sich mehrere Stufen der Bodenbesiedlung und Artensukzession unterscheiden. Die Raubmilben insgesamt als Indikatorgruppe zeigen dies allgemein durch die Artenzahl an. Sukzessiv erscheinen bestimmte Indikatorarten.

Ein erstes Pionierstadium ist durch das Dominieren der sehr kleinen Vertreter der Rhodacaridae gekennzeichnet (Abb. 12, links). Das weisen alle bisherigen Untersuchungen nach sowohl von eigenem Probenmaterial als auch von Milbenmaterial anderer Bearbeiter. Arten der Gattungen *Rhodacarellus*, *Rhodacarus* und *Dendrolaelaps* benötigen nur ein geringes Hohlraumvolumen. Sie tolerieren Temperatur- und Feuchteschwankungen. Beim biozönotischen Freilandexperiment vermochten sie noch im ungeschützten Sandboden mit geringer organischer Nahrungsbasis zu existieren, ja eine Art gelangte sogar zur Massenvermehrung.

Mit der weiteren Vegetationsentwicklung und Bodenbildung tritt zuerst eine Art aus der *Veigaia*-Indikatorgruppe auf (meist *Veigaia nemorensis*). Dann folgen weitere Arten der Gruppe (Abb. 12, 14). Diese Entwicklung konnte bei allen Ermittlungen beobachtet werden. Zugleich hat sich die Gesamtzahl der Arten erhöht, und es treten vereinzelt große Arten der Pergamasinae auf (Abb. 12, 15). Diese zeigen eine fortgeschrittene Stufe der Bodenentwicklung an mit höherer biologischer Aktivität, größerem Umsatz an organischem Bestandesabfall und dem Beginn einer Boden- und

Tab. 25: Außereuropäische Biotope: Steppe und Waldsteppe in Sibirien
(Datenmaterial DAVIDOVA, 1968 sowie DAVIDOVA und BELOVA, 1969)

Biotope	Arten- zahl	<i>Veigaia</i> -Arten	Pergamasinae Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben- indikationen
Steppe nördlich von Kasachstan	8	-	-	<i>Macrocheles decoloratus</i> vermehrte
niedrig gelegene Waldsteppe	39	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. kochi</i> <i>V. sibirica</i>	<i>Pergamasus crassipes</i>	-
Birkenwald auf podsolartigem Boden	37	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. kochi</i> <i>V. sibirica</i> <i>V. igolkini</i>	<i>Paragamasus femoratus</i>	<i>Macrocheles</i> - Arten ver- mehrt
Waldtundra	23	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. sibirica</i> <i>V. beklemischevi</i>	-	-
Taiga des Altai- gebirges	40	<i>Veigaia koraljevae</i> <i>V. nemorensis</i> <i>V. beklemi- schevi</i> <i>V. kochi</i> <i>V. sibirica</i> <i>V. igolkini</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> <i>Paragamasus femoratus</i> <i>Lysigamasus lapponicus</i>	<i>Macrocheles</i> - Arten
Verödete Steppe am Südabhang des Altaigebirges	7	<i>Veigaia nemorensis</i>	-	-
Waldlandschaft von Novosibirsk	52	<i>Veigaia nemorensis</i> <i>V. kochi</i>	<i>Pergamasus crassipes</i> <i>Paragamasus femoratus</i>	Hohe Dichte von Arten, die mit Na- getieren vergesell- schaftet leben

Tab. 26: **Feld- und Wiesenbiotope in Finnland und Italien**
 (Datenmaterial HUHTA et al., 1979; Milbenmaterial KARG)

Biotope	Artenzahl	Veigaia-Arten	Pergamasinae, Körperlänge 1-2 mm	weitere Raubmilben-indikationen
Ackerland, Finnland mit Grasan-saat auf humosen Sandboden	18	(<i>Veigaia nemorensis</i>)	<i>Pergamasus norvegicus</i>	Hohe Dominanz von <i>Rhodacarus silesiacus</i>
Wiese, Finnland	21	Veigaia nemorensis <i>V. exigua</i> , <i>V. cerva</i> , <i>V. kochi</i>	<i>Pergamasus norvegicus</i> <i>P. quisquiliarum</i>	Hohe Dominanz von <i>Rhodacarus coronatus</i>
Ackerland, Nordost-Italien, bei Venedig mit Mais-Brache-Fruchtwechsel 1. Standort	26	(<i>Veigaia nemorensis</i>)	(<i>Pergamasus canestrinii</i>)	Hohe Dominanz von <i>Lasioseius fimetorum</i> und <i>Arctoseius</i> -Arten
dito 2. Standort	27	<i>Veigaia nemorensis</i> (<i>V. planicola</i>) (<i>V. transisalae</i>)	-	Hohe Dominanz von <i>Hypoaspis</i> -Arten
Ackerland, Nordost-Italien, am Golf von Venedig, Maismono-kultur	18	-	(<i>Pergamasus crassipes</i> (<i>P. norvegicus</i>))	<i>Lasioseius</i> -Arten dominieren

Humusbildung. Trotzdem sind in dem Stadium noch hohe Abundanzen der kleinen Rhodacaridae zu verzeichnen.

Die umfangreichen Untersuchungen landwirtschaftlich genutzter Flächen lassen erkennen, daß der Boden offensichtlich meist in diesem Stadium stagniert (Tab. 20, 21). Das deutet auf geringes Porenvolumen und auf zu wenig Schutz vor Witterungseinflüssen. Erst bei Fruchtfolgen mit Grünland und Luzerne auf Lößböden verbessern sich die Bedingungen und dominieren die größeren Raubmilbenarten (Tab. 19). Die großen Zahlen der kleinen Rhodacaridae, das Merkmal des Pionierstadiums, werden durch größere Arten verdrängt. Damit werden optimale Bedingungen der Bodenbildungsprozesse angezeigt.

Diese Stufenfolge der Bioindikatoren wird weiterhin sehr instruktiv durch eine 5jährige Untersuchung zur Rekultivierung einer Bauschuttdeponie von KOEHLER (1991b) demonstriert: In den ersten 3 Jahren dominieren wiederum die kleinen Rhodacaridae (*Rhodacarellus silesiacus*) sowie eine kleine Art der Ascidae (*Arctoseius cetratus*, Abb. 18, oben). KOEHLER (1991a) stellte weiterhin eine hohe Sicherheit der Reproduzierbarkeit für die Indikatorarten fest. Kleine Vertreter dieser Familie erscheinen auch im Pionierstadium des Bodens im Hochgebirge (Tab. 14), im Küstenbereich (Tab. 11, 12) sowie in Ackerböden (Tab. 19, 22, 24). Im 4. Jahr verschwinden diese kleinen Bioindikatoren, und es setzt die Vermehrung der *Veigaia*-Arten und der großen Vertreter der Pergamasinae ein (Abb. 18, unten).

Durch die Untersuchungen der Naturreservate wird deutlich, daß diese Bedingungen unter natürlichen Verhältnissen nur dort gegeben sind, wo keine extreme Feuchte oder extreme Trockenheit herrscht (Tab. 16, 17, 18). Unter solchen Einflüssen vermögen andere dafür spezialisierte Arten zu existieren. Optimale Bedingungen herrschen in Wiesen- und Waldböden (Tab. 14, 22, 23).

Analysen der Raubmilbenfauna von Steppen in Sibirien sowie Feld- und Wiesenbiotopen in Finnland und Italien lassen erkennen, daß Artenzusammensetzungen ähnlich sind wie in Mitteleuropa. Das aufgestellte Indikatorprinzip läßt sich also in Europa und angrenzenden Gebieten anwenden.

6. Raubmilben als biologisches "Gedächtnis" für Kontamination und Bodenverhältnisse

DUNGER (1983) wies bereits auf eine spezielle Indikatoreigenschaft der kleinen Bodentiere hin, der besondere Bedeutung zukommt: das konservative Verhalten von Springschwänzen und Milben, die die kleinen Kapillaren und Hohlräume der Bodenkrume besiedeln. Sie sind an die Bodeneigenschaften gebunden, die sich in langen Zeiträumen unter Mitwirkung der Bodenorganismen gebildet haben, wie Humusschichten, Ton-Humus-Komplexe und Unterboden. Wenn sich oberirdisch auch die Vegetation ändert, bleiben diese Bodeneigenschaften, zusammen mit der Zusammensetzung der Kleinlebewesen, wie ein Langzeitgedächtnis erhalten.

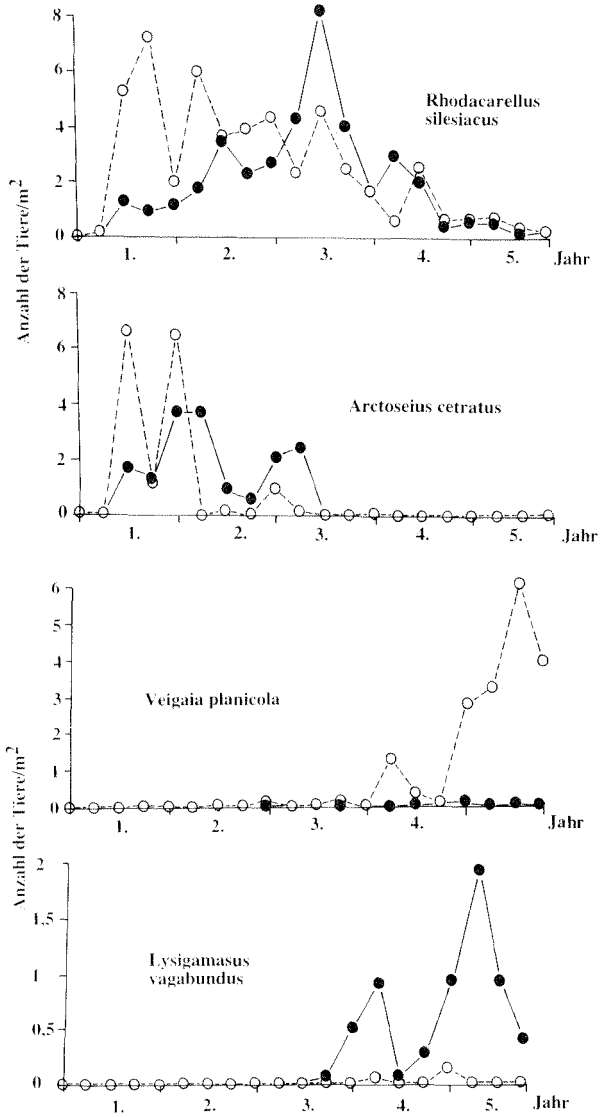


Abb. 18: Populationsentwicklung der Indikatorarten beim Übergang vom Pionierstadium zu einem Ökosystem mit hoher biologischer Aktivität im Laufe von 5 Jahren bei 2 Varianten einer Bauschuttdeponie:

— o — = natürliche Vegetationsentwicklung,
- - o - - = Grasansaat mit periodischer Mahd,

oben: 2 Indikatorarten im Pionierstadium,
unten: 2 Indikatorarten für ein Ökosystem mit hoher biologischer Aktivität
(nach KOEHLER, 1991b).

DUNGER (1978) konnte am Berghang des Schutzgebietes "Leutratal" eine 200 Jahre zurückliegende Nutzung als Weinberg nachweisen. Die einheitliche Gliederung der Bodenspringschwänze zeigte dies an, obwohl heute der Hang mit einer differenzierten Vegetation bewachsen ist. Die Indikatorarten der von uns untersuchten Raubmilben demonstrieren dies Ergebnis sehr deutlich: *Veigaia*-Arten und Pergamasinae besiedeln nur den früheren Weinbergteil mit höheren Abundanzen (Tab. 18).

Im Rekultivierungsprojekt bei Göttingen (SCHULZ, 1991) dominieren im Boden der Endstufe nach 10 Jahren immer noch die kleinen Raubmilben der Rhodacaridae (Tab. 22), obwohl sich oberirdisch bereits ein stattlicher Laubwald entwickelt hat. Nach unseren Analysen spielen die Rhodacaridae im Boden von natürlichen Laubwäldern eine absolut untergeordnete Rolle. Ihr dominierendes Auftreten bei Göttingen weist auf die einstige Nutzung als Ackerland hin, zeigt zugleich an, daß die Bodenbildungsprozesse sich noch in einem Vorreifestadium befinden. Humusbildung und Krümelstruktur müssen noch als ungenügend bewertet werden. DUNGER (1983) bezeichnete dieses Stadium der Rekultivierung als "Vorwald".

Nach der Behandlung eines Grünlandes mit Lindan zeigte die dominierende Raubmilbe *Rhodacarus coronatus* im Boden nach 4 Jahren durch eine 90%ige Mortalität noch die biologische Wirkung des Pflanzenschutzmittels an. An der Dezimierung dieser Raubmilbe im Boden können wir erkennen, inwieweit dauerhafte Schädigungen der biologischen Aktivität im Boden eingetreten sind. Die Raubmilbenart gehört zur Familie der Rhodacaridae, die normalerweise in Ackerböden in großer Zahl vertreten sind (Tab. 20, 21). Geringe Individuenzahlen warnen vor weiteren chemischen Behandlungen und signalisieren zugleich die Notwendigkeit, Rekultivierungsmaßnahmen einzuleiten.

Gleichsam als ein Superindikator erwies sich eine Raubmilbenart, die 1962 in einem Wiesenboden bei Berlin entdeckt wurde: *Hypoaspis angusta* KARG. Sie konnte in der Folgezeit in Norddeutschland (KOEHLER, 1984), in Belgien (HEUNGENS und VAN DAELE, 1979) sowie in der Schweiz (BÜHLMANN, 1984 und HABERSAAT, 1989) nachgewiesen werden. Die Raubmilbe gehört also zu den Arten der landwirtschaftlich-gärtnerisch genutzten Böden Mitteleuropas. Genauere Vergleiche von konventionellen und ökologischen Bewirtschaftungssystemen zeigten, daß die Art aber meist nur vereinzelt in Probeserien gefunden wird, da sie sehr empfindlich auf Pflanzenschutzmittel, anorganische wie frische organische Düngergaben reagiert. In stärker mit chemischen Wirkstoffen belasteten Böden fehlt die Art und wir finden eine verwandte Art: *Hypoaspis aculeifer* (CAN.). Sie ist weniger empfindlich und vertritt gleichsam *Hypoaspis angusta*. Erst beim Übergang zu einer Bewirtschaftung ohne Belastung mit chemischen Verbindungen vermehrt sich die Raubmilbe *Hypoaspis angusta*. Als die agilere Art verdrängt sie dann die Vergleichsart.

Durch Stichproben läßt sich daher mit Hilfe einer Artendiagnose die Belastung eines Ökosystems in der Vergangenheit bzw. der erreichte Stand der Gesundheit einschätzen.

In Ökosystemen des Obstanbaus und des Weinbaus läßt sich am zunehmenden Auftreten von empfindlichen Raubmilbenarten der Rückgang von biologischen Nebenwirkungen eines zu wenig selektiven chemischen Pflanzenschutzes abschätzen. Im unteren Bereich der Krautschicht (Erdbeerkulturen) findet man dann wiederholt *Amblyseius cucumeris*. Im Weinbau dominiert zuerst *Typhlodromus pyri*, danachfolgend *Kampimodromus aberrans*. Im Apfelanbau werden nach und nach *Typhlodromus pyri* und *Seiulus tiliarum* durch *Euseius finlandicus* verdrängt. Durch einige Stichproben läßt sich feststellen, ob sich bereits die gegen breitwirkende chemische Behandlungen empfindliche Art *Euseius finlandicus* vermehren konnte. Abb. 19 gibt die ansteigende Dominanz der Art 1-4 Jahre nach Einführung eines nützlingsschonenden Pflanzenschutzes wieder.

7. Methoden zur praktischen Nutzung der Indikatoren

7.1. Erste Nutzungsstufe: Ermittlung der Raubmilbenzahl insgesamt für Indikationen

Die erste Nutzungsstufe erfordert nur Grundkenntnisse und einfache Fertigkeiten. Damit werden die Raubmilben insgesamt erfaßt: denn die ganze Gruppe reagiert empfindlicher als andere Tiergruppen. Hohe Raubmilbenzahlen in Ökosystemen weisen auf intensive biologische Aktivitäten hin, verbunden mit regulativen Wirkungsbeziehungen. Geringe Raubmilbendichte oder fehlender Raubmilbenbesatz warnen vor weiterem Einsatz von Agrochemikalien und signalisieren zugleich die Notwendigkeit, Rekultivierungsmaßnahmen einzuleiten.

Bodenuntersuchungen

Je nach Größe und Homogenität eines Areals sind 5-30 Bodenproben zu entnehmen. Dazu wird empfohlen, mit einem Stechrohr (Abb. 20) oder einer schmalen Handschaufel in 2 Tiefenstufen, 0-7,5 cm und 7,5-15 cm Tiefe je 100 ml auszustechen.

Die Raubmilben können aus Bodenproben durch eine einfache mit Licht und Austrocknung automatisch arbeitende Apparatur extrahiert werden (Abb. 21). Die Kleintiere fliehen von selbst in aufgestellte Fanggläser (Auffangflüssigkeit Wasser, 40%ige Pikrinsäure oder 50%iges Ethylenglykol). In einem Gestell oder Schrank läßt sich eine Serie von Auslesetrichern unterbringen. Die Proben verbleiben so lange auf den Sieben, bis sie völlig ausgetrocknet sind.

Die Raubmilben weisen charakteristische Merkmale auf. Sie sind schlank, langbeinig und schnell beweglich. Nach den Diagnosemerkmalen in Tab. 3 lassen sich die Raubmilben leicht ermitteln und von anderen Kleintieren unterscheiden. Dazu werden die Bodenauslesen mit Hilfe eines Präpariermikroskopes durchmustert (Vergrößerung 50-100fach). Mit wenig Aufwand und nach kurzer Einarbeitungszeit können biologische Beeinträchtigungen erkannt werden. Tab. 27 zeigt ein einfaches Bewertungsschema der Raubmilbenpräsenz aus Bodenproben.

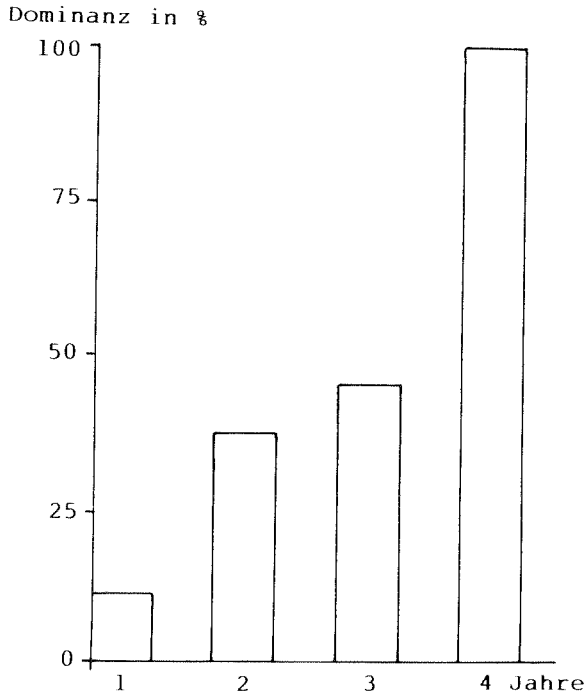


Abb. 19: Nach Einführung eines nützlingsschonenden Pflanzenschutzes gewinnt die empfindliche, aber agile Raubmilbenart *Euseius finlandicus* sukzessiv die Vorherrschaft, Dominanzwerte im Verhältnis zu übrigen Raubmilbenarten nach 1, 2, 3 und 4 Jahren in Apfelanlagen bei Potsdam, nach Versuchsergebnissen aus den Jahren 1970-1990.



Abb. 20: Zur Bodenprobenentnahme wird mit einem Stechrohr eine Erdsäule von 0-30 cm Tiefe ausgestochen.

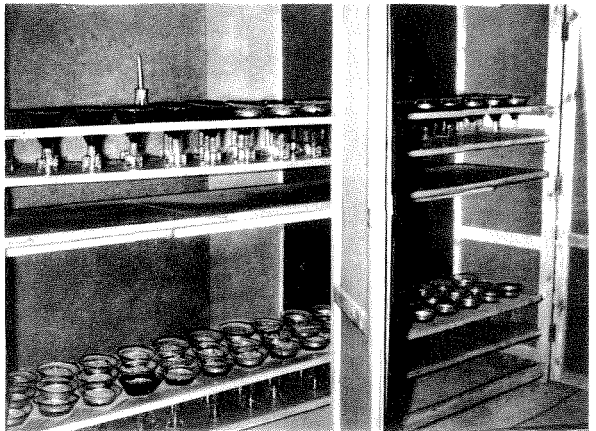
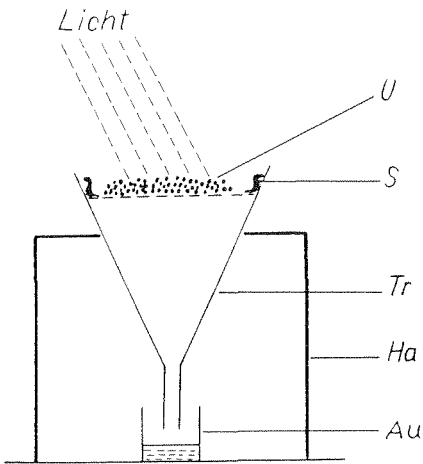


Abb. 21: links: Schema des Ausleseapparates nach BERLESE, rechts: einfache schrankartige Ausführung mit 100 Auslesetrichtern.

Blattuntersuchungen

Je nach Größe und der Zahl unterschiedlicher Sorten sind an 5-20 Probestellen je 5 Blätter zu entnehmen. Sie werden unter einem Präpariermikroskop auf Raubmilben untersucht. Abb. 22 gibt die wichtigsten Milbenformen wieder, die die Blätter von Obstgehölzen besiedeln. Kurze Diagnosen helfen beim Erkennen der verschiedenen Gruppen. Nach einiger Übung gelingt es, die Raubmilben von anderen Formen zu unterscheiden. Für eine erste Prüfung genügt es, den Anteil der Blätter zu registrieren, der mit Raubmilben besetzt ist. Tab. 28 zeigt ein einfaches Bewertungsschema.

7.2. Zweite Nutzungsstufe: Erfassung von empfindlichen Indikatorarten

Mit Hilfe der Indikatorarten lassen sich Intensität und Dauer von toxischen Einflüssen einschätzen. Fortschritte bei der Sanierung und Rekultivierung können erkannt werden. Zur mikroskopischen Bestimmung der Indikatorarten ist vorher eine Präparation der Tiere entsprechend Abb. 23 erforderlich.

Indikatorarten des Bodens

Als Anzeiger für erste bodenbildende Prozesse erwiesen sich Vertreter der kleinen Raubmilbenfamilie Rhodacaridae. Diese Gruppe reagierte weiterhin empfindlich auf Agrochemikalien. Höhere Individuenzahlen in Bodenproben indizieren eine erste Stufe der Sanierung. Die Diagnose der Gruppe und die Unterscheidung von anderen Milben gibt Tab. 29 wieder.

Als besonders empfindliche Art gegenüber Agrochemikalien erwies sich die Raubmilbenart *Hypoaspis angusta*. Sie erscheint erst dann, wenn zu einem ökologisch orientierten Pflanzenschutz übergegangen wird (KARG, 1995). In Tab. 30 und 31 wurden die Diagnosemerkmale der Gattung sowie die Differentialmerkmale der 2 verwandten Arten *Hypoaspis aculeifer* und *Hypoaspis angusta* zusammengestellt.

Im weiteren Verlauf von Rekultivierungen erscheinen zuerst *Veigaia*-Arten, dann größere Vertreter der Pergamasinae (Tab. 32). Abb. 12 zeigt auf einen Blick die 3 Indikatorgruppen. Nach Tab. 33 lassen sich die *Veigaia*-Arten bestimmen, nach Tab. 34 die Pergamasinae; die Abb. 16, 17, 31-34 und 36, 37 veranschaulichen verschiedene Vertreter der beiden Gruppen.

Indikatorarten auf Pflanzenbeständen

Beim Übergang vom rein chemischen Pflanzenschutz zu integrierten Verfahren und schließlich zu einem ökologisch orientierten Pflanzenanbau vermehren sich zuerst die widerstandsfähigen Arten. In der Folgezeit kommen empfindliche Arten dazu (Tab. 6). In Tab. 35 wurden Diagnosemerkmale der wichtigsten Arten im Obst- und Weinbau zusammengestellt, die Abb. 22 und 40 bis Abb. 45 helfen beim Erkennen der Merkmale.

Tab. 27: **Bewertung einer Serie von Bodenproben (5-30 Proben)**

Anteil der Proben mit Raubmilben	Indikationen
80 - 100 %	Hohe biologische Aktivität, keine Störeinflüsse
60 - 80 %	Geringe Störeinflüsse auf die biologische Aktivität
40 - 60 %	Störeinflüsse auf die biologische Aktivität erfordern Beachtung
40 % und weniger	Starke Störeinflüsse auf die biologische Aktivität

Tab. 28: **Bewertung der Raubmilbenpräsenz aus einer Serie von Blattproben (Apfel)**

Anteil der Blätter mit Raubmilben	Reduktion eines Befalles von 10 Spinnmilben/Blatt
10 %	in 2 Wochen auf 3 Spinnmilben/Blatt
20 %	in 1 Woche auf 3 Spinnmilben/Blatt
50 %	in 1 Woche auf 0,5 Spinnmilben/Blatt
> 50 %	keine Gefahr erneuter Massenvermehrungen

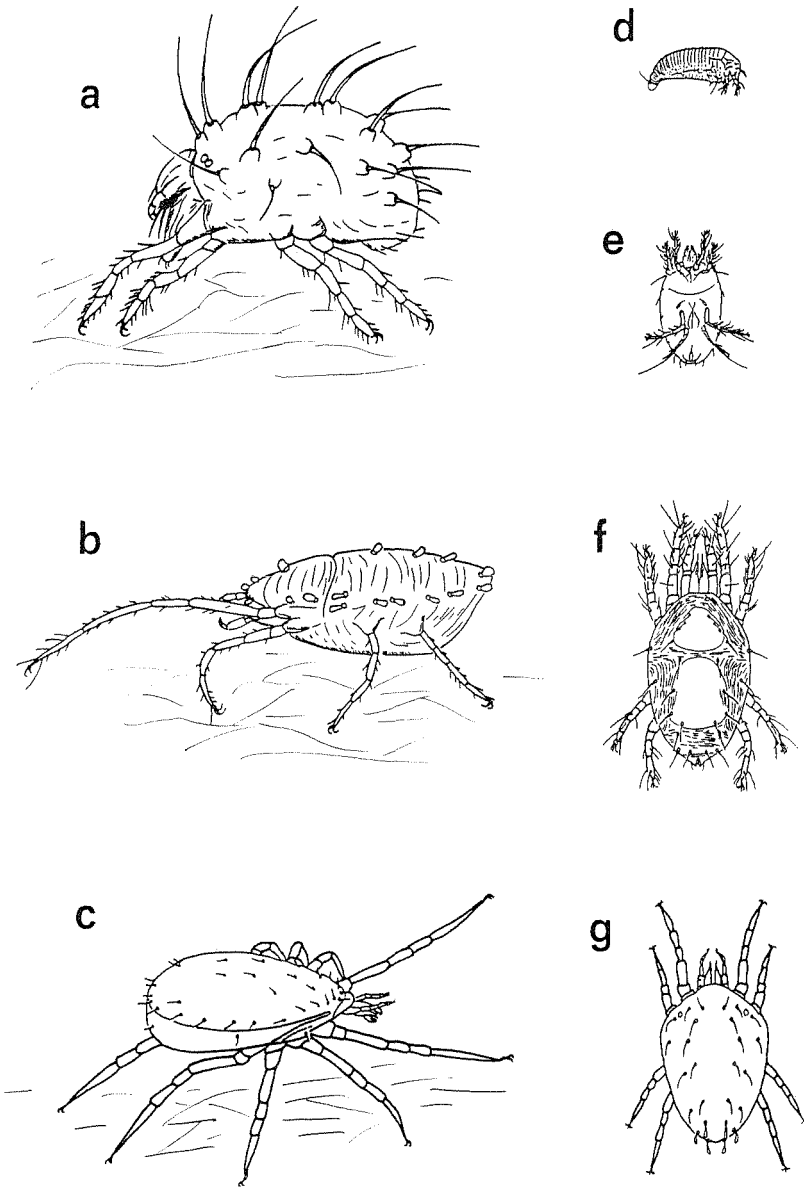


Abb. 22: Diagnosetafel für verschiedene Milbengruppen, die auf den Blättern von Pflanzen und Bäumen auftreten. a) Spinnmilbe, Körper 1/2 mm lang, rot oder grün-gelb, Körperhaare lang, Beine kurz, b) Braune Spinnmilbe, Körper 2/3 mm lang, weichhäutig mit Querfalten, rotbraune, kurze Haare, 1. Beinpaar verlängert, c) Raubmilbe der Phytoseiidae, Körper 1/3 bis 1/2 mm lang, mit festen Schilden, gelb, hellbraun, 1. Beinpaar verlängert, bei manchen Arten einzelne Haarpaare verlängert, d) Gallmilbe, Körper 1/5 mm lang, madenartig, gelb, e) Weichhautmilbe, Körper 1/5 mm lang, flach, weiß oder gelb, Beine kurz, f) Raubmilbe *Zetzellia mali*, Körper 1/3 mm lang, oval, glänzend, zitronengelb bis orange, Beine kurz, g) Staubmilbe (Tydeidae), Körper 1/3 mm lang, drachenförmig, gelb, Beine kurz.

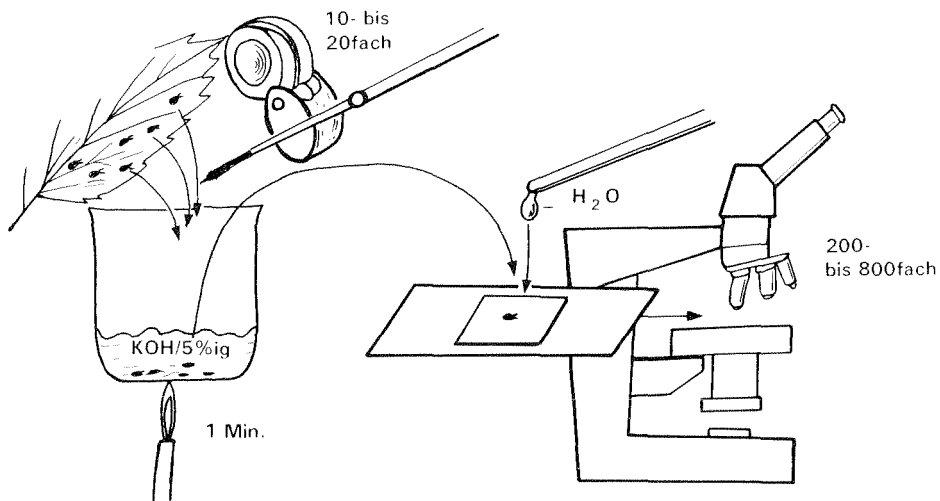


Abb. 23: Darstellung der Präparation für mikroskopische Untersuchungen zur Artbestimmung.

Tab. 29: Erkennungsmerkmale der kleinen Rhodacaridae

(das bedeutet: Arten der Unterfamilie Rhodacarinae OUDEMANS im Sinne von KARG, 1993)

-
- Sehr schlanke Raubmilben, Körper etwa 2-3mal so lang wie breit (Abb. 12, 13)
 - Das erste Beinpaar kürzer als der Körper
 - Rückenschild in der Mitte quergeteilt
 - Auf dem vorderen Rückenschild in der Mitte eine Querreihe von 3-4 knotenartigen Bildungen: Skleronoduli (Abb. 24, 25 links)
 - Mundwerkzeuge (Cheliceren) meist kräftig und oft rotbraun gefärbt (Abb. 24, 25 rechts)
 - Weibchen mit großem Bauchschild (Abb. 24b, 25b unten)
 - An der Vorderfront des Rückenschildes 3-4 kurze Haarpaare (Abb. 24a, 25a) - bei anderen Raubmilbengruppen nur 1-2 Haarpaare
-

Tab. 30: Differentialmerkmale der 2 wichtigen Indikatorarten der Gattung *Hypoaspis*
CANESTRINI, 1885

Hypoaspis aculeifer

Rückenschild elliptisch, schulterartige Verbreiterung vorn nur schwach (Abb. 27a), die hinteren Innenhaare kurz, I1, I2, I3 erreichen oder überragen nicht die Basen des jeweils folgenden Haarpaares (Abb. 27a)

Hypoaspis angusta

Rückenschild von der vorderen, schulterartigen Verbreiterung ab nach hinten keilförmig verschmälert (Abb. 27b), die hinteren Innenhaare lang, Haarpaar I1 überragt die Basen von I2, Haarpaar I2 die Basen von I3, Haarpaar I3 die Basen von I4 (Abb. 27b)

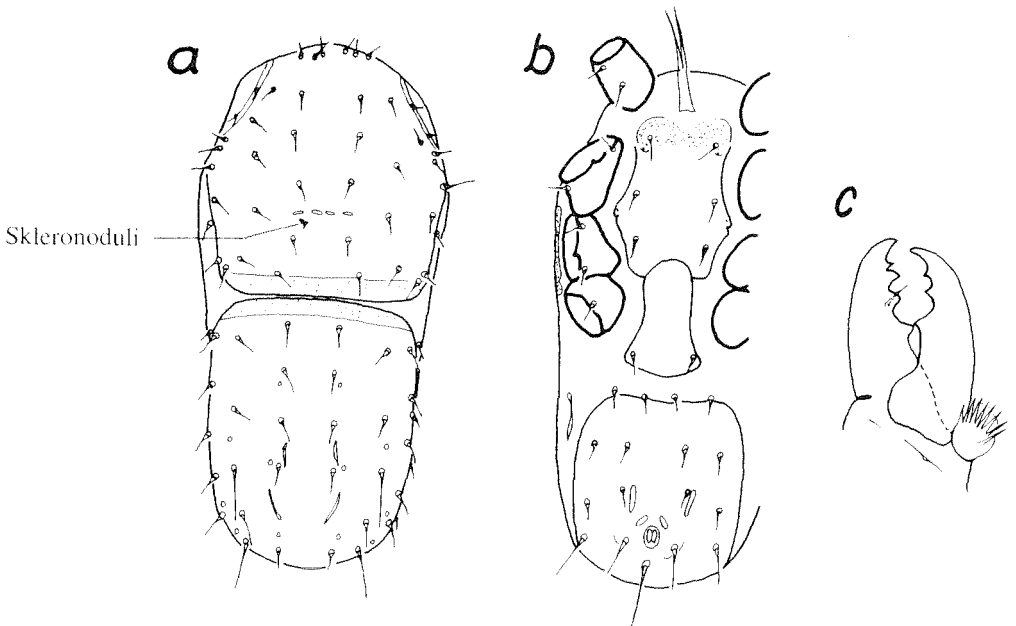


Abb. 24: *Rhodacarellus silesiacus* WILLM., Weibchen.
a) Rückenschild, b) Bauchseite, c) Chelicere.

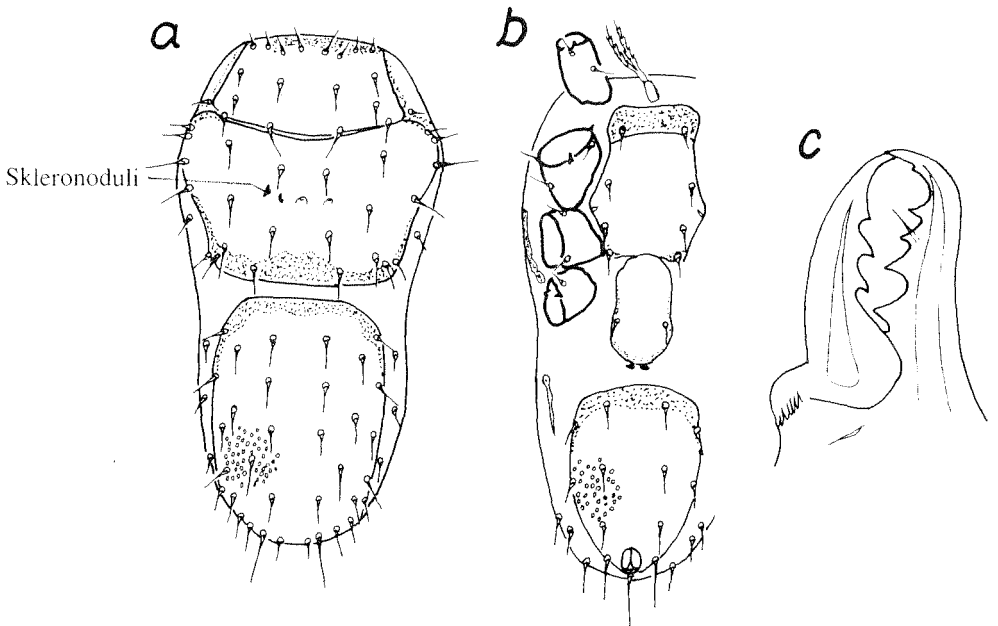


Abb. 25: *Rhodacarus coronatus* BERLESE, Weibchen,
a) Rückenschild, b) Bauchseite, c) Chelicere.

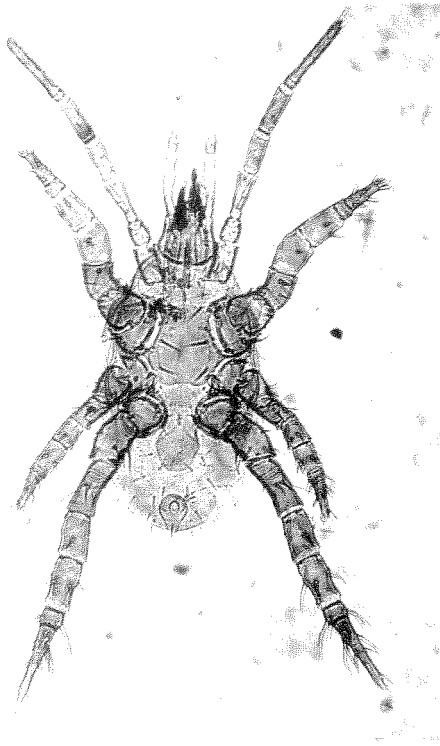


Abb. 26: *Hypoaspis aculeifer* (CAN.), Weibchen, Bauchseite.

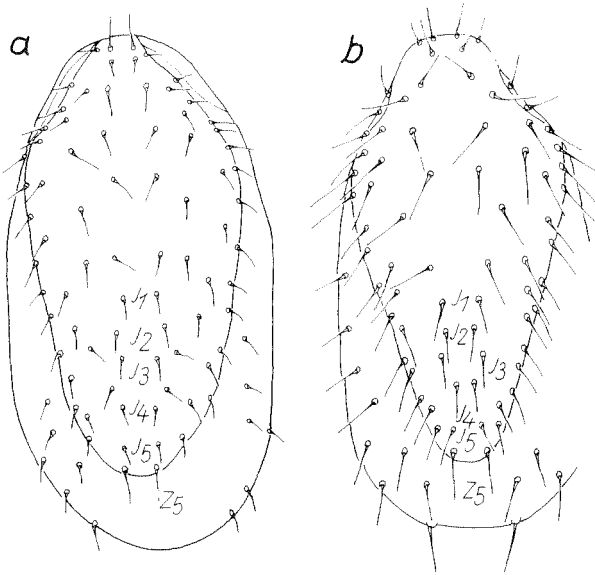


Abb. 27: Rückenseiten bei den Indikatorarten der Gattung *Hypoaspis*,
a) *Hypoaspis aculeifer* CAN., b) *Hypoaspis angusta* KARG.

Tab. 31: Indikatorgattung *Hypoaspis* CANESTRINI

Diagnosemerkmale	Gegenprüfung
Körper von einem ovalen, einheitlich glatten Rückenschild bedeckt (Abb. 27)	Rückenschild nicht geteilt, wie z.B. in Abb. 28a, auch keine Ansätze einer Teilung (Abb. 28b)
Auf den Rückenschild stehen, auf beide Längshälften symmetrisch verteilt, 35-40 Haarpaare, die eine gesetzmäßige, überschaubare Anordnung in 10 Querreihen erkennen lassen (Abb. 27)	Es ist keine Haarvermehrung entstanden, die die Symmetrie stört (Abb. 8a) auch keine Reduktion der Haarbedeckung, wie in Abb. 29
Die Haare haben eine nadelartige Form, etwa von gleicher Länge	Es sind keine besonders geformten oder verlängerten Haare zu erkennen, wie z.B. bei der Art Abb. 29
Das 1. Beinpaar etwa gleich lang wie das 4. Beinpaar (Abb. 26)	Das 1. Beinpaar nicht verkürzt
Auf der Bauchseite in der Mitte ein zungenförmiger Schild: Genitalschild beim Weibchen, davor zwischen den vorderen Beinen ein 6eckiger Brustschild mit 3 Haarpaaren, hinter dem Genitalschild ein 3eckiger Analschild (Abb. 26)	Der Brustschild hat nicht mehr als 3 Haarpaare, aber auch nicht weniger; weiblicher Genitalschild nicht mit mehr als 1 Haarpaar (Anm.: Beim Männchen sind alle 3 Schilde der Bauchseite verwachsen (Abb. 12)
Vorn über den Mundwerkzeugen ein kleiner dachartiger Schild, das sogenannte Tectum (Abb. 8b), dessen Vorderrand bei <i>Hypoaspis</i> fein gezahnt ist (Abb. 30b)	Vorderrand des Tectums nicht glatt (Abb. 30a) auch nicht mit einer oder mit 3-5 größeren Mittelspitzen (Abb. 30c, d, 8b)

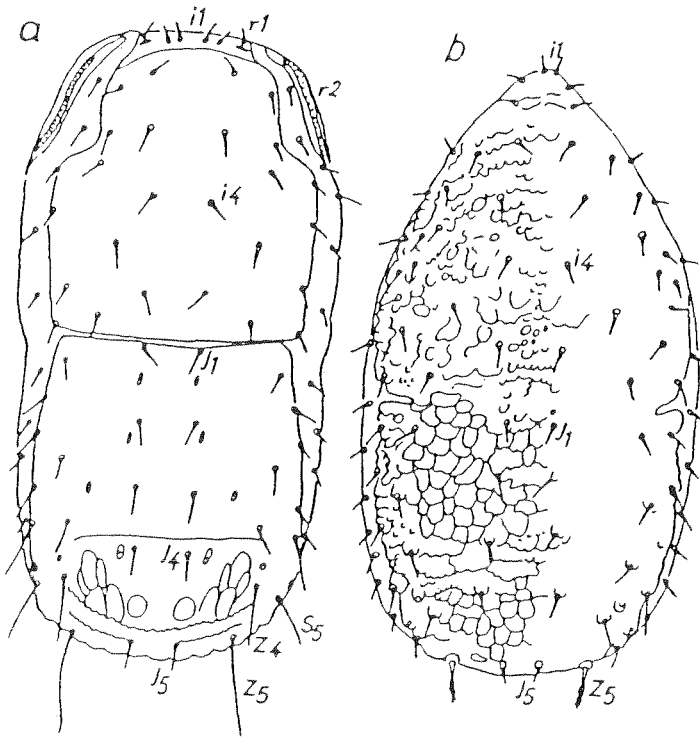


Abb. 28: Rückenseiten von Raubmilben mit geteiltem oder seitlich eingeschnittenem Rückenschild,
a) *Leioseius bicolor* (BERLESE), b) *Leioseius naglitschi* KARG.

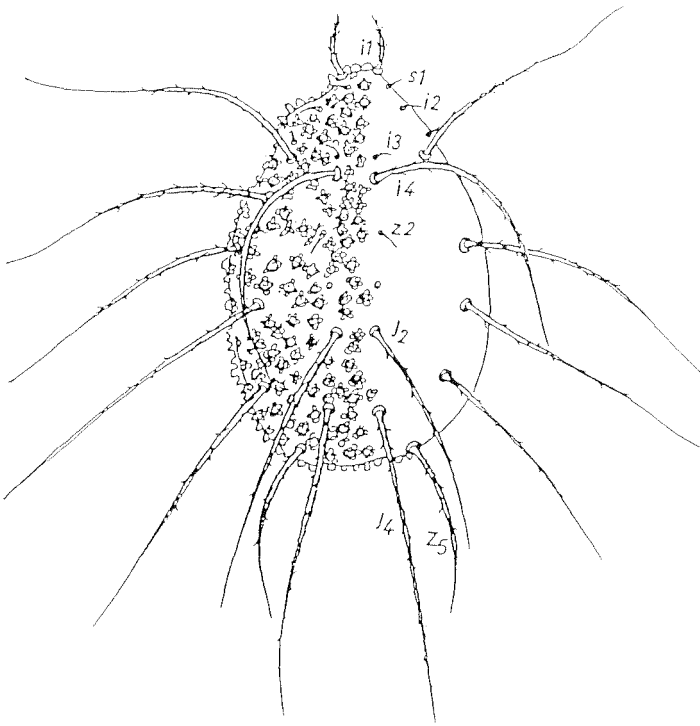


Abb. 29: Raubmilbe mit verminderter Zahl der Haare, die aber extreme Länge aufweisen: *Epicriopsis horridus* KRAMER.

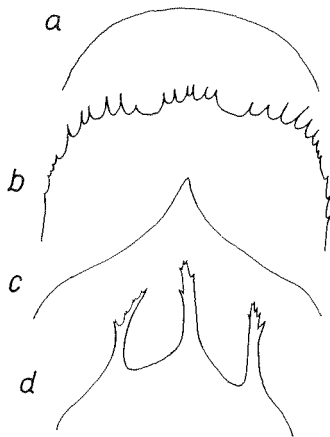


Abb. 30: Randfiguren des Tectums vorn über den Mundwerkzeugen (vergl. auch Abb. 6). Die Formen sind charakteristisch für die Raubmilbengattungen und -arten:

a) *Amblyseius polyporus* WAINST., b) *Hypoaspis aculeifer* CAN.,
c) *Ameroseius gracilis* HALB., d) *Cheiroseius borealis* (BERLESE),
Mikroskopische Zeichnungen; 1000 x.

Tab. 32: Spezielle Raubmilbengruppen als Indikatoren für Bodensanierung und -entwicklung

Raubmilbengruppe oder -art	Indikationen
- 80-100 % der Proben mit Arten der Rhodacaridae, (Abb. 12, 13), größere Raubmilbengruppen fehlen	1. Stufe der Sanierung, 1. Pionierstadium bei der Rekultivierung und Bodenbildung erreicht, noch geringes Porenvolumen und schwache Humusbildung
- Außer Rhodacaridae vereinzelt 1-2 <i>Veigaia</i> -Arten vertreten (Tab. 33, Abb. 12, 14)	2. Stufe des Pionierstadiums mit stärkerer biologischer Aktivität und Humusbildung
- Mindestens 30 % der Proben mit <i>Veigaia nemorensis</i> (Abb. 12, 14)	Verbesserte Bodenbedingungen mit guter Durchlüftung und biologischer Aktivität, erste dauerhafte Humusansammlungen
- Außer <i>Veigaia</i> -Arten treten 1-3 größere Arten der Pergamasinae auf (1-2 mm Körperlänge, Abb. 12, 15)	Fortgeschrittene Stufe der Bodenbildung mit hoher biologischer Aktivität und gutem Regulationsvermögen, intensive Humusbildung
- Die kleinen Rhodacaridae werden völlig durch große <i>Veigaia</i> -Arten und Vertreter der Pergamasinae verdrängt	Optimale Bedingungen für die biologische Aktivität und die Bodenbildungsprozesse, hoher Humusanteil

Tab. 33: Indikatorgattung *Veigaia*

Diagnose der Arten	Gegenprüfung
<p>- Rückenschild durch eine geschwungene Querlinie geteilt (Abb. 31a, b, c), bei 3 Arten Teilung unvollständig, nur mit seitlichen Einschnitten</p> <ul style="list-style-type: none">. größere Arten (Körperlänge etwa 1 mm): nach hinten gebogene Einschnitte (Abb. 31d, e). eine kleine Art (Körperlänge 0,5 mm): nur kurze Einschnitte (Abb. 32)	<p>Eine geschwungene Querteilung des Rückenschildes hat auch die Raubmilbe <i>Cornigamasus lunaris</i> (BERL.), die in Komposterden, Exkrementen und Ameisennestern lebt. Bei dieser sind aber die Schilde der Bauchseite anders gebildet (Abb. 34). Bei verwandten Arten dieser Milbe wird der Rückenschild durch eine gerade Linie geteilt (Unterfamilie Parasitinae (Abb. 35))</p>
<p>- Das 1. Beinpaar länger als das 2. und 3. Beinpaar, etwa so lang wie der Körper (Abb. 14 und Abb. 32)</p>	<p>1. Beinpaar nicht auffallend länger oder kürzer als der Körper (Abb. 13)</p>
<p>- Die Greifscheren vorn an den Mundwerkzeugen (Cheliceren) relativ lang, etwa so lang wie das vordere Glied (Tarsus) des ersten Beinpaares (Abb. 14, 32)</p>	<p>Greifscheren vorn bei anderen Arten meist nur etwa 1/2 Länge des vorderen Gliedes (Tarsus) des 1. Beinpaares (Abb. 15b, 22c, 26)</p>
<p>- Auf der Bauchseite hinten ein kleiner dreieckiger Analschild, zwischen dem 4. Beinpaar ein stempelförmiger Genitalschild, an den sich dahinter ein großer Bauchschild anschließt (Abb. 33)</p>	<p>Bei anderen Arten der hintere Analschild nicht getrennt, sondern mit dem Bauchschild verwachsen (Abb. 24b, 25b, 41), oder: wenn Analschild getrennt, dann hat der Genitalschild eine zungenartige Form (Abb. 26)</p>

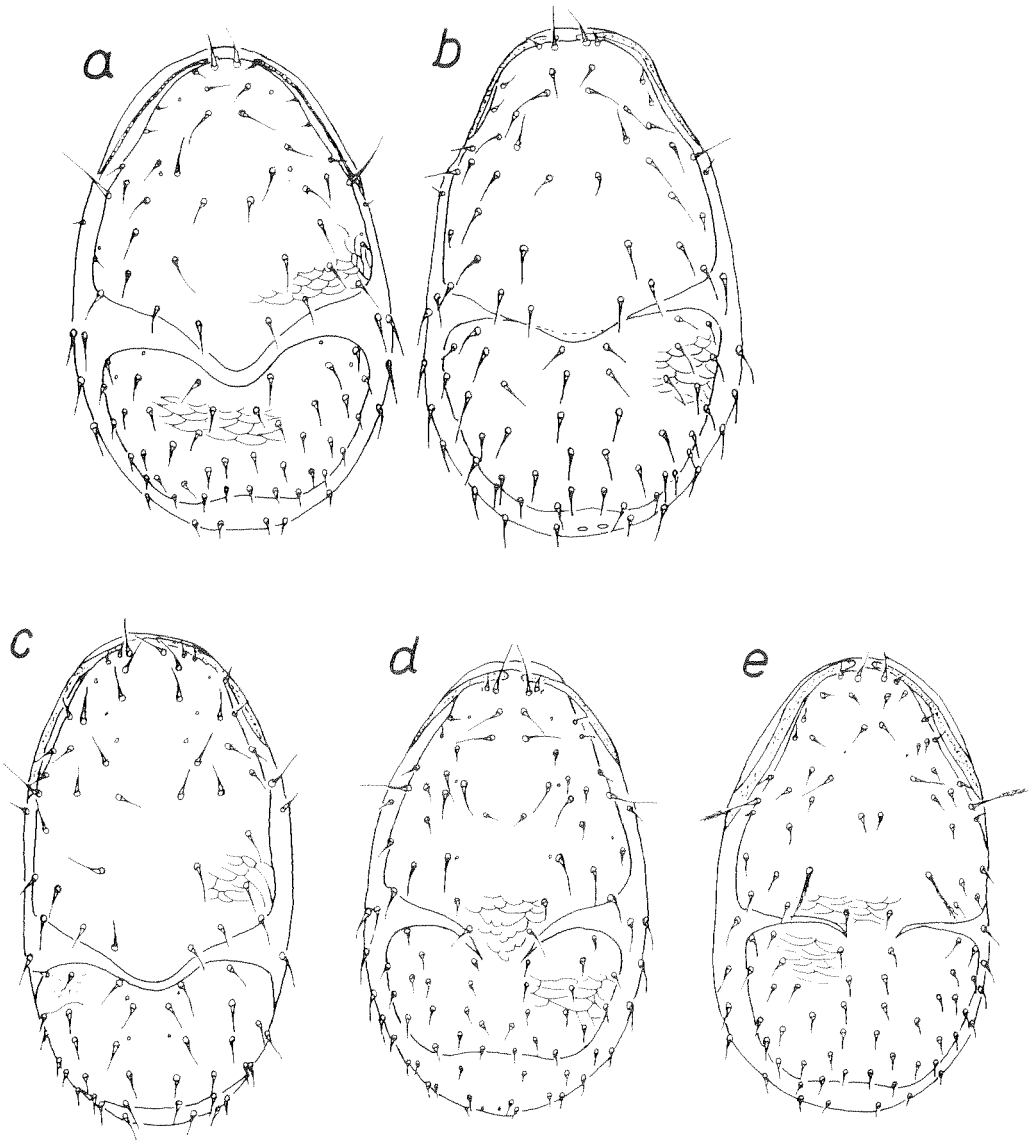


Abb. 31: Dorsalseiten der Weibchen wichtiger Arten der Gattung *Veigaia* OUDMS.,
a) *V. nemorensis*, b) *V. kochi*, c) *V. planicola*, d) *V. cerva*, e) *V. transisalae*.

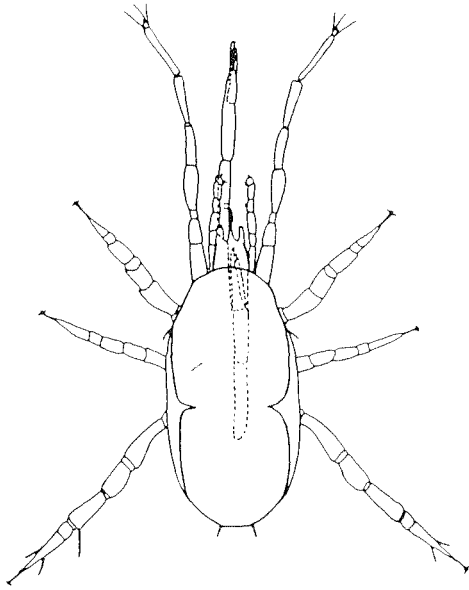


Abb. 32: Habitusbild von *Veigaia exigua*, Weibchen (eine Chelicere ist ausgestreckt).

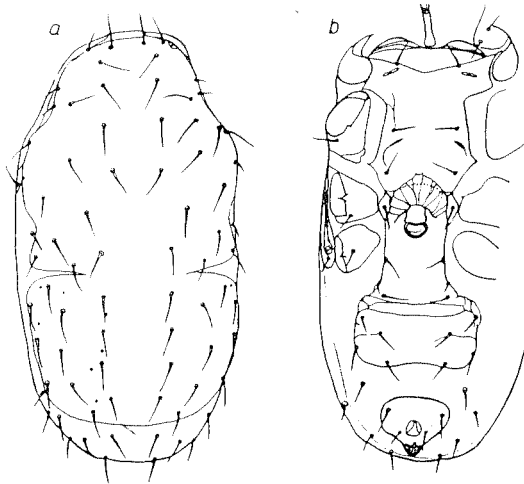


Abb. 33: *Veigaia exigua*, a) Rückenseite, b) Bauchseite.

Tab. 34: Indikatorgruppe große Arten der Pergamasinae

Diagnosemerkmale	Gegenprüfung
- Arten mit einer Körperlänge von 1-2 mm, Rückenschild einheitlich, nicht quergeteilt	Auch kleinere Arten können zu den Pergamasinae gehören, die Schildbildungen der Bauchseite sind zu prüfen!
- 1. Beinpaar länger als das 2. und 3. Beinpaar, etwa so lang wie der Körper (Abb. 15)	
- Auf der Bauchseite zwischen dem 4. Beinpaar bei den Weibchen ein Genitalschild in Form eines Dreiecks, die Vorderchenkel des Dreiecks flankieren 1 Paar Nebenschilder (Abb. 36a)	Bei anderen Raubmilbengruppen weiblicher Genitalschild meist zungenförmig (Abb. 26) und ohne derartige Nebenschilder
Anm.: Bei den Männchen verwachsen alle Bauchschilder, Larven und Nymphen lassen zwischen den Beinpaaren einen länglichen Brustschild erkennen (Abb. 36b,c), die Männchen fallen durch ein starkes 2. Beinpaar auf, das an einigen Gliedern mit daumenförmigen oder knopfförmigen Fortsätzen ausgerüstet ist (Abb. 37)	Den Männchen der meisten anderen Milbengruppen fehlt ein so auffallend verstärktes Beinpaar, es tritt noch bei den Raubmilben der Familie Machrochelidae auf, die aber durch ein sehr dünnes 1. Beinpaar leicht zu erkennen sind (Abb. 38), sowie bei Vertretern der Familie Pachylaelapidae, für die aber Spornbildungen am Endglied des 2. Beinpaares charakteristisch sind (Abb. 39)

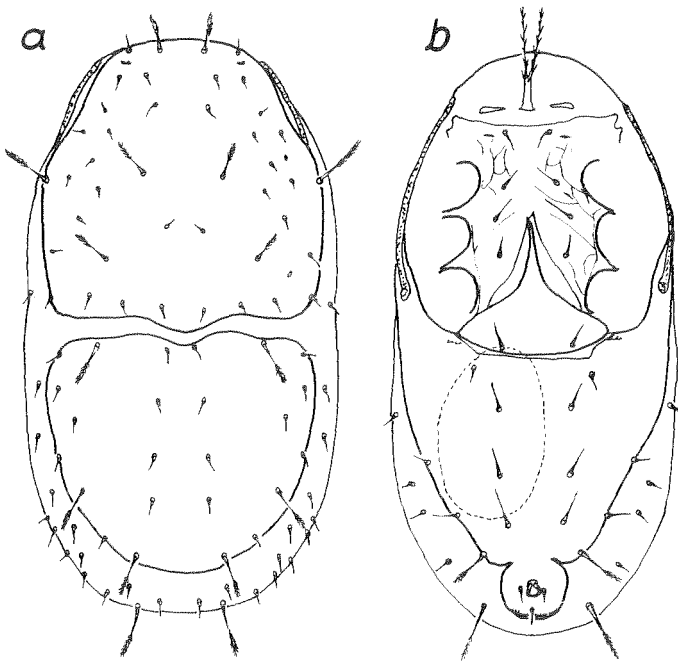


Abb. 34: *Cornigamasus lunaris* (BERL.), a) Rückenseite, b) Bauchseite.



Abb. 35: *Parasitus numerus* KARG, größere Raubmilben, Unterfamilie Parasitinae mit geteiltem Rückenschild.

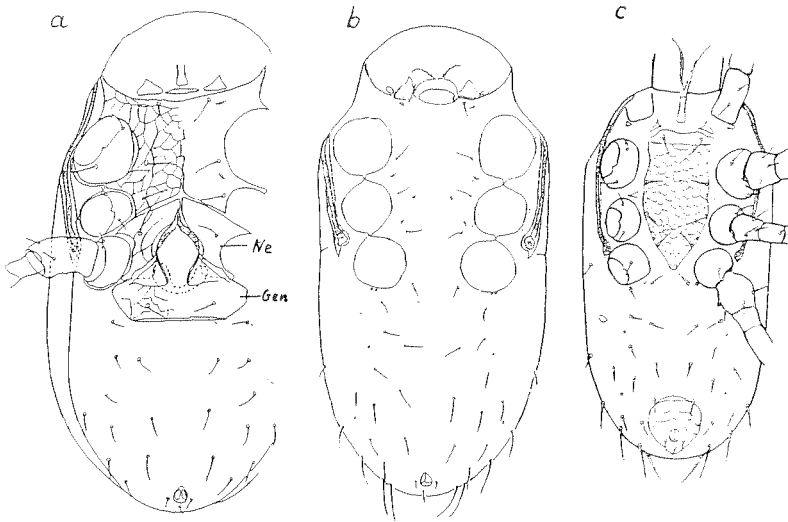


Abb. 36: Schildbildungen auf der Bauchseite bei der Indikatorgruppe Pergamasinae, a) Weibchen, b) Männchen, c) Deuto-Nymphe; Gen = Genitalschild, Ne = Nebenschilde.

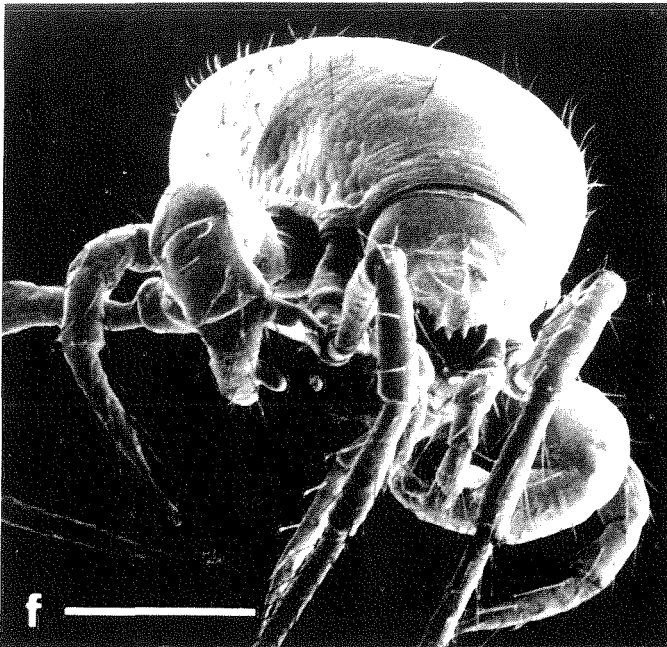


Abb. 37: Männchen von *Pergamasus crassipes* (L.) mit verstärktem 2. Beinpaar (REM-Aufnahme EISENBEIS und WICHARD, 1985).

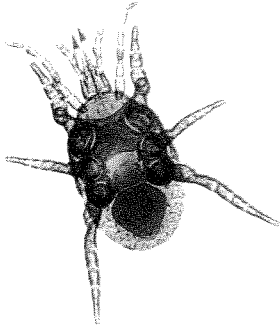


Abb. 38: Raubmilbe der Familie Macrochelidae (Weibchen).



Abb. 39: Raubmilbe der Familie Pachylaelapidae (Weibchen).

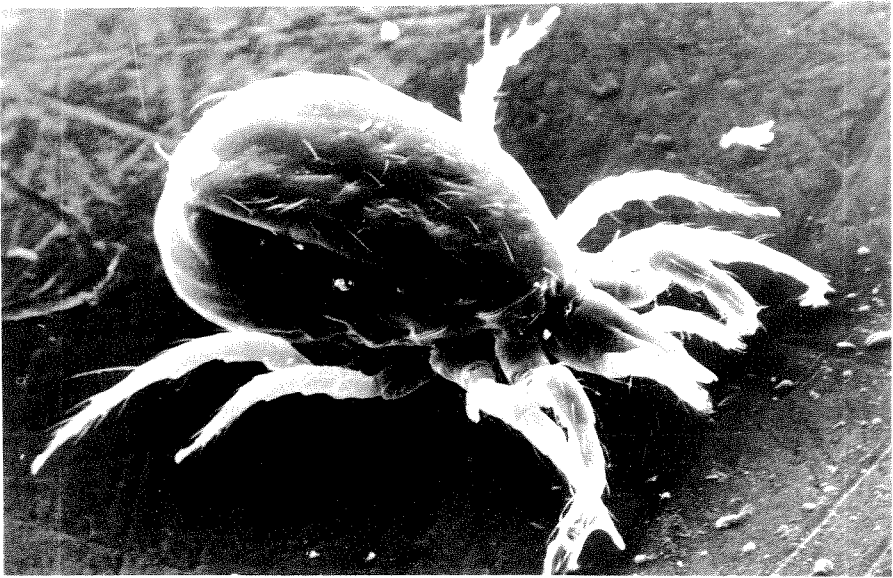


Abb. 40: Raubmilbe der Gattung *Amblyseius* aus der Familie Phytoseiidae (REM-Aufnahme CASPERSON/KARG).

Tab. 35: Diagnosemerkmale der wichtigsten Raubmilben im Obst- und Weinbau aus der Familie Phytoseiidae¹⁾

Diagnosemerkmale (Differentialmerkmale in Fettdruck)	Familie, Gattung, Art, Vorkommen
Ungeteilter Rückenschild mit verringertem Haarbesatz im Vergleich zu anderen Raubmilbengruppen (Abb. 40), Bauchschild und Analschild bilden zusammen einen einheitlichen Schild mit 3-5 Haarpaaren (Abb. 41), in der Mitte im Inneren des Körpers auffallende Spermienbehälter (Abb. 42, 43a, 45)	Familie Phytoseiidae BERLESE
Auf dem hinteren Drittel des Rückenschildes stehen 5 Haarpaare, 3 Paar längere und 2 Paar kürzere (Abb. 43a) , Bauchschild annähernd 4eckig (Abb. 41), Spermienbehälter mit großem Kelch (Abb. 42)	<i>Seiulus</i> <i>tiliarum</i> (OUDEMANS), auf Obstgehölzen
Auf dem hinteren Drittel des Rückenschildes stehen 4 Haarpaare, das hintere Seitenhaar fehlt (Abb. 43b) , Bauchschild 5eckig (Abb. 44a), Spermienbehälter mit langem Kelch (Abb. 45a)	<i>Typhlodromus</i> <i>pyri</i> SCHEUTEN, auf Weinreben und Obstgehölzen
Auf dem hinteren Drittel des Rückenschildes stehen 4 Haarpaare, Zwischenhaare (Z4, Z5) verstärkt, das vorletzte Seitenhaarpaar fehlt (Abb. 43d) , Bauchschild schmal, oval, Spermienbehälter tellerförmig (Abb. 44b, 45b)	<i>Kampimodromus</i> <i>aberrans</i> (OUDEMANS), auf Weinreben
Auf dem hinteren Drittel des Rückenschildes stehen 5 Haarpaare, das hintere Zwischenhaarpaar (Z5) auffallend lang (Abb. 43c) , Bauchschild dreieckig (Abb. 44c), Spermienbehälter mit schlankem Kelch (Abb. 45c)	<i>Amblyseius</i> <i>cucumeris</i> (OUDEMANS), auf Erdbeerstauden und Beerensträuchern
Auf dem hinteren Drittel des Rückenschildes stehen 5 Haarpaare, das hintere Haarpaar verlängert und verstärkt (Abb. 43e), Bauchschild 5eckig, am Vorderrande eine auffallende Reihe von 6 Haaren (Abb. 44d) , Spermienbehälter vasenförmig (Abb. 45d)	<i>Euseius</i> <i>finlandicus</i> (OUDEM.), auf Obstbäumen und -sträuchern

1) Weitere Arten können nach KARG (1993b) und KARG (1994) bestimmt werden

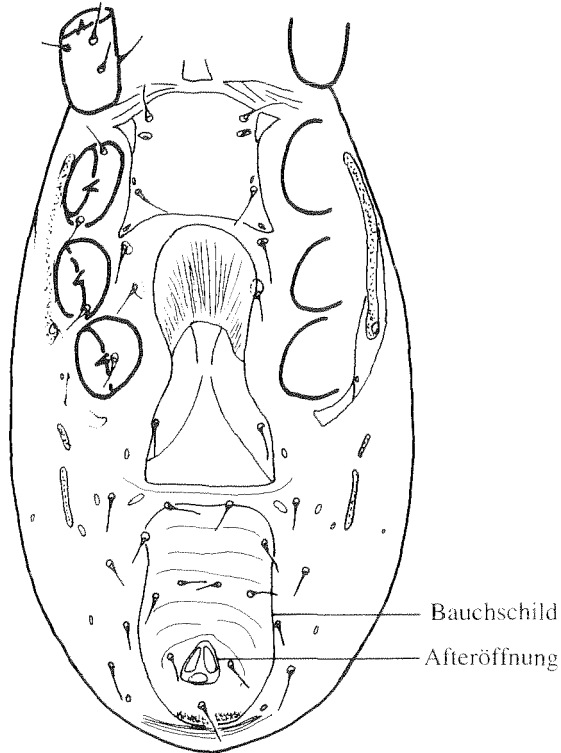


Abb. 41: Bauchseite weiblicher Raubmilben der Familie Phytoseiidae, oben: REM-Aufnahme einer *Amblyseius*-Art (KARG/CASPERSON), unten: mikroskopische Zeichnung von *Seiulus tiliarum* (OUDEMANS); zwischen dem 1. und 2. Beinpaar: Brustschild, zwischen dem 2. und 3. Beinpaar: Genitalschild, dahinter Bauchschild mit der Afteröffnung.

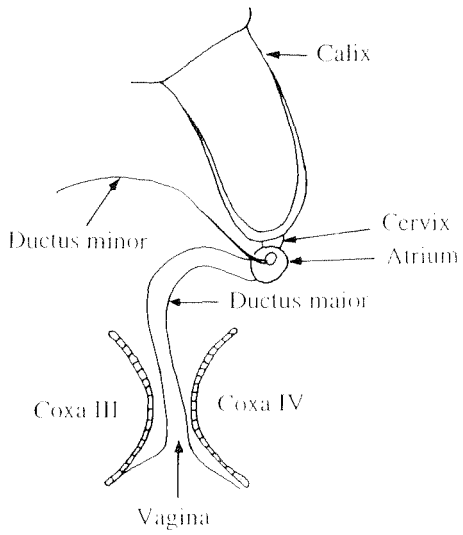
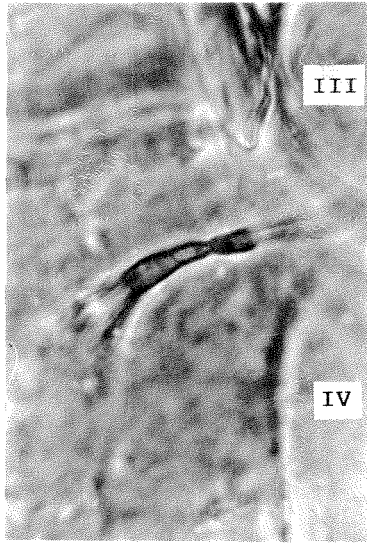


Abb. 42: Spermienbehälter der Weibchen bei Raubmilben der Familie Phytoseiidae, oben: Mikrofoto von einer Art der Gattung *Amblyseius*, unten: Mikroskopische Zeichnung mit den Organteilen bei der Raubmilbe *Seiulus tiliarum*.

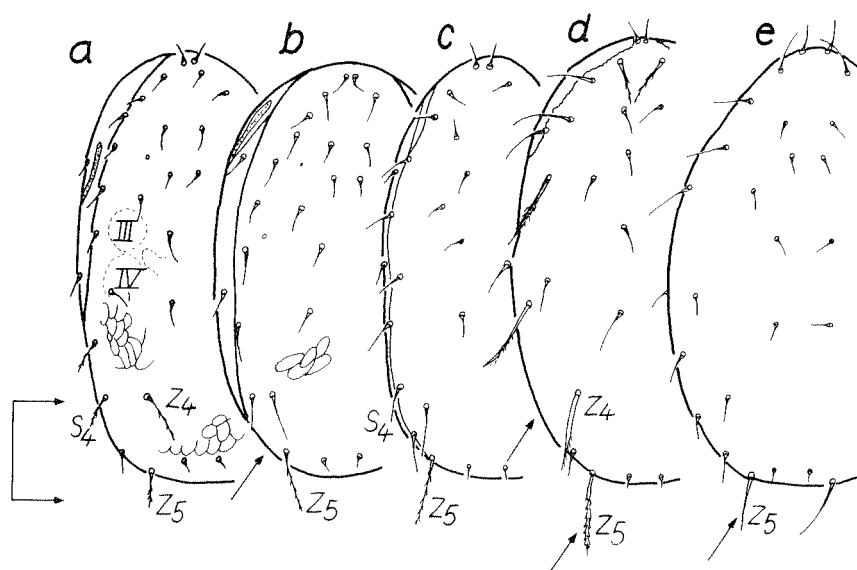


Abb. 43: Rückenschilde der Weibchen verschiedener Raubmilbenarten, a) *Seiulus tiliarum*, b) *Typhlodromus pyri*, c) *Amblyseius cucumeris*, d) *Kampimodromus aberrans*, e) *Euseius finlandicus*, (bei a) ist die Lage des einen Spermienbehälters im Inneren des Körpers zwischen den Hüften des III. und IV. Beines eingezeichnet).

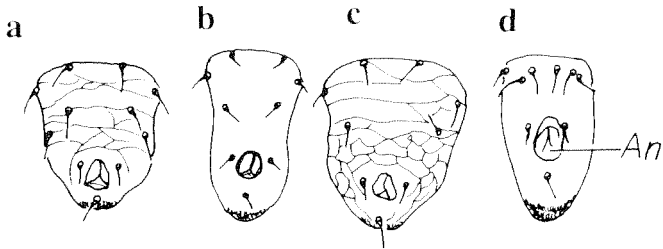


Abb. 44: Bauchschilde der Weibchen verschiedener Raubmilbenarten,
a) *Typhlodromus pyri*, b) *Kampimodromus aberrans*, c) *Amblyseius cucumeris*,
d) *Euseius finlandicus*; An = Anus = Afteröffnung.

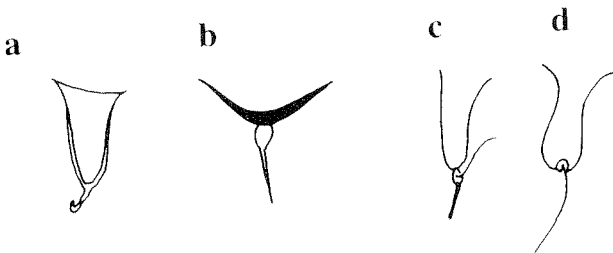


Abb. 45: Spermienbehälter verschiedener Raubmilbenarten,
a) *Typhlodromus pyri*, b) *Kampimodromus aberrans*, c) *Amblyseius cucumeris*,
d) *Euseius finlandicus*.

7.3. Haltung und Beobachtung von Raubmilben

Zur Haltung von Milben aus dem Boden, aus der Streuschicht, aus Moosen, Baummulm u.ä. Substraten sind Wäggläschen mit eingeschliffenem Glasdeckel oder dicht schließende Plastikgefäße als Zuchtgefäße geeignet. Durch den dichten Verschuß ist es möglich, die für die Tiere notwendige relative Luftfeuchtigkeit von annähernd 100 % zu erhalten. Bei ungenügendem Verschuß können außerdem die Tiere wegen ihrer Kleinheit leicht entfliehen. Die Behälter werden mit einem Brei aus Wasser und einem feinpulverisierten Gemenge aus Gips und Aktivkohle (7:1) etwa 1 cm hoch ausgegossen. Die Aktivkohle macht helle Arten und Entwicklungsstadien besser sichtbar. Das Substrat darf nur schwach feucht sein. Die Behälter müssen unter annähernd konstanter Temperatur aufbewahrt werden, da die kleinen Tiere leicht in Kondenswassertropfen hängen bleiben und absterben. Statt Gips kann Modelliermaterial Keramin S verwendet werden (Aktivkohle:Keramin S = 1:7). Keramin S ergibt eine glattere Oberfläche als Gips. Eine Beobachtung der Tiere ohne Öffnung der Zuchtgefäße ermöglichen Glaspetrischalen (Höhe 2 cm, Ø 3-4 cm), deren Deckel mit einem passenden Gummiring abgedichtet wird (Abb. 46). Ein Gummiband hält Ober- und Unterteil zusammen.

Für Serienversuche und -beobachtungen sind auch Plexiglasblöcke mit Mikrozellen geeignet. Folgende Maße sind zu empfehlen: In einem Block von 6,5 x 2,5 x 0,8 cm Größe (Abb. 47b) werden 10 Hohlräume von 0,4 cm Tiefe eingebohrt. Der Boden der so entstandenen Zellen wird wiederum mit einem Brei aus Gips und Aktivkohle ausgegossen (7:1). Zum Abschluß der Zellen wird oben auf den Block eine dünne, durchsichtige Folie geklebt. In die Folie wird in der Mitte über den Zellen eine kleine Klappe eingeschnitten, um Milben und Beutetiere einführen zu können. Außerdem werden mit einer Nadel einige feine Löcher zum Luftaustausch eingestochen. Die Blöcke müssen für die Haltung der Milben in Exsikkatoren gebracht werden. Mehrere Blöcke können in kleinen Plastecontainern oder -gestellen vereinigt werden. Die relative Luftfeuchte wird durch entsprechende Lösungen im Exsikkator eingestellt: Optimal sind in der Regel Temperaturen von 20-30 °C und Werte einer relativen Luftfeuchte von 80-95 %. Diese wird durch eine gesättigte Lösung von KNO_3 erreicht.

Mit Hilfe von feinen Nadeln, Borsten oder Ösen (für Umsetzen aus der Auffangflüssigkeit) werden die Tiere in die Zuchtgefäße gesetzt. Als Beutetiere kommen Nematoden, Springschwänze, kleine Insektenlarven, Enchyträen und andere kleine Milben in Betracht (Hinweise zur Zucht gibt Tab. 36). Die Beobachtung erfolgt im Auflicht bei 4- bis 20facher Vergrößerung.

Besondere Methoden zur Tierhaltung sind für die Arten entwickelt worden, die auf Blättern von Gehölzen leben. Als Zuchtbehälter dienen sog. "Huffaker-Zellen". Sie bestehen aus einer Glasscheibe, etwa einem Objektträger und einer kleinen, etwa 3 mm dicken Plexiglasscheibe, die eine Bohrung von etwa 10-13 mm enthält (Abb. 48). Auf dem Objektträger werden abwechselnd 5 Schichten Fließpapier und feine Gaze gelegt. Darauf kommt ein frisches Blatt der betreffenden Gehölzart mit der Unterseite nach oben. Darüber wird die durchbohrte Plexiglasscheibe gelegt. Das Loch in der Plexiglasscheibe bildet eine kleine Kammer, die mit einem Deckglas verschlossen wird.

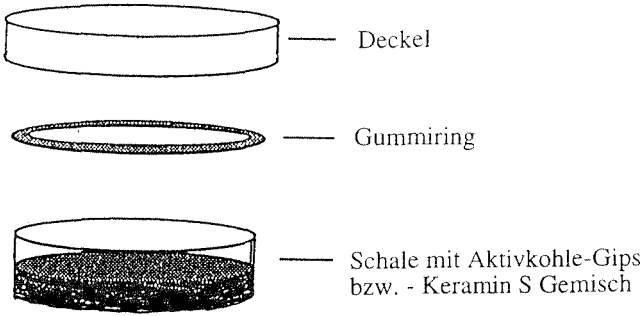


Abb. 46: Petrischalen zur Zucht und Beobachtung von Raubmilben.

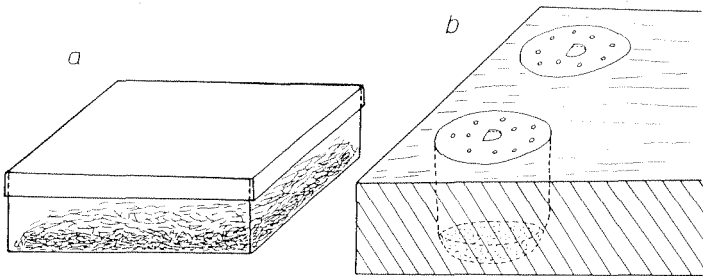


Abb. 47: Behälter für die Haltung und Zucht von Raubmilben,
a) Plastischalen für Populationen, zusammen mit einem Ausschnitt
der natürlichen Lebensgemeinschaft,
b) Teil eines Plexiglasblockes mit eingebohrten Mikrozellen für
Einzelzuchten und für genaue Beobachtungen.

Das Ganze wird mit Gummiringen zusammengehalten. Das Filterpapier wird täglich von der Seite her angefeuchtet. Die grünen Blätter halten sich 3-8 Tage lang frisch.

In die Kammer setzt man die Raubmilben zusammen mit den phytophagen Beutetieren (z.B. Spinnmilben). Die meisten Arten lassen sich auch mit Pollen ernähren und z.T. vermehren. Es empfiehlt sich, die Milben alle 2-3 Tage in eine Kammer mit einem frischen Blatt umzusetzen. Unter dem Präpariermikroskop können in den Kammern Verhalten und Vermehrung der Milben direkt beobachtet werden.

Für die exakte Untersuchung von Leistungsparametern unter bestimmten Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen sind die Kammern in folgender Weise abzuwandeln: Kunststoffplatten werden in Größe eines Objektträgers geschnitten (Abb. 49a). An der Seite verschließt ein feinmaschiges Gewebe die Kammer (Abb. 49b), auf der anderen Seite ein Deckglas zur Beobachtung (Abb. 49c). Die Zellen gelangen in einen Exsikkator. Durch gesättigte Salzlösungen lassen sich bestimmte relative Luftfeuchten einstellen (Tab. 37). Um eine gewünschte Temperatur zu erhalten, werden die Exsikkatoren in einen Thermostaten gestellt. Als Exsikkator kann eine Plasteschale dienen, die einen Drahteinsatz enthält (Abb. 49d). Die technischen Anforderungen für eine solche Einrichtung zeigt Tab. 37. Um gleichzeitig in einer Kammer eine größere Anzahl Raubmilben auf Blättern zur Vermehrung zu bringen, werden die Zellen durch Plexiglasringe von 5 cm Ø und 3 cm Höhe ersetzt. Der untere und obere Rand der Ringe werden mit Leim bestrichen und mit Filterpapierscheiben abgedeckt. Vorher hat man einen frischen Blattausschnitt mit einigen Raubmilbenpärchen auf die Filterpapierscheibe gegeben. Die Ringkammern werden wiederum in einen Exsikkator gesetzt.

7.4. Testung von Agrochemikalien im Labor mit Hilfe von Indikatorarten

Um eine erste Aussage über die Wirkung von Agrochemikalien zu treffen, wurden Labortestmethoden entwickelt. Damit können Wirkstoffe oder Präparate mit Hilfe von Indikatorarten eingeschätzt werden, inwieweit eine Schädigung oder eine Schonung im Freiland zu erwarten ist. Als Indikatoren sind sowohl im Boden lebende Arten als auch Arten der Pflanzenbestände geeignet, die in der vorliegenden Untersuchung ermittelt wurden. Für eine erste Bewertung empfiehlt sich der von BAIER und KARG (1990) beschriebene Schnelltest. Beschreibung: Objektträger werden in der Mitte mit einem Wirkoplaststreifen versehen, worauf anschließend 20 Weibchen dorsal aufzukleben sind (Abb. 50). Jedes Prüfglied umfaßt 5 Objektträger mit insgesamt 100 Raubmilbenweibchen.

Die Behandlung erfolgt mittels Potter-Turm im Spritzverfahren, um eine gleichmäßige Verteilung zu erhalten. Je Prüfpräparat werden 2 ml Brühe appliziert, wobei sich $1,9 \text{ mg/cm}^2$ auf den Objektträgern ablagern. Die Tiere der Kontrollvariante erhalten eine Wasserbehandlung. Nach dem Antrocknen der Beläge kommen die 5 Objektträger jedes Prüfgliedes in einen Exsikkator mit einer Luftfeuchte von ca. 95 % (gesättigte Kaliumnitratlösung) bei einer Temperatur von $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tab. 36: Haltung von Beutetieren für Raubmilben

Beutegruppen (Angabe von Gattungen)	Zuchtgefäße ¹⁾	Futter
Springschwänze (<i>Tullbergia</i> , <i>Onychiurus</i> , <i>Folsomia</i>)	flache Petrischalen (H: 3 cm, Ø 5-8 cm)	gekochte Kartoffelstücke
Milben aus Lebensmittelvorräten (<i>Tyrophagus</i> , <i>Acarus</i>)	höhere Petrischalen (H: 4 cm, Ø 8-15 cm)	Kleie, Haferflocken + Trockenbackhefe (KARG, 1994)
Nematoden (<i>Heterorhabditis</i>)	höhere Petrischalen	Hundefutter, Agar (HÖGER, 1985)

1) Zur Sicherung einer hohen relativen Luftfeuchte sind die Gefäße in einen Exsikkator zu setzen, der gesättigte Kaliumnitratlösung (KNO_3) enthält. Um eine Fluchtbarriere zu gewährleisten, sind die Exsikkatoren in Schalen mit Wasser zu stellen.

Tab. 37: Technische Anforderungen für die Prüfung der Leistungsparameter (Fraßleistung, Fertilität) einer Raubmilbenpopulation (30-50 Weibchen)

Raumbedarf:	1 Klimaschrank bzw. 1 klimatisierter Raum mit durchgehend 25 °C	
Zuchtbehälter:	1 bis 2 Kühlschranksdosen mit Drahteinsatz (250 x 100 mm), 15-25 Plexiglasstücke bzw. Plastestücke (75 x 27 x 5 mm) mit 2 Bohrungen (10 mm Ø), 30-50 Deckgläschen, Lenkerband, Fließpapier	
Salzlösungen:	H ₂ O/Salz	relative Luftfeuchte
	H ₂ O	100 %
	KNO ₃	92 %
	KCL	84 %
	NaCl	75 %
	Ca (NO ₃) ₂	55 %

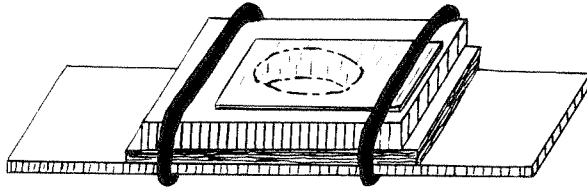


Abb. 48: "Huffaker-Zelle" zur Haltung der auf Blättern lebenden Milben. Die Einzelteile (Objektträger, Filterpapier, Gaze, Plexiglasstück und Deckgläschen) werden mit Gummiringen zusammengehalten.

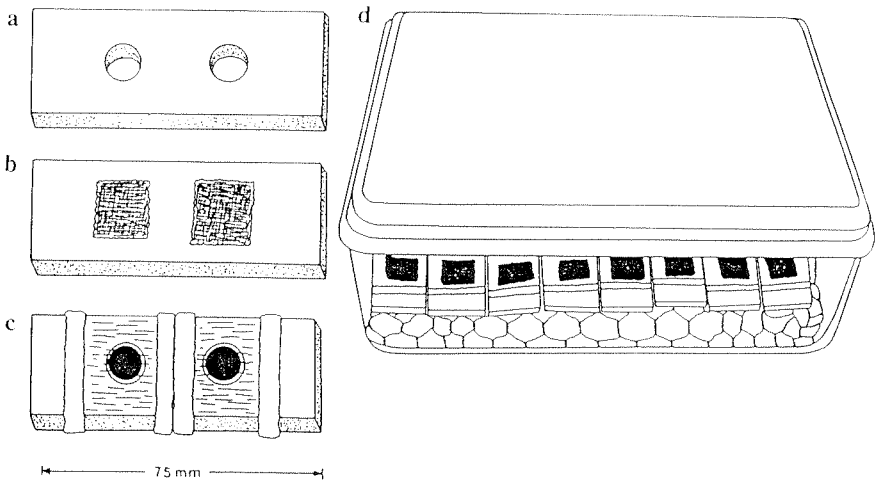


Abb. 49: Kammern und Behälter zur Ermittlung der Leistungsparameter von Raubmilben, a) Kunststoffplatte mit 2 Zuchtkammern, unverschlossen, b) Gewebeverschluß von unten, c) Deckglasabdeckung von oben, d) Plastebehälter für Zuchtkammern mit Salzlösung unter einem Drahtnetz.

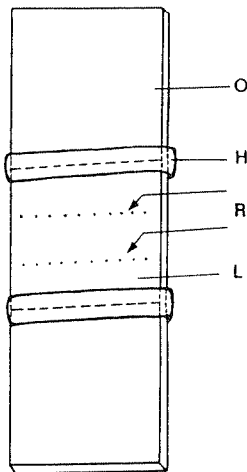


Abb. 50: Anordnung für einen Schnelltest zur Ermittlung der Selektivität von Pflanzenschutzmitteln, O = Objektträger aus Glas, L = Leukoplaststück mit freier Klebefläche, H = Leukoplaste-Haltestreifen, R = 20 mit der Rückenseite aufgeklebte Raubmilben.

Die Kontrollen erfolgen 3, 24, 48 und 96 h nach der Behandlung. Es wird die Anzahl der toten und lebenden Adulten ermittelt. Aus den Summenwerten der überlebenden Raubmilben erfolgt die Berechnung des Wirkungsgrades nach HENDERSON und TILTON (1955):

$$\text{WG \%} = \left(1 - \frac{B_n \times K_v}{B_v \times K_n} \right) \times 100$$

B_n = Lebende in "Behandelt" nach Behandlung

B_v = Lebende in "Behandelt" vor Behandlung

K_n = Lebende in "Unbehandelt" nach Behandlung

K_v = Lebende in "Unbehandelt" vor Behandlung

Für umfassende systematische Prüfungen wurde von der Arbeitsgruppe "Pflanzenschutzmittel und Nutzorganismen" der International Organization for Biological Control (IOBC) ein Testprogramm entwickelt, das auf einer stufenartigen Kombination von Labor-, Halbfreiland- und Feldprüfverfahren beruht (HASSAN, 1988; HASSAN et al., 1991).

Am Anfang der Testreihe steht ein Labortest unter strengen Bedingungen. Mittel mit einem Wirkungsgrad unter 50 % gelten als unschädlich und werden nicht weiter untersucht. Mittel mit einem Wirkungsgrad über 50 % durchlaufen den Halbfreilandtest. Hier wird entsprechend gewertet. Bei Wirkungsgraden über 50 % wird dann der Feldtest herangezogen. Dafür liegen besonders für den Weinbau bereits seit längerer Zeit Richtlinien vor (LYRE, 1982).

Am Beispiel der leicht zu vermehrenden Raubmilbe *Amblyseius barkeri* (HUGHES) haben BAIER und KARG (1990) ein Labortestprogramm vorgestellt, durch das mit Hilfe eines rationellen Auswahlsystem detailliertere Aussagen möglich sind als durch die bisherigen Methoden. Es werden die Initialwirkung, Dauerwirkung, die ovizide, larvizide und adultizide Wirkung sowie die Beeinträchtigung der Fraßleistung und der Fertilität erfaßt. Das Testprogramm schließt verminderte Mittelkonzentrationen ein, die sich für den praktischen Einsatz in manchen Fällen als günstig erweisen (Abb. 51).

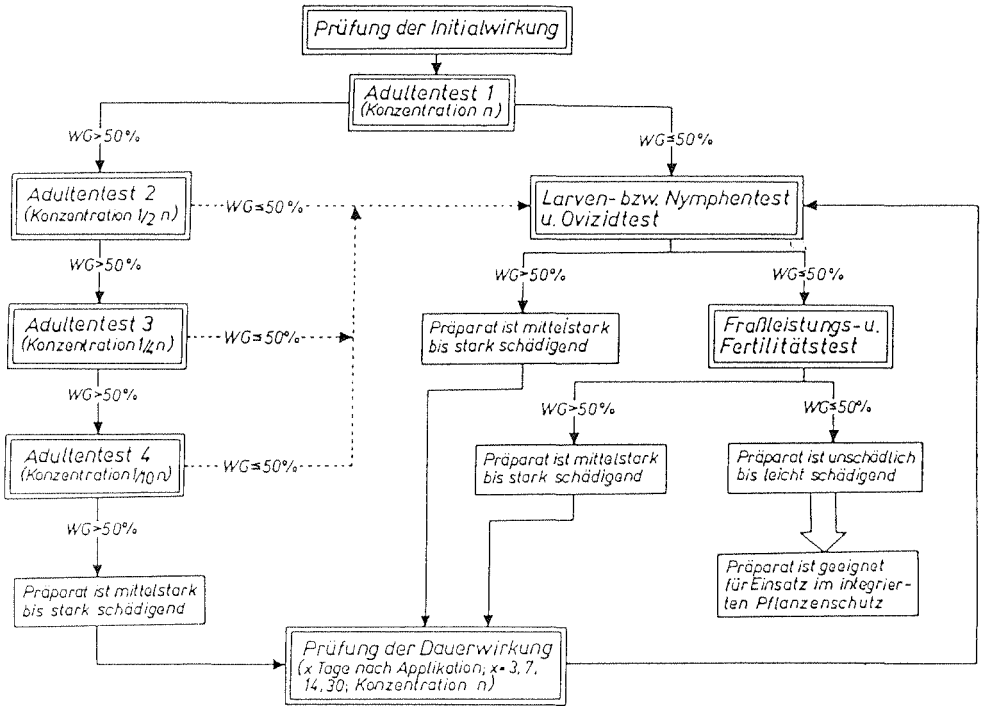


Abb. 51: Stufen der Labortestmethoden zur Untersuchung der Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Raubmilben, WG = Wirkungsgrad (nach BAIER und KARG, 1990).

8. Zusammenfassung

Von 70 Ökosystemen wurde die Artenzusammensetzung der Raubmilben (Parasitiformes, Cohors Gamasina) analysiert. Sowohl aus wirtschaftlich genutzten als auch aus geschützten Landschaftsteilen wurden Indikatorarten und -gruppen ermittelt. Raubmilben besiedeln die oberen Bodenschichten ebenso wie Bereiche der Vegetation bis zu den Baumkronen.

Die mobilen und sensiblen Tiere reagieren empfindlicher auf Umwelteinflüsse als andere Organismen. Durch ihre hoch integrierte Trophiestufe registrieren sie sowohl Störungen als auch Förderungen im Ökosystem. Bei chemisch kontaminierten Agroökosystemen zeigt die Zusammensetzung der Raubmilbenfauna noch Schädigungen an, die Jahre zurückliegen. Sie wirkt als "biologisches Gedächtnis". Eine sukzessive Zunahme empfindlicher Arten registriert die Wiederherstellung des natürlichen Zustandes. Im Boden erweisen sich *Hypoaspis angusta*, auf Obstgehölzen *Euseius finlandicus* als sensible Indikatoren.

Einen großen Teil nehmen Untersuchungen zur Rekultivierung und Wiederbesiedlung ein. Sie umfassen Biotopreihen mit Pionierstadien sowie artenreiche National- und Naturparks. Eine Stufenfolge von Bioindikatoren wird nachgewiesen. Im Pionierstadium dominiert die Familie der Rhodacaridae. Arten der Gattung *Veigaia* und große Vertreter der Unterfamilie Pergamasinae zeigen Stufen der Rekultivierung und Optimierung an. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf Mitteleuropa. Erste Auswertungen weisen aber darauf hin, daß entsprechende Indikatoren auch für weitere geographische Gebiete angewendet werden können.

Diagnosetabellen und Abbildungen ermöglichen das Erkennen der Indikatorarten im Boden und auf der Vegetation. Es werden einfache methodische Anleitungen zur Auslese, Determination sowie für die Laborhaltung und -prüfung gegeben.

Summary

Parasitiforme predatory mites as indicator species for the ecological situation of ecosystems

70 ecosystems are analysed for predatory mites species (Parasitiformes, cohors Gamasina). Indicator species and groups are taken from both agricultural and preserved areas. Predatory mites settle in upper soil layers as well as on plants up to tree tops.

The active and sensitive animals react more sensitively to environmental influences than other organisms. Because of their highly integrated trophic degree they register both disturbances and benefits to the ecosystem. In case of chemically contaminated agro-ecosystems the species composition of predatory mites shows even damage of former years. They act as "biological memory". A successive increase in sensitive species demonstrates the restoration of natural conditions. Sensitive indicators are in soil *Hypoaspis angusta*, on woody fruit plants *Euseius finlandicus*.

The investigations are for a great part concerned with recultivation and resettlement. They include a series of biotopes with pioneer phase as well as species-rich national parks and nature preserves. A graduated succession of bioindicators is documented. The pioneer phase is dominated by the family Rhodacaridae. Species of the genus *Veigaia* and big representatives of the subfamily Pergamasinae indicate phases of recultivation and optimization. The investigations are concentrated on Central Europe. First results point out that corresponding indicators can also be used for other geographic regions.

Diagnostic tables and figures enable the identification of indicator species in soil and on vegetation. We give simple instructions for the selection, determination and breeding and screening in laboratory.

Literaturverzeichnis

- BAIER, B.; KARG, W., 1990: Labortestmethode zur Prüfung der Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die oligophage Raubmilbe *Amblyseius barkeri* (HUGHES) (Acarina, Phytoseiidae). J. Appl. Ent. **110**, 55-62.
- BAIKU, T.; ALEKSANDRESKU, S.; ALEKSANDRI, A.; MERGERIT, A., 1981: Tabliza selektivnosti pesticidov. Inform. bjull. VPS MOBB Leningrad **4**, 16-45.
- BALOGH, J., 1958: Lebensgemeinschaften der Landtiere. Akademie-Verlag, Berlin, 560 S.
- BÜHLMANN, A., 1984: Auswirkungen des konventionellen Landbaus und seiner Alternativmethoden auf die Acari, insbesondere die Gamasida und die Collembola im Lössboden der Nordwestschweiz. Diss. Phil. Nat. Fak. Univ. Basel, 129 S.
- CHANT, D.A., 1959: Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). Part I. Bionomics of seven species in southeastern England. Part II. A taxonomic review of the family Phytoseiidae, with descriptions of thirty-eight new species. Can. Ent. **91**, 166 S.
- CHRISTIAN, A., 1993: Untersuchungen zur Entwicklung der Raubmilbenfauna (Gamasina) der Halden des Braunkohlentagebaues Berzdorf/OL. Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz **67**, 2-64.
- CORINO, L., 1985: Le species di fitoseiidi (Acarina: Phytoseiidae) presenti in vigneti del Piemonte. Vignetivi **12**, 53-58.
- DAVYDOVA, M.S., 1968: Die Gamasides von West-Sibirien. Akademie Nauk, SSSR, Alma-Ata, 43 S.
- DAVYDOVA, M.S.; BELOVA, O.S., 1969: Die Gamasides. Akademie Nauk, SSSR, Novo-Sibirsk, 265-288.
- DUNGER, W., 1978: Parameter der Bodenfauna in einer Catena von Rasen-Ökosystemen. Pedobiologia **18**, 310-340.
- DUNGER, W., 1983: Tiere im Boden. Die Neue Brehm-Bücherei. A. Ziemsen-Verlag Wittenberg Lutherstadt, 280 S.
- EISENBEIS, G. und WICHARD, W., 1985: Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 434 S.
- FRANZ, H., 1950: Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Berlin, Akad.-Verl., 316 S.
- GHILAROV, M.S., 1949: Die Besonderheiten des Bodens als Lebensraum und seine Bedeutung für die Evolution der Insekten. Moskau, Leningrad, 279 S.
- HABERSAAT, U., 1989: Die Bedeutung der Bodenraubmilben als Prädatoren von landwirtschaftlichen Schädlingen am Beispiel von *Hypoaspis angusta* KARG, 1965 (Acari: Gamasina). Diss. ETH Nr. 8943, Eidgenössische Techn. Hochschule Zürich, 87 S.
- HASSAN, S.A., 1988: Aktivitäten im Rahmen der IOBC/COPRS bei der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf Nebenwirkungen gegenüber Nutzorganismen. Schriftenreihe BML, A **365**, 172-184.

HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; CHIVERTON, P.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; LEWIS, G.B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G.; TAVARES, K.; TUSET, J.J.; VIGIANI, G., 1991: Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Entomophaga* **36**, 55-67.

HEUNGENS, A.; VAN DAELE, E., 1979: Toxicity of insecticides and nematodes on soil mites and Collembola in pine litter substrate. *Med. Fac. Landb. Rijksuniv. Gent* **44**, 379-393.

HIRSCHMANN, W.; BERNHARD, F.; GREIM, E.; GÖTZ, H., 1969: Gangsystematik der Parasitiformes, Teil 75, Zwanzig neue *Hypoaspis*-Arten. *Acarologie, Fürth/Bayern*, Folge **12**, 133-144.

HIRSCHMANN, W.; WIŚNIEWSKI, J., 1982: Weltweite Revision der Gattungen *Dendrolaelaps* HALBERT, 1915 und *Longoseius* CHANT, 1961 (Parasitiformes) Band I, *Acarologie, Nürnberg*, Folge **29**, 190 S.

HUTHA, V.; IKONEN, E.; VILKAMAA, P., 1979: Succession of invertebrate populations in artificial soil made of sewage sludge and crushed bark. *Ann. Zool. Fennici* **16**, 223-270.

JUVARA-BALS, I., 1992: Ecosystème verger de pommier: Analyse de l'interaction Gamasida - *Tetranychus urticae* KOCH (Acarie) au niveau du sol et de sa couverture végétale. *École Polytechnique Fédérale de Zurich* No. 9641, 187 S.

KARG, W., 1961: Ökologische Untersuchungen von edaphischen Gamasiden (Acarina, Parasitiformes). *Pedobiologia* **1**, 53-74, **2**, 77-98.

KARG, W., 1963: Bodenbiologische Untersuchungen von Kohlfeldern nach Berechnungen mit HCH- oder Trichlorphon-Präparaten. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd., N.F.* **17**, 157-162.

KARG, W., 1964: Untersuchungen über Wirkungsunterschiede von Lindan, gereinigtem und technischem Hexachlorcyclohexan im Boden unter Verwendung der Mikroarthropoden als Testorganismen. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) N.F.* **18**, 169-178.

KARG, W., 1967: Synökologische Untersuchungen von Bodenmilben aus forstwirtschaftlich und landwirtschaftlich genutzten Böden. *Pedobiologia* **7**, 198-214.

KARG, W., 1969: Der Einfluß verschiedener Fruchtfolgen, insbesondere mit mehrjährigem Klee gras, auf schädliche und nützliche Mikroarthropoden im Boden. *Arch. Pflanzenschutz* **5**, 347-371.

KARG, W., 1971a: Acari (Acarina), Milben, Unterordnung Anactinochaeta (Parasitiformes). Die freilebenden Gamasina (Gamasides), Raubmilben. In: *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 465 S.

KARG, W., 1971b: Untersuchungen über die Acarofauna in Apfelanlagen in Hinblick auf den Übergang von Standardspritzprogrammen zu integrierten Behandlungsmaßnahmen. *Arch. Pflanzenschutz* **7**, 243-279.

KARG, W., 1978: Milben als Indikatoren zur Optimierung von Pflanzenschutzmaßnahmen in Apfelintensivanlagen. *Pedobiologia* **18**, 415-425.

KARG, W., 1982: Untersuchungen über Habitatansprüche, geographische Verbreitung und Entstehung von Raubmilbengattungen der Cohors Gamasina für ihre Nutzung als Bioindikatoren. *Pedobiologia* **24**, 241-247.

- KARG, W., 1989a: Die Bedeutung der Beute- und Wirtsbeziehungen parasitiformer Milben für bodenbiologische Standortanalysen. Gustav Fischer Verlag Jena, *Pedobiologia* **33**, 1-15.
- KARG, W., 1989b: Die ökologische Differenzierung der Raubmilbenarten der Überfamilie Phytoseioidea KARG (Acarina, Parasitiformes). *Jb. Syst.* **116**, 31-46.
- KARG, W., 1993a: Raubmilbenarten in Boden- sowie Vegetationsschichten und ihre Eignung als Indikatoren für Agrochemikalien. *Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* **66**, 126-131.
- KARG, W., 1993b: Acari (Acarina) Milben, Parasitiformes (Anactinochaeta) Cohors Gamasina LEACH, Raubmilben. Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart, 523 S.
- KARG, W., 1994: Raubmilben, nützliche Regulatoren im Naturhaushalt - Lebensweise, Artenbestimmung und Nutzung. Die Neue Brehm-Bücherei, Westarp Wissenschaften, Magdeburg-Bochum, 206 S.
- KARG, W., 1995: Raubmilben als Indikatoren bei der Entwicklung eines ökologisch orientierten Pflanzenschutzes. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd.* **47**, 149-156.
- KARG, W.; GOTTWALD, R.; FREIER, B., 1987: Die Selektivität von Pflanzenschutzmitteln und ihre Bedeutung. *Nachr. Bl. Pflanzenschutz DDR* **41**, 218-223.
- KÜHNELT, W., 1950: Bodenbiologie. Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. Wien, Verl. Herold, 368 S.
- KOEHLER, H., 1984: Methodische, ökologische und experimentelle Untersuchungen zur Sukzession der Mesofauna der Abdeckschicht einer Bauschuttdeponie unter besonderer Berücksichtigung der Gamasina (Acari; Parasitiformes). Diss., Bremen, 309 S.
- KOEHLER, H., 1991a: Zur Reproduzierbarkeit von Befunden zur Entwicklung der Bodenmikroarthropoden während der Anfangsphase von Sekundärsukzessionen. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Osnabrück 1989)* Bd. **XIX/III**, 99-104.
- KOEHLER, H., 1991b: A five year study on the secondary succession of Gamasina on a ruderal site: The influence of recultivation. *Modern Acarology, Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague*, **1**, 373-383.
- KOEHLER, H.; MUNDERLOH, E.; HOFMANN, S., 1992: The terrestrial Mites of Sand Dunes from two Sites of the North-Sea-Coast with special reference to the Gamasina. *Univ. Bremen*, 17 S.
- KROPCZYNSKA, D., 1970: Biologia i ekologia drapieżnego roztocza *Typhlodromus finlandicus* (OUD.) (Acarina: Phytoseiidae). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **109**, 11-42.
- LYRE, H., 1982: Richtlinie für die Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Raubmilben im Weinbau. *Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstwirtschaft., Richtlinien f. die amtl. Prüfung von Pflanzenschutzmitteln*, 5 S.
- MARCHESINI, E.; GAMBARO, P.I., 1989: Indagine sui fitoseiidi nei vigneti della Valpolicella in rapporto ai programmi di difesa. Due specie a confronto: *Amblyseius aberrans* (OUD.) e *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN. *Redia* **72**, 609-621.
- MORGENWECK, G., 1941: Strukturvergleiche von Acker- und Grünland. *Pflanzenbau* **18**, 161-191.
- PALISSA, A., 1964: Bodenzoologie in Wissenschaft, Naturhaushalt und Wirtschaft. WTB, Akademie-Verlag, Berlin **17**, 180 S.

- RAMAKERS, P.M.J., 1987: Control of spider mites and thrips with Phytoseiid predators on sweet pepper. Bull. SROP **X**, 158-159.
- SCHULZ, S., 1991: Die Milbenfauna (Acari: Mesostigmata und Cryptostigmata) in Lebensräumen auf Kalkgestein: Populationsökologie, Sukzession und Beziehungen zum Lebensraum. Ber. des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, **79**, 245 S.
- SCHWEIZER, J., 1956: Die Landmilben des Schweizerischen Nationalparks, 3. Teil: Sarcoptiformes. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des SNP. Bd. **II** (Neue Folge), 165 S.
- SCHWEIZER, J., 1957: Die Landmilben des Schweizerischen Nationalparks, 4. Teil: Ihr Lebensraum, ihre Vergesellschaftung unter sich und ihre Lebensweise. Bd. **IV** (Neue Folge), 88 S.
- STAAY, M. VAN DER, 1989: Chemisch middel somes mogelijk naast bestrijding. Weekblad Groenten en Fruit, 21. April, 32-33.
- THIENEMANN, A., 1920: Die Grundlagen der Biocoenotik und Monards faunistischer Prinzipien. Festschrift für Zschokke, **4**, 1-14.
- TIERENS, D.; FASSOTTE, CH., 1992: Les Acariens Phytoseiidae Recenses sur Feuilles de Pommiers. Le Fruit Belge, Bull. Trimestriel **60**, 437, PC1-PC8.
- WILLMANN, C., 1933-34: Über eine eigenartige Milbenfauna im Küstengrundwasser der Kieler Bucht. Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, **20**, 1-28, 129-186 u. 222-234.
- WILLMANN, C., 1936c: Mitteleuropäische Arten der Gattung *Veigaia*. Zool. Anz. **116**, 249-258.
- WILLMANN, C., 1939: Terrestrische Acari der Nord- und Ostseeküste. Abh. Nat. Ver. Bremen, **31**, 521 S.
- WILLMANN, C., 1949: Das Genus *Arctoseius* SIG THOR, 1930. Abh. Nat. Ver. Bremen (A) **1**, 349-358.
- WILLMANN, C., 1952: Die Milbenfauna der Nordseeinsel Wangerooge. Veröffent. Inst. Meeresf. Bremerhaven **1**, 139-186.
- WILLMANN, C., 1953: Neue Milben aus den östlichen Alpen. Sitzungsber. mathemat.-naturw. Kl., Abt. I, **162**, 449-475.
- WINKELBRANDT, A., 1990: Anforderungen an Bioindikatoren (Tierarten und -gruppen) aus der Sicht von Landschaftsplanung und Fachplanungsbeiträgen von Naturschutz und Landschaftspflege. Schriftenreihe für Landschaftspflege u. Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, **32**, 75-83.
- ZACHARDA, M., 1989: Biology of *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae) in a commercial apple orchard. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin, **278**, 147-152.