©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

carolinea, 50 (1992): 145-170, 15 Abb.; Karlsruhe, 22. 12. 1992

HANS-JOACHIM SCHALLNASS, JÖRG RÖMBKE & LUDWIG BECK

Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 15. Die Doppelfüßer (Diplopoda)

Kurzfassung

Zwischen 1979 und 1985 wurden in einem Moderbuchenwald im Schwarzwald (Stadtwald Ettlingen) die Diplopoden mit Hilfe von Handauslese, Barberfallen und Bodenfotoeklektoren erfaßt. Bei insgesamt 15 Arten und einer durchschnittlichen Abundanz von 24,2 Individuen pro m^2 dominierten *Mycogona germanicum* und *Julus scandinavius*. Abhängig von den Untersuchungsmethoden waren noch *Craspedosoma vomrathi*, *Glomeris marginata*, *Polyxenus lagurus*, *Nemasoma varicorne* und *Chordeuma silvestre* bedeutend. Dieser kalkarme, saure Standort erreichte eine ähnlich hohe Besiedlungsdichte und Artenvielfalt wie sie für Diplopoden von kalkreichen Standorten beschrieben werden.

Die Entwicklung der Populationen wurde stark durch eine warme Trockenperiode im Sommer 1983 geprägt, wobei die verschiedenen Arten unterschiedlich auf die klimatischen Einflüsse reagierten. Die Biologie der einzelnen Arten wird mit Hilfe von Literaturangaben dargestellt.

Von Januar 1982 bis Januar 1984 wurden im zweimonatigem Rhythmus zusätzlich 4 verschiedene Flächen im Untersuchungsgebiet mit je 1 bzw. 5 g/m^2 Pentachlorphenol (PCP) und 2,4,5-Trichlorphenoxiessigsäure (2,4,5-T) belastet. Untersuchungen mit Hilfe von Barberfallen und Bodenfotoeklektoren von 1982 bis 1985 ließen bei keiner Konzentration dieser Umweltchemikalien eine Wirkung auf die Diplopodengesellschaft erkennen.

Abstract

Studies on the Biology of a Beech Wood Soil

15. The Diplopoda

The Diplopoda of a moder beech forest in the Black Forest (Stadtwald Ettlingen) were investigated during the years 1979 to 1985. The Diplopoda were collected by using the method of hand-sorting of square samples, pitfall traps and ground photo-eclectors. In total 15 species were detected and on average an abundance of 24.2 individuals per m^2 was estimated. The dominant species were *Mycogona germanicum* and *Julus scandinavius*. However, dependent on the method chosen to collect the animals *Craspedosoma vomrathi*, *Glomeris marginata*, *Polyxenus lagurus*, *Nemasoma varicorne* and *Chordeuma silvestre* were found in considerable amounts. Concerning size and species composition the Diplopoda fauna of this acidic site with a deficient in lime was similar to other calceric soils.

The Diplopoda population was significantly affected by a severe dryness in the summer of 1983. On species level the climatic impact caused different reactions. The ecological behavior of the species found is discussed on the background of literature data.

Two different concentrations of Pentachlorophenol (1 and 5 g/m^2) and 2,4,5-Trichlorophenoxiaceticacid (1 and 5 g/m^2) were applied to defined plots every second month during the period of January 1982 to January 1984. On the treated sites the Diplopoda fauna was collected by using pitfall traps and ground photo-eclectors from 1982 to 1985. The chemicals did not effect the species pattern and abundance of the Diplopoda.

Autoren

Dipl. Biol. HANS-JOACHIM SCHALLNASS, Battelle-Institut e.V., Am Römerhof 35, D-6000 Frankfurt/Main 90;

Dr. JÖRG RÖMBKE, Battelle-Institut e.V., Am Römerhof 35, D-6000 Frankfurt/Main 90;

Prof. Dr. LUDWIG BECK, Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstr.13, D-7500 Karlsruhe 1.

Die Untersuchung wurde durch Mittel des Bundesministeriums für Forschung und Technologie gefördert.

Inhalt

1. Einleitung 146
2. Untersuchungsgebiet und Methoden 146
2.1 Untersuchungsgebiet 146
2.2 Methoden 146
3. Gesamtfauna 147
3.1 Fangergebnisse und Arteninventar 147
3.2 Phänologie 149
3.3 Siedlungsdichte 149
3.4 Biomasse und Energieumsatz 151
4. Phänologie und Biologie der einzelnen Arten 151
4.1 Polyxenida 151
4.1.1 *Polyxenus lagurus* LINNÉ, 1758 151
4.2 Glomerida 153
4.2.1 *Glomeris marginata* (VILLERS, 1789) 153
4.2.2 *Glomeris conspersa* C. L. KOCH, 1847 155
4.2.3 *Glomeris undulata* C. L. KOCH, 1844 156
4.3. Chordeumatida 156
4.3.1 *Chordeuma silvestre* LATZEL, 1884 156
4.3.2 *Mycogona germanicum* (VERHOEFF, 1892) 157
4.3.3 *Craspedosoma vomrathi* VERHOEFF, 1910 158
4.4. Polydesmida 160
4.4.1 *Polydesmus denticulatus* C. L. KOCH, 1847 160
4.5 Julida 161
4.5.1 *Proteroiulus fuscus* (AM STEIN, 1857) 161
4.5.2 *Nemasoma varicorne* C. L. KOCH, 1847 162
4.5.3 *Julus scandinavius* LATZEL, 1884 163
4.5.4 *Allajulus punctatus* (LEACH, 1815) 163
4.5.5 *Allajulus nitidus* (VERHOEFF, 1891) 164
4.5.6 *Allajulus caeruleocinctus* (WOOD, 1864) 165
4.5.7 *Leptoiulus simplex glacialis* (VERHOEFF, 1892) 166
5. Wirkungen von Umweltchemikalien 166
6. Literatur 169

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

1. Einleitung

Im Rahmen von Untersuchungen zur Rolle der Bodenfauna beim Abbau der Laubstreu wurde auf einem Buchenwaldstandort ca. 15 km südlich von Karlsruhe seit 1976 die streubewohnende Bodenfauna mit verschiedenen Methoden erfaßt. Für die Auswertung der Diplopoden standen dabei vor allem Quadratproben, Barberfallen- und Fotoeklektorfänge zur Verfügung (vgl. FRIEBE 1983).

Noch immer wird das Auftreten von Diplopoden mit einem hohen Kalkgehalt im Boden in Verbindung gebracht. Für den Buchenwald im Solling schreibt WEIDEMANN (1986: 221): "Asseln traten überhaupt nicht auf; eine Diplopodenart, *Mycogona germanicum*, wurde vereinzelt gefunden. Der Grund hierfür ist vor allem in den extrem niedrigen pH-Werten des Bodens und der damit verknüpften Kalziumverfügbarkeit zu suchen;
und ELLENBERG (1986: 420): "Kennzeichnend für alle kalkarmen, stark sauren Waldböden ist das fast völlige Fehlen von Gehäuseschnecken, Asseln und Doppelfüßern."

Der Standort der vorliegenden Untersuchung weist auf einer sauren, oligotrophen Braunerde mit einer zum Rohhumus tendierenden Moderstreu ähnliche Bedingungen wie im Solling auf. 15 Arten und eine geschätzte Abundanz von 24 Individuen pro m^2 läßt aber keinen direkten Zusammenhang zwischen Kalkgehalt des Bodens und dem Vorkommen von Diplopoden vermuten. Darauf weisen auch andere Untersuchungen von THIELE (1959), SEIFERT (1961), DUNGER (1983) u. a. hin.

Die vorliegende Untersuchung konzentrierte sich auf folgende Punkte: (1) Besiedlung und Entwicklung der Diplopodengesellschaft; (2) Entwicklung der Populationen einzelner Arten im Jahresverlauf; (3) Aktivitätsverhalten einzelner Arten im Jahresverlauf; (4) Einfluß des Klimas auf die Entwicklung der Diplopodengesellschaft und Auswirkungen auf einzelne Arten.

Durch die Belastung einzelner Versuchsflächen mit PCP und 2,4,5-T im Rahmen einer ökotoxikologischen Studie (BECK et. al. 1988) konnte auch die Reaktion dieser Tiergruppe auf Umweltchemikalien am natürlichen Standort beobachtet werden.

Messungen zur Respiration einzelner Arten im Labor lieferten Anhaltspunkte für die Rolle dieser Tiergruppe beim Dekompositionsprozeß.

2. Untersuchungsgebiet und Methoden

2.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 15 km südlich von Karlsruhe auf einer Höhe von 320-340 m ü. N.N. an einem NO- Hang mit 13° mittlerer Neigung. Die Böden des Gebietes bestehen aus sauren, oligotrophen Braunerden. Die Bodenstreu, bestehend aus der gut unterscheidbaren L-, F- und H-Schicht hat eine Mächtigkeit von maximal 10 cm. Darauf folgt der 10-20 cm starke Ah- Horizont (BECK & MITTMANN 1982, FRANKE & BECK 1989).

Der pH-Wert beträgt im Auflagehorizont 3,8 bis 4,7 (H_2O), im steinigen und tiefgründigen Mineralboden 3,1 bis 4,2 ($CaCl_2$). Auf diesem nährstoff- und basenarmen Standort hat sich ein Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) entwickelt. Neben der stark dominierenden Rotbuche (*Fagus sylvatica*), die durch ihre starke Beschattung keinen Unterwuchs aufkommen läßt, ist die Traubeneiche (*Quercus petraea*) mit geringer Deckung am Aufbau des Waldes beteiligt.

Zwischen 1981 und 1985 betrug die tiefste gemessene Temperatur in 2 cm Tiefe -4,6°C und die höchste gemessene Temperatur 22,8°C (vgl. Abb. 1).

2.2. Methoden

Fangmethoden, Standardprogramm

Von Juni 1976 an wurden monatlich in der Regel 12 Barberfallen bündig mit der F-Schicht vergraben. Als Fangflüssigkeit diente etwa 4 %iges Formol mit einem kleinen Zusatz eines Benetzungsmittels (Spüli). Die Expositionszeit betrug 1 Woche an stets den gleichen Stellen.

Von Oktober 1977 bis März 1986 mit einer Unterbrechung von Juli 1981 bis Oktober 1981 wurden zusätzlich zwei verschiedene Typen von Bodenfotoeklektoren eingesetzt:

1.) Umgekehrte Trichter aus lichtundurchlässigem Plastik mit einer Grundfläche von 0,2 m^2;

2.) ein aus schwarzem Zeltstoff gebauter Typ, der einem Miniatur-Hauszelt ähnelt. Die Grundfläche betrug 1 m^2 Beide Typen entsprechen den von FUNKE in zahlreichen Untersuchungen verwendeten Bodenfotoeklektoren (FUNKE 1971).

Als Fangflüssigkeit wurde gesättigte Pikrinsäure mit einem kleinen Zusatz an Salpetersäure verwendet. Die Fotoeklektoren fingen kontinuierlich, wobei in der Regel monatlich einmal die Fanggefäße ausgetauscht und nur die kleinen Eklektoren auf eine andere Stelle umgesetzt wurden. Bis Juni 1981 wurden ausschließlich 12 kleine, trichterförmige Eklektoren auf der Standard-Untersuchungsfläche eingesetzt, ab November 1981 5 Trichtertypen und 1 großer Eklektor. Ergänzend wurden an 2 Buchenstämmen Baumfotoeklektoren angebracht, deren Fangdosen etwa 1 Jahr lang in unregelmäßigen Abständen entleert wurden mit dem Ziel, das Artenspektrum des Buchenwaldes möglichst vollständig zu erfassen.

Seit Januar 1977 wurden monatlich Quadratproben der Bodenstreu entnommen. Hierbei wurden mit Hilfe eines Stechrahmens von 33 cm Kantenlänge 3 Proben der organischen Auflage ausgestochen, vor Ort in die L-, F- und H- Schicht getrennt und als Mischprobe der einzelnen Schichten von je 1/3 m^2 anschließend im Labor weiterverarbeitet. Als Extraktionsmethoden wurden Handauslese und anschließende Berlese-Extraktion eingesetzt.

Detaillierte Angaben zur Methodik findet man bei BECK & MITTMANN (1982) und FRIEBE (1983).

Chemikalienprogramm

Zwei je 200 m^2 großen Versuchsflächen (10 x 20 m) wurden umzäunt und jeweils zur Hälfte mit einer Dosis von 1 g/m^2 bzw. 5 g/m^2 mit Pentachlorphenol (PCP) bzw. 2,4,5-Trichlorphenoxiessigsäure (2,4,5-T) von Januar 1982 bis letztmalig Januar 1984 im 2-monatigen Rhythmus belastet (BECK et al. 1988; ZIETZ et al. 1987). Alle Flächen des Chemikalienprogramms lagen eng beieinander in etwa 100 m Entfernung von der Fläche des Standardprogramms, getrennt durch einen unbefestigten Waldweg.

Von Februar 1982 bis Dezember 1985 wurden pro Fläche 10 Barberfallen für jeweils 14 Tage exponiert sowie 5 kleine und 1 großer Eklektor monatlich entleert.

Die Quadratproben entfielen im Chemikalienprogramm. Als

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

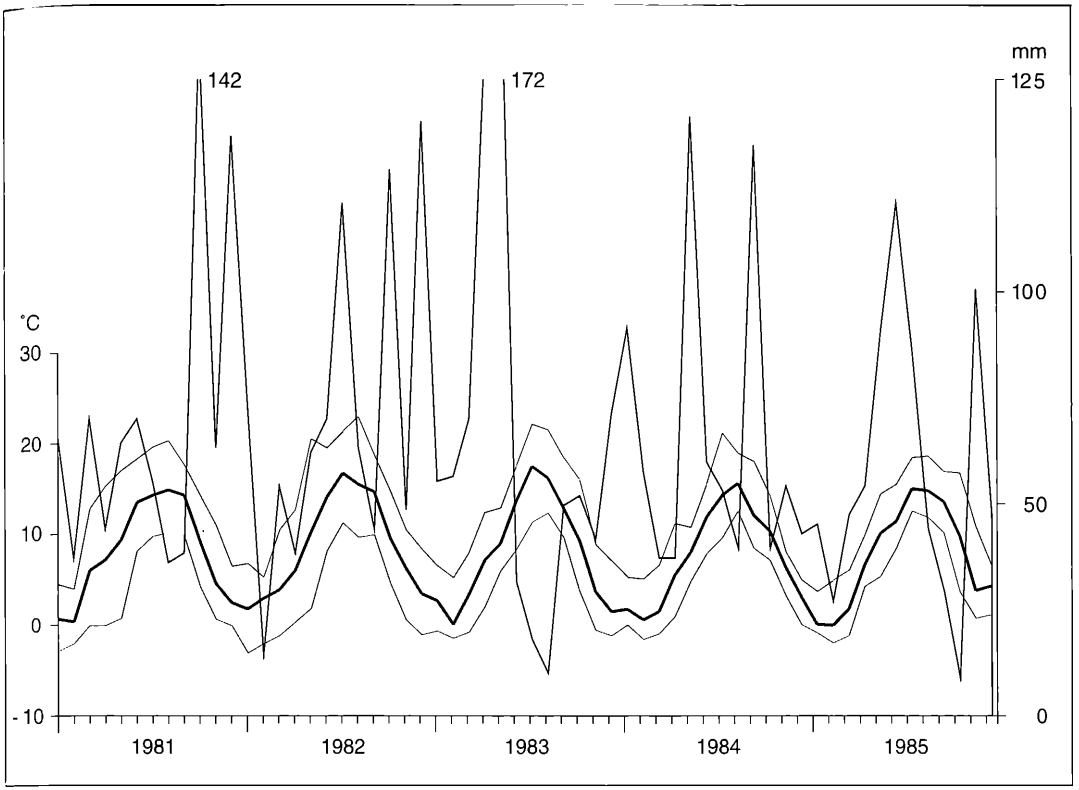

Abbildung 1. Niederschlagsmengen im Bestand (Kronentrauf) für die Jahre 1981 bis 1985 in Form von Monatssummenwerten. Die Temperaturkurve gibt die Monatsmittelwerte sowie die jeweiligen absoluten Maxima und Minima in 2 cm Bodentiefe wieder. Nur 1983 lagen die Niederschläge von Juni bis August unter 30 mm Kronentrauf bei gleichzeitig hohen Temperaturen, was auf die Diplopodenfauna starke Auswirkungen hatte.

Kontrolle diente bei den Eklektoren die Probenserie des Standardprogramms. Bei den Barberfallen stand neben den Fallen des Standardprogramms zusätzlich eine eigene Kontrollfläche direkt neben den Chemikalienplots zur Verfügung. Die Bauweise der Fallen und die Fangflüssigkeiten entsprachen dem Standardprogramm.

Bestimmungstechnik

Alle Tiere wurden bis zur Bestimmung in 70 %igem Alkohol aufbewahrt. Zur Bestimmung wurden von den meisten Arten Gonopoden der Männchen präpariert, in Polyvinyl-Lactophenol auf Objektträgern eingebettet und unter dem Mikroskop ausgewertet. Nachdem so das Artenspektrum am Standort erfaßt war, konnten die Weibchen und Jungtiere unter einer Stereolupe bei 30-80 facher Vergrößerung problemlos nach äußeren morphologischen Merkmalen zugeordnet werden. Herr J. P. MAURIÈS vom Muséum National d' Histoire Naturelle, Paris, übernahm dankenswerterweise die Nachbestimmung ausgewählter Exemplare.

3. Gesamtfauna

3.1. Fangergebnisse und Arteninventar

Mit den einzelnen Methoden wurden insgesamt 3449 Tiere gefangen (Tab. 1).

Quadratproben

In den Quadratproben fielen insgesamt 512 Tiere aus 8 Arten an. Mit knapp 90% Anteil ist *M. germanicum* dabei hochdominant, woran allein die Jungtiere mit ca. 78% beteiligt sind. Es folgen *P. lagurus* (ein Rindenbewohner !) mit 4%, *C. vomrathi* mit 1.9%, *J. scandinavius* mit 1.5% und *C. silvestre* mit 1.1%. Alle anderen Arten bleiben unter 1 %. Dieses Bild würde sich noch weiter zu Gunsten von *M. germanicum* verschieben, wenn ein außergewöhnlicher Einzelfang mit 50 Tieren von *P. lagurus* im September 1981 nicht berücksichtigt würde.

Barberfallen

Mit den Barberfallen wurden insgesamt 1440 Tiere gefangen. Im Vergleich zu den anderen Methoden enthielten sie die höchste Artenzahl; alle 15 im Untersuchungsgebiet festgestellten Arten wurden auch oder aus-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 1. Insgesamt bestimmte Tiere im gesamten Programm.

Art	juv.	♂	♀	Σ
Polyxenus lagurus	143		57	200
Glomeris marginata	4	135	64	203
Glomeris conspersa		4	1	5
Glomeris undulata	1		5	6
Chordeuma silvestre	13	8	41	62
Mycogona germanicum	745	740	453	1938
Craspedosoma vomrathi	65	163	104	332
Polydesmus denticulatus	8	3	3	14
Julus scandinavius	77	286	172	535
Allajulus punctatus	7	9	13	29
Allajulus nitidus			3	3
Allajulus caeruleocinctus		1	1	2
Leptoiulus simplex		3		3
Proteroiulus fuscus			2	2
Nemasoma varicorne	2	33	80	115
Summe	1065	1385	999	3449

Quadratproben:	512	Tiere
Barberfallen:	1440	Tiere
Fotoeklektoren:	1488	Tiere
Baumeklektoren:	8	Tiere
	(1	Tier konnte keiner Methode zugeordnet werden)
Summe:	3449	Tiere

*** = nur Weibchen gefangen (parthenogenetische Art)

schließlich mit Barberfallen gefangen.

Die folgenden Werte wurden auf der Probenfläche des Standardprogramms ermittelt, Werte in Klammern beziehen sich auf die Summe der Tiere aller Flächen des Chemikalienprogramms. Die dominante Art bleibt *M. germanicum* mit 51.6% (38.5%), jedoch beträgt der Jungtieranteil nur 17.2% (21%). Die Adulttiere sind also deutlich aktiver als die Jungtiere, wobei Männchen 2 bis 3 mal so häufig wie Weibchen gefangen werden. *G. marginata* ist mit 14.5% (10.6%) an den Barberfallenfängen beteiligt. *J. scandinavius* erreicht auf der Fläche des Standardprogramms nur 12.5%, während im Chemikalienprogramm mit 35.8% nahezu die Werte von *M. germanicum* erreicht werden. Nennenswert sind noch *C. vomrathi* mit 7.9% (6.4%) und *C. silvestre* mit 6% (3.5%). Alle anderen Arten bleiben unter 2%.

Für den Zeitraum von April 1982 bis Januar 1983 lassen sich die Probennahmen auf allen Versuchsflächen parallelisieren. Dabei ergibt sich für die Art *J. scandinavius*, die nur mit dieser Methode repräsentativ erfaßt wird, das in Tabelle 2 dargestellte Bild. Der Trend, daß auf der Fläche des Standardprogramms von *J. scandinavius* deutlich geringere Fangzahlen zu verzeichnen sind, setzt sich auch an anderen Probennahmeterminen fort. Man kann vermuten, daß die Populationsdichte zumindest dieser Art auch auf einem homogenen Buchen-

Tabelle 2. Summe der gefangenen Tiere von *Julus scandinavius* von April 1982 bis Januar 1983

Fläche	Individuen/10 BF	14 d
Standardprogramm		13,6
Kontrolle	Chemikalienprogramm	20,0
1 g 2,4,5-T / m^2		27,4
5 g 2,4,5-T / m^2		27,1
1 g PCP / m^2		21,5
5 g PCP / m^2		20,4

waldstandort stark schwanken kann, wobei künstliche Hindernisse wie Waldwege evtl. eine nennenswerte Barriere darstellen.

Die aggregierte Verteilung erschwert die Beschreibung der Diplopodenzönose, z. B. deren Dominanzstruktur, erheblich.

Fotoeklektoren

Von den absoluten Fangzahlen der Untersuchung her sind mit den Fotoeklektoren die meisten Tiere gefangen worden (1488), obwohl dieser Fallentyp dem Verhalten von Diplopoden insgesamt nicht entspricht. Zwar können einzelne Arten wie *P. lagurus* oder *N. varicorne* zu den Stratenwechslern gerechnet werden, doch wurden immerhin noch 12 andere Arten in diesen Proben nachgewiesen.

M. germanicum ist mit 42.3% (im Chemikalienprogramm 55.7%) vertreten. *P. lagurus* kommt als Rindenbewohner, bei dem Vertikalbewegungen zum natürlichen Verhaltensmuster zählen, auf 29.5% (11.9%). Ein einzelner Fang von 81 Tieren dieser Art im November 1984 verzerrt allerdings die Dominanzstruktur auf der Fläche des Standardprogramms. Es folgt *C. vomrathi* mit 11.1% (15.7%), die ebenfalls häufig auf Bäumen anzutreffende Art *N. varicorne* mit 7.3% (5.6%), *J. scandinavius* mit 6.6% (8.3%) und *G. marginata* mit 2.2% (1.3%). Alle anderen Arten blieben unter 2 %.

Da unter der Fläche eines Fotoeklektors ein anderes Mikroklima als auf den Freiflächen zu erwarten ist, können keine direkten Rückschlüsse auf Siedlungsdichten gezogen werden. Die beiden verwendeten Bautypen zeigen zusätzlich deutlich unterschiedliche Fangzahlen: Im Durchschnitt enthält ein kleiner Fotoeklektor während der Laufzeit des Chemikalienprogramms 1,183 Tiere und ein großer Fotoeklektor 0,458 Tiere. Bezieht man diese Werte auf die unterschiedliche Grundfläche, fängt der Trichtertyp 12,9 mal mehr Tiere. Neben Unterschieden im Mikroklima ist sehr wahrscheinlich der Bautyp für diese Differenz verantwortlich. Die großen Bodeneklektoren können nur mit einiger Mühe "bezwungen" werden, denn die Tiere mußten, um in das Fanggefäß zu gelangen, nahezu "über Kopf" die letzte Wegstrecke zurücklegen, während bei dem Trichtertyp nur ein Winkel von etwas mehr als 90° zu bewältigen ist. Auch das unterschiedliche Verhältnis von Bodenfläche unter dem Eklektor zur Kontaktfläche des Eklektors zum Boden,

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

die Wegstrecke vom Boden des Eklektors zum Fanggefäß sowie das unterschiedliche Material könnten eine Rolle spielen. Außerdem wurden die kleinen Eklektoren monatlich umgesetzt, während die großen ein Jahr lang an der gleichen Stelle blieben.

3.2. Phänologie

Zur Darstellung der Phänologie der Gesamtfauna wie auch der einzelner Arten (s. Kap. 4) wurden sowohl die Daten des Standardprogramms als auch die des Chemikalienprogramms herangezogen, da die Chemikalienapplikation auf die Arten der Diplopoden keinen Einfluß hatte. Die Daten aus Monaten mit fehlender Beprobung wurden jeweils aus dem Mittelwert der angrenzenden Monate generiert.

Die Abbildung 2 gibt den Verlauf der Besiedlung des Standorts durch Diplopoden insgesamt während des Untersuchungszeitraums wieder. Die Kurven werden eindeutig von *M. germanicum* dominiert (vgl. Abb. 7). Der Gipfel der Fotoeklektorfänge im November 1984 liegt in einem Massenfund von *P. lagurus* begründet (vgl. Abb. 3). Allgemein auffallend ist der ausgeprägte Jahresrhythmus und der Rückgang der Fangzahlen nach der Trockenperiode von Juni bis August 1983 bei Barberfallen und Quadratproben. Die Fotoeklektorfänge reagieren dagegen erst 1984 auf die extremen Klimabedingungen von 1983, was evtl. mit einem anderen Mikroklima unter diesem Fallentyp (Verdunstungsschutz) erklärt werden kann.

Die meisten Arten überwintern an geschützten Stellen (unter Steinen, Holzstubben, im Mineralboden etc.). Von den Glomeriden und besonders den Juliden ist bekannt, daß sie sich im Winter recht tief in den Boden eingraben können (DUNGER 1983). Da die Quadratproben aber bewußt nur an den Stellen genommen wurden, wo quasi "reine Streu" vorlag, werden die Diplopoden zumindest in den Wintermonaten nicht adäquat erfaßt. Deshalb müssen unsere Kenntnisse über die genauen Standortverhältnisse beispielsweise zur Siedlungsdichte lückenhaft bleiben. Aktivitätsbezogene Methoden wie Barberfallen und Fotoeklektoren können diese Lücke nicht schließen. Da die Quadratproben stets vormittags genommen wurden, lassen sich auch keine Rückschlüsse auf tagesperiodische Wanderungsaktivitäten einzelner Arten ziehen. Eine Erhöhung der Probengröße bzw. der Zahl der Parallelen erscheint für Diplopoden angebracht.

3.3. Siedlungsdichte

Die Siedlungsdichte der einzelnen Arten im Ettlinger Stadtwald läßt sich unter Berücksichtigung der verwendeten Methoden und der Biologie der Arten besonders in den Wintermonaten nur abschätzen (Tab. 3). Deshalb wurden die Fangergebnisse der Quadratproben zugrundegelegt und artspezifisch modifiziert. Bei *M. germanicum* beispielsweise blieben die Wintermonate unberücksichtigt, da in dieser Zeit die Probennahmetechnik nicht der Biologie dieser Art (Rückzug in geschützte Stellen) gerecht wird. *P. lagurus* wurde auf 1, *N. varicorne* auf 0,2 Individuum pro m² geschätzt. Sie werden als Rindenbewohner mit keiner Methode adäquat erfaßt. Insgesamt ergibt sich somit eine durchschnittliche Abundanz von 24,2 Individuen pro m².

Tabelle 3. Geschätzte Siedlungsdichte der einzelnen Arten im Untersuchungsgebiet.

Art	Tiere pro m²
Polyxenus lagurus	1,0
Glomeris marginata	0,2
Glomeris conspersa	
Glomeris undulata	
Chordeuma silvestre	0,2
Mycogona germanicum	21,5
Craspedosoma vomrathi	0,4
Polydesmus denticulatus	0,1
Julus scandinavius	0,5
Allajulus punctatus	0,1
Allajulus nitidus	
Allajulus caeruleocinctus	
Leptoiulus simplex	
Proteroiulus fuscus	
Nemasoma varicorne	0,2

Verglichen mit anderen Untersuchungsgebieten weist der Ettlinger Stadtwald eine relativ hohe Gesamtartenzahl auf, während die Abundanzen unter dem Durchschnitt anderer Waldökosysteme liegen. Im Harz wurden bei Barberfallenfängen von 2314 Individuen an 15 verschiedenen Standorten von STEINMETZGER (1982) lediglich 13 Arten nachgewiesen. Im südsiebenbürgischen Hügelland konnten CEUCA et al. (1983) dagegen 23 Arten aus 994 Exemplaren bestimmen. Sie setzten ebenfalls Barberfallen in allerdings unterschiedlichen Biotopen ein. DAVID (1986) ermittelte Populationsdichten von 100 bis 1000 Tieren pro m² mit 9 bis 11 Arten auf drei Untersuchungsflächen in Frankreich. Die Abundanzen wurden aus jeweils ca. 50 extrahierten Individuen hochgerechnet und können so nur bedingt zum Vergleich herangezogen werden. Ein Buchenwald in England mit einem pH-Wert von 7,3 bis 8,0 wurde von 11 Arten und 7,37 Tieren pro m² besiedelt.

Der Untersuchung lagen Quadratproben- und Barberfallenfänge zugrunde (PHILLIPSON & MEYER 1984). Dieser kalkhaltige Boden erreichte nicht einmal die Siedlungsdichten des Ettlinger Stadtwaldes, obwohl auf neutralen oder basenreichen Standorten in der Regel höhere Artenzahlen und 50 bis 700 Tiere pro m² anzutreffen sind (TISCHLER 1955). Für verschiedene Buchenwälder nennt GEOFFROY (1981) in einem Literaturüberblick Zahlen zwischen 27 und 80 Individuen pro m². Bei Quadratproben in einem österreichischen Eichenmischwald wurden sogar Werte von 1127 Tieren pro m² (11,6 % der gesamten Makrofauna) und 1457 mg/m² Trockengewicht (TG) ermittelt (MEYER et al. 1984)

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

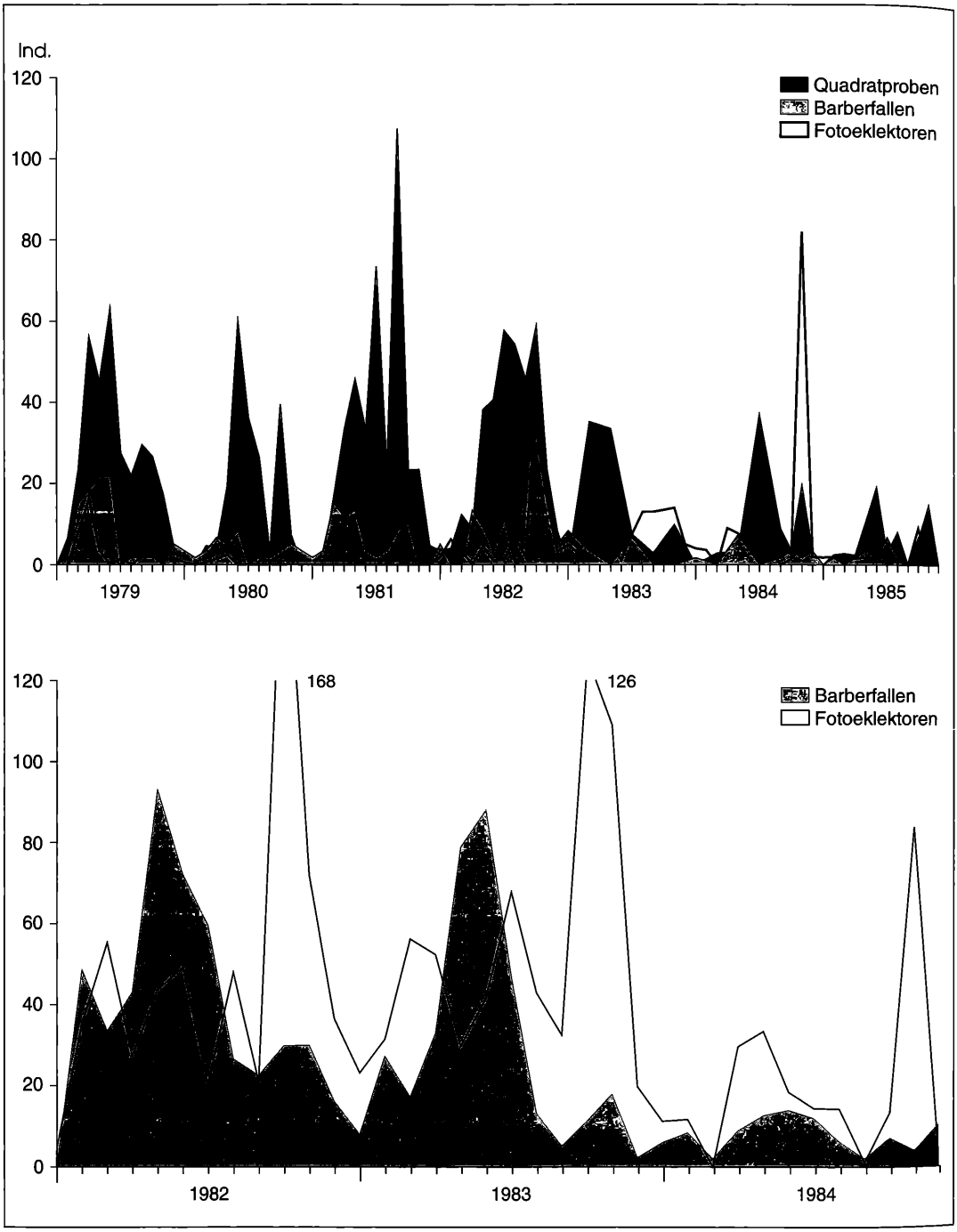

Abbildung 2. Summe der Diplopoden im Moderbuchenwald des Stadtwalds Ettlingen bei monatlicher Probennahme im Standardprogramm und im Chemikalienprogramm. – oben: Standardprogramm 1979-1985: Abundanzen der Quadratprobenfänge in Individuen pro Quadratmeter, der Barberfallen in Individuen pro 10 Fallen und 14 Tage Expositionsdauer, der Fotoeklektoren in Individuen pro 5 kleinen + 1 großen Eklektor bei 28 Tagen Expositionsdauer. – unten: Chemikalienprogramm 1982-84: Die Daten sind auf der gleichen Basis wie im Standardprogramm normiert, jedoch alle Probenflächen kumulativ zu jedem Zeitpunkt aufaddiert.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

3.4. Biomasse und Energieumsatz

Aus Literaturangaben (PETERSEN & LUXTON 1982) und eigenen Wägungen an den dominanten Arten der Diplopoden läßt sich eine durchschnittliche Biomasse von 140 mg/m^2 abschätzen (SCHALLNASS 1989). Dabei sind die Jungtiere und die einzelnen Arten mit ihren spezifischen Biomasseanteilen berücksichtigt worden.

Stoffumsatz über Biomasseberechnungen:
Bei einem täglichen Nahrungsbedarf von etwa 10 % des Körpergewichtes können die Diplopoden ca. 5 g Streumaterial an diesem Standort umsetzen (PETERSEN & LUXTON 1982). Das entspricht knapp 1 % des durchschnittlichen jährlichen Bestandsabfalls von 534 g TG/m^2 (BECK & MITTMANN 1982). Aufgrund der wie bei den meisten Saprophagen geringen Effizienz der Darmpassage dürften nur 10 % der aufgenommenen Menge energetisch genutzt werden (REICHLE 1971), woraus folgt, daß im Stadtwald Ettlingen ca. 0,1 % der jährlich anfallenden Streu durch Diplopoden veratmet werden.

Stoffumsatz über Respirationsberechnungen
An einem Warburg-Apparat mit piezoelektrischen Drucksensoren wurde in 5 Meßreihen an jeweils 12 Tieren dreier dominanter Arten bei 3 unterschiedlichen Temperaturen der Sauerstoffverbrauch gemessen (Tab. 4).
Unter Berücksichtigung von Biomasse, Ruhephasen, Temperatureinflüssen u. a. wird der durchschnittliche Verbrauch auf 28 µl O_2 / m^2 h oder 0,25 l O_2 / m^2 · a bei 200 µl O_2 /gTG h geschätzt. Diese Ergebnisse entsprechen den Angaben von BYZOVA (1967) und PHILLIPSON (1967).
Bei einem oxikalorischen Äquivalentwert von 20 KJ/l O_2 veratmen die Diplopden ca. 5 kJ / m^2 a. Da die durchschnittliche jährliche Streuproduktion einen Energieeintrag von ca. 10.900 kJ / m^2 a liefert (BECK & MITTMANN 1982), werden etwa 0,05% davon von den Diplopoden veratmet. Nimmt man an, daß zur Abdeckung dieses Energiebetrages etwa das 10-fache an Nahrung aufgenommen werden muß, werden pro Jahr ca. 0,5 % des jährlichen Bestandsabfalls umgesetzt, was gut mit den Abschätzungen der Konsumtion über die Biomasseberechnung übereinstimmt.
Energetisch gesehen dürften die Diplopoden mit diesem kleinen Anteil (ca. 1 % der gesamten tierischen Atmung) am gesamten Energiekreislauf des Bodens nahezu bedeutungslos sein (PETERSEN & LUXTON 1982, RÖMBKE 1988). Wie allgemein in solchen Moderwäldern, stellt die Makrofauna im Stadtwald Ettlingen – im Gegensatz zu Mullwäldern (SCHAEFER 1990) – zusammen höchstens 3 % der Respiration (BECK 1989).
Aber auch in Mesofauna-dominierten Böden wie in der vorliegenden Untersuchung kann die Relevanz einer Tiergruppe für die Dekomposition des Bestandesabfalls nicht allein quantitativ, z.B. durch ihren Anteil an der Respiration, bestimmt werden. Qualitative Einflüsse wie die Regulation der Mikroflora, z.B. durch die Beimpfung frischen Streumaterials, können ebenso wichtig wie ein hoher Energieumsatz sein (SWIFT et al. 1979). Es dürfte methodisch aber äußerst schwierig sein, diesen Effekt der Diplopoden im komplexen Wirkungsgefüge der Bodenbiozönose nachzuweisen. Darüber hinaus dürfte ihnen aber aufgrund ihrer Körpergröße eine gewisse Rolle bei Prozessen wie der mechanischen Aufarbeitung und Durchmischung der Streu zukommen (ZACHARIAE 1965).

Tabelle 4. O_2-Verbrauch in µl / gTG Stunde in Abhängigkeit von der Temperatur

Art	5°C	10°C	15°C
J. scandinavius	126	217	228
A. punctatus	112	204	208
M. germanicum	190	300	386

4. Phänologie und Biologie der einzelnen Arten

Im Folgenden sind die Barberfallenfänge auf die Anzahl von 10 Fallen und die Expositionsdauer von 14 Tagen, die Fotoeklektorfänge auf die Anzahl von 5 kleinen Eklektoren und 1 großen und eine Expositionsdauer von 28 Tagen normiert. Bei der Darstellung der Jugendstadien im Jahresverlauf von *C. silvestre*, *M. germanicum* und *C. vomrathi* wurden sämtliche gefangenen Tiere unabhängig von der Methode und einer Normierung der Daten nach dem Monat der Probennahme aufsummiert.
Die Einteilung in die verschiedenen Stadien der Jungtiere erfolgte nach SCHUBART (1934), indem die Tiere nach ihrer Segmentzahl jeweils einem Stadium zugeordnet wurden.
Einen aktuellen Überblick zur Nomenklatur und Systematik gibt HOFFMANN (1979).

4.1. Polyxenida

4.1.1 *Polyxenus lagurus* LINNÉ, 1758

Im Untersuchungsgebiet vermehrt sich *P. lagurus* ausschließlich parthenogenetisch, während in Skandinavien, Holland und Südfrankreich beide Geschlechter vorkommen (ENGHOFF 1978a). Neben Europa zählt auch Nordafrika mit Fundorten selbst in der Sahara zum Verbreitungsgebiet der weitverbreiteten, wärmeliebenden und trockenresistenten Art (CEUCA et al. 1983; BLOWER 1958; SCHUBART 1934). Sie kommt vorwiegend unter Baumrinde und an Baumstümpfen und seltener unter Moos und Steinen vor (THIELE 1968; HAACKER 1968b; SCHUBART 1934). An Bäumen kann die nur 2-3 mm große Art auch in großer Höhe gefunden werden (HAACKER 1968a).
Die Weibchen legen zwischen 8 und 25 Eier; ihre Lebenserwartung liegt bei 2 bis 3 Jahren. Die Nahrung besteht hauptsächlich aus Algen (SEIFERT 1961). Der Wasserhaushalt ist optimal auf die schwierigen Lebensbedingungen abgestimmt (EISENBEIS & WICHARD 1985). GYÖRGY (1982) ermittelte Aktivitätsmaxima in der Nacht zwischen 20 und 8 Uhr.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

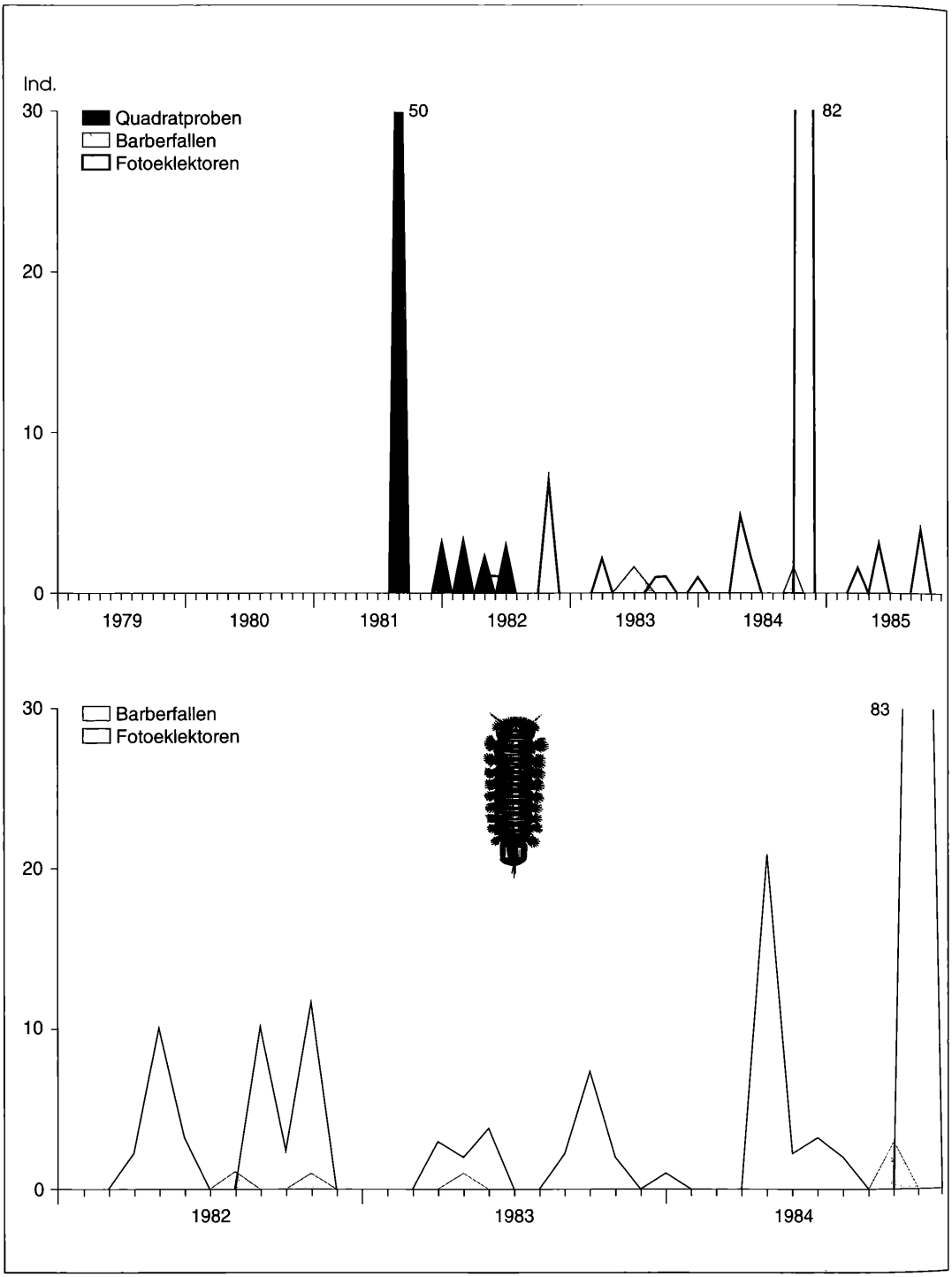

Abbildung 3. *Polyxenus lagurus*. – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

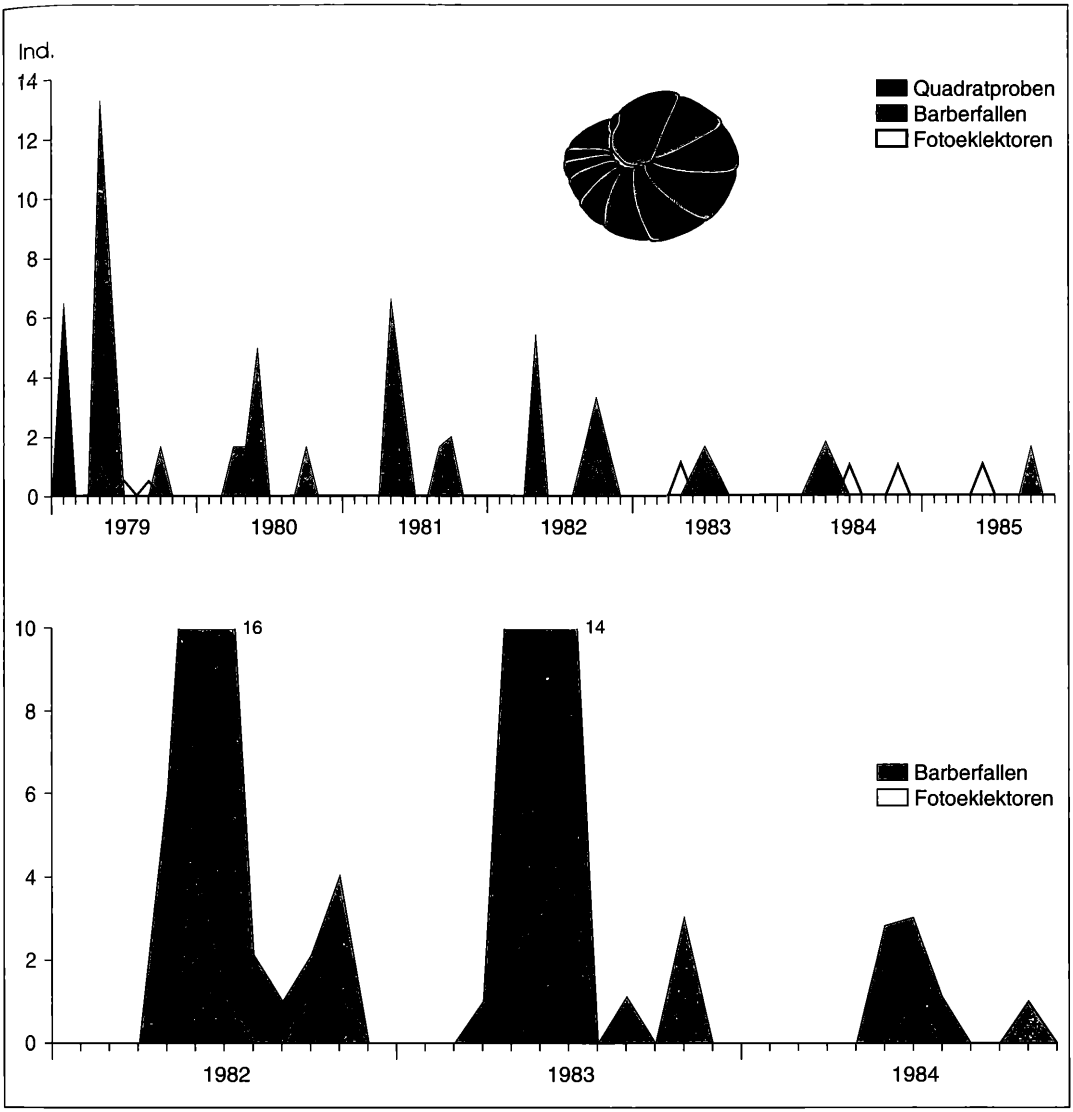

Abbildung 4. *Glomeris marginata*. – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-1982. Weitere Erklärungen siehe Abb. 2.

Die hohen Fangzahlen der Fotoeklektoren erklären sich aus der Biologie dieser Art, denn als Rindenbewohner klettern die Tiere häufig nach oben. Quantitativ wird *P. lagurus* mit keiner Methode erfaßt. Im Herbst sammeln sich häufig alle Stadien am Fuße von besiedelten Bäumen unter Rinde, um den Winter zu überdauern (SEIFERT 1961).

Sowohl Jungtiere als auch Adulti werden das ganze Jahr über gefangen. Besonders die Fotoeklektorenfänge des Chemikalienprogramms belegen, daß die Trockenperiode im Sommer 1983 auf diese Art keinen Einfluß ausgeübt hat. Während in den Quadratproben hauptsächlich Weibchen gefangen wurden (92 %), dominieren in den Fotoeklektoren die Jungtiere (79 %).

4.2. Glomerida

4.2.1 *Glomeris marginata* (VILLERS, 1789)

In vielen Gegenden verlieren auch die adulten Tiere ihre Jugendzeichnung nicht und werden als "forma perplexa" beschrieben (HAACKER 1968b, BLOWER 1958), was die Bestimmung erschweren kann.

Diese in ganz Westeuropa von Spanien bis nach Skandinavien verbreitete Art soll nach SCHUBART (1934) eine enge Bindung an feuchte Standorte und besonders an

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

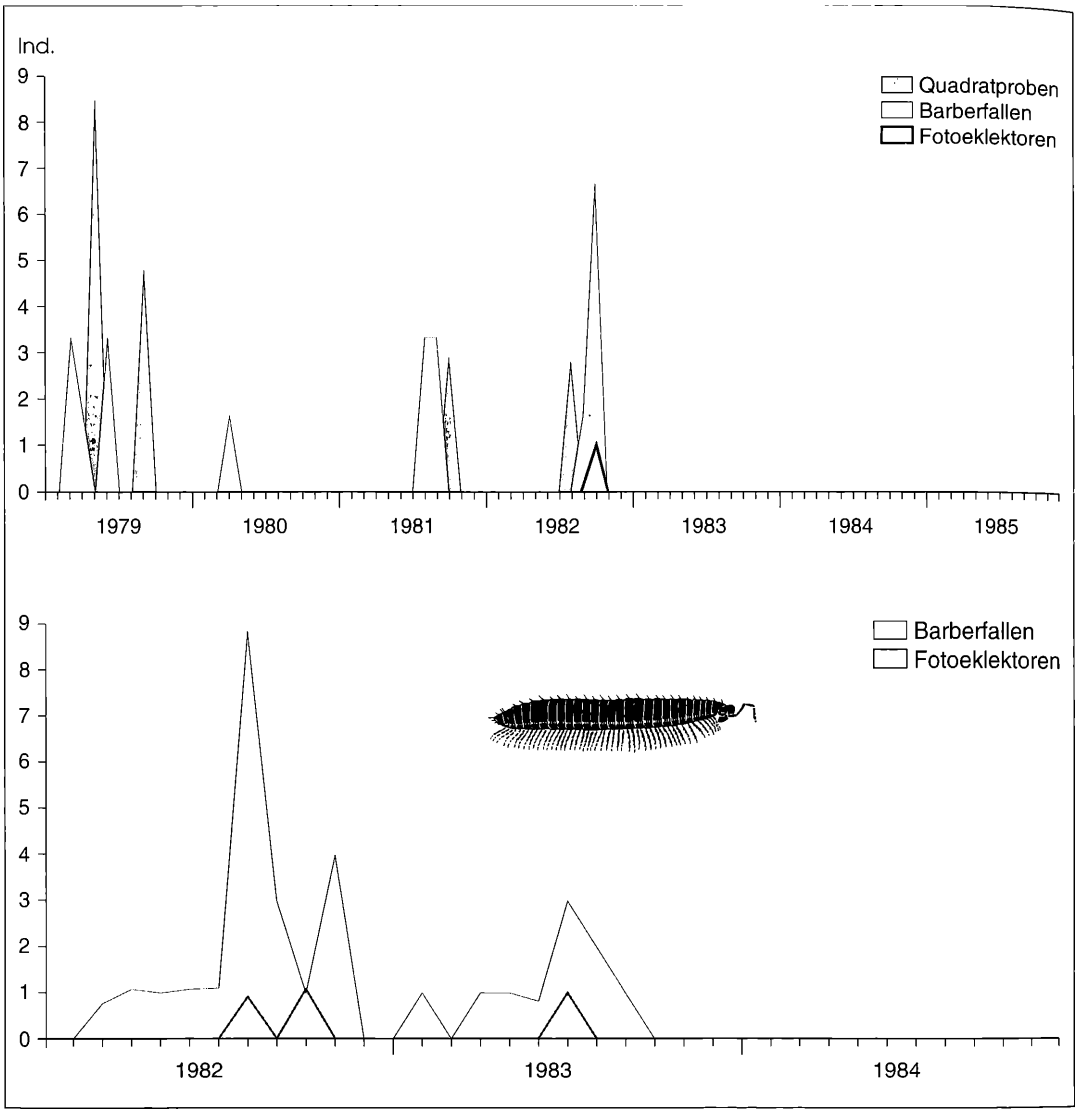

Abbildung 5. *Chordeuma silvestre*. – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

Buchenwälder besitzen. Das kann nach zahlreichen Veröffentlichungen aus jüngerer Zeit aber nicht aufrechterhalten werden. HAACKER (1968a, 1968b) konnte Hecken-, Obstbaum- und sogar Steppenrasenstandorte im Rhein-Main-Gebiet und STEINMETZGER (1982) Trockenrasenflächen als Fundorte nachweisen. Die Vorliebe für kalkreiche Standorte, die BLOWER (1958) noch beschreibt, sieht HAACKER (1968a) nicht, denn er konnte die Art auf Böden mit pH-Werten von 3,7 bis 8,2 nachweisen. Auch PETERS (1984) spricht von deutlich gehäuftem Vorkommen auf einem stark sauren Waldstandort. KIME (1978) stellt bei Proben aus ganz Südengland ebenfalls eine weite Verbreitung der Art fest. BLOWER (1956) und andere Autoren berichten von einer erstaunlichen Trockenresistenz dieser Art, was mit der Fähigkeit der Glomeriden, sich vollständig einzukugeln, zusammenhängt. So kann man von einer euryöken Art mit einem Verbreitungsschwerpunkt in den Wäldern reden.

Die Fortpflanzungsperiode ist auf die Monate März bis Juni beschränkt. Die Aktivität weist hier und im Herbst ein Maximum auf (HAACKER 1968a; STEINMETZGER 1982). Die Weibchen formen ca. 30 Eikapseln aus Kot und legen in jede Kapsel in der Regel nur 1 Ei (JUBERTHIE-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

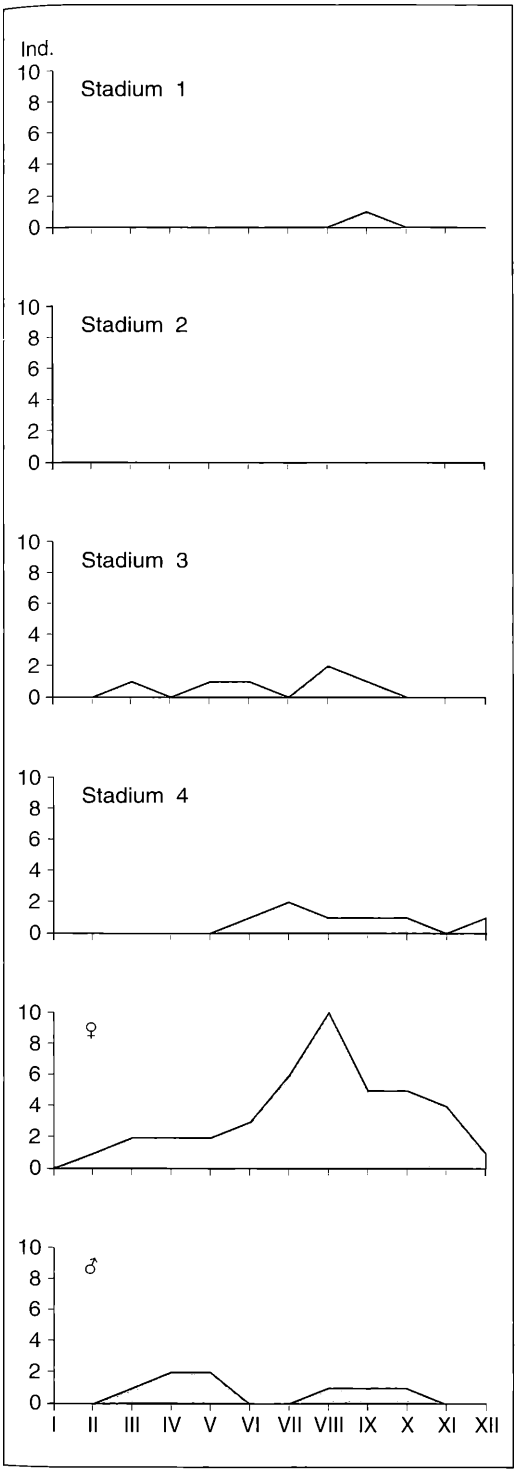

Abbildung 6. *Chordeuma silvestre*. Entwicklungszyklus.

JUPEAU 1967; BOCOCK & HEATH 1967). Nach CARREL (1983) werden die Tiere nach 3-4 Jahren geschlechtsreif und haben dann noch eine Lebenserwartung von max. 8 Jahren, wobei sie sich jeweils in den Sommermonaten häuten. Die Weibchen (50-350 mg) werden größer als die Männchen (20-100 mg). STEINMETZGER (1982) fand im Gegensatz zu anderen Autoren, die ein Verhältnis von Männchen zu Weibchen von 1 1 beschreiben, eine Verteilung von 1 2,85.

Bei Untersuchungen des Darminhalts konnte von BOCOCK & HEATH (1966) kein geschlechtsspezifischer Unterschied festgestellt werden. In den Wintermonaten wird vorwiegend Mineralboden gefressen, da die Tiere im Oktober bzw. im November, wenn die Temperaturen auf ca. 6°C fallen, in den Mineralboden wandern und dort überwintern. Bei 5,5°C bis 6,3°C im Frühjahr kommen sie wieder in die Streuschicht und fressen bis zum nächsten Wintereinbruch Blattstreu (BOCOCK & HEATH 1966). Tagesperiodische Vertikalbewegungen wurden von HAACKER (1968a) nicht verzeichnet und Nahrungsauswahlversuche erbrachten mit 84 % eine eindeutige Präferenz für Streumaterial. Mit einem Futterverbrauch von ca. 25 mg pro Tag und hohen Populationsdichten kann *G. marginata* nach THIELE (1968) in Laubwäldern bis zu 5 % der jährlich anfallenden Laubstreu zersetzen. Die höchsten Abundanzen im Rhein-Main-Gebiet gibt HAACKER (1968a) mit 12,5 Tieren pro m^2 an. Dabei hat die nachtaktive Art einen Aktionsradius von unter 1 m. DAVIS et al. (1969) kam zu gleichen Resultaten, wobei maximale Wanderungsraten von 2 m in 24 Stunden beobachtet wurden. Verglichen mit vielen Juliden ist *G. marginata* also eine ausgesprochen träge Art (PHILLIPSON & MEYER 1984).

Das Vorkommen von *G. marginata* im Ettlinger Stadtwald belegt, daß diese Art auch auf kalkarmen Standorten anzutreffen ist. Aus den Zeitverlaufskurven läßt sich lediglich ein "Frühjahrsmaximum" in der Aktivität von Mai bis Juli ableiten, die Datenbasis ist aber recht dürftig. Die Barberfallen geben den besten Eindruck von der Besiedlung des Standortes. Danach erlitt die Population durch die Trockenperiode im Sommer 1983 einen bemerkenswerten Einbruch. Die Trockenresistenz kann also am Standort nicht besonders ausgeprägt sein, was auf die mögliche Existenz von "Ökotypen" hinweist.

In den Wintermonaten wurde *G. marginata* nicht gefangen. Seiner Biologie entsprechend hält er sich dann im Mineralboden auf. Die verwendeten Methoden und die Datenbasis lassen keine Aussagen über das Verhältnis von Jungtieren zu adulten Tieren am Standort zu.

4.2.2 *Glomeris conspersa* C. L. KOCH, 1847

Nach THIELE (1968) ist die Art in ganz Mitteleuropa und in den südöstlichen Alpen in Waldgebieten verbreitet und bevorzugt sehr kühle und feuchte Standorte. HAACKER (1968b) beschreibt eine Präferenz für Mischwälder auf sandigen Böden. VERHOEFF (1936) bezeichnet *G. conspersa* und *G. undulata* als "alte, längst ausgiebig eingelebte" Arten des Schwarzwaldes.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

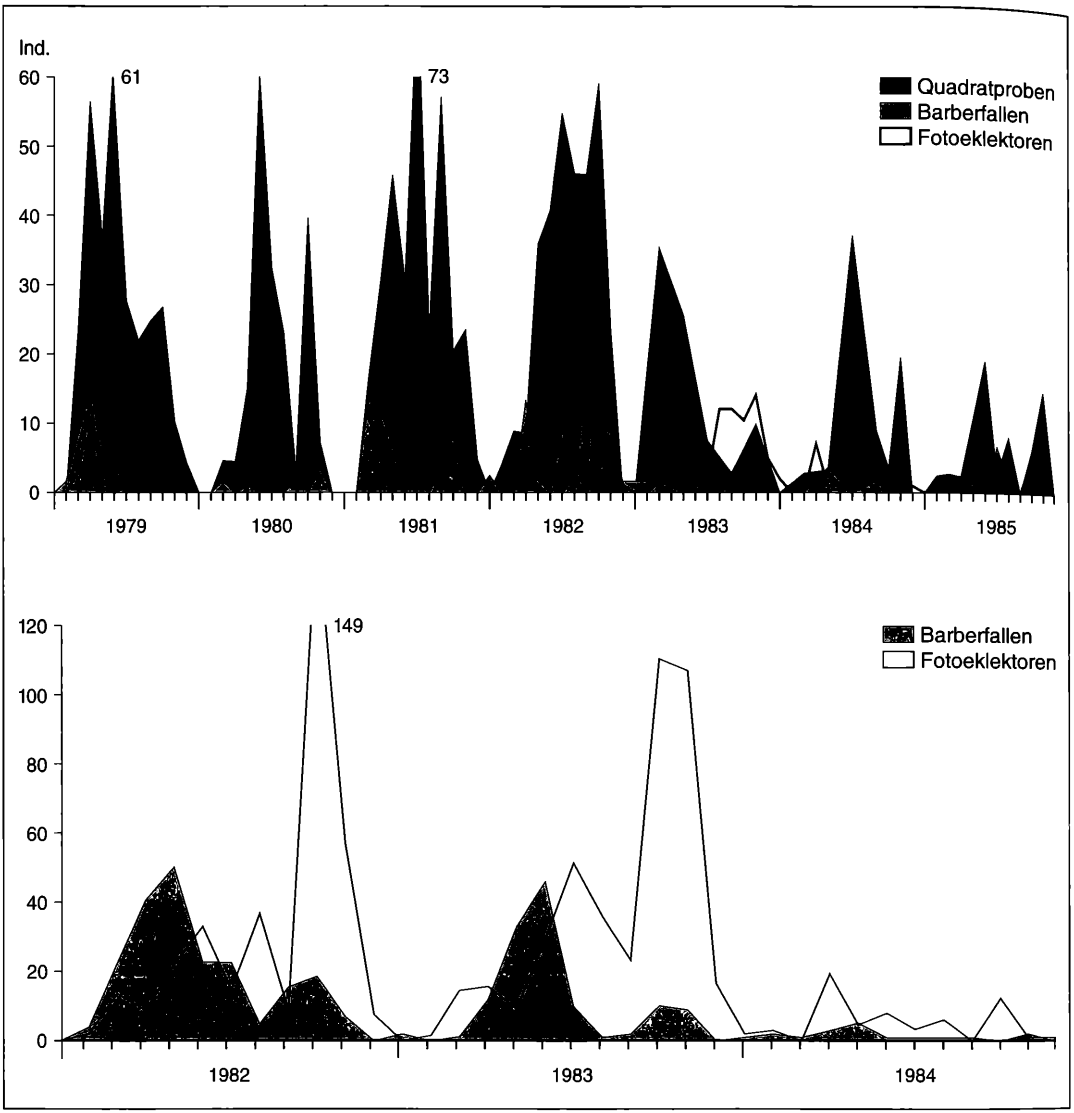

Abbildung 7. *Mycogona germanicum*. - oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

Von Mai 1979 bis August 1984 wurde *G. conspersa* an 5 verschiedenen Terminen in Barberfallen nachgewiesen. Zwei Fänge aus dem Jahr 1984 deuten an, daß die Trockenperiode 1983 gut überstanden wurde.

4.2.3 *Glomeris undulata* C. L. Koch, 1844

Diese Art hat in der Bundesrepublik Deutschland an der Mainlinie ihre nördliche Verbreitungsgrenze erreicht (Verhoeff 1937) und wird von Schubart (1934) als wärmeliebende Art, die nur unter 1000 m vorkommt, beschrieben. Verhoeff et al. (1938), die *G. conspersa* und *G. undulata* als sehr nahe verwandte Arten mit einem ähnlichen Verbreitungsgebiet bezeichnet (wobei *G. undulata* das kleinere Areal besiedelt) berichten von Funden in den Alpen aus bis zu 1800 m Höhe.
Mit 6 Fängen von Juli 1978 bis Oktober 1982 lassen sich keine Aussagen über die Biologie dieser Art am Standort machen.

4.3. Chordeumatida

4.3.1 *Chordeuma silvestre* Latzel, 1884

Das Verbreitungsgebiet ist auf West- und Westmitteleuropa beschränkt (Thiele 1968). In Belgien besiedelt die Art nach Kime (1984) ihr nördlichstes Territorium und in

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

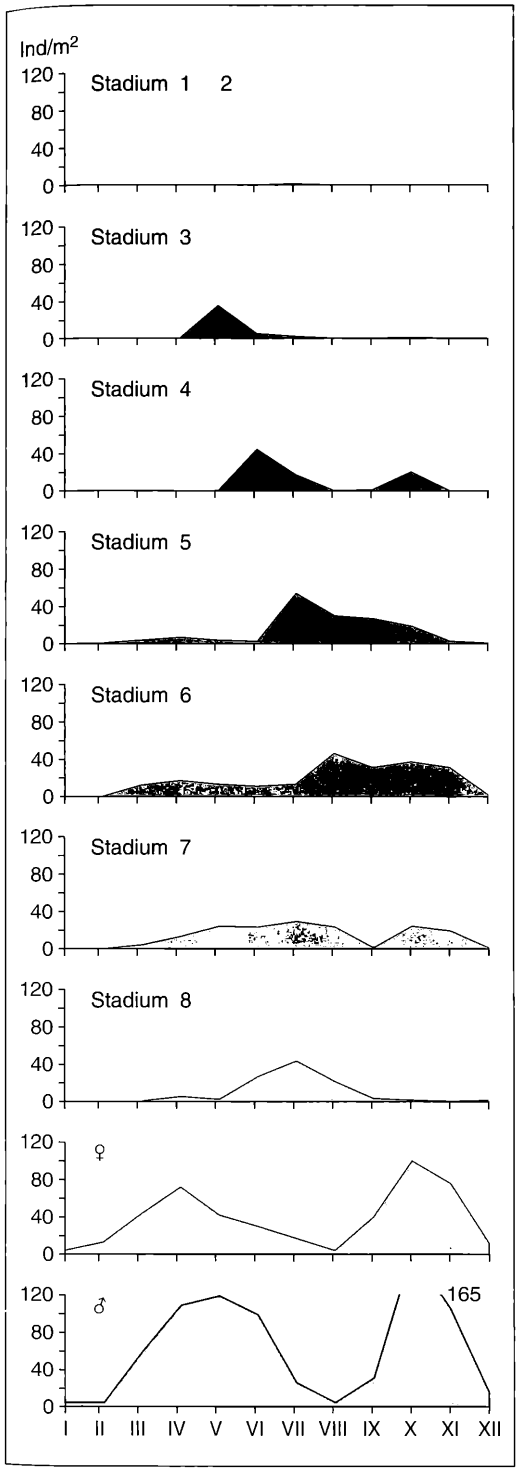

Abbildung 8. *Mycogona germanicum.* Entwicklungszyklus

den Niederlanden ist sie nur in den südlichen Landesteilen gefunden worden (JEEKEL 1978). Sie kommt hauptsächlich in höheren Lagen und in den Alpenländern vor (SCHUBART 1934, VERHOEFF 1936). Nach PETERS (1984) und HAACKER (1968b) kann die Art als stenöker Waldbewohner mit Präferenzen für feuchte und kühle Standorte charakterisiert werden. THIELE (1968) findet außerdem eine Bevorzugung von neutralen Böden, und VERHOEFF (1937) sehr unterschiedliches ökologisches Verhalten dieser Art vor allem hinsichtlich der klimatischen Ansprüche in verschiedenen Untersuchungsgebieten. Er nimmt deshalb eine "physiologische Rassenbildung" als Erklärung an. Für *C. silvestre*, *M. germanicum*, *C. vomrathi* wird eine Lebenserwartung von 1 Jahr angenommen (SCHUBART 1934).

Nach dem September 1983 ist *C. silvestre* nicht mehr gefangen worden. Die Trockenperiode von Juni bis August 1983 hat sich demnach auf die Population im Untersuchungsgebiet deutlich ausgewirkt.

Die adulten Tiere sind mit Ausnahme des Januars das ganze Jahr über anzutreffen, bevorzugt findet man sie aber in den Sommermonaten. Dadurch unterscheidet sich die Art von *M. germanicum* und *C. vomrathi*. Jungtiere treten von März bis Oktober auf. Für eine genauere Analyse der Einnischung und der Populationsdynamik der Jungtiere ist das Datenmaterial zu gering.

Die wenigen Exemplare aus den Quadratproben lassen keine Bevorzugung eines Bodenhorizontes erkennen. Allgemein auffallend ist der große zahlenmäßige Unterschied zwischen Männchen und Weibchen (vgl. Tab. 1). Das kann in der ungleichen Verteilung der Geschlechter oder in unterschiedlichem Aktivitätsverhalten begründet liegen.

Bemerkenswert ist noch der Umstand, daß diese Art zusammen mit *M. germanicum* (zumindest von 1978 bis 1983) auftreten kann (s.u.) und die klimatischen Bedingungen offenbar wesentlich bedeutender als der pH-Wert sind.

4.3.2 *Mycogona germanicum* (VERHOEFF, 1892)

(= *Orthochordeuma germanicum*)

Die Verbreitung dieser Art ist auf die deutschen Mittelgebirge, das Elsaß, die Vogesen und das Altvatergebirge begrenzt, wobei sie im Schwarzwald und den Vogesen der häufigste Ascospermophore ist (VERHOEFF 1936; SCHUBART 1934; THIELE 1968). Nach VERHOEFF et al. (1938) ist *M. germanicum* nie südlich der Donau gefunden worden. HAACKER (1968b) charakterisiert *M. germanicum* wie *C. silvestre* als stenöke Waldarten mit Bevorzugung von kühlen, feuchten Laubwäldern. Sie kann aber auch in reinen Fichtenstandorten vorgefunden werden. Adulte Tiere werden von September bis Juni mit einem Aktivitätsmaximum im Oktober angetroffen (SCHUBART 1934; HAACKER 1968a). Sowohl HAACKER (1968a) als auch THIELE (1968) berichten von einer Vorliebe für saure Standorte. HAACKER (1968a) hat an Fundorten von *M. germanicum* im Rhein-Main-Gebiet pH-Werte von 3,7 gemessen. Nachts legt *M. germanicum*

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Strecken von 10 m und mehr zurück, geht aber nicht wie ähnlich flinke Juliden an Baumstämmen hoch. Vertikalwanderungen hat HAACKER (1968a) im Experiment nicht beobachten können. Kotuntersuchungen an Freilandtieren ergaben neben Streumaterial auch 35 % Arthropodenreste. Leider wird die Anzahl der untersuchten Tiere und die Methode nicht beschrieben. Nahrungsauswahlversuche ergaben eine deutliche Präferenz für Laubstreu, gefolgt von Moos. Die geringe Trockenresistenz und die Vorliebe für niedrige Temperaturen passen gut mit dem Verbreitungsgebiet der Art zusammen (HAACKER 1968a). Nach THIELE (1968) vikariiert die Art im Bergischen Land mit *C. silvestre*, die nur bei höheren pH-Werten häufiger wird.

Auch *M. germanicum* wird im Untersuchungsgebiet durch die Trockenperiode stark beeinflußt. Aufgrund der hohen Individuenzahlen konnte die Population aber aufrechterhalten werden. Allerdings wurden bis Ende 1985 die großen Verluste nicht wieder ausgeglichen.

Die Auswertung der Quadratproben ergibt mit 64,8 % eine eindeutige Präferenz für die F-Schicht, gefolgt von der H-Schicht (23,9 %) und der L- Schicht (11,4 %). Zwischen der Zahl der Männchen und Weibchen existiert bei den Quadratproben kein Unterschied, aber der hohe Anteil Jungtiere fällt ins Auge. Chordeumatiden sind gegen Feinde nur schlecht geschützt und müssen auf hohe Nachkommensproduktion setzen. Auch die geringe Lebenserwartung spielt dabei eine Rolle.

Die Barberfallenfänge zeigen deutlich die höhere Aktivität der Männchen dieser Art, während die Jungtiere offenbar einen beschränkten Aktionsradius besitzen. Die Zahlen der Fotoeklektorenfänge, bei denen der Anteil der Jungtiere höher liegt als bei den Barberfallenfängen, lassen vermuten, daß *M. germanicum* evtl. doch in der Lage ist, an Baumstämmen emporzuklettern oder aber tagesperiodische Vertikalbewegungen ausführt. Eine abschließende Beantwortung dieser Frage steht jedoch noch aus.

Ähnlich wie bei *C. vomrathi* werden in den Sommermonaten nur wenige Adulttiere gefangen, was *M. germanicum* von *C. silvestre* unterscheidet. Im Gegensatz zu *C.vomrathi* ist *M. germanicum* aber in den Wintermonaten deutlich weniger aktiv. Die Jungtiere wurden von März bis Dezember gefangen und scheinen ca. 1 Monat pro Juvenilstadium zu benötigen. Wiederum im Gegensatz zu *C. vomrathi* überwintert diese Art auch als Juvenilstadium. Dabei scheinen zwei Entwicklungslinien voneinander getrennt werden zu können: 1. Jungtiere der adulten Tiere aus dem Monaten März bis Juli, die entweder in einem späten Juvenilstadium oder aber selbst schon als adulte Tiere überwintern und im nächsten Jahr wieder für den selben Zyklus sorgen und 2. Jungtiere der adulten Tiere im Herbst, die in einem frühen Juvenilstadium überwintern, bis zum Hochsommer brauchen, um ihre Entwicklung abzuschließen und dann ebenfalls im Herbst wieder Nachkommen produzieren.

4.3.3 *Craspedosoma vomrathi* VERHOEFF, 1910

Alle Vertreter dieser Gattung sind durch äußere morphologische Merkmale nicht zu unterscheiden, sodaß eine Präparation der Gonopoden zur Artbestimmung unerläßlich ist. Erschwert wird diese Arbeit durch die bei Diplopoden unvergleichliche Variabilität gerade des Geschlechtsapparates (SCHUBART 1934). Die unterschiedliche Ausprägung scheint aber jeweils auf bestimmte Areale beschränkt zu sein, was VERHOEFF dazu veranlaßte, in zahlreichen Abhandlungen eine ganze Reihe verschiedener Rassen und Varietäten zu postulieren. Einen Grund für diesen Polymorphismus der Gonopoden sehen VERHOEFF et al. (1938) in der Geschichte der Eiszeiten in Europa.

Letztlich müssen die Artverhältnisse von *C. alemannicum*, *C. germanicum*, *C. simile*, *C.rawlinsi* und *C. vomrathi*, um nur ein paar Vertreter dieser Gattung zu nennen, als noch ungenügend geklärt betrachtet werden. VERHOEFF (1936) zieht *C. germanicum*, *C. suevicum* und *C. vomrathi* zu einer Art zusammen und MAURIÈS (briefl. Mitteilung 1985) vermutet eine eventuelle Übereinstimmung von *C. vomrathi* und *C. rawlinsi*.

Die Lebensweise der meisten Craspedosomatiden ist sehr ähnlich. Männchen und Weibchen werden im Herbst, Winter und Frühjahr angetroffen. Im Mai und Juni nach der Fortpflanzungsperiode sterben die adulten Tiere und Jungtiere sind in den Sommermonaten zu beobachten (SCHUBART 1934; VERHOEFF 1939). Die Kenntnis der genauen ökologischen Ansprüche der vorliegenden Art weist noch große Lücken auf; deshalb sollen einige Zitate über *C. rawlinsi* einen Eindruck über die bevorzugten Habitate der meisten Vertreter dieser Gattung geben. Von STEINMETZGER (1982) wird *C. rawlinsi* als Waldart mit einer gewissen Vorliebe für feuchte, schattige Standorte beschrieben. Im Rhein-Main-Gebiet sind Individuendichten von 2 Tieren pro m^2 bei pH-Werten zwischen 5,3 bis 8,2 in feuchten Wäldern und Uferbiotopen gefunden worden. Tagesperiodische Vertikalbewegungen wurden nicht beobachtet. Der nächtliche Aktionsradius beträgt mehrere Meter. Nach der Geschlechtsreife leben die Tiere noch etwa 10 Monate und überwintern bevorzugt unter loser Rinde. Nur während der Frostperioden wurde kein Kopulationsverhalten beobachtet (HAACKER 1968a). Auch THIELE (1968) beschreibt *C. rawlinsi* als feuchtigkeitsbedürftige Art, die vor allem in Wäldern, aber auch in Rekultivierungsgebieten angetroffen wird. KIME & WAUTHY (1984) haben bei Untersuchungen in Belgien *C. alemannicum* und *C. rawlinsi* nicht nach Arten unterschieden, sie aber als weitverbreitet und oft subdominant bis dominant auftretend beschrieben, wobei ein hoher Tongehalt des Bodens bevorzugt wird. Die meisten Craspedosomatiden Deutschlands sollen nach BROHMER et al. (1937) wärmeliebend und deshalb selten über 900 m anzutreffen sein. Bezüglich des Fraßverhaltens stellte DUNGER (1962) fest, daß die Nahrung bei Arten dieser Gattung bis zu 59 % aus Pilzmaterial besteht und *C. simile* auch Holzteile verwertet.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

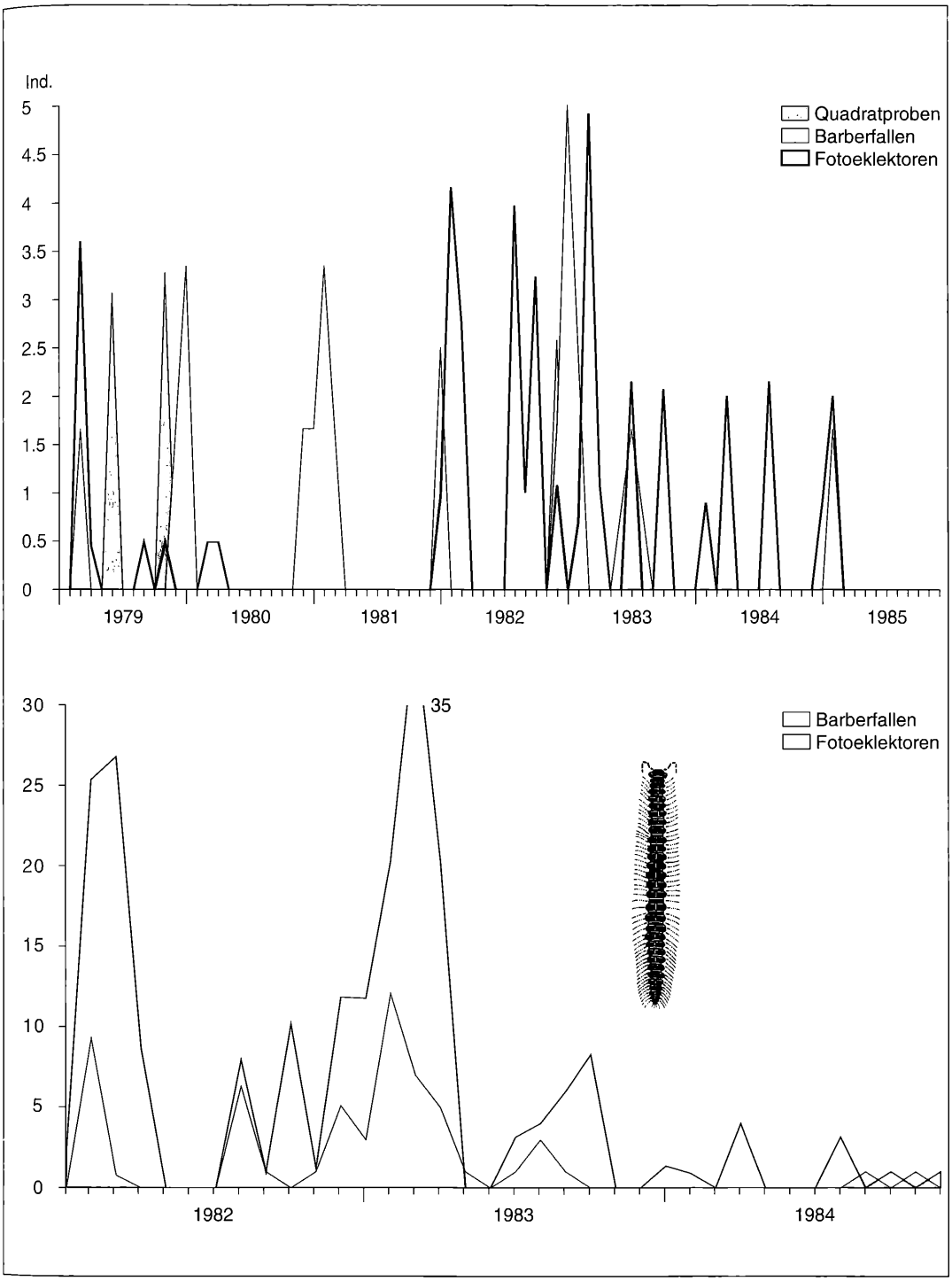

Abbildung 9. *Craspedosoma vomrathi*. – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

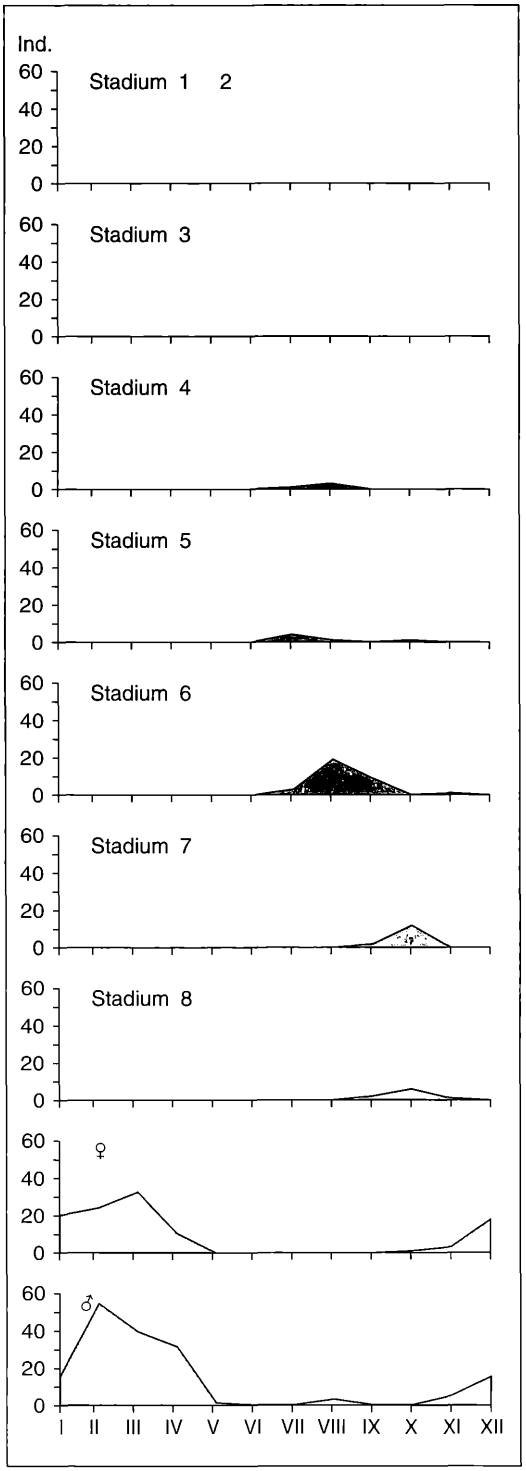

Abbildung 10. *Craspedosoma vomrathi*. Entwicklungszyklus.

Wie die Barberfallenfänge und mit Einschränkungen auch die Fotoeklektorenfänge zeigen, wird diese Art durch den Klimaverlauf 1983 stark dezimiert. Durch die geringe Anzahl der Daten kann eine unterschiedliche Aktivität von Männchen und Weibchen nicht belegt werden.

Ob eine Bevorzugung der L-und F-Schicht besteht, läßt sich aus den Quadratproben ebenfalls nicht sicher schließen. Im Gegensatz zu *M. germanicum* ist *C. vomrathi* an 2 Terminen auch in den Baumeklektoren (Dezember 1984 und Februar 1985) mit insgesamt 4 Tieren gefunden worden. Dieser Fallentyp ist aber erst gegen Ende des Untersuchungsprogramms eingesetzt worden, weshalb kein genaueres Datenmaterial vorliegt. Die hohen Fangzahlen aus den Bodenfotoeklektoren lassen ebenfalls die Vermutung zu, daß *C. vomrathi* nicht unbedingt auf die Streuschicht als einzigen Lebensraum beschränkt ist.

Wie zu erwarten war, treten die adulten Tiere von November bis April auf, die "Lücke" im Sommer wird durch die Jungtiere gefüllt. Von Juni bis Dezember durchlaufen die Jungtiere ihre letzten Entwicklungsstadien und überwintern als Adulti. Den Barberfallenfängen nach zu urteilen ist diese Art besonders im Winter aktiv und unterscheidet sich auch dadurch von *M. germanicum*, *C. silvestre* und anderen Arten.

4.4. Polydesmida

4.4.1 *Polydesmus denticulatus* C. L. Koch, 1847

Haacker (1968b) schreibt von einer euryöken Art mit Schwerpunkten in den Feldbiotopen und stimmt darin mit Schubart (1934) überein, der gleichzeitig das geringe Feuchtigkeitsbedürfnis herausstellt. Demgegenüber ist in den Untersuchungen von Steinmetzger (1982) von einem euryöken Waldbewohner die Rede. Eine Klärung der genauen ökologischen Ansprüche steht also noch aus. *P. denticulatus* ist in den meisten Ländern Europas verbreitet und meidet auch Standorte mit niedrigen Durchschnittstemperaturen wie Skandinavien nicht (Schubart 1934; Kime & Wauthy 1984; Franz 1975). Polydesmiden werden ungefähr 3 Jahre alt (Seifert 1961) und nach 2 Jahren geschlechtsreif (Blower 1958). Nach Thiele (1968) kann *P. denticulatus* 2 Generationen im Jahr hervorbringen, wobei die Weibchen über das Jahr verteilt ca. 160 Eier produzieren (Blower 1969). Sie treten stark gehäuft in Form von "Familiengruppen" auf. Im Vergleich zu den entsprechenden Stadien von Juliden besitzen die Jungtiere einen kleineren und die adulten Tiere einen größeren Aktionsradius (Kime & Wauthy 1984). Auch bei den Polydesmiden besteht die Nahrung bis zu 50 % aus Pilzen (Dunger 1962).

P. denticulatus wurde im Jahr 1984 mehrfach gefangen, ist also durch die Trockenperiode offenbar nicht beeinträchtigt worden. Die wenigen Daten lassen auf die Biologie dieser Art keine Rückschlüsse zu. Jungtiere wurden von Mai bis November entdeckt. Wichtiger scheint der Umstand, daß *P. denticulatus* in den Proben im Ettlinger Stadtwald (von 1979 bis 1985) überhaupt ver-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

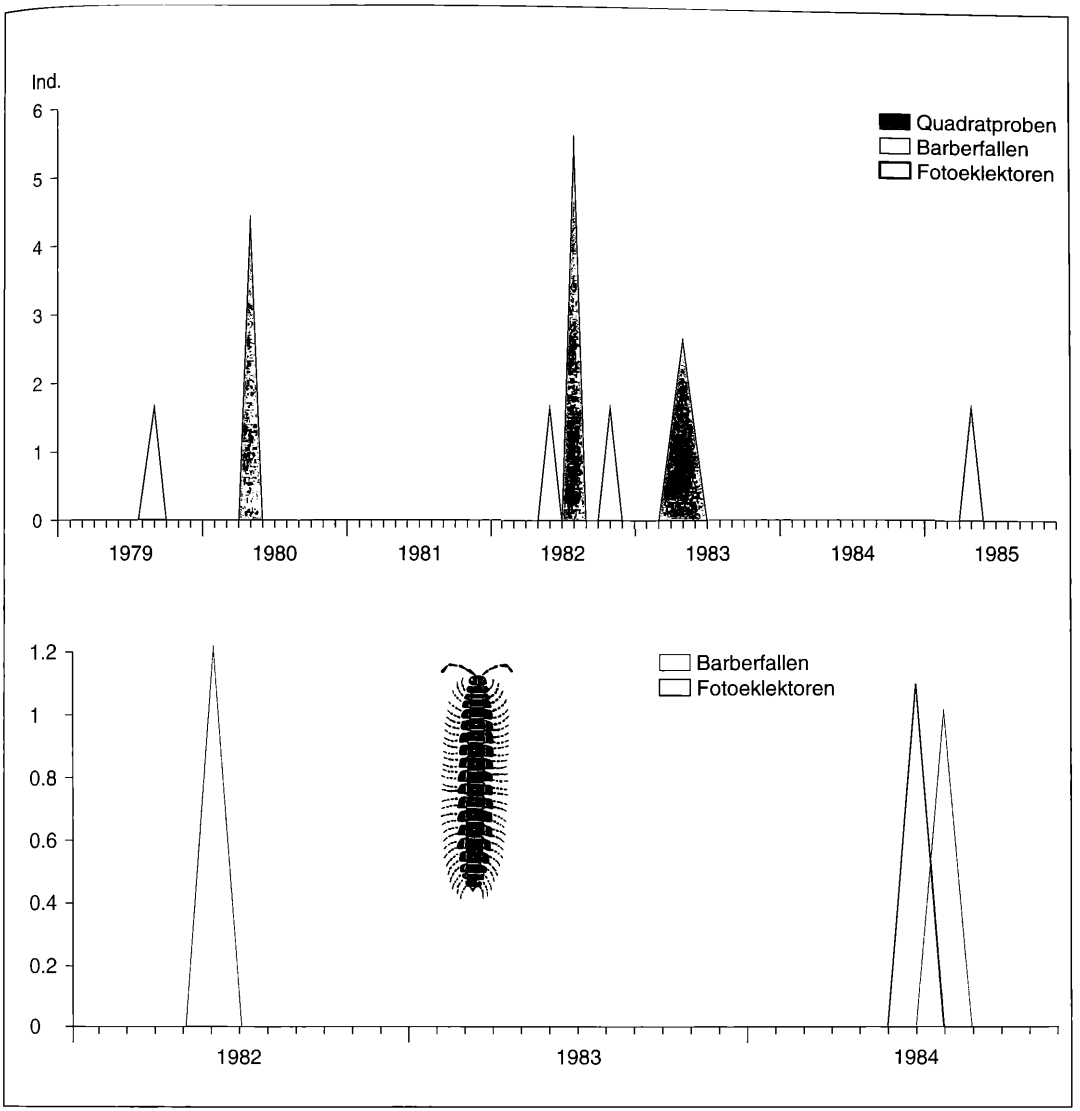

Abbildung 11. *Polydesmus denticulatus.* – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

zeichnet ist. Eine ausschließliche Präferenz für Feldbiotope scheint demnach nicht zu bestehen.

4.5. Julida

4.5.1 *Proteroiulus fuscus* (AM STEIN, 1857)

Die Verbreitung von *P. fuscus* umfaßt Island bis Norditalien und reicht im Osten bis in die Sowjetunion hinein. Ebenso werden Funde von den Azoren, Südafrika und Nordamerika gemeldet (ENGHOFF 1978a). Die kleine Waldart bewohnt Rinde und Baumstümpfe, kommt aber auch in der Streuschicht und selbst in 40 bis 50 cm Bodentiefe vor (BROOKES & WILLOUGHBY 1978; TRACZ 1979). HAACKER (1968b) sieht eine Bevorzugung von Eichenbäumen. In Ameisennestern, Vogelnestern und ähnlichem wird *P. fuscus* ebenfalls vereinzelt angetroffen (SCHUBART 1934). Ausgedehnte Untersuchungen zur Nahrungsauswahl von TRACZ (1984) legen nahe, daß die Art nahezu jedes Material, von Pilzmycelien bis zu Holz, verwerten kann und deshalb als polyphag angesprochen werden kann. Die Weibchen legen 15 bis 30 Eier und können 2 Generationen im Jahr hervorbringen. Die Entwicklungszeit zum adulten Tier beträgt 3 Jahre. Die hohe popoulationsdynamische Kapazität ist aus der nahezu ausschließlichen parthenogenetischen Ver-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

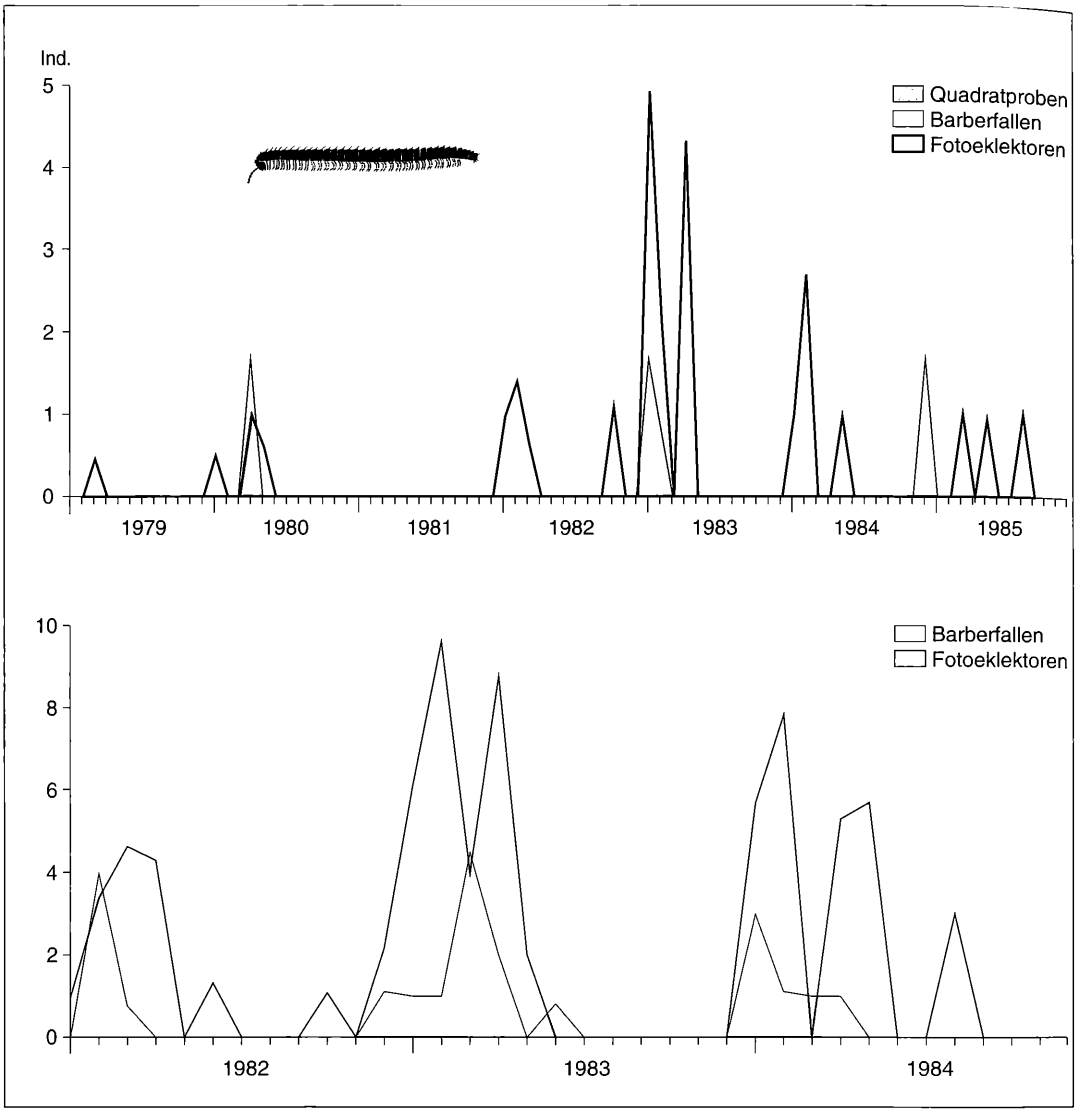

Abbildung 12. *Nemasoma varicorne*. – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

mehrung abzuleiten. An für *P. fuscus* optimalen jungen Nadelholzstandorten hat TRACZ (1979) Individuendichten bis zu 1300 bis 2000 Tieren pro m^2 gemessen, während in älteren Beständen nur 1 Exemplar pro m^2 vorkam.

Die beiden Funde dieser Art vom Mai 1983 und Februar 1984 lassen nur vermuten, daß eine Population am Standort vorhanden ist. Mit keiner der verwendeten Methoden wird *P. fuscus* (vornehmlich Rindenbewohner) quantitativ erfaßt. Eine Trockenperiode dürfte auf diese Art aufgrund ihrer Lebensweise keinen Einfluß haben.

4.5.2 *Nemasoma varicorne* C. L. KOCH, 1847

(= *Isobates varicornis*)

N. varicorne wird ähnlich wie die vorher beschriebene Art selten größer als 1,5 cm. Das Verbreitungsgebiet umfaßt ganz Europa von Schweden bis Norditalien und Frankreich bis nach Rußland. Die als obligater Rindenbewohner zu bezeichnende Art (BROOKES & WILLOUGHBY 1978) ist an Bäumen bis in 12 m Höhe gefunden worden. Eine Bevorzugung bestimmter Baumarten scheint nicht zu existieren. Die Nahrung besteht hauptsächlich aus Holz und Moosen (HAACKER 1968a). Der Aktionsradius beträgt nur wenige cm pro Tag. Auch von dieser Art exi-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

stieren Funde aus Ameisen- und Vogelnestern. In England kommt sie häufig mit *Allajulus punctatus* vergesellschaftet vor (BLOWER 1958). Die Entwicklung zum adulten Tier beträgt 2 Jahre (BROOKES & WILLOUGHBY 1978). *N. varicorne* vermehrt sich in bestimmten Gebieten auch parthenogenetisch (ENGHOFF 1978a; 1978b).
Die heißen und trockenen Sommermonate 1983 hatten keine Auswirkungen auf diese Art. In den Barberfallen und Fotoeklektoren wurde sie hauptsächlich von Januar bis April gefangen. Das läßt die Vermutung zu, daß *N. varicorne* im Winter auch Teile der Streuschicht besiedeln kann und durchaus aktiv bleibt, während die Tiere im Sommer durch die eingesetzten Methoden nicht erfaßt werden. Je ein Individuum wurde im März und April 1985 und im Januar 1986 mit den Baumeklektoren gefangen.
Zwar wurden bei insgesamt 113 bestimmten Tieren 2,4 mal mehr Weibchen als Männchen gefangen, für eine verläßliche Aussage hinsichtlich des Geschlechterverhältnisses ist die Datenbasis aber zu gering.

4.5.3 *Julus scandinavius* LATZEL, 1884

J. scandinavius wird von STEINMETZGER (1982) als für feuchte Waldstandorte eudominante bzw. dominante Art beschrieben, die aber auch auf Kahlschlägen und trockenen Waldgebieten das ganze Jahr über anzutreffen ist. Deshalb wird von anderen Autoren von eurytopem Besiedlungsverhalten gesprochen (PETERS 1984). Das Verbreitungsgebiet umfaßt die meisten Länder Europas (BLOWER 1958; SCHUBART 1934). Auffallend hoch war das Feuchtigkeitsbedürfnis bei Versuchen von THIELE (1959), wobei allerdings nur 2 Exemplare getestet wurden. Eine Präferenz für bestimmte Temperaturen oder Bodentypen scheint nicht zu bestehen. Auch bei niedrigen pH-Werten ist die Art schon gefunden worden (PETERS 1984; THIELE 1959; 1968). Ausgiebige Nahrungsauswahlversuche machte DUNGER (1962). Die im Ettlinger Stadtwald vorherrschende Rotbuche (*Fagus sylvatica*) wurde von 20 verschiedenen Laubarten bei mehreren und unterschiedlichen Versuchsansätzen fast immer am meisten gemieden. Ähnliche Ergebnisse liegen für andere Diplopodenarten, Isopoden, Enchyträen etc. vor.
Die Tiere werden nach 3 Jahren geschlechtsreif und produzieren dann pro Jahr in kurzer Zeit (ca. 1 Monat) ungefähr 150 Eier pro Weibchen. Das Verteilungsmuster in der Steuschicht ist zufällig und auch die Jungtiere haben im Vergleich zu anderen Tausendfüßern einen beachtlichen Aktionsradius (BLOWER 1969). STEINMETZGER (1982) fand Aktivitätsgipfel und Jungtiere im Frühjahr, während SCHUBART (1934) Jungtiere hauptsächlich in den Sommermonaten verzeichnet.
Vor allem die Daten aus den Barberfallen des Chemikalienprogramms belegen, daß die Trockenresistenz dieser Art begrenzt zu sein scheint, denn die Fangzahlen nehmen Mitte 1983 deutlich ab. Das stimmt mit den Literaturzitaten nicht vollständig überein. Standortspezifische Anpassungserscheinungen könnten dafür verantwortlich sein. Die Männchen scheinen aktiver zu sein als die Weibchen, aber die Quadratprobenfänge sind zu gering, um das Geschlechterverhältnis bestimmen zu können. Deshalb muß auch der Eindruck, daß eine gewisse Präferenz für die F-Schicht besteht, vorsichtig bewertet werden. Sollten sich die Tiere dieser Art z. B. bevorzugt unter Steinen und dergleichen aufhalten, werden sie mit den Quadratproben nicht adäquat erfaßt.
Im Ettlinger Stadtwald lag der Aktivitätsgipfel im Mai bis Juni. Jungtiere sind hauptsächlich von Juni bis August anzutreffen. Eine klare Einschätzung der Entwicklung der einzelnen Stadien läßt das Datenmaterial aber nicht zu.

4.5.4 *Allajulus punctatus* (LEACH, 1815)

(= *Cylindroiulus punctatus* = *Cylindroiulus silvarum*)

Nach SCHUBART (1934) handelt es sich um eine "typische Waldart, die in ihrem Vorkommen an alte Stubben, morsches Geäst und moderndes Laub gebunden ist", und auch in Ameisen- und Vogelnestern gefunden wurde. An Bäumen ist *A. punctatus* in 4,80 m Höhe beobachtet worden (HAACKER 1968a). Das Verbreitungsgebiet umfaßt den Norden und Westen Europas. In Südengland ist sie eine der häufigsten Diplopodenarten der Waldbiotope überhaupt (KIME 1978, BLOWER 1958). Abundanzen von 30 (HAACKER 1968a) bis 80 (PHILLIPSON & MEYER 1984) Individuen pro m^2 können erreicht werden. In der Nähe von Paris ist *A. punctatus* neben *G. marginata* und *Allajulus nitidus* eine der dominanten Arten (GEOFFROY 1981). THIELE (1959) hat die Art auf Böden mit niedrigem pH-Wert festgestellt und spricht von euryökem Verhalten. Auch trockenere Standorte werden im Gegensatz zu *A. nitidus* besiedelt. BLOWER (1956) berichtet von gelegentlichen Funden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Im Winter kann sich *A. punctatus* in den Mineralboden zurückziehen, ist aber in dieser Jahreszeit normalerweise unter Rinde anzutreffen. Von März bis November dauert die Fortpflanzungsperiode (HAACKER 1968a). Nach BLOWER (1969) wächst die Anzahl der Eier pro Weibchen und Jahr mit dem Alter der Tiere von 20 bis auf ca. 80 an. Die Entwicklungsdauer zum adulten Tier beträgt 3 Jahre. Als Nahrung kommt vorwiegend totes Holz in Frage, in das auch die meisten Eier gelegt werden. Das Verteilungsmuster im Biotop ist aufgrund dieser Ansprüche meist aggregiert. Aus der Biologie dieser Art geht schon hervor, daß *A. punctatus* mit keiner der eingesetzten Methoden quantitativ erfaßt wird. Eigene Beobachtungen am Standort im Herbst 1986 ergaben, daß *J. scandinavius* und *A. punctatus* unter Steinen und Ästen etwa gleich häufig vorkommen.
Die Populationsdichte ist durch den Sommer 1983 im Gegensatz zu *J. scandinavius* nicht beeinträchtigt worden.
Die häufigen Fänge in Fotoeklektoren legen nahe, daß diese Art gern an Baumstämmen emporklettert. Die Barberfallen und Fotoeklektoren lassen einen Aktivitätsgip-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

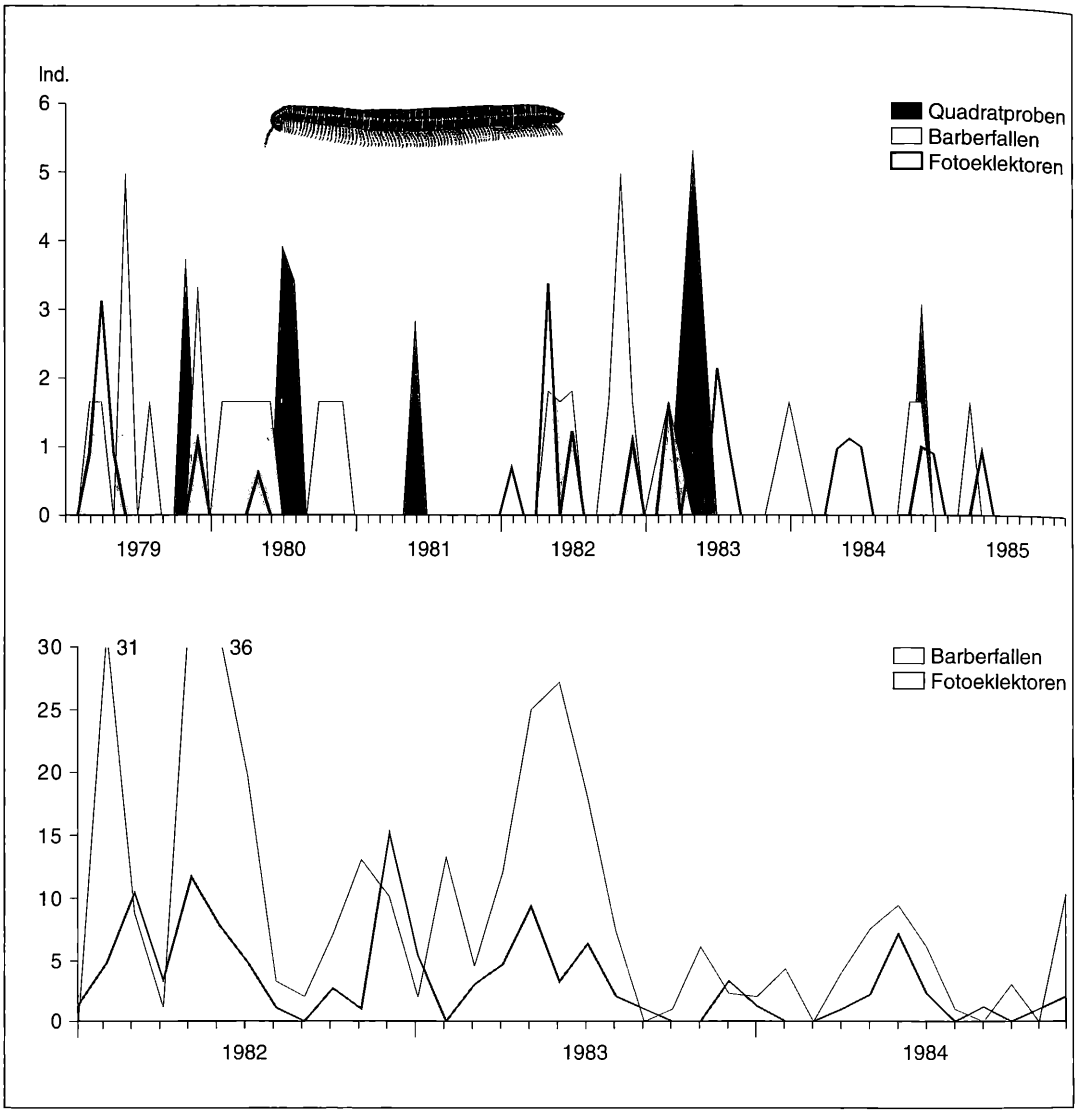

Abbildung 13. *Julus scandinavius.* – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

fel von Mai bis August vermuten, doch die Datengrundlage ist sehr dürftig.

4.5.5 *Allajulus nitidus* (Verhoeff, 1891)

(=*Cylindroiulus nitidus*)

Die stenöke Waldart ist in Westeuropa verbreitet und auf Laubwälder beschränkt. Aus dem Rhein-Main-Gebiet liegen Funde aus Standorten mit pH-Werten von 3,7 bis 7,8 vor. Tagesperiodische Vertikalbewegungen zwischen der Streu und dem Ah-Horizont sowie den Aufenthalt im Ah-Horizont in den Hochsommermonaten beschreibt Haacker (1968a; 1968b). Das Aktivitätsmaximum liegt im Frühjahr und Herbst. Thiele (1968) verzeichnet ein hohes Feuchtigkeitsbedürfnis. Auch diese Art ist von Verhoeff in verschiedene Rassen und Varietäten untergliedert worden.

A. nitidus scheint auch längere Trockenperioden gut überstehen zu können, was nicht ganz mit den Beobachtungen von Thiele (1968) übereinstimmt. Im Juni 1983 sowie im Juli und Oktober 1984 wurde je ein Tier mit Barberfallen gefangen.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

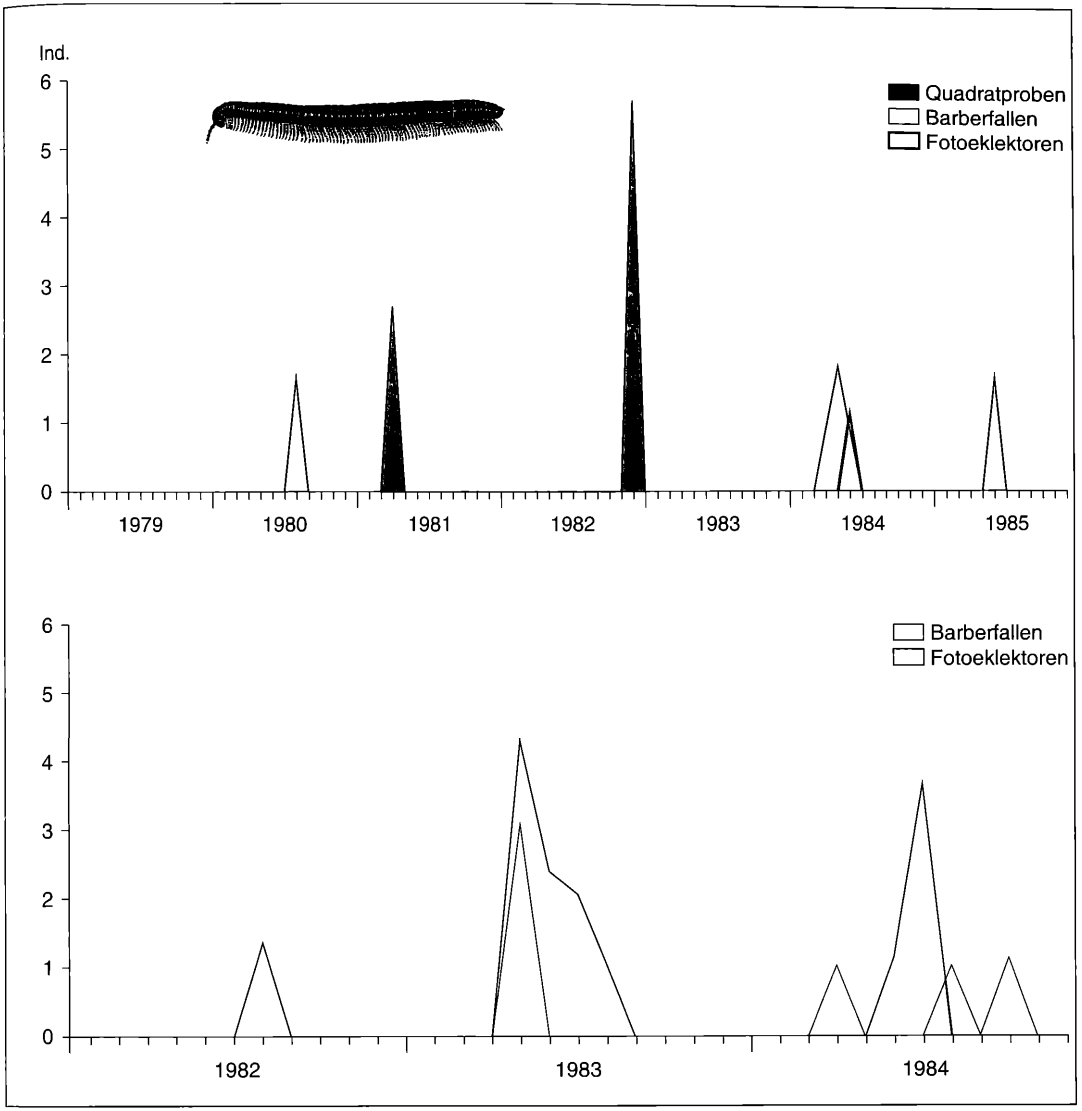

Abbildung 14. *Allajulus punctatus*. – oben: Standardprogramm 1979-1985; – unten: Chemikalienprogramm 1982-84. Weitere Erklärungen siehe Abbildung 2.

4.5.6 *Allajulus caeruleocinctus* (WOOD, 1864)

(= *Cylindroiulus caeruleocinctus* = *Cylindroiulus londinensis*)

THIELE (1968) beschreibt die Art als Bewohner der "offenen Landschaft", die in ganz Europa mit Ausnahme des Balkans und des mediterranen Gebietes verbreitet ist. Nach Nordamerika ist sie eingeschleppt worden. Man findet sie häufig auf Kulturgelände, wo sie auch als Schädling wirken kann. Ähnlich wird *A. caeruleocinctus* von JEEKEL (1978) und SCHUBART (1934) charakterisiert. HAACKER (1968a) spricht von einer stenöken Feldart, die sich im Winter bis zu 50 cm unter die Bodenoberfläche zurückziehen kann und tagesperiodische Vertikalbewegungen durchführt. Der Aktionsradius ist auf 1-2 Meter pro Nacht begrenzt (HAACKER 1968b). PETERS (1984) findet keine so enge Bindung an die Bodenalkalität wie HAACKER (1968b) und verwendet den Ausdruck "euryöke Feldart" Nach SCHUBART (1934) sterben die adulten Tiere z.T. nach der Fortpflanzung. MEIDELL & SIMONSEN (1985) berichten von einem Massenauftreten und von "Wanderungen" dieser Art im Oktober 1980 in Südnorwegen. Eine Erklärung für dieses Verhalten gibt es nicht. Zwei Funde vom Mai 1983 und Juni 1984 lassen nur wenig Rückschlüsse auf die Biologie dieser Art zu. Sollte

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

eine dauerhafte Besiedlung des Untersuchungsgebietes vorliegen, könnte man kaum mehr von einer stenöken Feldart reden. Auch die beschriebene Bindung an die Bodenalkalität müßte dann neu diskutiert werden.

4.5.7 *Leptoiulus simplex glacialis* (VERHOEFF, 1892)
Das Verbreitungsgebiet dieser Art liegt hauptsächlich in den Alpen. In den Voralpen und den deutschen Mittelgebirgen wird *L. simplex* vereinzelt gefunden. Es handelt sich dabei um ein Glazialrelikt, das sich in den Mittelgebirgen an entsprechenden Standorten teilweise angepaßt und gehalten hat (THIELE 1968; HAACKER 1968b; VERHOEFF 1936; VERHOEFF et al. 1938). In den Alpen sind Fundorte aus 3000 m Höhe bekannt. Als Lebensräume nennt SCHUBART (1934) Weideland, Felshalden und Wälder (unter Moos, morschem Holz etc.). In den Mittelgebirgen werden meist sehr schattige und kühle Standorte besiedelt (THIELE 1968; SCHUBART 1934).
3 Fänge (September 1982 sowie Mai und Juli 1983) sind von dieser Art am Standort zu verzeichnen. Weitere Rückschlüsse läßt das Datenmaterial nicht zu.

5. Wirkungen von Umweltchemikalien

Für die Auswertung dieses Teilprojektes wurden die Daten von 1393 gefangenen Tieren aus Fotoeklektoren und 1158 Tieren aus Barberfallen zugrundegelegt.
Auf den mit PCP belasteten Flächen sind mehr Tiere und auf den mit 2,4,5-T belasteten Flächen sind weniger Tiere als auf der Kontrollfläche gefangen worden. Der direkte Vergleich einzelner Arten gegenüber der Kontrollfläche ist nur bei den dominanten Arten sinnvoll.
In der Kontrolle ist im November 1984 ein Massenfund von *P. lagurus* mit 81 Tieren einbezogen (vgl. Abb. 3). Berücksichtigt man diesen Wert nicht, dann lassen sich, aufgrund der großen Schwankungen der Fangzahlen, hinsichtlich der Gesamtzahl der Tiere, der Dominanzstrukturen und der Artenzusammensetzung keine großen Unterschiede zwischen der Kontrolle und den mit 2,4,5-T belasteten Flächen erkennen. Die Differenz der PCP-Flächen zur Kontrolle ergibt sich hauptsächlich durch einzelne Peaks von *M. germanicum* und *C. vomrathi* bei Probennahmen in den Jahren 1982 und 1983. Mit den Fotoeklektorenfängen lassen sich keine toxischen Wirkungen von PCP oder 2,4,5-T auf die Diplopodenfauna nachweisen. Die Aktivitätsdichten sind im Gegenteil auf allen Flächen einschließlich der Kontrolle und bei den meisten Arten während der Applikationsphase deutlich höher als während der Erholungsphase und somit eher witterungsbedingt. Auch der Einbruch der Fangzahlen Mitte 1983 kann durch den Witterungsverlauf in diesem Jahr erklärt werden (vgl. Abb. 1).
Die Dominanzstruktur der Barberfallenfänge unterscheidet sich von den Fotoeklektorenfängen. *M. germanicum* und *J. scandinavius* werden etwa gleich häufig gefangen. Von *P. lagurus* sind keine auffälligen Abundanzmaxima gefunden worden und auch *C. vomrathi* erlangt nicht die Bedeutung wie in den Fotoeklektorenfängen. Dagegen kommt *G. marginata* mit einem Abundanzanteil von bis zu 14 %, bezogen auf die Summe aller Tiere einer Fläche, häufiger als bei anderen Fangmethoden vor, was hauptsächlich in einzelnen Peaks der Jahre 1982 bis 1983 begründet ist.
M. germanicum ist in der Kontrolle mit 87,9 Tieren (= 46,1 %) stärker vertreten als in den Chemikalienflächen, was ebenfalls auf einzelne Peaks von April bis Juni 1983 zurückzuführen ist.
Auch wenn auf der mit 5 g PCP belasteten Fläche die meisten Arten gefangen wurden, ist die Dominanzstruktur auf allen Versuchsflächen vergleichbar. Unterschiede liegen in einzelnen Peaks im zeitlichen Verlauf der Besiedlung bzw. in den geringen Fangzahlen mehrerer Arten begründet. Auch bei dieser Methode werden eventuelle Wirkungen der Chemikalienapplikation durch die witterungsbedingten populationsdynamischen Schwankungen überlagert, wie aus Abbildung 2 hervorgeht.
Bislang liegen nur sehr wenige Untersuchungen über Pestizideinsätze im Freiland und deren Auswirkungen auf Tausendfüßer vor, sodaß eine endgültige Beurteilung dieser Tiergruppe hinsichtlich ihrer Toleranz beispielsweise gegenüber Herbiziden und Insektiziden verfrüht wäre.
Bei Feldversuchen mit DDT und Aldrin von EDWARDS & LOFTY (1969) wurde keine oder nur eine sehr geringe Wirkung auf die Diplopoden festgestellt. Allerdings erfolgte die Untersuchung nicht auf dem Artniveau und die Anzahl der für die Interpretation zugrunde gelegten Daten war recht gering.
Bei einer mehrjährigen Untersuchung von DAVIS et al. (1969) mit 0,54 g Dieldrin pro m^2 auf einer Grasfläche war die Population von *G. marginata* 11 Wochen nach dem Pestizideinsatz dauerhaft vernichtet. Andere Diplopodenarten wie *J. scandinavius*, *Schizophyllum sabulosum*, *Tachypodoiulus niger* und *P. denticulatus* zeigten dagegen keine oder nur sehr geringe Wirkung auf der selben Versuchsfläche. In LC_{50} Versuchen wirkte Dieldrin auf *S. sabulosum* selbst bei 4 % iger wässriger Lösung nicht, während von *G. marginata* schon bei 0,2 % nach 9 Tagen keine lebenden Individuen mehr anzutreffen waren.
EDWARDS (1974a) prüfte in einer vergleichenden Untersuchung die Wirkung verschiedener Insektizide auf Pauropoden, Symphylen, Chilopoden und Diplopoden. Dabei wurden 3 m^2 jeweils mit 0,5 g Aldrin pro m^2, 6,5 und 0,65 g DDT pro m^2, 0,45 g Parathion pro m^2 und 0,45 g Diazinon pro m^2 einmalig belastet. Der Untersuchungszeitraum betrug 5 Jahre und erbrachte nur bei der hohen DDT-Konzentration Effekte auf die Diplopodenfauna, während vor allem Symphylen und Pauropoden sehr empfindlich reagierten. Allerdings erscheint die Größe der Untersuchungsflächen bei einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren zu klein angesichts des Aktionsradius der Diplopoden.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 5. Summe aller Tiere aus Fotoeklektoren im Chemikalienprogramm. Alle Angaben sind auf 5 kleine und 1 großen Fotoeklektor sowie 28 Tage Expositionszeitraum genormt. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Summe aller Tiere einer Fläche, sodaß die Dominanzstruktur verglichen werden kann.

Art	Kontrolle		1g 2,4,5-T		5g 2,4,5-T		1g PCP		5g PCP		Gesamt	
	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%
P. lagurus	111,2	33,5	4,2	2,1	11,2	4,7	44,3	12,2	8,5	2,3	179,3	11,9
G. marginata	6,3	1,9			7,3	3,1	2,0	0,6	4,0	1,1	19,6	1,3
C. silvestre	1,1	0,3							1,9	0,5	3,0	0,2
M. germanicum	132,4	39,8	136,3	69,0	127,0	53,5	212,5	58,4	228,6	61,4	836,8	55,7
C. vomrathi	36,0	10,8	25,7	13,0	40,1	16,9	59,6	16,4	73,9	19,8	235,4	15,7
P. denticulatus									1,1	0,3	1,1	0,1
J. scandinavius	18,2	5,5	15,9	8,1	33,7	14,2	29,8	8,2	27,7	7,4	125,3	8,3
A. punctatus	1,1	0,3	3,3	1,7	1,0	0,4	8,0	2,2	3,1	0,8	16,6	1,1
L. simplex									1,1	0,3	1,1	0,1
P. fuscus	1,1	0,3									1,1	0,1
N. varicorne	25,0	7,5	12,0	6,1	17,2	7,3	7,6	2,1	22,7	6,1	84,5	5,6
Summe	333,2	100	197,5	100	237,5	100	363,8	100	372,5	100	1503,6	100

Tabelle 6. Summe aller Tiere aus Barberfallen im Chemikalienprogramm. Alle Angaben sind auf 10 Barbarfallen und 14 Tage Expositionszeitraum genormt. Weitere Erklärungen siehe Tabelle 5.

Art	Kontrolle		1g 2,4,5-T		5g 2,4,5-T		1g PCP		5g PCP		Gesamt	
	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%
P lagurus					3,0	1,5	2,0	1,2	1,1	0,6	6,1	0,7
G. marginata	13,8	7,2	19,7	11,9	29,8	14,5	20,5	12,3	14,0	7,3	97,7	10,6
G. conspersa	1,0	0,5			1,1	0,5			2,1	1,1	4,2	0,5
G. undulata							1,1	0,7			1,1	0,1
C. silvestre	3,0	1,6	5,0	3,0	13,4	6,5	4,0	2,4	6,3	3,3	31,7	3,5
M. germanicum	87,9	46,1	62,9	38,1	75,1	36,5	62,9	37,9	65,3	34,1	354,1	38,5
C. vomrathi	11,0	5,8	13,4	8,1	11,9	5,8	12,1	7,3	10,2	5,3	58,7	6,4
P. denticulatus			1,0	0,6			1,2	0,7			2,2	0,2
J. scandinavius	66,5	34,9	54,4	33,0	69,3	33,7	61,2	36,9	77,3	40,4	328,7	35,8
A. punctatus	2,1	1,1	2,0	1,2	1,0	0,5			1,0	0,5	6,1	0,7
A. nitidus									1,8	1,0	1,8	0,2
A. caeruleocinctus	1,0	0,5							0,9	0,5	1,9	0,2
L. simplex	1,0	0,5							1,0	0,5	2,0	0,2
P. fuscus									1,1	0,6	1,1	0,1
N. varicorne	3,4	1,8	6,7	4,0	1,0	0,5	1,0	0,6	9,2	4,8	21,3	2,3

Tabelle 7 Summe aller Tiere in Fotoeklektoren und Barberfallen der Kontrollfläche und Prozentsatz der Tiere in den Chemikalienflächen im Vergleich zu den Werten in der Kontrollfläche.

Art	Kontrolle		1g 2,4,5-T		5g 2,4,5-T		1g PCP		5g PCP	
	FE	BF	FE	BF	FE	BF	FE	BF	FE	BF
	Ind.	Ind.	%	%	%	%	%	%	%	%
P. lagurus	111,2		3,8		10,1	∞	39,8	∞	7,6	∞
G. marginata	6,3	13,8		143,1	115,6	216,7	31,9	148,8	64,3	101,7
G. conspersa		1,0				111,0				211,1
G. undulata								∞		
C. silvestre	1,1	3,0		165,6		444,0		132,5	176,9	208,7
M. germanicum	132,4	87,9	103,0	71,5	96,0	85,5	160,6	71,6	172,7	74,3
C. vomrathi	36,0	11,0	71,5	121,2	111,4	108,4	165,7	109,9	205,4	92,7
P. denticulatus				∞				∞	∞	
J. scandinavius	18,2	66,5	87,6	81,7	185,3	104,2	163,9	91,9	152,3	116,3
A. punctatus	1,1	2,1	296,4	94,8	92,9	47,4	715,2		275,0	47,4
A. nitidus										∞
A. caeruleocinctus		1,0								182,0
L. simplex		1,0							∞	100,0
P. fuscus	1,1									∞

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

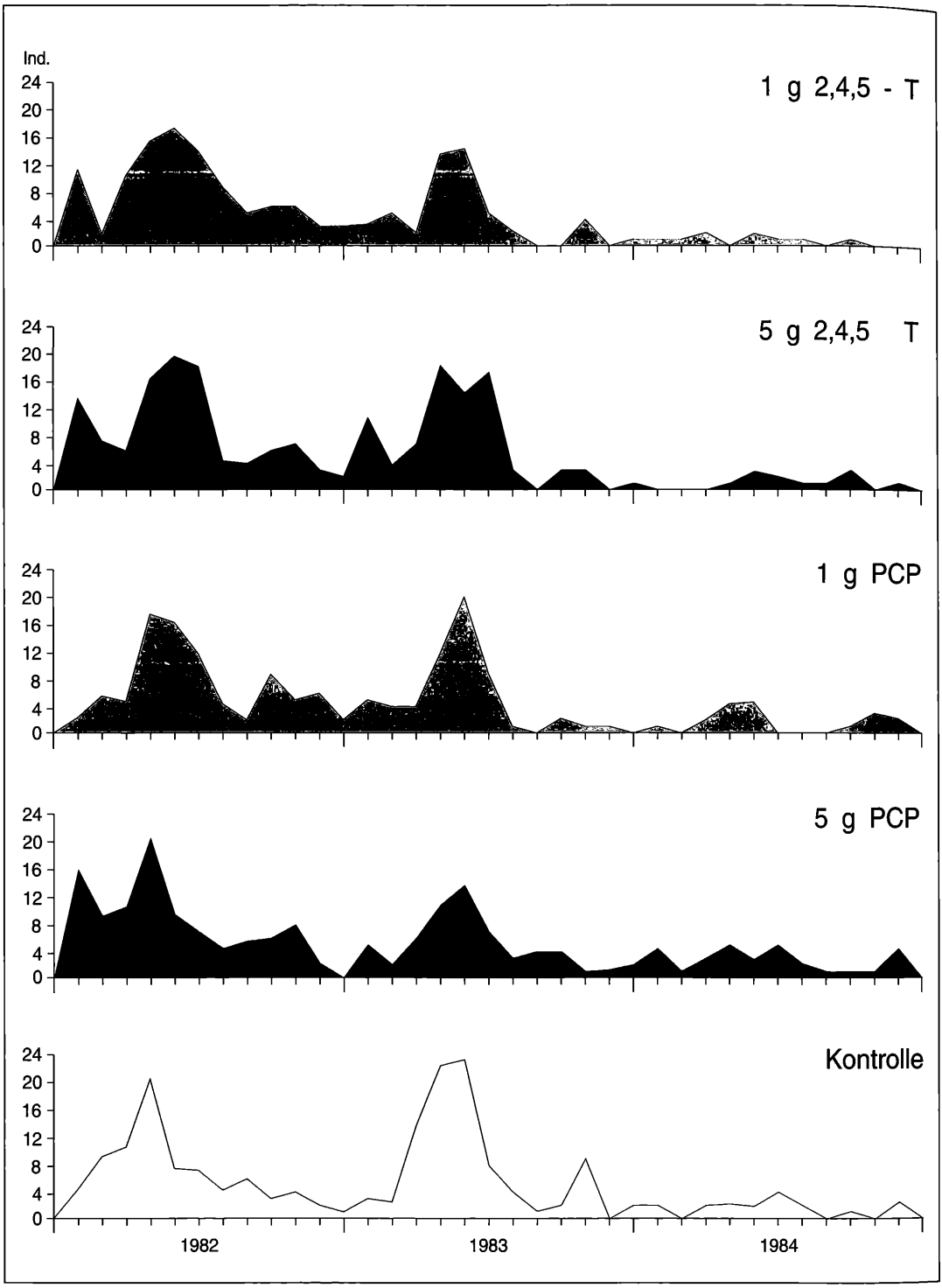

Abbildung 15. Summe aller Tiere aus Barberfallen im Chemikalienprogramm.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

HOY (1985) zeigte in Laborversuchen mit *Scytonotus simplex*, einem amerikanischen Polydesmiden, daß 2,4-D in Konzentrationen von 0,34 g pro m^2 signifikant höhere Mortalität gegenüber der Kontrolle auslöst.

Diese wenigen Untersuchungen an Diplopoden scheinen überwiegend darauf hinzuweisen, daß diese Tiergruppe gegenüber "Umweltchemikalien" relativ unempfindlich reagiert, wenngleich einige Arbeiten eine erhöhte Empfindlichkeit von *G.marginata* nahelegen. Es wäre denkbar, daß sich Vertreter der Glomeriden physiologisch stark von anderen Ordnungen der Diplopoda (z.B. Iuloidea) unterscheiden. Eingehendere Untersuchungen auf dem Artniveau besonders auch bei den wichtigen Ascospermophoren erscheinen deshalb notwendig.

Die Ergebnisse des Chemikalienprogramms im Stadtwald Ettlingen jedenfalls erbrachten keine Hinweise für eine Wirkung zumindest von 2,4,5-T und PCP, auch nicht auf die Arten der Gattung *Glomeris*. Im Großen und Ganzen passen sie damit in das Bild, was wir bisher von der Wirkung von Pestiziden auf die Dilopodenfauna haben. Die klimatischen Verhältnisse, vor allem geringe Feuchtigkeit bei gleichzeitig hohen Temperaturen über einen Zeitraum von ungefähr 3 Monaten, hatten auf fast alle Arten einen größeren Effekt als die applizierten Chemikalien.

6. Literatur

BECK, L. (1989): Lebensraum Buchenwaldboden. 1. Bodenfauna und Streuabbau – Eine Übersicht. – Verh. Ges. Ökol., **17**: 47-54; Göttingen.

BECK, L. & MITTMANN, H. - W. (1982): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 2. Klima, Streuproduktion und Bodenstreu. – Carolinea, **40**: 65-90; Karlsruhe.

BLOWER, J. G. (1956): Some relations between millipedes and the soil. – Sixieme Congr. Sci. Sol, **3** (28): 169-176; Paris.

BLOWER, J. G. (1958): British Millipedes (Diplopoda). Synopses of the British fauna; London.

BOCOCK, K. & HEATH, J. (1967): Feeding activity of the millepede *Glomeris marginata* (VILLERS) in relation to its vertical distribution in the soil. – In: GRAFF & SATCHELL (eds.): Progress in Soil Biology: 233-240; Braunschweig (Vieweg & Sohn).

BROOKES, C. & WILLOUGHBY, J. (1978): An Investigation of the Ecology and Life History of the Millipede *Blaniulus guttulatus* (BOSC) in a British Woodland. – Abh. Verh. Naturwiss. Ver., **21/22**: 105-114; Hamburg.

BYZOVA, J. (1967): Respiratory metabolism in some millipedes (Diplopoda). – Rev. Ecol. Biol. Sol, **4**: 611-624; Paris.

CARREL, J. (1983): Defensive secretion of the pill millipede *Glomeris marginata*. I. Fluid production and storage. J. Chem. Ecol., **10** (1): 41-51; New York.

CEUCA, T., SCHNEIDER, E. A. & WEISS, I. (1983): Ökofaunistische Untersuchungen der Diplopoden am Konglomerat von Podu Olt, Südsiebenbürgen. – Stud. Comun., Sti. nat., Muz. Brukenthal, **25**: 261-272; Sibiu.

DAVID, J. - F. (1986): Les peuplements de Diplopodes des trois stations diversement enrésinées en forêt d'Orleans. – C. R. Acad. Sc. Paris, Sér. 3, **302** (1): 7-10; Paris.

DAVIS, B., MOORE, N., WALKER, D. & WAY, J. (1969): A Study of Millipedes in a Grassland Community Using Dieldrin as a Tool for Ecological Research. – In: SHEALS, J. (ed.): The Soil Ecosystems. Systematics Association Publ., **8**: 217-228; London.

DUNGER, W. (1962): Methoden zur vergleichenden Auswertung von Fütterungsversuchen in der Bodenbiologie. – Abh. Ber. Nat. Mus. Görlitz, **37** (2): 143-162; Görlitz.

DUNGER, W. (1983): Tiere im Boden. – 3. Aufl., 280 S.; Wittenberg Lutherstadt (A. Ziemsen).

EDWARDS, C. (1974a): Some Effects of Insecticides on Myriapod Populations. – Symp. Zool. Soc. London, **32**: 645-655; London.

EDWARDS, C. (1974b): Macroarthropods. – In: DICKINSON & PUGH (eds.): Biology of Plant Litter Decomposition, **2**: 533-554; London and New York (Academic Press).

EDWARDS, S. & LOFTY, J. (1969): The Influence of Agriculture Practice on Soil Micro-Arthropod Populations. – In: SHEALS (ed.): The Soil Ecosystems. The Systematics Association, **8**: 237-247; London.

EISENBEIS, G. & WICHARD, W. (1985): Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden; Stuttgart, New York (Gustav Fischer).

ELLENBERG, H. (1986): Ergebnisse des Sollingprojekts in verschiedener Sicht. – In: ELLENBERG, H., MAYER, R., SCHAUERMANN, J. (Hrsg.): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts: 418-440; Stuttgart (Eugen Ulmer).

ENGHOFF, H. (1978a): Parthenogenesis and Spanandry in Millepedes. – Abh. Ges. Nat. Wiss. Hamburg, **21/22**: 72-85; Hamburg.

ENGHOFF, H. (1978b): Parthenogenesis and bisexuality in the millepede, *Nemosoma varicorne* C. L. Koch, 1847 (Diplopoda: Nemasomatidae), II. Distribution, substrate and abundance of the bisexual and thelytokous forms in some Danish forests. – Ent. Meddr, **46**: 73-79; Copenhagen.

FRANKE, U. & BECK, L. (1989): Lebensraum Buchenwaldboden. 2. Streueintrag und Streuabbau. – Verh. Ges. Ökologie, **17**: 55-59; Göttingen.

FRANZ, H. (1975): Die Bodenfauna der Erde in biozönotischer Betrachtung, Teil I, Erdwissenschaftliche Forschung; Wiesbaden (Franz Steiner).

FRIEBE, B. (1983): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens, 3. Die Käferfauna. – Carolinea, **41**: 45-80; Karlsruhe.

FUNKE, W. (1971): Food and energy turnover of leafeating insects and their influence on primary production. In: ELLENBERG, H. (Hrsg.): Integrated Experimental Ecology. Ecol. Studies, **2**: 81-93,; Berlin, Heidelberg.

GEOFFROY, J. J. (1981): Étude d'un écosystème forestier mixte, V. Traits généraux du peuplement de Diplopodes édaphiques. – Rev. Ecol. Biol. Sol, **19** (2): 357-372; Paris.

GYÖRGY. I. (1982): A Talajfelszinen Mozgo Allatok Napszakos Aktivitasanak Vizsgalata A Farkasgyepui Bükkösben. – Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis, **1:** 171-180; Bakonyi.

HAACKER, U. (1968a): Deskriptive, experimentelle und vergleichende Untersuchungen zur Autökologie rhein-mainischer Diplopoden. – Oecologia, **1**: 87-129; Berlin.

HAACKER, U. (1968b): Die Diplopoden des Rhein-Main-Gebietes. – Senckenbergiana biol., **49**: 31-38; Frankfurt a. M.

HOFFMANN, R. (1979): Classification of the Diplopoda. Museum d'Histoire Naturelle; Genève.

HOY, J. (1985): Toxicity of 2,4-D to Millipedes (Polydesmidae: Diplopoda): Food Contamination and Residue Distribution as Factors. – J. Econ. Entomol., **78**: 302-304; Collage Park.

JEEKEL, C. (1978): Voorlopige atlas van de verspreiding der Nederlandse miljoenpoten (Diplopoda). – Inst. voor Taxono-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

mische Zoölogie (Zoölogische Museum), Universiteit van Amsterdam; Amsterdam.

JUBERTHIE-JUPEAU, L. (1967): Les Oothèques de quelques Diplopodes Glomeridia. – Rev. Ecol. Biol. Sol, **4** (1): 131-142; Paris.

KIME, R. D. (1978): The Distributation of Millepedes in the South of England – A Preliminary Survey. – Abh. Verh. Naturwiss. Hamburg; Hamburg.

KIME, R. D. & WAUTHY, G. (1984): Aspects of relationships between millepedes, soil texture and temperature in deciduous forest. – Pedobiologia, **26**: 387-402; Jena.

MEIDELL, B. & SIMONSEN, A. (1985): A mass occurence of *Cylindroiulus londinensis* (LEACH, 1815) in Norway. – Fauna Norv., Ser. B., **32**: 47-48; Oslo.

MEYER, E., SCHWARZENBERGER, I., STARK, G. & WECHSELBERGER, G. (1984): Bestand und jahreszeitliche Dynamik der Bodenmakrofauna in einem inneralpinen Eichenmischwald (Tirol, Österreich). – Pedobiologia, **27**: 115-132; Jena.

PETERSEN, H. & LUXTON, M. (1982): A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. – Oikos, **39:** 287-388; Kopenhagen.

PHILLIPSON, J. (1967): Studies on the energetics of woodland Diplopoda. – In: PETRUSEWICZ, K. (ed.): Secondary productivity of terrestrial ecosystems: 679-685; Warszawa & Krakow.

PHILLIPSON, J. & MEYER, E. (1984): Diplopod numbers and distribution in a British beechwood. – Pedobiologia, **26**: 83-94; Jena.

REICHLE, D. (1971): Energy and nutrient metabolism of soil and litter invertebrates. – Proc. Brussels Symp. Ecology Conservation, **4**: 465-477; Brussels.

RÖMBKE, J. (1988): Die Enchytraeen eines Moderbuchenwaldes. Ihre Rolle beim Streuabbau und ihre Reaktion auf Umweltbelastungen. – Diss. Univ. Frankfurt, 179 S.

SCHAEFER, M. (1990): The soil fauna of a beech forest on limestone: trophic structure and energy budget. – Oecologia, **82**: 128-136; Berlin.

SCHALLNASS, H. - J. (1989): Lebensraum Buchenwaldboden. 6. Die Diplopoden. – Verh. Ges. Ökol., **17**: 77-81; Göttingen.

SCHUBART, O. (1934): Tausendfüßler oder Myriapoda, I: Diplopoda. – In: DAHL, F. (1934): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. 28. Teil; Jena (Gustav Fischer).

SEIFERT, G. (1961): Die Tausendfüßler (Diplopoda); Wittenberg Lutherstadt (A. Ziemsen).

STEINMETZGER, K. (1982): Die Diplopoden des Waldgebietes Hakel im nördlichen Harzvorland der DDR. – Hercynia, **19**: 197-205; Leipzig.

SWIFT, M. J., HEAL, O. W. & ANDERSON, J. M. (1979): Decomposition in terrestrial ecosystems. – Studies in Biology, **5**, 372 S; Blackwell, Oxford.

THIELE, H.-U. (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts. – Z. Angew. Entomol., **44**: 1-21; Hamburg.

THIELE, H. U. (1968): Die Diplopoden des Rheinlandes. Decheniana, **120** (1/2): 343-366; Bonn.

TISCHLER, W. (1955): Synökologie der Landtiere. Gustav Fischer; Stuttgart.

TRACZ, H. (1979): Effect of the clearcut management of pine forests on the dynamics of *Proteroiulus* (AM STEIN), (Diplopoda, Blaniulidae) population. – Warsaw Agricultural University, Symposium on the Protection of Forest Ecosystems: 119-127; Warsaw (Rogow).

TRACZ, H. (1984): Studies on the ecology of *Proteroiulus fuscus* (AM STEIN, 1857). – Acta Zool. Cracov, **27** (21): 519-576; Krakow.

VERHOEFF, K. (1936): Unsere Kenntnisse von den Diplopoden des alemannischen Gaues. Beitr. naturkdl. Forsch. SüdwDtl., **1** (2): 228-255; Karlsruhe.

VERHOEFF, K. (1937): Streifzüge durch Spessart, Odenwald und Hardt: Diplopoda. – Ber. Naturf. Ges., **35**: 162-195; Freiburg.

VERHOEFF, K., EKMAN, S. & HESSE, R. (1938): Diplopoden der Germania zoogeographica im Lichte der Eiszeiten. – Zoogeographica, **3 (**4): 494-547; Jena.

VERHOEFF, K. (1939): Über Craspedosomen aus Baden und die Variationen des *Craspedosoma germanicum* Verh., Entstehung des Polymorphismus. – Zool. Anz., **128** (11/12): 257-270; Leipzig.

WEIDEMANN, G. (1986): Artenzahlen in den Ökosystemen des Solling. – in: ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. (Hrsg.): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts: 219-224; Stuttgart (Eugen Ulmer).

ZACHARIAE, G. (1965): Spuren tierischer Tätigkeit im Boden des Buchenwalds. – Forstwiss. Forsch., **20**: 1-68.

ZIETZ, E., DUMPERT, K. & RÖMBKE, J. (1987): Effects of the chemicals PCP and 2,4,5-T on a soil ecosystem, Part 1: Application and residue analysis. – Sci. Total Enviroment, **61**: 153-165; Amsterdam.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: 50

Autor(en)/Author(s): Schallnass Hans-Joachim, Römbke Jörg, Beck Ludwig

Artikel/Article: Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 15. Die Doppelfüßer (Diplopoda) 145-170