

## Zur Ökologie des Waldohrwurms (*Chelidurella acanthopygia*) in Schleswig-Holstein (Dermaptera)

Von Ulrich Irmeler und Rainer Hingst

### Summary

#### Ecology of the Earwig *Chelidurella acanthopygia* (Dermaptera) in Schleswig-Holstein (Northern Germany)

The earwig *Chelidurella acanthopygia* is wide spread in deciduous forests in Schleswig-Holstein (Northern Germany). The species is most abundant in beech forests on medium fresh sites with moder humus. These forests are characterized by a small humus fraction in the top soil, which is noticed by the low part of organic carbon in the Ah-layer. The pH values are about 3,5 to 3,8. Therefore population densities decrease after liming.

In Schleswig-Holstein the population dynamic of the earwig is mainly semivoltin. Only a small part of the population seems to develop one generation/year. During the cold season *Chelidurella acanthopygia* has a phase of distribution with high activity.

It can be confirmed, that the species is predominantly zoophagous. By means of both nourishment and respiration measurements energy, carbon and nitrogen balances are determined. It can be estimated that a population of 12 ind./m<sup>2</sup> feed about 5000 to 32 000 prey animals · m<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup>.

### Einleitung

In den mitteleuropäischen Wäldern ist der Waldohrwurm (*Chelidurella acanthopygia*) eine weit verbreitete und häufige Art der Bodenfauna. In Anpassung an das Bodenleben in der Laubstreu der Wälder hat er im Gegensatz zu seinen nächsten Verwandten, dem Gebüschohrwurm (*Apterygida media*) und dem Gemeinen Ohrwurm (*Forficula auricularia*) als ebenso häufigen Bewohnern der Strauch- und Kronenschicht, die Flugfähigkeit durch Reduktion der Flügel verloren (Abb. 1). Ökologische Untersuchungen aus den Mittelgebirgen (ELLENBERG et al. 1986, FRANKE 1985) belegen die große Bedeutung der Art im Nahrungsnetz der Bodenfauna. Weiterhin scheint der Generationszyklus der Art stark von den Ernährungs- und Temperaturbedingungen des Biotopes abzuhängen (FRANKE 1985).

Im Zuge ausführlicher Untersuchungen zur Bodenfauna in schleswig-holsteinischen Waldökosystemen konnte auch der Waldohrwurm näher bearbeitet werden. Dadurch lassen sich ergänzende Ergebnisse zu den bereits vorliegenden Erkenntnissen aus dem Solling (ELLENBERG et al. 1986) und dem Schwarzwald (FRANKE 1985) hinzufügen sowie die schleswig-holsteinischen Daten über die Populationsdynamik der Art mit denjenigen aus dem mittleren und südlichen Deutschland vergleichen.

## Standorte und Methoden

Untersuchungen zu unterschiedlichen Tiergruppen der Bodenfauna konnten in 4 Gebieten Schleswig-Holsteins durchgeführt werden, die entsprechend der Waldverteilung im Land, das mit ca. 9 % Waldanteil das waldärmste Bundesland Deutschlands ist, hauptsächlich im südöstlichen Schleswig-Holstein liegen. Dies sind ein Gebiet bei Bornhöved mit vier verschiedenen Waldbereichen, einem Buchenwald, einem Fichtenwald und einem Hangmischwald auf Braunerden, sowie einem Erlenwald auf der Gyttya des alten Seeufers des Belauer Sees. Diese Wälder wurden von 1988 bis 1991 beprobt. Bei Siggen (Ostholstein) wurden zwei Wälder untersucht, ein Buchen-Eichen-Wald auf Parabraunerde (1984 bis 1987) sowie ein Buchen-Eschen-Ahorn-Wald auf Pseudogley (1984). Ebenso liegen Daten aus zwei Wäldern des Segeberger Forstes (Holsteinische Geest), ein Eichenwald und ein Fichtenwald (1984 bis 1987), auf Podsolböden vor. Außerdem stammen Daten von 1988/89 aus einem Erlenbruch und einem Erlen-Eschenwald am Ufer des Trammersees bei Plön.

Zur Erfassung der Tiere wurden drei unterschiedliche Methoden angewandt. Bei der Quadrat-Methode, die Daten zur Populationsdichte liefert, wurde die Laubstreu aus einem 1/10 m<sup>2</sup>-Rahmen entnommen und die Tiere durch Handauslese und Trockenextraktion in einem Mac-Fadyen-Apparat durch Wärme gewonnen. Diese Methode wurde in drei Wäldern bei Bornhöved, bei Siggen sowie im Segeberger Forst eingesetzt. Die Probenahme erfolgte monatlich mit 3 bis 4 Parallelproben.



Abb. 1: Der Waldohrwurm (*Chelidurella acanthopygia*) ist eine in der Bodenstreu der mitteleuropäischen Wälder weit verbreitete Art und kommt auch in schleswig-holsteinischen Laubwäldern häufig vor.

Weiterhin wurde die Arenafallen-Methode in den Wäldern bei Bornhöved angewandt, die durch Ausfang der Tiere aus einer 4 m<sup>2</sup> großen, durch Bleche begrenzten Fläche ebenfalls Daten zur Populationsdichte liefert. Bei dieser Methode wird aber besonders die Aktivitätszeit der Art berücksichtigt. Aus allen Wäldern der 4 Untersuchungsgebiete liegen Daten aus Bodenfallenfängen vor. Der Anteil der einzelnen Standortfaktoren an der Erklärung der Varianz wurde mit Hilfe der Version 3.1 des Programms „CANOCO“ (Microcomputer Power) berechnet (JONGMAN et al. 1987).

Zur Untersuchung der Nahrungsbilanz wurden Tiere unter Laborbedingungen bei 15 °C in Klimaschränken unter einem 12 Stunden Dunkel/12 Stunden Licht Tag gehalten. Die Tiere wurden in Petrischälchen auf befeuchtem Fließpapier gebracht und mit abgewogenen Mengen von *Drosophila*-Puppen gefüttert. *Drosophila*-Puppen wurden deswegen ausgewählt, da sie während der Lagerung in den Petrischälchen keinen nachweisbaren Gewichtsverlust durch Verdunstung innerhalb von 2 bis 3 Tagen aufwiesen. In Abständen von wenigen Tagen wurden sowohl die Tiere als auch die übriggebliebene Futtermenge und der ausgeschiedene Kot gewogen. Auf diese Weise konnte von 6 Tieren während des Larval-Wachstums bis zum Beginn des Imaginallebens die Nahrungsbilanz bestimmt werden. Weiterhin wurde von 72 Tieren unterschiedlichen Alters der Darminhalt bestimmt, wobei nur die vorgefundene Art der Nahrung und nicht die Menge registriert wurde.

Messungen zur Respiration wurden mit einer Warburg-Anlage ebenfalls bei 6 Tieren mehrmals durchgeführt. Da es die Anlage nicht erlaubte bei Temperaturen unter 15 °C zu arbeiten, liegen nur Werte für diesen Temperaturbereich vor.

## Ergebnisse

### Verbreitung

Der Waldohrwurm wurde in allen untersuchten Laubwäldern gefunden. Nur in den Nadelwäldern ist er nicht oder nur in geringer Abundanz vertreten (Tab. 1). Höchste Abundanzen sowohl hinsichtlich der Fangzahlen in Barberfallen als auch durch Messungen der Populationsdichten konnten in den Laubwäldern mit Moderhumus auf Parabraunerden und Braunerden gefunden werden, die durch die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) bestimmt sind. Dagegen liegen die Abundanzen sowohl auf den trockeneren Geeststandorten mit einem Eichen-Birkenwald als auch in den feuchten Buchenwäldern mit zuneh-

Tab. 1: Durchschnittliche Abundanzen von *Chelidurella acanthopygia* und Bodenparameter aus unterschiedlichen Wäldern Schleswig-Holsteins („Falle“ bezieht sich auf einen Fangzeitraum von 14 Tagen; Born = Bornhöved, Sig = Siggen, Seg = Segeberger Forst, ? = Es liegen keine Meßergebnisse vor).

Standort	n/Falle	n/m <sup>2</sup>	Feuchte (%)	Sand (%)	pH	C-org. (%)
Buche (Born)	4,8	12,7	26,0	77,1	3,5	2,9
Hang (Born)	?	3,5	34,0	89,7	3,6	5,8
Erle (Born)	0,3	6,2	52,4	30,0	5,4	32,3
Buche (Sig)	2,8	10,9	32,2	46,9	3,8	2,1
Buche/Esche (Sig)	0,9	?	37,0	45,7	3,8	4,3
Eiche (Seg)	0,3	3,4	20,8	99,6	3,5	5,9
Fichte (Seg)	0,0	0,0	26,7	79,0	3,3	51,0
Esche (Plön)	0,2	?	47,0	77,1	4,6	?
Erle (Plön)	0,2	?	57,0	92,2	6,5	?

mendem Eschenanteil auf Pseudogley oder in den feuchten bis nassen Eschen- und Erlenwäldern deutlich niedriger.

Beachtliche Unterschiede bei der Messung der Populationsdichte ergaben sich zwischen den Methoden der Quadrataufnahme und der Arenafallen. Während mit der Quadratmethode für die Jahre 1988 bis 1990 Individuendichten von 14,5 Ind./m<sup>2</sup>, 7,0 Ind./m<sup>2</sup> und 10,8 Ind./m<sup>2</sup> gemessen wurden, ergaben die Arenafallen in den entsprechenden Jahren 41 Ind./m<sup>2</sup>, 4,5 Ind./m<sup>2</sup> und 4,1 Ind./m<sup>2</sup>. Der große Unterschied zwischen den Arenafallenergebnissen von 1988 und den beiden folgenden Jahren ist darauf zurückzuführen, daß 1988 die Fallen nicht umgesetzt wurden und der angegebene Wert die Summe der gefangenen Tiere von August bis Dezember des Jahres darstellt.

Eine Abgrenzung der optimalen Standorte für den Waldohrwurm läßt sich durch die Berechnung von Gaus-Reaktions-Kurven nach JONGMAN et al. (1987) erreichen. Hierbei wird aus der 2. Polynomenregression eine Gauskurve abgeleitet, aus der das Optimum, das Individuenmaximum und die Toleranz bestimmt werden kann (Tab. 2). Für den Waldohrwurm sind der Anteil des C-org. und die Bodenfeuchte mit 51 % bzw. 15 % Erklärungsanteil an der Varianz die wichtigsten Faktoren. Eine gute Korrelation zwischen der Abundanz von *Chelidurella acanthopygia* und dem C-org.-Gehalt im Oberboden läßt sich daher feststellen. Hohe C-org.-Gehalte, wie in mächtigen Rohhumusböden unter Nadelwald, werden gemieden. Die Laubwälder mit hohen Abundanzen des Waldohrwurms zeichnen sich vor allem durch saure Moderhumusböden mit pH-Werten um 3,5 und durchschnittlichen Bodenfeuchten zwischen 26 % und 30 % bei einem Optimum von ca. 28 % aus. Der Sandanteil und der pH-Wert des Oberbodens sind nur mit Anteilen von 10 % an der Erklärung der Varianz beteiligt, da sowohl auf sauren Parabraunerden mit geringem Sandanteil als auch auf Braunerden mit starkem Sandanteil hohe Abundanzen erreicht werden (Tab. 2). Durch die untersuchten Bodenfaktoren wird 84 % der Gesamtvarianz der standörtlichen Verbreitung erklärt.

Die Vergleiche zwischen standörtlichen Bedingungen und der Abundanz von *Chelidurella acanthopygia* zeigen, daß die Art vor allem nährstoffarme, mesohygrische Standorte bevorzugt. Daher konnte vermutet werden, daß der Waldohrwurm auf die derzeit verbreitet angewandten Düngungsmaßnahmen in Wäldern zur Kompensation der Säureeinträge negativ reagiert. Derartige Versuche wurden in dem Buchenwald bei Siggen sowie dem Eichen- und Fichtenwald des Segeberger Forstes in den Jahren 1985 bis 1987 durchgeführt. Dort wurden neben einer Kontrollparzelle ohne Kalkmergel je ein Waldbereich mit 300 g/m<sup>2</sup> bzw. 600 g/m<sup>2</sup> Kalkmergel gedüngt (IRMLER et al. 1989). Da nur in dem Buchenwald bei Siggen eine nennenswerte Individuendichte der Art vorkam, läßt sich in diesem Wald die Reaktion der Population auf die Düngungsmaßnahmen erkennen

Tab. 2: Optimale standörtliche Bedingungen für den Waldohrwurm für verschiedene Bodenparameter sowie Toleranz und maximale Individuendichte im Optimalbereich errechnet mit Hilfe der Gauskurven nach JONGMAN et al. (1987) auf der Basis von 9 Untersuchungsstandorten (% Erklärung: Varianzklärung nach Programm CANOCO).

	C-org. (%)	Feuchte (%)	pH	Sand (%)
Optimum	0,0	27,6	4,4	65,0
Ind. Maximum	8,4	7,3	7,5	7,2
Dichte (Standardabw.)	3,4	3,9	4,5	4,4
Toleranz	21,0	17,0	0,9	25,7
% Erklärung	51	13	10	10

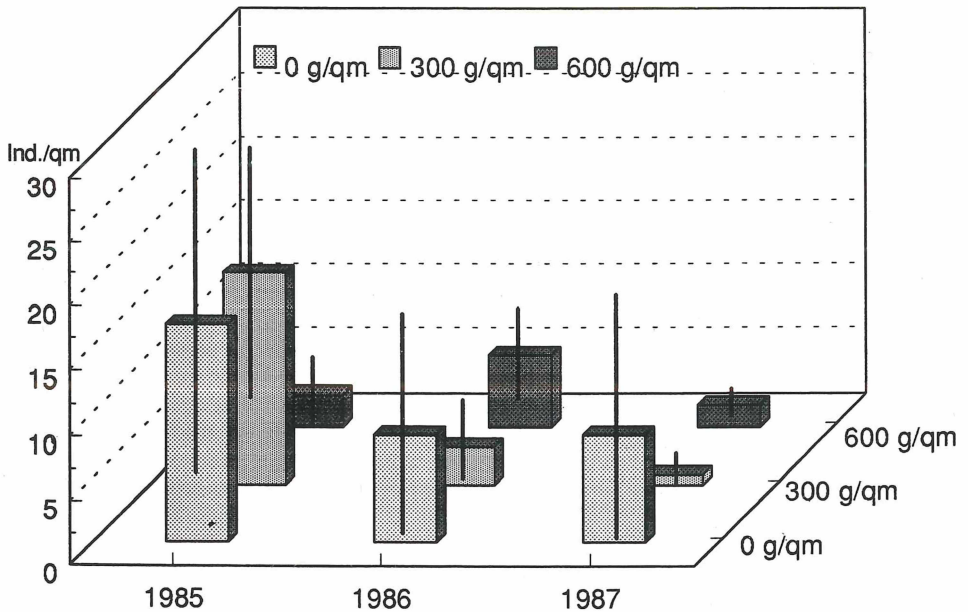


Abb. 2: Abundanz von *Chelidurella acanthopygia* in einem Düngungsversuch mit Kalkmergel in dem Buchenwald bei Siggen (Ausbringung des Kalkmergels im Mai 1985).

(Abb. 2). Bereits im ersten Jahr des Versuchs liegt die Populationsdichte in der stark gedüngten Parzelle erheblich niedriger als in den ungedüngten oder schwach gedüngten Parzellen. Während in der schwach gedüngten Parzelle (300 g/m<sup>2</sup> Kalkmergel) in den Folgejahren die Abundanz stetig und kräftig sinkt, ist in der Kontrollparzelle nur eine geringe Abundanzminderung zu verzeichnen. Möglicherweise geht selbst dieser Rückgang der Population auf die Kalkmergeldüngung zurück, da es auch in der ungedüngten Kontrollparzelle durch laterale Verfrachtung des Kalkes zu einer leichten Kalkanreicherung kommt.

## Populationsdynamik

Die Populationsdynamik des Waldohrwurms läßt sich vor allem in dem Buchenwald bei Bornhöved studieren, wo die höchsten Populationsdichten gemessen wurden. Im Jahre 1988 traten dort im August Jungtiere auf, die sich bis zum Ende des Jahres bis zu Adulten entwickelten (Abb. 3). Während in dieser Zeit die Tiere von durchschnittlich 3,5 mg FM auf ca. 50 mg FM anwuchsen, sank die Abundanz von ca. 36 Ind./m<sup>2</sup> auf ca. 3 Ind./m<sup>2</sup>. Obwohl im Frühjahr des folgenden Jahres keine Jungtiere mehr gefunden wurden, scheinen nur wenige Tiere zur Fortpflanzung gekommen zu sein, da 1989 weder ein Abundanzanstieg noch ein Rückgang des Individualgewichts vergleichbar dem Jahre 1988 zu erkennen war. Der geringfügige Anstieg der Populationsdichte sowie Abfall des Individualgewichtes deuten jedoch darauf hin, daß wenige Tiere zur Fortpflanzung kamen. Erst im Jahre 1990 treten wieder vergleichbare Verhältnisse wie 1988 auf (allerdings

mit geringeren Abundanzen), so daß wahrscheinlich der weitaus überwiegende Teil der Tiere erst im zweiten Jahr zur Fortpflanzung kam. Die nächstfolgende Fortpflanzungsperiode im Jahre 1992 scheint im Buchenwald nicht oder nur in geringem Ausmaß stattgefunden zu haben, da es weder zu einem bemerkenswerten Abundanzanstieg noch zu einem Absinken des Individualgewichtes gekommen ist. Gleichzeitig sinkt insgesamt die

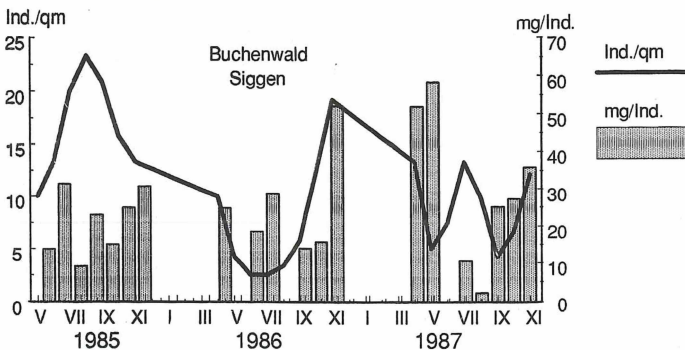
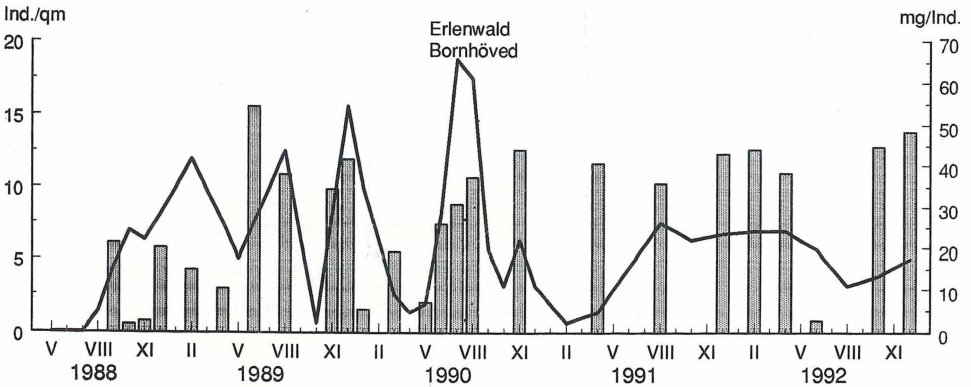
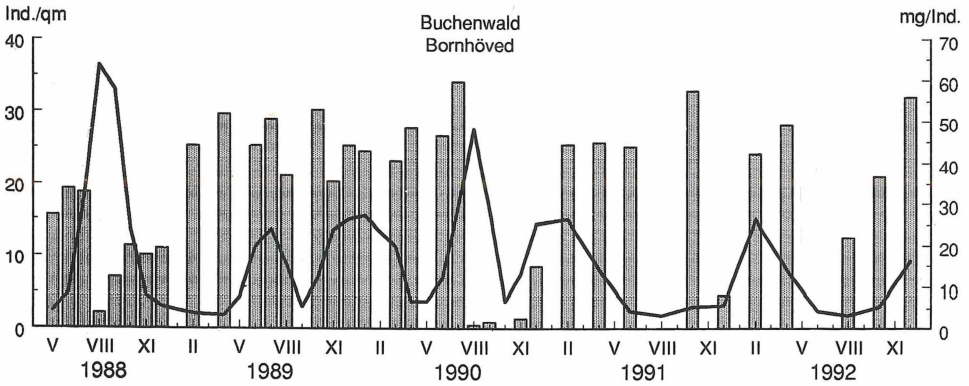


Abb. 3: Populationsdynamik des Waldohrwurms (*Chelidurella acanthopygia*) in drei unterschiedlichen Wäldern Schleswig-Holsteins. Aufgetragen ist die Populationsdichte (Ind./m<sup>2</sup>) und das Individualgewicht (mg/Ind.).

Abundanz des Waldohrwurms in diesem Wald. Als Erklärung dieses Einbruchs der Populationsdichte kann die extreme Sommertrockenheit dieses Jahres herangezogen werden.

Das Schlüpfen der Jungtiere ist in allen untersuchten Jahren auf den Zeitraum von Juli/August zu datieren. Aufgrund der Laboruntersuchungen konnte festgestellt werden, daß die Männchen mit einem Gewicht von 36 mg FM bis 40 mg FM die Häutung zum adulten Tier vollziehen, während die Weibchen länger wachsen, um bei einem Gewicht zwischen 46 mg FM und 55 mg FM adult zu werden (Abb. 6). Bei den im Labor gehaltenen Tieren konnten drei Larvalhäutungen beobachtet werden. Das 1. Larvalstadium dauerte bis ca. 4 mg FM, das 2. bis ca. 10 mg FM, das 3. bis ca. 20 mg FM und das letzte Stadium bis ca. 40 mg FM oder 50 mg FM. Im Labor wurde dieses Gewicht in einem Zeitraum von durchschnittlich 160 Tagen erreicht, wobei allerdings relativ große individuelle Unterschiede auftraten, die einerseits durch längeres Wachstum der Weibchen, andererseits durch individuell verschiedene Nahrungsaufnahme zustande kam (Abb. 4). Durch das unterschiedlich lange Wachstum schwankt die Larvalzeit zwischen 80 Tagen und 180 Tagen. Im Freiland lag das Larvalwachstum zunächst im unteren Bereich des im Labor beobachteten Wachstums, um sich im Verlauf des Jahres weiter zu verlangsamen. Dadurch läßt sich die Larvalzeit im Freiland zwischen 180 und 240 Tagen abschätzen. Dieser Unterschied zur Laborpopulation ist sehr wahrscheinlich auf die Temperatur zurückzuführen, die im Labor ständig bei 15 °C lag, während sie im Freiland vom August mit ca. 15–16 °C bis auf ca. 4 °C im Dezember absank (Mittel 9,7 °C).

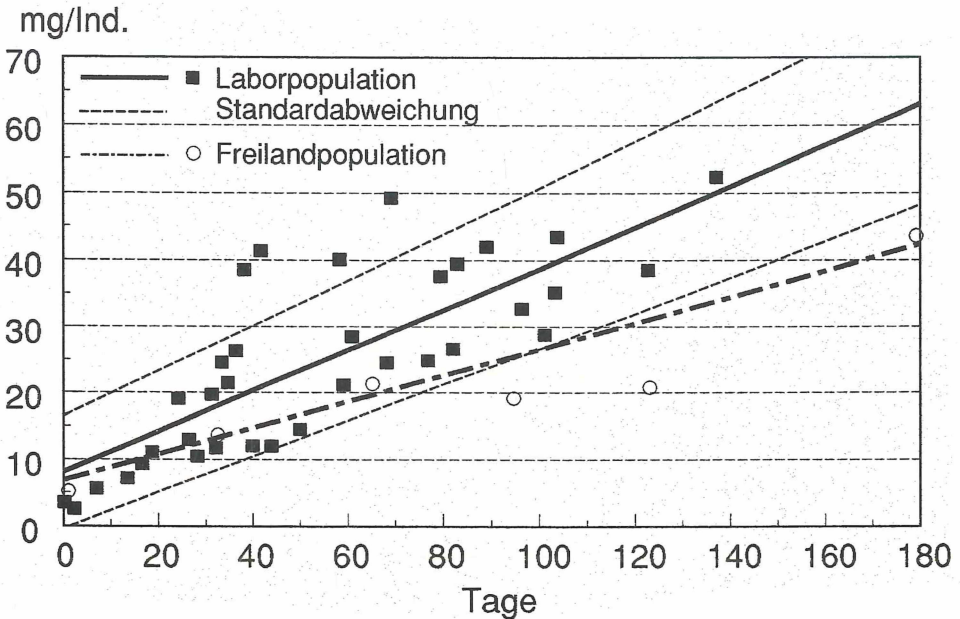


Abb. 4: Wachstum des Waldohrwurms (*Chelidurella acanthopygia*) im Vergleich zwischen Laborpopulation und Freilandpopulation.

## Aktivität und Wanderung

Der Vergleich zwischen der Populationsdichte und der Laufaktivitätsdichte im Buchenwald bei Bornhöved belegt, daß im Sommer, in den Monaten Juni/July, zur Zeit der Fortpflanzung trotz teilweise hoher Populationsdichten nur eine geringe Aktivität zu beobachten ist (Abb. 5). Dagegen liegt in den Herbst- und Wintermonaten eine ausgesprochen aktive Phase des Waldohrwurms vor. Diese Verhältnisse lassen darauf schließen, daß Fortpflanzungsseasonalität und Ausbreitungsdynamik beim Waldohrwurm eng gekoppelt sind. Im Sommer während der Fortpflanzungszeit sind die Tiere standorttreu, da sie Brutpflege betreiben. Anschließend machen die Jungtiere nach dem Aufwachsen in den Herbst- und Wintermonaten anscheinend eine Phase der Ausbreitung durch. In dieser Zeit werden teilweise durch die Bodenfallen enorme Mengen des Waldohrwurms gefangen, die je Falle während eines Monats das Mehrfache der Populationsdichte eines Quadratmeters ausmachen. Im Winterhalbjahr des Jahres 1988/89 wurden im Buchenwald ca. 600 Tiere durch 3 Bodenfallen gefangen, was der Menge von 16 m<sup>2</sup> der maximalen Dichte der Jungtiere in den Sommermonaten und sogar der Menge von 120 m<sup>2</sup> in den Wintermonaten entspricht.

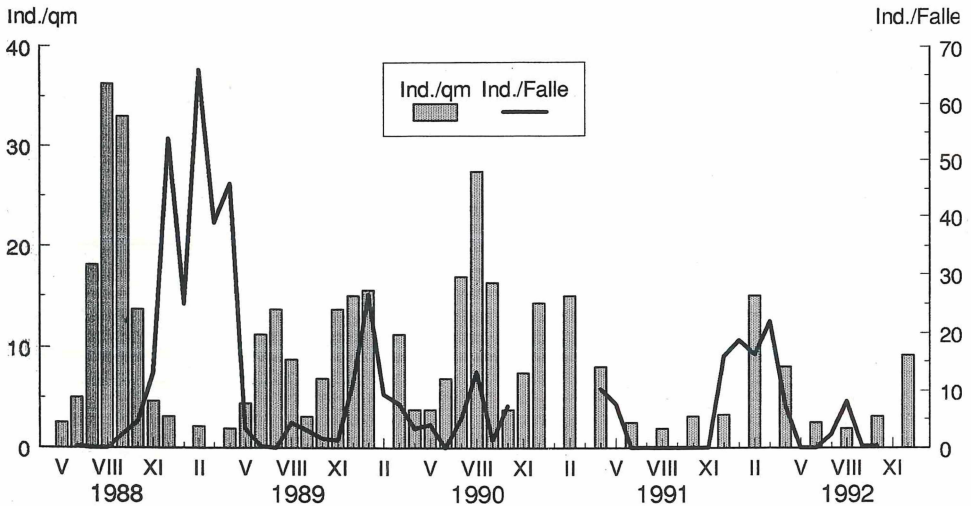


Abb. 5: Populationsdichten und Laufaktivitätsdichten („Falle“ bezieht sich auf den Zeitraum von einem Monat) im Buchenwald bei Bornhöved.

## Nahrung, Energie und Nährstoffbilanz

Bei den Untersuchungen zum Magen-Darm-Inhalt war es nicht möglich, die Mengen der einzelnen Fragmente zu bestimmen. Es wurde nur jeweils vorhanden bzw. nicht vorhanden registriert. Eventuell vorhandene Reste von Makrophyten wurden nicht aufgeführt, da nicht unterschieden werden konnte, ob diese Reste direkt oder als Bestandteil der



Nahrung des Beutetiers aufgenommen wurde. Es wurden außer bei der Pilznahrung nie pflanzliche Reste ohne gleichzeitig auftretende tierische Reste gefunden. Im Labor wuchsen die Tiere ohne Probleme bei rein tierischer Kost.

Die Analyse des Magen-Darm-Inhaltes ergab, daß der Waldohrwurm als panthophage Tierart bezeichnet werden kann, die aber überwiegend von tierischer Kost lebt (Tab. 3).

Tab. 3: Zusammensetzung der Nahrung (%) des Waldohrwurms im Buchenwald des Untersuchungsgebietes bei Bornhöved.

Nahrungsbestandteil	Adulte	Juvenile	Gesamt
Pilze	15,1	15,4	15,3
Collembola	28,9	30,8	29,2
Acari	–	7,7	2,8
Oligochaeta	8,9	7,7	8,3
Opiliona	–	3,8	1,4
Araneida	11,1	3,8	8,3
Diptera	8,4	3,8	5,6
Coleoptera	26,7	19,2	23,6
Cicadina	–	3,8	1,4
Lepidoptera	4,4	–	2,8

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Ernährung adulter Tiere und juveniler Tiere läßt sich aus der Zusammenstellung der Nahrung nicht ablesen. Trotzdem muß auf geringe Unterschiede und, aufgrund der direkten Beobachtung, auf einige Besonderheiten hingewiesen werden. Die juvenilen Tiere scheinen sich etwas mehr von kleinen Tieren zu ernähren als die adulten. Dies wird bereits aus dem Vorhandensein von Milben, Zikaden und einem geringen Überwiegen von Collembolen im Magen-Darm-Trakt deutlich. Die Adulten bevorzugen größere Tiere wie Käfer und Spinnen. Auch Pilze scheinen mehr von den Juvenilen als von den Adulten aufgenommen zu werden. Nur bei den Juvenilen konnten jedenfalls zahlreiche Tiere gefunden werden, die mit Pilzsporen und -hyphen prall gefüllte Därme aufwiesen, was bei Adulten nicht in dem Maße auftrat. Wahrscheinlich liegt dies daran, daß die Pilze besonders im Herbst aufgenommen werden, wenn sich der größte Teil der Tiere noch im 3. Larvalstadium befindet.

Die Menge der Nahrungsaufnahme wurde an Labortieren gemessen, die über ein Jahr gehalten werden konnten und nur mit *Drosophila*-Puppen als tierischer Nahrung gefüttert wurden. Es gelang, insgesamt 6 Tiere über diesen Zeitraum zu halten und sowohl die Nahrungsmenge als auch die Menge der ausgeschiedenen Faeces zu messen. Die Nahrungsaufnahme erfolgt während des Aufwachsens der Tiere nicht gleichmäßig, sondern ruht in einer Zeit vor der Häutung zum nächsten Juvenilstadium, um darauf, während eines Wachstumsschubes, kräftig anzusteigen (Abb. 6). Außerdem wurde die stoffliche Zusammensetzung der Freilandtiere und der N- und C-Gehalt der Faeces der Labortiere analysiert. Anhand der 6 Labortiere wurden die ökologischen Effizienzen sowie der Sauerstoff- und Energieverbrauch bestimmt (Tab. 4 und 5). Es fällt auf, daß es zwischen dem N- und C-Gehalt der Tiere und der Faeces zu Konzentrationsunterschieden kommt, wobei eine N-Anreicherung in den Faeces festzustellen war. Dies ist besonders bedeutsam, da die verzehrten Dipterenpuppen geringere N-Konzentrationen mit 9,5 % N und 45,8 % C als der Waldohrwurm selbst aufwiesen.

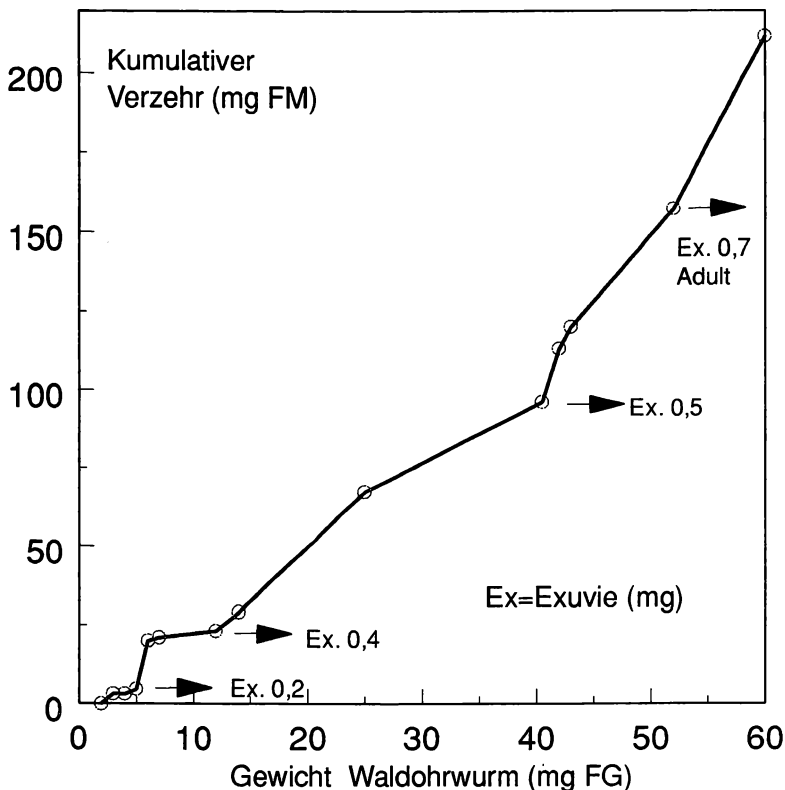


Abb. 6: Kumulative Nahrungsaufnahme während der Juvenilphase des Waldohrwurms

Tab. 4: Stoffliche Zusammensetzung des Waldohrwurms (TM: Trockenmasse in % der Lebendmasse) bzw. der Faeces der Labortiere (Faec).

TM (%)	35,8±1,7
N (%)	10,7
C (%)	52,1
Ca (%)	0,4
Mg (%)	0,1
N (%) Faec.	12,9
C (%) Faec.	40,7

Tab. 5: Sauerstoff- und Energieverbrauch (15 °C) sowie ökologische Effizienzen und Nahrungsaufnahme (Menge/Tag: N/d) bzw. Faecesabgabe (Menge/Tag: F/d) beim Waldohrwurm (n = 6).

ml O <sub>2</sub> /mg · Std	0,026± 0,01
J/mg · Std	0,51 ± 0,20
N/d · mg	0,23 ± 0,06
F/d · mg	0,03 ± 0,01
P/C (%)	22,8 ±10,7
A/C (%)	88,2 ± 2,5
P/R (%)	39,4 ±27,1

Die Stoff- und Energiebilanz der Art lässt sich mit Hilfe der vorhandenen Daten auf verschiedenen Wegen ausrechnen. Nach den Bilanzformeln  $C=P+R+FU$  und  $A=P+R$  ( $C$ =Konsumtion,  $P$ =Produktion,  $R$ =Respiration,  $FU$ =Faecesproduktion,  $A$ =Assimilation) kann die Energiebilanz mit den Daten der Respirationmessung bei einem oxycalorischen Wert von 19,6198 und einem  $Q_{10}$  von 2,5 (WOAS et al. 1989) in kJ errechnet werden

(Tabelle 6). Die Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz wurde mit den Ergebnissen der Fraßversuche berechnet, wobei allerdings der Temperaturfaktor nicht berücksichtigt werden konnte. Schließlich erhält man die Produktion der Art im Freiland mit der Formel  $P=0,5(w_o+w_t)(n_o-n_t)+w_t n_t-w_o n_o$  ( $w_{o,t}$  = durchschnittliches Individualgewicht zur Zeit  $o,t$  und  $n_{o,t}$  = Abundanz/ $m^2$  zur Zeit  $o,t$ ). Diese Formel läßt sich jedoch nur bei separater Betrachtung einer einzelnen Generation benutzen. Sie konnte im Buchenwald bei Bornhöved in den Jahren 1988/89 angewandt werden, wo das Aufwachsen einer Generation von August 1988 bis August 1989 diese Berechnung der Produktion zuließ. Es wurde ein P/B-Quotient von 3,6 bestimmt.

Beim Vergleich der Werte nach den unterschiedlichen Berechnungsverfahren fällt auf, daß die Ergebnisse, die mit Hilfe der Fraßversuche bestimmt wurden, sehr hoch ausfallen. Die durch Verwendung des P/B Wertes erzielten Ergebnisse dürften eher den tatsächlichen Umsätzen entsprechen, da im Labor durch die relativ hohe Temperatur ein höherer Stoffumsatz angenommen werden muß als im Freiland. Dafür spricht auch der Vergleich

Tab. 6: Energiebilanz des Waldohrwurms ( $kJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ) im Buchenwald bei Bornhöved, berechnet nach den Respirationmessungen mit  $0,51 J/mg \cdot Std$  und einem  $Q_{10}$  von 2,5.

	C	P	A	R	FU
1988	30,1	6,9	26,5	17,4	3,5
1989	60,7	13,8	53,2	35,1	7,2
1990	40,2	9,2	35,4	23,2	4,7
1991	34,6	7,9	30,5	20,0	4,1
1992	35,9	8,2	31,7	20,8	4,2
Mittel	40,3	9,2	35,5	23,3	4,8

Tab. 7: Kohlenstoffbilanz des Waldohrwurms ( $g C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ) im Buchenwald bei Bornhöved berechnet nach den Fraßversuchen bzw. nach Verwendung des P/B-Wertes und der C-Konzentrationen.

	berechnet nach Konsumtion in ( $g C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ )					berechnet nach P/B in ( $g C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ )				
	C	P	A	R	FU	C	P	A	R	FU
1988	2,0	0,4	1,7	1,1	0,2	1,5	0,3	1,3	0,9	0,2
1989	4,8	1,1	4,2	2,8	0,6	3,3	0,8	2,9	1,9	0,4
1990	4,1	0,9	3,6	2,4	0,5	1,3	0,3	1,1	0,7	0,1
1991	3,8	0,9	3,4	2,2	0,5	1,1	0,2	1,0	0,6	0,1
1992	3,9	0,9	3,5	2,3	0,5	1,9	0,4	1,7	1,1	0,2
Mittel	3,7	0,8	3,3	2,2	0,4	1,8	0,4	1,6	1,1	0,2

Tab. 8: Stickstoffbilanz des Waldohrwurms ( $g N \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ) im Buchenwald bei Bornhöved berechnet nach den Fraßversuchen und den N-Konzentrationen.

	C	P	A	FU
1988	0,4	0,1	0,4	0,1
1989	1,0	0,2	0,9	0,1
1990	0,8	0,2	0,7	0,1
1991	0,8	0,2	0,6	0,1
1992	0,8	0,2	0,7	0,1
Mittel	0,8	0,2	0,7	0,1

mit den Energieumsätzen aufgrund der Respirationmessungen, da bei Verwendung des Faktors  $1\text{ g C} \approx 34\text{ kJ}$  (SCHAEFER 1989) ähnliche Werte wie die durch den P/B Wert ermittelt werden. Die Konsumtion des Waldohrwurms dürfte daher bei 1 bis 2  $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw. 2 bis 4  $\text{g TM} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  liegen. Entsprechend sind wahrscheinlich die Ergebnisse für die Stickstoffbilanz um den Faktor 2 zu hoch geschätzt. Bei einem geschätzten Anteil von ca. 80 % tierischer Bestandteile an der Gesamtnahrung und einem durchschnittlichen Beutegewicht von 0,1 bis 0,3 mg TM ergibt sich eine Anzahl von ca. 5000 bis 32000 Beutetieren  $\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ .

## Diskussion

Untersuchungen zur Populationsdynamik des Waldohrwurms liegen aus dem Solling (ELLENBERG et al. 1986), dem Schwarzwald (FRANKE 1985) und aus Berliner Wäldern (WEIGMANN 1989) vor. FRANKE (1985) gibt für den Moderhumus Buchenwald am Rande des Schwarzwaldes ca. 12 Ind./ $\text{m}^2$  im langjährigen Mittel an. In dem Moderhumus Buchenwald des Solling (ELLENBERG et al. 1986) wurden durchschnittlich 16 Ind./ $\text{m}^2$  beim Verlassen des Bodens gefunden. Mittlere Besiedlungsdichten sind von dort nicht bekannt. In beiden Wäldern sind daher die Besiedlungsdichten ähnlich hoch wie in den beiden untersuchten Moderhumus Buchenwäldern Schleswig-Holsteins. Etwas geringere Werte geben WEIGMANN et al. (1989) für vier Berliner Wälder an, in denen die Besiedlungsdichte aller Dermaptera-Arten zwischen 1 Ind./ $\text{m}^2$  und 7 Ind./ $\text{m}^2$  schwankt. WEIGMANN et al. (1989) betonen allerdings, daß der Waldohrwurm *Chelidurella acanthopygia* in einem Kiefern-Eichen-Altbestand auf rohhumusartigem Moder und einem Forstsaum aus Laubbäumen auf mullartigem Moder mit Besiedlungsdichten von ca. 7 Ind./ $\text{m}^2$  die dominierende Art ist. Auch bei Berlin wurden in Kiefernreinbeständen deutlich niedrigere Besiedlungsdichten gefunden als in Laub- oder Laubmischwäldern.

Interessant ist der Vergleich der Besiedlungsdichtedaten zwischen den verschiedenen Methoden in dem Buchenwald bei Bornhöved. Die deutlich geringeren Werte der Besiedlungsdichte, die 1989 und 1990 mit der Arenafalle ermittelt wurden, können mit einem unvollkommenen Ausfang der Tiere erklärt werden, da die Arenafallen monatlich umgesetzt wurden. Dagegen lieferte die Arenafalle 1988 als Dauersteher von August bis Dezember erheblich höhere Werte als die Quadratmethode. Die Summe der in diesem Zeitraum durch die Arenafalle gefangenen Tiere entspricht allerdings ungefähr der maximalen Besiedlungsdichte der Jungtiere im August. Da die Arenafalle sowohl seitlich durch Bleche als auch oben durch einen Gazedeckel von der Außenwelt abgegrenzt war, könnte diese Abgrenzung eine Erklärungsmöglichkeit liefern. Unter der Annahme, daß die starke Mortalität der Jungtiere in diesem Zeitraum von ca. 40 Ind./ $\text{m}^2$  auf ca. 3 Ind./ $\text{m}^2$  durch Prädatoren verursacht wird, könnte ein Ausfallen dieser Reduktion auf die wichtigsten Räuber des Waldohrwurms schließen lassen. Mögliche Prädatoren des Waldohrwurms sind größere Laufkäfer und Spinnen – z. B. nach DUMPERT (1989) die Art *Coelotes terrestris* – oder Vögel. Da durch die Arenafallen im wesentlichen Vögel aus dem untersuchten Bereich ausgeschlossen werden, lassen die Ergebnisse darauf schließen, daß Vögel wahrscheinlich die wichtigsten Räuber des Waldohrwurms sind. Als mögliche, räuberische Vogelart kommt hierbei die Amsel (*Turdus merula*) in Betracht. Für das ebenfalls im Gebiet auftretende Rotkehlchen (*Erithaceus rubecula*) konnte in Nahrungsuntersuchungen kein nennenswerter Anteil des Waldohrwurms gefunden werden (GRAJETZKI 1993).

Die Populationsdynamik des Waldohrwurms wie sie FRANKE (1985) aus dem Buchenwald am Rande des Schwarzwaldes beschreibt, trifft auch im wesentlichen auf die schles-

wig-holsteinische Population zu. Die Gewichte der einzelnen Larvenstadien oder der adulten Männchen bzw. Weibchen stimmen relativ gut mit den in Schleswig-Holstein gefundenen Werten überein. Allerdings gibt es hinsichtlich der saisonalen Dynamik einige erwähnenswerte Unterschiede. FRANKE (1985) betont, daß die Entwicklungsdauer des Waldohrwurms entscheidend von der Temperatur geprägt wird. Bereits geringe Unterschiede von ca. 1 °C lassen die Art entweder univoltin oder semivoltin werden. FRANKE (1985) konnte anhand der Temperaturen, gemessen 50 cm über der Bodenoberfläche, eine Grenze von ca. 16,5 °C im Juli/August ermitteln. Oberhalb dieser Grenze ist der Waldohrwurm univoltin, unterhalb werden zunehmende Teile der Population semivoltin. In dem untersuchten Buchenwald bei Bornhöved wurde diese Grenze der Juli/August Durchschnittstemperatur nur im Jahre 1991 erreicht. In den übrigen Jahren von 1988 bis 1990 schwankte sie zwischen 15,8 °C und 16,0 °C, gemessen 5 cm über dem Boden. Leider können wir aufgrund des vorliegenden Materials nicht mehr den Anteil der überwinterten L<sub>3</sub>-Larven feststellen. Insgesamt scheint aber nur ein geringer Teil der 1988 geschlüpften Tiere im folgenden Jahr zur Eiablage zu gelangen, da das durchschnittliche Individualgewicht nur geringfügig sinkt und die Besiedlungsdichte erheblich geringer als in den Jahren mit deutlicher Jungtierproduktion, 1988 und 1990, ansteigt. Es ist daher davon auszugehen, daß der überwiegende Anteil der Population eine zweijährige Entwicklung durchmacht. Auch aus dem Solling wird eine zweijährige Entwicklung für den Waldohrwurm gemeldet (ELLENBERG et al. 1986).

Folgt man den Untersuchungen von FRANKE (1985), so schlüpfen in dem Buchenwald Süddeutschlands die L<sub>1</sub>-Larven etwa Ende Mai, um sich im Juni zur L<sub>2</sub>-Larve zu entwickeln. Die Untersuchungen aus dem Solling (ELLENBERG et al. 1986) ergaben, daß der Waldohrwurm dort im Mai/Juni seine Eier ablegt und die Jungtiere ca. 3 Wochen später, also Juni/Juli ausschlüpfen. Im untersuchten Buchenwald bei Bornhöved treten die geringsten durchschnittlichen Individualgewichte, die mit 2–4 mg der L<sub>1</sub>-Larve bzw. der L<sub>2</sub>-Larve entsprechen, sowohl 1988 als auch 1990 erst im August auf. Mitte Juli waren in beiden Jahren noch keine Junglarven festzustellen. In dem süddeutschen Buchenwald war zu dieser Zeit bereits die L<sub>3</sub>-Larve mit durchschnittlichen Gewichten von 10–12 mg/Ind. vorhanden. Daher scheint in den norddeutschen Wäldern nicht nur eine überwiegend semivoltine Entwicklung des Waldohrwurms vorzuliegen, sondern auch eine insgesamt jahreszeitlich verschobene Fortpflanzungssaisonalität zu bestehen.

Die Mageninhaltsanalysen, die von ELLENBERG et al. (1986) als zur Hälfte pflanzlichen und zur Hälfte tierischen Ursprungs beschrieben werden, können durch die eigenen Untersuchungen bestätigt werden. FRANKE (1985) gibt jedoch an, daß der Waldohrwurm nur ungenügend Laubreste verzehrt. In den eigenen Laboruntersuchungen konnte die Art nur durch rein tierische Kost gezüchtet werden. Laubreste, die im Mageninhalt gefunden werden, können auch aus dem verzehrten Beuteobjekt stammen. Nur wenn Pilzreste gefunden wurden, waren keine zusätzlichen tierischen Fragmente im Magen vorhanden. Wir teilen daher die Auffassung von FRANKE (1985), daß *Chelidurella* eine überwiegend zoophage Art ist.

## Zusammenfassung

Der Waldohrwurm (*Chelidurella acanthopygia*) ist eine in schleswig-holsteinischen Laubwäldern weit verbreitete Art. Sie findet ihre optimalen Lebensbereiche in mesohygrophen Buchenwäldern auf Moderhumus. Diese Wälder sind gekennzeichnet durch geringe Humusmengen im Oberboden, die sich durch geringe C-org.-Anteile im Ah-Horizont bemerkbar machen. Die pH-Werte liegen niedrig bei ca. 3,5 bis 3,8.

Die Art ist in Schleswig-Holstein überwiegend semivoltin. Nur ein geringer Anteil der Population scheint eine einjährige Entwicklung erreichen zu können. Im Winterhalbjahr besitzt der Waldohrwurm eine Verbreitungsphase mit hoher Aktivität.

Die überwiegend zoophage Ernährung des Waldohrwurms wird bestätigt. Aufgrund von Nahrungs- und Respirationmessungen kann eine Energie-, C- und N-Bilanzierung vorgenommen sowie Angaben über ökologische Effizienzen gemacht werden. Es wird abgeschätzt, daß bei einer Besiedlung von zwölf Tieren/m<sup>2</sup> 5000 bis 32 000 Beuteobjekte · m<sup>-2</sup> · a<sup>-1</sup> benötigt werden.

#### Literatur

- DUMPERT, K. (1989): Lebensraum Buchenwaldboden. 7. Die Spinnen. Verh. Ges. Ökol. 17, 83–88.
- ELLENBERG, H., MAYER, R., & SCHAUERMANN, J. (1986): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Solingprojektes 1966–1986. Stuttgart, Ulmer.
- FRANKE, U. (1985): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 7. Der Waldohrwurm *Chelidurella acanthopygia*. Carolina 43, 105–112.
- GRAJETZKI, B. (1993): Nahrungsbiologie adulter Rotkehlchen (*Erithaceus rubecula*) einer schleswig-holsteinischen Knicklandschaft. J. Ornithol. 134, 13–22.
- IRMLER, U., TISCHLER, T., & HEYDEMANN, B. (1989): Aufbau und Dynamik von Bodentier-Zönosen von Waldbiotopen Schleswig-Holsteins und ihre Abhängigkeit von Bodentypen sowie der kompensativen Düngung (Calcium und Magnesium). In: SCHEELE, B. & VERFONDERN, M. (Hg.): Auf-findung von Indikatoren zur prospektiven Bewertung der Belastbarkeit von Ökosystemen, Jülich, KFA, C1–C134.
- JONGMAN, R. H. G., ter BRAAK, C. J. F., & van TONGEREN, O. F. R. (1987): Data analysis in community and landscape ecology. Podoc, Wageningen.
- SCHÄFER, M. (1989): Die Bodentiere eines Kalkbuchenwaldes: ein Ökosystemforschungsprojekt (Zur Funktion der Fauna in einem Mullbuchenwald 1). Verh. Ges. Ökol. 17, 203–212.
- WEIGMANN, G., KRATZ, W., HECK, M., JAEGER-VOLMER, J., KIELHORN, U., KRONSHAGE, J., & RINK, U. (1989): Ballungsraumnahe Waldökosysteme. Teilprojekt 1.5 Bodenbiologische Dynamik immis-sionsbelasteter Forsten. Berlin, UBA.
- WOAS, S., WUNDERLE, I., & BECK, L. (1989): Lebensraum Buchenwaldboden. 12. Die Oribatiden. Verh. Ges. Ökol. 17, 117–123.

Anschrift der Verfasser:  
Dr. Ulrich Irmeler  
Dipl.-Biol. Rainer Hingst  
Forschungsstelle für Ökosystemforschung und Ökotechnik  
Universität Kiel  
Olshausenstraße 40  
24098 Kiel 1

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Faunistisch-Ökologische Mitteilungen](#)

Jahr/Year: 1988-1990

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Irmeler Ulrich, Hingst Rainer

Artikel/Article: [Zur Ökologie des Waldohrwurms \(\*Chelidurella acanthopygia\*\) in Schleswig-Holstein \(Dermaptera\) 377-390](#)