

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Göttingen 1976.

## BIOMASSE VON CHILOPODEN IN EINEM BUCHENALTBESTAND DES SOLLING\*

A.M. ALBERT

### Abstract

The biomass of the two most abundant chilopod species, *Lithobius mutabilis* L. Koch and *Lithobius curtipes* C. Koch, has been determined in an about 130 years old *Luzulo-Fagetum* in the Solling, a forest area about 50 km north-west of Göttingen, Federal Republic of Germany.

Inside research area B1a litter samples were taken from March 1972 to July 1974 on sites a, b, c, from March 1974 to July 1975 on sites A, B, C, and extracted in a Kempson apparatus. Sites a and b were the most northerly and about 2m higher than sites A and B, approximately 150 m south of them. Sites c and C lay about 40 m south-easterly of a and b.

I have determined the width of the cephalic shield (Hw), fresh weight (fw), and dry weight (dw) of field lithobiids and set up regressions of  $\sqrt[3]{fw}$  to Hw and fw to dw (Tab. 1). The Hw of the extracted animals could be measured and thus their biomass determined (Fig. 1 and 2). Distribution of biomass has been tested either by t-test or analysis of variance after logarithmic transformation of data.

Neither of the two species showed significant differences in biomass between different years on the same sampling site. Biomass against time showed no maxima and minima in the course of the year for *L. mutabilis*. From March 1974 to July 1975 *L. curtipes* has a significantly higher biomass in the warmer half of the year (March-August) than from September to February. The biomasses of both species show significant differences between the sampling sites, especially in the case of *L. curtipes* (Tab. 2). Biomass of *L. curtipes* is higher the more southerly and therewith deeper the sampling sites. There exists a correlation between biomass of *L. curtipes* and abundance of spiders. Where *L. curtipes* biomass is high spider abundance is generally low and vice versa. From all years and sites the mean annual abundance and biomass of *L. mutabilis* can be calculated as 41 ind./m<sup>2</sup> and 113.1 mg dw/m<sup>2</sup>, of *L. curtipes* as 32 ind./m<sup>2</sup> and 38.5 mg dw/m<sup>2</sup> (Tab. 3). This value is very similar to the biomass of each spiders and predacious coleoptera in the same area. It is compared with abundance and biomass figures for lithobiids found by other authors (Tab. 3).

### Einleitung

Chilopoden sind in vielen Landökosystemen neben räuberischen Koleopteren und Arachniden wichtige Glieder der Gruppe „Räuberische bodenlebende Makroarthropoden“. Ich habe aus Streuproben mehrerer Jahre die Biomasse von Chilopoden pro Flächeneinheit in einem Buchenbestand ermittelt.

Es besteht damit die Möglichkeit, die Biomassenkurven von verschiedenen Jahren vergleichend zu betrachten. Ich bevorzuge einen Vergleich von Biomassenwerten gegenüber einem Vergleich von Abundanzdaten aus folgenden Gründen: Bei der Extraktion von Streuproben ist es wahrscheinlich, daß die kleinen, dünnhäutigen Larvenstadien je nach Beschaffenheit der Streu unterschiedlich

\* Ergebnisse des Solling-Projektes der DFG (IBP). Mitteilung Nr. 131.

gut ausgetrieben werden. Dies kann in bezug auf Abundanzkurven der Population Fluktuationen vortäuschen. Diese ergeben sich jedoch nicht bei einer Betrachtung der Gesamtbiomasse, weil die kleinen Tiere nur geringfügig zu dieser beitragen.

Die Gesamtbiomasse ist für Vergleiche mit Werten anderer Autoren günstiger, weil man nicht davon ausgehen darf, daß alle Autoren die Abundanz der jungen Stadien mit gleicher Genauigkeit erfaßt haben. Der Vollständigkeit halber sind Jahresmittelwerte der Abundanz in Tab. 3 wiedergegeben.

## Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet ist ein ca. 130 jähriger unterwuchsarmer Hainsimsen-Buchenwald auf Buntsandstein im Solling (Gerlach et al. 1970, Ellenberg 1971). Die 100 x 200m große Versuch.sfläche B1a liegt mit den schmalen Seiten nach Norden und Süden. In ihr besteht ein Gefälle von N nach S und von NW nach SO von durchschnittlich etwa 2 m. Für die Entnahme von Streuproben wurden von März 1972 bis Februar 74 drei je 100 m<sup>2</sup> große Probeflächen a, b, c (Gesamtfläche 1), von März 1974 bis Juli 75 die 160, 170 und 200 m<sup>2</sup> großen Flächen A, B, C (Gesamtfläche 2) benutzt. 1a und 1b liegen am nördlichsten und höchsten, 2A und 2B am südlichsten und tiefsten. 1c befindet sich ca. 30 bis 35 m südöstlich von 1a und 1b, 2C liegt südlich nahe 1c und ca. 120 m nord-nordöstlich von 2A und 2B. Eine Skizze über die Lage der Probeflächen gibt Albert, R. (1977).

Die Streuproben wurden im Kempson-Apparat (Kempson et al. 1963) extrahiert, die Tiere in Pikrinsäure aufgefangen und anschließend in Alkohol überführt (Weidemann 1971, Hartmann 1977).\*

Bei der Ermittlung der Biomasse habe ich auf eine direkte Wägung der extrahierten Tiere verzichtet, um diese für weitere Untersuchungen zur Verfügung zu halten. Außerdem kann bei der Aufbewahrung in Pikrinsäure und Alkohol durch Auswaschung organischer Stoffe ein je nach Tiergröße unterschiedlich starker Trockengewichtsverlust eintreten. Stattdessen bestimmte ich von Tiermaterial aus der Nähe der Untersuchungsfläche Frischgewicht, Breite des Kopfschildes und Trockengewicht.

Mit den gewonnenen Daten stellte ich folgende Regressionen auf:

- a) Abhängigkeit der dritten Wurzel des Frischgewichtes von der Kopfschildbreite;
- b) Abhängigkeit des Trockengewichtes vom Frischgewicht. Damit ließ sich die Biomasse der aus den Streuproben extrahierten Tiere anhand ihrer Kopfschildbreite bestimmen.

Für die statistische Auswertung wurde entweder der t-Test oder die Varianzanalyse benutzt, beide nach vorheriger logarithmischer Transformation der Rohdaten. Als Signifikanzgrenze gilt  $P \leq 0,05$ .

Der Berechnung von Jahresmittelwerten wurden die zuvor gebildeten Mittel-

\*Ich danke Herrn Prof. Dr. Weidemann für die Überlassung der extrahierten Chilopoden aus Gesamtfläche 1 und Herrn Dipl.-Biol. Hartmann für die Chilopoden aus Gesamtfläche 2.

werte von gleichen Monaten aus verschiedenen in Frage kommenden Jahren zugrunde gelegt. Dadurch werden alle Monate gleich berücksichtigt, auch wenn Proben aus unterschiedlich vielen Jahren vorliegen.

## Ergebnisse

Im Gegensatz zu räuberischen Koleopteren und Arachniden ist die Zahl der vorkommenden Chilopoden-Arten klein. Dominant sind zwei Arten: *Lithobius mutabilis* L. Koch und *Lithobius curtipes* C. Koch. Außerdem wurden in den Streuproben noch 2 Geophiliden- und 4 Lithobiidenarten in geringer Zahl gefunden.

Verglichen mit den meisten anderen Arthropoden haben Lithobiiden eine lange Entwicklungszeit von mindestens 2 Jahren. Sie durchlaufen im allgemeinen vier anamorphe Stadien mit je 7, 8, 10 und 12 entwickelten Beinpaaren und vier epimorphe Stadien mit der endgültigen Anzahl von 15 Beinpaaren, aber noch nicht voll entwickeltem Geschlechtsapparat (Eason 1964). Adulte Tiere können sich noch mehrfach häuten und dabei beträchtlich an Größe und Gewicht zunehmen. Adulte *L. mutabilis* z.B. können zwischen 3 und 15 mg Trockengewicht haben.

Anhand der in Tab. 1 wiedergegebenen Regressionsgleichungen bestimmte ich die Biomasse der an jedem Probenstermin extrahierten Lithobiiden. Die erhaltenen Werte für anamorphe, epimorphe und adulte Stadien sind in Abb. 1 und 2 dargestellt. Bei *L. mutabilis* ist die Biomasse der anamorphen Stadien unerheblich, die der epimorphen Stadien beträgt nur ca. ein Sechstel der Gesamtbiomasse. Bei *L. curtipes* ist der Anteil der anamorphen und epimorphen Stadien größer. Die von *L. mutabilis* aufgebrauchte Biomasse läßt im Jahresverlauf keine ausgeprägten Maxima und Minima erkennen. *L. curtipes* zeigt von März 1972 bis Februar 74 ebenfalls keine signifikanten jahreszeitlichen Fluktuationen, von März 1974 bis Juli 75 ist die Biomasse in der warmen Jahreshälfte (März bis August) jedoch signifikant höher als von September bis Februar (t-Test).

Table 1. Regressionsgleichungen: Abhängigkeit der dritten Wurzel des Frischgewichtes von der Kopfschildbreite und Abhängigkeit des Trockengewichtes vom Frischgewicht.

Art	Stadium	Abhängigkeit $\sqrt[3]{FG}$ (y) von KSB (x)	Abhängigkeit TG (y) vom FG (x)
<i>L. mutabilis</i>	adulte Tiere	$y = 1,943 x + 0,036$ $r = 0,908 \quad n = 25$	$y = 0,269 x + 0,133$ $r = 0,981 \quad n = 20$
	epimorphe T.	$y = 2,121 x - 0,225$ $r = 0,971 \quad n = 30$	$y = 0,292 x - 0,124$ $r = 0,996 \quad n = 11$
	anamorphe T.	$y = 2,209 x - 0,366$ $r = 0,841 \quad n = 115$	$y = 0,254 x - 0,013$ $r = 0,920 \quad n = 109$
<i>L. curtipes</i>	alle Stadien	$y = 2,116 x - 0,129$ $r = 0,982 \quad n = 98$	$y = 0,277 x + 0,027$ $r = 0,986 \quad n = 76$

Unterschiede zwischen verschiedenen Jahren auf gleichen Flächen lassen sich in keinem Fall – weder beim Vergleich der Gesamtflächen 1 und 2 noch der einzelnen Flächen a, b, c bzw. A, B, C nachweisen (t-Test bei paarweiser Zuordnung der Monatswerte).

Interessant ist die Verteilung der beiden Arten auf den einzelnen Probenflächen (Tab. 2), die mittels Varianzanalyse geprüft wurde. Für *L. mutabilis* läßt sich von März 72 bis Februar 74 zwischen a, b, c keine unterschiedliche Verteilung

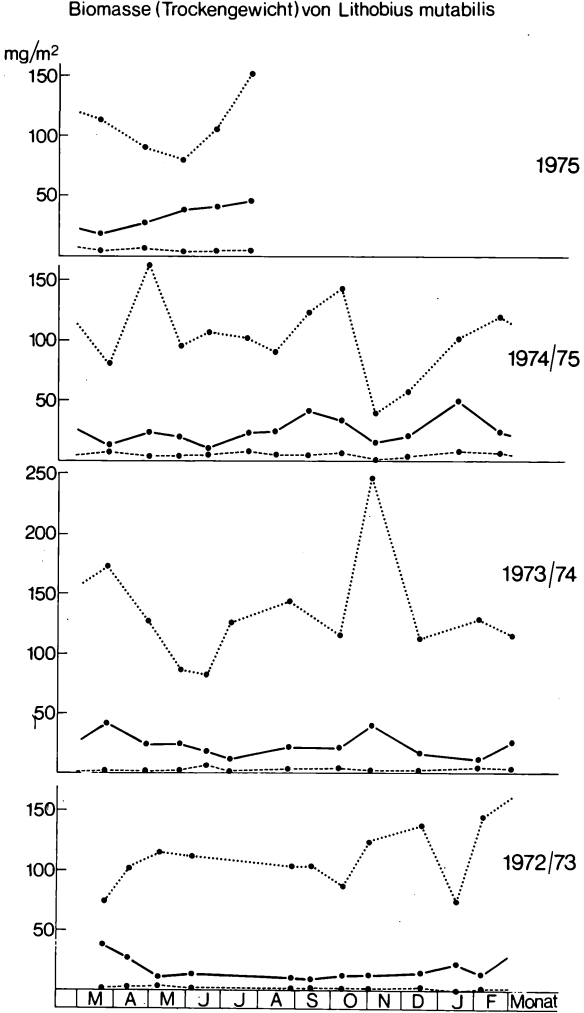


Abb. 1. Biomasse (Trockengewicht) von *L. mutabilis*. Die untere Kurve zeigt die Biomasse der anamorphen Stadien, die mittlere die der anamorphen und epimorphen Stadien, die obere die Biomasse der gesamten Population.

lung feststellen. Von März 74 bis Juli 75 ist die Biomasse auf A höher als auf C; Die mittlere Biomasse auf Fläche 1a ist höher als auf 2B und 2C, die auf 1b höher als auf 2C. In keinem Fall liegt die Signifikanzgrenze bei  $P \leq 0,01$ . Ob die Differenzen zwischen den Flächen von 72–74 und denen von 74–75 räumliche Besiedlungsunterschiede widerspiegeln oder ob sie auf zeitliche Änderungen im Bestand von *L. mutabilis* zurückzuführen sind, läßt sich nicht entscheiden.

Bei *L. curtipes* dagegen zeigen sich viel deutlichere Unterschiede. Von März

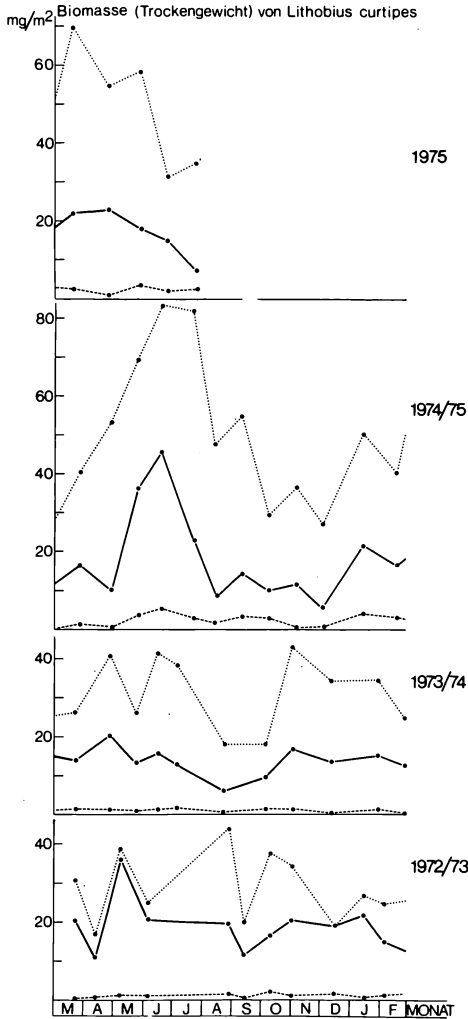


Abb. 2. Biomasse (Trockengewicht) von *L. curtipes*. Erklärung wie in Abb. 1.

Table 2. Jahresmittelwerte der Biomasse von Lithobiiden und der Abundanz von Spinnen auf den Teilflächen. Signifikanzgrenzen: ohne\*  $P \leq 0,05$ , mit\*  $P \leq 0,01$ ; mit \*\*  $P \leq 0,001$ .

Teilflächen	Biomasse (mg TG/m <sup>2</sup> ) von		signifikant verschieden von	<i>L. curt.</i>	signifikant verschieden von	beiden Arten	signi. versch. von	Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> ) von		
	<i>L. mut.</i>	signifikant verschieden von						<i>Saloca diceros</i>	<i>Robertus scoticus</i>	gesamten adulten Spinnen
a	131,56	B,C		27,68	A,B	159,24		98	50	904
b	130,04	C		16,52	c*,A**,B**	146,56		108	20	718
c	96,80			45,40	b*,C	142,20		1	3	543
A	128,08	C		58,16	a,b**,C*	186,24	C	0	2	464
B	96,12	a		58,12	a,b**,C*	154,24		0	1	392
C	81,44	a,b,A		28,32	c,A*,B*	109,76	A	0	2	386

72 bis Februar 74 ist die Biomasse auf 1c höher als auf 1a und 1b, von März 74 bis Juli 75 auf 2A, 2B höher als auf 2C. Große Unterschiede bestehen auch zwischen den Flächen von 72–74 und denen von 74–75. Oft liegt die Signifikanzgrenze bei  $P \leq 0,001$ . Die unterschiedliche Verteilung von *L. curtipes* auf den zur gleichen Zeit untersuchten Flächen läßt darauf schließen, daß auch die Differenzen zwischen den Flächen von 72–74 und 74–75 zum größten Teil auf räumliche und nicht auf zeitliche Besiedlungsunterschiede zurückzuführen sind. Die Biomasse von *L. curtipes* ist auf den am höchsten gelegenen Standorten 1a, 1b am niedrigsten und auf den niedrigsten Flächen 2A, 2B am höchsten. Die höhere Biomasse auf 2A und 2B ist nicht allein auf die hohe Sommerbiomasse im Zeitraum 74–75 zurückzuführen; vielmehr ist *L. curtipes* auch in den kälteren Monaten dort stärker vertreten.

Betrachtet man die Biomassen beider Arten gemeinsam, so gleichen sich die Unterschiede in der Verteilung weitgehend aus. Ein signifikanter Unterschied ist nur noch zwischen A und C festzustellen.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Verteilung, die Albert, R. (1977) für die Spinnenarten *Saloca diceros* (O.P.-Cambridge) und *Robertus scoticus* Jackson sowie für die gesamten adulten Araneae fand. Diese sind auf den Teilflächen 1a und 1b deutlich häufiger vertreten als auf 1c und 2A, 2B, 2C. Dort, wo die Biomasse der Spinnen geringer ist, bringt *L. curtipes* eine höhere Biomasse auf (mit Ausnahme von Teilfläche 2C). Es scheint demnach, als würde *L. curtipes* zum Teil die ökologische Rolle der Spinnen übernehmen. Die Verteilung der erwähnten Tiere zeigt, daß Abundanz- bzw. Biomassedaten, die aufgrund von zufälligen Proben innerhalb einer bestimmten Fläche gewonnen wurden, nicht ohne weiteres auf einen quantitativ gleichen Tierbestand in der näheren Umgebung schließen lassen, auch wenn die Bestandesstruktur so homogen aussieht wie in der B1a.

Welche abiotischen und biotischen Faktoren mit der unterschiedlichen Verteilung der Tiere korreliert sind, muß noch geprüft werden.

Trotz dieser Einschränkungen halte ich die Berechnung eines gemeinsamen Jahresmittelwertes von sämtlichen untersuchten Flächen für sinnvoll, weil er das einfachste Maß für Vergleiche mit anderen Ökosystemen darstellt.

Im Durchschnitt sämtlicher Jahre und Flächen beträgt die Biomasse von *Lithobius mutabilis* 113,17 mg TG/m<sup>2</sup>, von *Lithobius curtipes* 38,48 mg TG/m<sup>2</sup>, zusammen also 151,65 mg TG/m<sup>2</sup>. An anderen Chilopoden kommen pro m<sup>2</sup> grob geschätzt noch ca. 7 Geophiliden und ein *Lithobius* anderer Art vor. Diese dürften nur wenig zur Gesamtbiomasse beitragen.

In Tab. 3 sind Angaben über Abundanz und Biomasse von Lithobiiden aus anderen Wäldern zusammengestellt. Der von mir ermittelte Wert ist etwa gleich hoch wie die in England von Wignarajah (1968) in einem Birken- Erlenmischwald und von Roberts (1957) in einem Buchen- Eichenmischwald gefundenen Werte. Allerdings kommen in diesen Standorten noch bedeutende Mengen an Geophilomorphen vor. Huhta (1975) fand in Fichtenstreu in Finnland Biomassenwerte von Chilopoden von ca. 13–84 mg TG/m<sup>2</sup> (errechnet aus Frischgewichtsdaten nach: TG = 1/3 FG). Auch im Solling ist die Biomasse von Chilopoden im Fichtenforst bedeutend geringer als im Buchenbestand.

Die in bezug auf Biomasse wichtigsten anderen räuberischen Makroarthro-

Tabelle 3. Abundanz und Biomasse von Chilopoden in verschiedenen Wäldern. Die Biomassewerte von Huhta und Koskenniemi wurden aus Frischgewichtangaben nach:  $TG = \frac{1}{3} FG$  geschätzt.

Arten	Abundanz Ind./m <sup>2</sup>	Biomasse mg TG/m <sup>2</sup>	Habitat	Region und Breitengrad	Autor
<i>L. mutabilis</i>	41	113	Buchenstreu	Norddeutschland, 51,5	Albert
<i>L. curripes</i>	32	38			
gesamt	73	152			
<i>L. variegatus</i>	5	75	Streu im Buchen- Eichenwald	Südengland, 52	Roberts (1957)
<i>L. duboscqui</i>	89	137			
gesamt	94	212			
Geophilomorphe	423	nicht bestimmt			
<i>L. forficatus</i>	13	97	Streu und Totholz im Birken-Erlen- mischwald	Nordengland, 55	Wignarajah (1968)
<i>L. crassipes</i>	37	54			
gesamt	50	151			
Geophilomorphe	viele	nicht bestimmt			
gesamte Chilopoden	79	84	Streu in Fichten- wäldern:	Südfinnland, 61	Huhta & Koskenniemi (1975)
"	40	32	Myrtillus-Typ	Südfinnland, 61	
"	13	13	Oxalis-Myrt.-Typ Hylocomium-M.-Typ	Nordfinnland, 66	

poden im untersuchten Gebiet sind Araneae und Coleoptera. Deren Biomasse ist ungefähr gleich hoch wie die Biomasse der Chilopoden, bei Spinnen ca. 165 mg TG/m<sup>2</sup> (Albert 1973), bei räuberischen Koleopteren ca. 200 mg TG/m<sup>2</sup> (und zwar Staphyliniden ca. 100 mg TG/m<sup>2</sup> (Grunert 1974) und Carabiden ca. 100 mg TG/m<sup>2</sup> (Weidemann 1972 u. pers. Mitt.).

## Literatur

- Albert, R. (1973): Spinnenfauna zweier Buchenflächen des Solling. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Göttingen. 60 S.
- Albert, R. (1977): Struktur und Dynamik von Spinnenpopulationen des Solling. Verh. Ges. Ökologie, Göttingen 1976. S. 83–91. Junk, Den Haag, 83–91.
- Eason, E.H. (1964): Centipedes of the British Isles. F. Warne and Co., London. 294 S.
- Ellenberg, H. (1971): Introductory Survey. In: H. Ellenberg, Hrsg., Integrated Experimental Ecology. *Ecol. Studies* 2: 1–15.
- Gerlach, A., Krause, A. & Meisel, K. (1970): Vegetationsuntersuchungen im Solling. *Schriftenr. Vegetationsk.* 5: 75–78.
- Grunert, J. (1974): Untersuchungen zur Biologie und ökologischen Energetik zweier Staphyliniden – Populationen im Solling. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Göttingen. 49 S.
- Hartmann, P. (1977): Struktur und Dynamik der Staphylinidenpopulationen des Solling. Verh. Ges. Ökologie, Göttingen 1976. Junk, Den Haag, S. 75–81.
- Huhta, V. & Koskeniemi, A. (1975): Numbers, biomass and community respiration of soil invertebrates in spruce forests at two latitudes in Finland. *Ann. Zool. Fennici* 12: 164–182.
- Kempson, D., Lloyd, M. & Ghelardi, R. (1963): A new extractor for woodland litter. *Pedobiologia* 3: 1–21.
- Roberts, H. (1957): An ecological study of the arthropods of a mixed woodland with particular reference to the lithobiidae. Ph.D. Thesis, University of Southampton. 200 S.
- Weidemann, G. (1971): Food and energy turnover of predatory arthropods of the soil surface. In: H. Ellenberg, Hrsg., Integrated Experimental Ecology. *Ecol. Studies* 2: 110–118.
- Weidemann, G. (1972): Die Stellung epigäischer Raubarthropoden im Ökosystem Buchenwald. Verh. dt. zool. Ges., 65. Jahresversammlung, S. 106–116.
- Wignarajah, S. (1968): Energy dynamics of centipede populations (*Lithobiomorpha*, *L. crassipes* and *L. forficatus*) in woodland ecosystems. Ph.D. Thesis, University of Durham. 168 S.

Anschrift des Verfassers:

Dipl. Biol. Anke M. Albert, II. Zoologisches Institut und Museum der Universität, Abt. Ökologie, Berliner Straße 28, D-3400 Göttingen.