

JÖRG RÖMBKE

# Zur Biologie eines Buchenwaldbodens

## 6. Die Regenwürmer

### Kurzfassung

In einem Zeitraum von 6 Jahren wurde die Populationsdynamik der Regenwürmer in einem Moder-Buchenwald (Stadtwald Ettlingen) des nördlichen Schwarzwaldes mittels Handauslese verfolgt. Die Lumbricidenzönose erwies sich als sehr arten- und individuenarm. Regelmäßig wurden *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida rubida* bzw. *Dendrobaena rubida subrubicunda*, selten *Bimastos eiseni* gefunden.

Die Abundanz der Tiere betrug durchschnittlich 16 Tiere pro m<sup>2</sup>, die Biomasse 256 mg Trockensubstanz pro m<sup>2</sup>. Dabei schwankte die Dichte erheblich: Im Minimum waren es 6 Tiere (1977) und 97 mg TS (1980), im Maximum 27 Tiere mit 469 mg TS (1982). Das Verhältnis der Zahl von *L. rubellus* zu *D. rubida* (beide Subspezies zusammen) betrug durchschnittlich 2:1, das der Biomasse 4:1.

Jungtiere von *Dendrobaena rubida* traten – über den ganzen Versuchszeitraum hin betrachtet – im Jahresverlauf in annähernd gleicher Zahl auf. Juvenile Tiere von *L. rubellus* zeigten dagegen ein deutliches Maximum im Frühsommer.

Diese Ergebnisse werden im Vergleich zu anderen europäischen Buchenwaldstandorten diskutiert.

### Abstract

#### Studies on the biology of a beech wood soil.

#### 6. The earthworms.

Over a period of 6 years, the population dynamics of earthworms has been observed in a moder beech forest (Stadtwald Ettlingen) of the northern Black Forest. The extraction method used was hand-sorting. Only a small number of individuals belonging to a few species were found. *Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena rubida rubida* and *Dendrobaena rubida subrubicunda* occurred frequently, *Bimastos eiseni* was rare. The average numerical ratio of *L. rubellus* to *D. rubida* (both subspecies together) was 2:1, the average ratio of the biomass was 4:1. The average abundance of the animals was 16 worms per m<sup>2</sup> and the biomass was found to be 256 mg dry substance per m<sup>2</sup>. The density fluctuated substantially. The maximum was reached in 1982 with 27 animals per m<sup>2</sup> and a biomass of 469 mg d. s. per m<sup>2</sup>, while in 1977 only 6 animals and in 1980 a biomass of 97 mg d. s. per m<sup>2</sup> where found. Considering the whole experimental period, juvenile animals of *Dendrobaena rubida* occurred in approximately constant numbers during the year. In contrast, juvenile individuals of *L. rubellus* showed a pronounced maximum early in summer.

The results are discussed with those obtained at other European beech forest sites.

### Autor

JÖRG RÖMBKE, Battelle-Institut e. V., Postfach 90 01 60, Am Römerhof 35, D-6000 Frankfurt/Main 90.

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

Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 5.: Carolinea, 42: 107–114 (1985)

### 1. Einleitung

Regenwürmer der Familie Lumbricidae stellen in vielen Böden Mitteleuropas einen großen Anteil der Biomasse der gesamten Bodenfauna. Für ihre Verbreitung ist in erster Linie der Bodentyp, speziell die Bodenfeuchte und der pH-Wert, in zweiter Linie die Vegetation, d. h. die Menge und Qualität an verfügbarer Nahrung entscheidend.

Im Buchenwald, der in Mitteleuropa unter natürlichen Bedingungen vorherrschenden Vegetationsform, werden daher sehr unterschiedliche Mengen an Regenwürmern gefunden: in Mullböden mit einem pH > 5,5 können bis zu 10 Arten mit 155 Tieren pro m<sup>2</sup> und einer Biomasse von 9800 mg Trockensubstanz pro m<sup>2</sup> vorkommen (SCHÄFER, 1982), in sauren Böden sind es durchschnittlich nur 25 Tiere aus 3 Arten mit 1260 mg Trockensubstanz pro m<sup>2</sup> (PHILLIPSON et al. 1978, SATCHELL, 1983). Im Rahmen des Forschungsprogramms „Zur Biologie eines Buchenwaldbodens“ (BECK, 1978), das sich mit der Rolle der Bodenfauna beim Abbau des Bestandesabfalls beschäftigt, wird seit 1976 ein Sauerhumus-Buchenwald untersucht. Es handelt sich dabei um einen etwa 100 Jahre alten Hattenwald, der in der Nähe von Karlsruhe im Stadtwald Ettlingen am Nordrand des Schwarzwaldes liegt.

Obwohl bei einem pH-Wert des Bodens um 4,5 und darunter nur mit einer arten- und individuenarmen Regenwurmfaua zu rechnen ist, stellen die Regenwürmer aufgrund ihrer Körpergröße auch dann einen nicht zu vernachlässigenden Teil der Biomasse. Ziel dieser Arbeit ist es, die Populationsentwicklung der an diesem Standort vorkommenden Regenwurmartens über 6 Jahre darzustellen und die Regenwurmmzönose im Vergleich mit anderen Standorten ökologisch zu charakterisieren. Die Untersuchung wird über den geschilderten Zeitraum hinweg fortgeführt.

### 2. Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt am Nordwestrand des Schwarzwaldes, ca. 15 km südlich Karlsruhe, auf der Südwestseite des Beierbachtals zwischen den Ortschaften Schluttenbach und Ettlingenweiher (Topographische Karte 7016, Karlsruhe Süd). Die Versuchsfläche befindet sich auf dem durchschnittlich um 13° geneigten Nordosthang des Tales in 310–340 m ü. NN. Nach SCHWEIKLE (briefl. Mitt.) handelt es sich bei dem Boden um eine steinige, tiefgründige, gut durchwurzelte und durchlüftete, saure, nährstoff- und insbesondere basenarme Braunerde, die sich aus dem blockreichen Hangschutt des Mittleren Buntsandsteins (smc<sub>2</sub>) gebildet hat. Unter dem 5–10 cm dicken

Auflagehorizont der Bodenstreu beginnt der Mineralboden mit einem etwa 10 cm starken Ah-Horizont; darunter liegt ein 60–90 cm mächtiger, überwiegend stark steiniger Bv-Horizont. Der pH-Wert des Auflagehorizonts beträgt 3,8–4,7 (H<sub>2</sub>O), der des Mineralbodens 3,1–4,2 (CaCl<sub>2</sub>).

Die Niederschlagsmenge ist der Höhenstufe im Nordschwarzwald entsprechend relativ hoch; sie betrug im Mittel der Jahre 1979–84 1040 mm gegenüber 821 mm der Wetterstation Karlsruhe in der vorgelagerten Rheinebene. Als mittlere Jahrestemperatur wurde während des gleichen Zeitraums im Bestand der Versuchsfläche, 50 cm über dem Boden 8,6° C gemessen gegenüber 10,3° C Lufttemperatur der Wetterstation Karlsruhe. Weitere Angaben zu Klima, Streuproduktion und Bodenstreu sind bei BECK & MITTMANN (1982) zu finden.

Pflanzensoziologisch ist das Untersuchungsgebiet ein Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum). Die etwa 100 Jahre alten Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) lassen durch ihre ungestuften, geschlossenen Kronen weder eine Strauch- noch eine Krautschicht aufkommen.

Die beste Methode zur vollständigen Erfassung der Regenwürmer wird bis heute intensiv diskutiert (z. B. BOUCHÉ, 1969, NORDSTRÖM & RUNDGREN, 1972, BOUCHÉ & GARDNER, 1984). Aufgrund der speziellen Standortverhältnisse im Stadtwald Ettlingen, saurer und stark steiniger Boden, waren hauptsächlich oberflächennah lebende Streuschichtbewohner (Epigées nach BOUCHÉ) zu erwarten, so daß eine Handauslese den besten Kompromiß zwischen Arbeitsaufwand und Genauigkeit darstellt.

Dazu wurden monatlich mittels Stechrahmen 3 Proben à 1/9 m<sup>2</sup> (zusammen 1/3 m<sup>2</sup>) ausgestochen, nach L-, F- und H-Schicht getrennt ins Labor verbracht und dort ausgezählt. Näheres zur Schichtdefinition siehe bei BECK & MITTMANN (1982). Nach AXELSON (1971) werden mit dieser Methode aus Laubwaldproben im 1. Durchgang 90 % der gesamten Individuenzahl und 97 % des Gesamtgewichts entdeckt. Übersehen werden vor allem Jungtiere mit einem Gewicht bis zu 10 mg. Die Überprüfung der Effektivität unserer Handauslese im laufenden Projekt ergab mit 91 % der Individuen einen gleich guten Wert (FRANKE & FRIEBE, 1983).

Da es im Versuchszeitraum mehrmals vorkam, daß Monate, in denen kein Tier gefunden wurde und Monate mit zumindest durchschnittlicher Anzahl direkt aufeinanderfolgten, stellt sich die Frage, ob die Probengröße von 1/3 m<sup>2</sup> für die Erfassung der Regenwürmer ausreichend groß ist. Die grundsätzlich anzunehmende Ungleichverteilung der Bodentiere tritt, wie FRANKE & FRIEBE (1983) für verschiedene Tiergruppen zeigen konnten, um so deutlicher zutage, je größer und seltener die Tiere sind. Für die vorliegende Untersuchung folgt daraus, daß die Probengröße in Zeiten niedriger Abundanz zu klein ist. Dieses Ergebnis wird von ZICSI (1962) bestätigt, der aufgrund von Feldversuchen mit verschiedenen Probengrößen 16 Proben à 1/16 m<sup>2</sup> empfahl, um die Regenwurmfaua eines Gebietes ganz erfassen zu können.

Neben der Handauslese wurden Beifänge aus Barberfallen und Fotoelektoren durchgesehen.

Die Bestimmung der Biomasse erfolgte nach SATCHELL (1971) und SENAPATI & DASH (1980): Die in Alkohol fixierten Tiere wurden nach kurzer äußerer Trocknung gewogen. Da sie beim Fixierungsvorgang ca. 10 % ihres Gewichtes verlieren, wurde diese Differenz zum gewogenen Wert dazuaddiert. Von diesem „realen Frischgewicht“ wurden dann 20 % abgezogen, um das Gewicht des Darminhalts auszugleichen. Nach LAKHANI & SATCHELL (1971) entsprechen 0,375 g Trockengewicht bei leerem Darm 2,4 g Frischgewicht bei leerem Darm. Die Endwerte sind

also noch mit 0,16 zu multiplizieren, um auf Standardwerte nach PETERSON & LUXTON (1982) zu kommen (Milligramm Trockengewicht bei leerem Darm pro Individuum). Jedes Individuum wurde einzeln gewogen.

### 3. Populationsdynamik der Regenwurmart im Untersuchungszeitraum 1977–1982

Im Versuchsgebiet wurden folgende Arten gefunden:

*Lumbricus rubellus* HOFFMEISTER, 1843

*Dendrobaena (Dendrodilus) rubida rubida* (SAVIGNY, 1826), VEJDOVSKY, 1884

*Dendrobaena (Dendrodilus) rubida subrubicunda* (EISEN, 1874), MICHAELSEN, 1900

*Bimastos eiseni* (LEVINSEN, 1884)

Die systematische Stellung der letztgenannten Art ist sehr umstritten. Ursprünglich wurde die Gattung für einige nordamerikanische Arten ohne Pubertätswälle aufgestellt. POP (1941) zog sie wegen ungenügender Definition wieder ein. ZICSI (1982) führt *B. eiseni* in seiner Liste der bekannten Lumbriciden als Art der Gattung *Eisenia*. Diese Möglichkeit der Zuordnung wurde aber schon 1972 von BOUCHÉ als künstlich verworfen, so daß die Frage der systematischen Zuordnung dieser Art offen bleiben muß.

Die Zuordnung der Jungtiere ist bei der Gattung *Lumbricus* kein Problem, da im gesamten Versuchszeitraum nur erwachsene Tiere der Art *L. rubellus* gefunden wurden. Bei Jungtieren der Gattung *Dendrobaena* ist eine Unterscheidung der beiden Unterarten nicht möglich, so daß diese alle als *Dendrobaena sp.* geführt werden müssen. Wenn nicht anders erwähnt, werden unter *Dendrobaena rubida* im Folgenden sowohl die Jungtiere als auch die adulten Tiere beider Unterarten verstanden. Von der Art *B. eiseni* wurden insgesamt nur 7 Tiere gefunden; darunter waren keine Jungtiere.

Die Seltenheit des Vorkommens von Regenwürmern in Barberfallen und Fotoelektoren ließ eine quantitative Auswertung von Fängen mit diesen Methoden nicht zu. Eine Charakterisierung der Lumbricidenzönose in Hinsicht auf Artensättigung, Stetigkeit und Dominanz (vgl. FRIEBE, 1983, DUMPERT & PLATEN, 1985) erscheint als nicht sinnvoll; für einen solchen Ansatz ist die Regenwurmfaua des Standorts zu artenarm und die durchschnittliche Dichte zu gering.

#### 3.1 Abundanz

Die Gesamtzahl der jährlich gefangenen Regenwürmer (Tab. 1) steigt nach einem Minimum von 67 Tieren 1977 auf fast 300 Tiere im Jahre 1979 an, um dann 1980 fast wieder auf den niedrigen Wert von 1977 zurückzufallen. In den nächsten beiden Jahren erholen sich die Populationen wieder und erreichen mit 329 Tieren 1982 das Maximum im Beobachtungszeitraum. Insgesamt wurden 1143 Regenwürmer gefangen.

Im Jahresverlauf (Abb. 1) erreicht die Regenwurmmzahl ihr Maximum jeweils vom Spätwinter bis zum Frühlings-

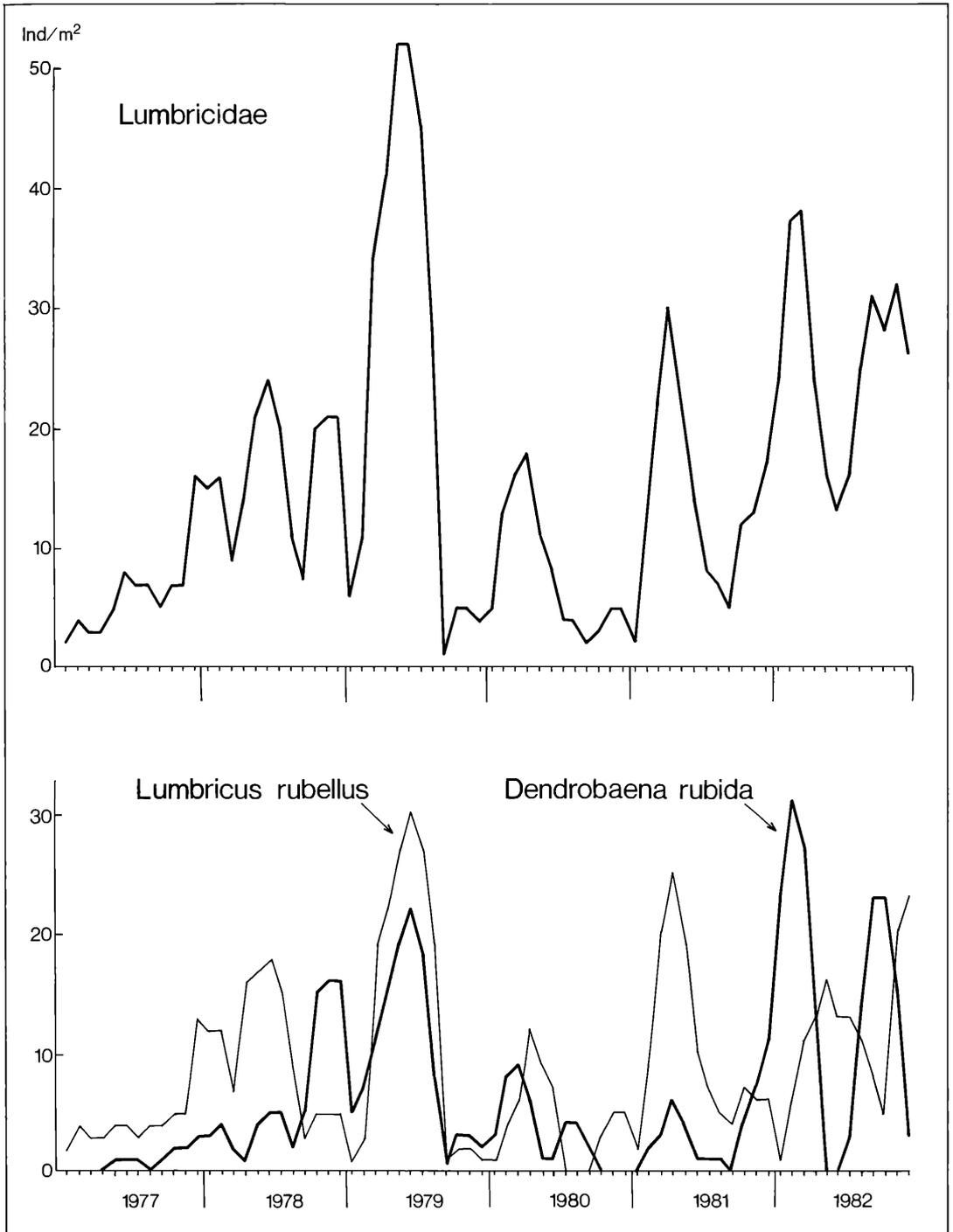


Abbildung 1. Monatliche Abundanz der Regenwürmer insgesamt (oben) und der beiden Arten *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida* (unten) in der Bodenstreu der Versuchsfläche in den Jahren 1977–82, dargestellt als über 3 Monate gleitendes Mittel.

mer. In mehreren Jahren ist außerdem ein zweites, kleineres Maximum im Spätherbst festzustellen, das in manchen Jahren wie 1981/82 bruchlos in das Frühjahrsmaximum übergeht, in anderen Wintern wie 1978/79 durch einen tiefen Einbruch von diesem getrennt ist. Der Verlauf des Jahres 1977 fügt sich nicht in dieses Schema ein, wofür wahrscheinlich eine Massenvermehrung großer Dipterenlarven, die mit Regenwürmern und großen Enchyträen um die gleiche Nahrungsquelle konkurrieren, im Winter 1976/77 verantwortlich ist (BECK, 1983).

Das absolute monatliche Maximum der Regenwurmbeiedlung wird im Mai/Juni 1979 mit 52 Tieren pro m<sup>2</sup> erreicht, aber schon 3 Monate später ist mit nur noch einem Tier pro m<sup>2</sup> der tiefste Einbruch des gesamten Versuchszeitraums zu konstatieren. Dementsprechend fallen auch die beiden nächsten Maxima im Winter 1979 und im Frühjahr 1980 relativ schwach aus.

Die Siedlungsdichte (= Abundanz pro m<sup>2</sup> und Proben-termin) schwankte in der gesamten Bodenstreu zwischen 0 und 80 Tieren pro m<sup>2</sup>; über den Versuchszeitraum gemittelt waren es 16 Individuen pro m<sup>2</sup>.

Das Verhältnis von *L. rubellus* zu *D. rubida* betrug in den Handauslesen durchschnittlich 2:1. In den Jahren 1977–1981 ist dabei der Anteil von *L. rubellus* deutlich höher als der von *D. rubida*. Dieses Verhältnis ändert sich im Jahr 1982, doch kann nach so kurzer Zeit noch nicht gesagt werden, ob es sich dabei um den Beginn einer Faunenverschiebung oder um eine mehr oder weniger periodische Schwankung handelt.

Mit Ausnahme des Jahres 1977 ist aus der Abb. 1 für *L. rubellus* eine deutliche jahreszeitliche Periodik zu entnehmen. Jeweils im Frühjahr erreicht die Population ein Maximum, gefolgt von einem Spätsommerminimum und einem meistens kleineren Wintermaximum. Besonders deutlich fällt nach einem relativ kleinen Frühjahrsmaximum 1980 das Sommerminimum in diesem Jahr aus. In einem Zeitraum von 3 Monaten sind praktisch keine Tiere dieser Art zu finden. Seitdem hat sich die Population wieder erholt.

*D. rubida* (Abb. 1) zeigt zwar grundsätzlich den gleichen Populationsverlauf wie *L. rubellus*, doch sind wesentlich mehr Modifikationen des Musters zu beobachten. So sind z. B. die Abundanzschwankungen ausgeprägter: von 1977 nach 1978 war ein Sprung um fast den Faktor 10 in der Gesamtfangzahl festzustellen. Nach einem Maximum im Winter 1978 und Frühjahr 1979 von 22 Tieren pro m<sup>2</sup> bricht die Population fast vollständig zusammen. Bis zum Herbst 1981 bleibt die Dichte, mit Ausnahme zweier kleiner Frühjahrsmaxima von jeweils ca. 10 Tieren, auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Frühjahr 1982 wird dann das absolute Maximum des gesamten Versuchszeitraums mit über 30 Tieren pro m<sup>2</sup> erreicht. Sehr ungewöhnlich verläuft die weitere Entwicklung 1982: schon im Mai sind keine Tiere der Gattung *Dendrobaena* mehr auffindbar, doch im September ist ein fast ebenso hohes Maximum wie im Winter erreicht. Dieses hält aber auch nur für 3 Monate an, denn im Dezember 1982 ist wiederum nur eine durchschnittliche Winterabundanz von 3 Tieren pro m<sup>2</sup> festzustellen.

Der Unterschied zwischen *L. rubellus* und *D. rubida* liegt also nicht im Grundmuster ihres zeitlichen Auftretens, sondern in der Regelmäßigkeit, mit der dieses eingehalten wird. Welche Faktoren im einzelnen *D. rubida* beeinflussen, auf *L. rubellus* aber schwächer oder gar nicht wirken, ist nicht bekannt. Denkbar wären z. B. unterschiedliche Konkurrenzsituationen, unter anderem mit Dipterenlarven oder großen Enchyträen. Auch Klimafaktoren kommen in Frage, da *D. rubida* wegen ihrer im Vergleich zu *L. rubellus* geringeren Grabfähigkeiten den Temperatur- und Feuchteschwankungen stärker ausgesetzt ist.

Tiere der Art *B. eiseni* wurden in den Handausleseproben nur einmal gefunden, im September 1981 in der F-Schicht, so daß Aussagen über die Phänologie dieser Art nicht möglich sind.

### 3.2 Biomasse

Die Biomasse der jährlich gefangenen Regenwürmer (Tab. 2) schwankt im Versuchszeitraum zwischen 1168

Tabelle 1. Abundanz der Regenwürmer im Jahresdurchschnitt pro m<sup>2</sup> in der Bodenstreu und getrennt nach Schichten und Arten, sowie Gesamtzahl aller bei 12 Probenahmen im Jahr auf einem m<sup>2</sup> gefangenen Regenwürmer im Untersuchungszeitraum 1977–82.

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	Ø 1977–82	
Bodenstreu	6	17	24	8	13	27	16	Ind./m <sup>2</sup>
davon:								
L-Schicht	1	3	5	2	1	2	2	Ind./m <sup>2</sup>
F-Schicht	3	11	11	5	9	19	10	Ind./m <sup>2</sup>
H-Schicht	2	3	8	1	3	6	4	Ind./m <sup>2</sup>
davon:								
<i>L. rubellus</i>	4	10	13	5	10	13	9	Ind./m <sup>2</sup>
<i>D. rubida</i>	1	7	10	3	3	14	6	Ind./m <sup>2</sup>
unbest. Rest	1	–	1	–	–	–	–	Ind./m <sup>2</sup>
Gesamtzahl	67	206	284	97	160	329	Summe 1143 Ind.	

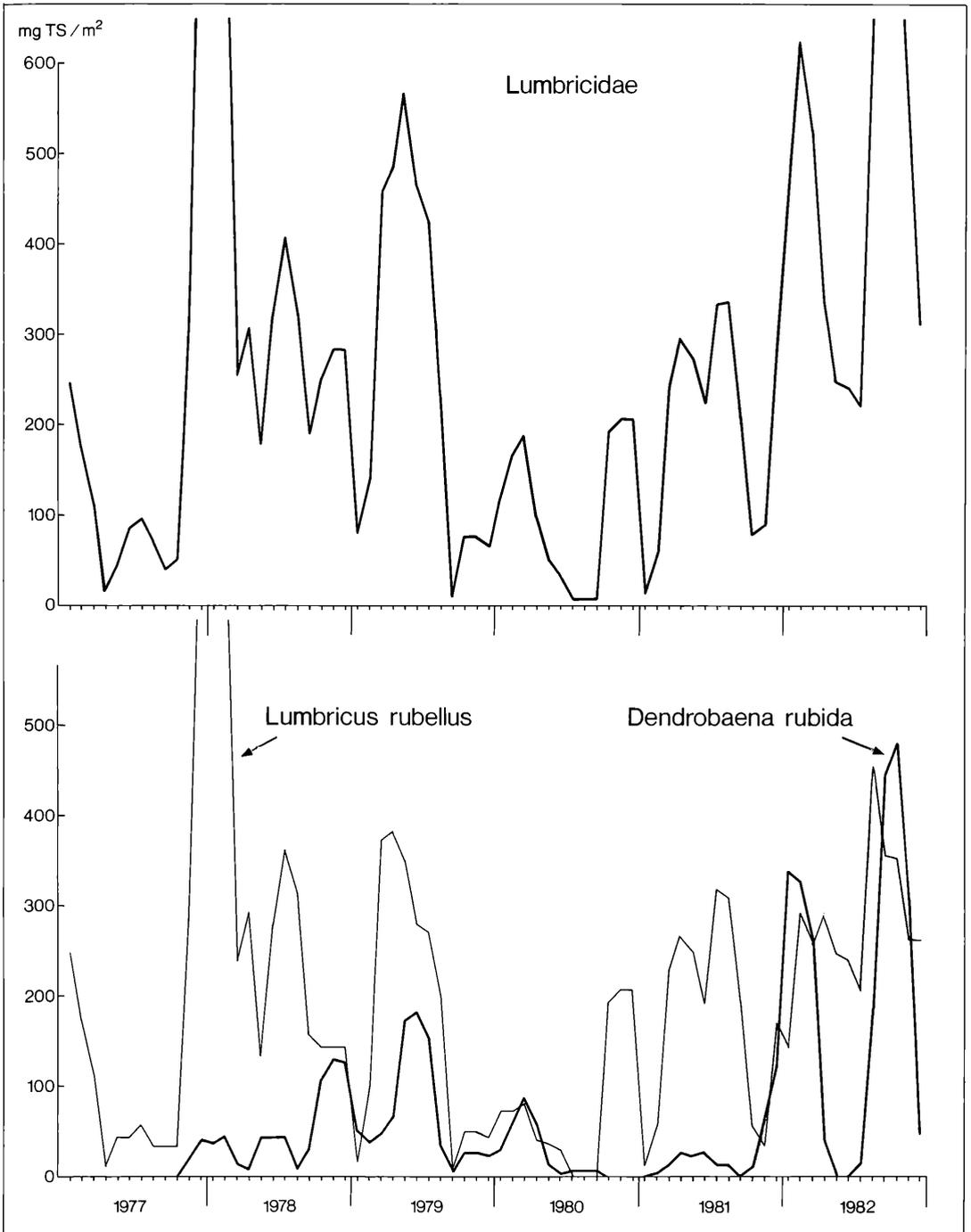


Abbildung 2. Monatliche Biomasse der Regenwürmer insgesamt (oben) und der beiden Arten *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida* (unten) in der Bodenstreu der Versuchsfläche in den Jahren 1977–82, dargestellt als über 3 Monate gleitendes Mittel.

mg TS (1980) und 5631 mg TS (1982). Sämtliche aufgefundenen Lumbriciden zusammen hatten eine Biomasse von 18 506 mg TS.

Die Entwicklung der Biomasse (Abb. 2) zeigt mit ca. 800 mg TS/m<sup>2</sup> ein erstes Maximum im Winter 1977/78, ein zweites mitten im Sommer 1979 mit ca. 400 mg TS/m<sup>2</sup>, ein drittes im Frühjahr mit ca. 530 mg TS/m<sup>2</sup>. Nach dem Populationszusammenbruch im Sommer 1979 vergehen fast 3 Jahre, bevor im Februar 1982 wieder ein ebenso hohes Maximum erreicht wird. Dieser Zeitraum wird aber periodisch von tiefen Minima unterbrochen. Eine eindeutige Jahresperiodik kommt nicht vor: Maxima können sowohl im Frühling (1979, 1980, 1981), Sommer (1978, 1981) als auch Winter (1977, 1980, 1981) auftreten. Minima sind ebenfalls in den verschiedensten Jahreszeiten zu beobachten: z. B. im Januar (1979, 1981), Juli (1979, 1982), September (1979, 1980) oder Dezember (1982).

In den Jahren 1977, 1978 und 1981 wird die Biomasse an Regenwürmern praktisch ausschließlich von der Art *L. rubellus* gestellt; in den übrigen Jahren erreicht *D. rubida* einen Anteil von durchschnittlich 30 %. Besonders auffallend ist dabei der schnelle Anstieg von 22 mg TS/m<sup>2</sup> im Jahre 1981 auf 186 mg TS/m<sup>2</sup> im Jahre 1982 (Tab. 2). Durchschnittlich beträgt das Verhältnis der Biomasse zwischen den beiden Arten etwa 4 : 1.

Die Biomasse von *Lumbricus rubellus* erreicht schon im Winter 1977/78 ein erstes Maximum mit ca. 800 mg TS/m<sup>2</sup> (Abb. 2). Mit Ausnahme des Jahres 1980, die durch den fast vollständigen Populationszusammenbruch im Spätsommer 1979 bedingt ist, werden jedes Jahr 1–2 Maxima von 3–400 mg TS/m<sup>2</sup> erreicht, die allerdings zu unterschiedlichen Zeiten auftreten können: im Frühjahr und Sommer häufig, seltener im Herbst oder Winter.

Bei *D. rubida* sind im gesamten Versuchszeitraum nur 2 jeweils zweigipflige Maxima zu erkennen, 1979 und 1982 (Abb. 2): Beginnend jeweils im Spätherbst, er-

streckt sich das erste Maximum bis zum Winterende; nach einem tiefen Einbruch im Frühjahr wird ein zweites, höheres Maximum im Frühsommer erreicht, das aber auch nur 2–3 Monate andauert. Im übrigen Zeitraum ist die Biomasse von *D. rubida* mit durchschnittlich 40 mg TS/m<sup>2</sup> sehr niedrig.

Beim Vergleich von Biomasse und Abundanz fällt die schnellere Veränderbarkeit und größere Schwankungsbreite der ersteren auf. Dies erklärt sich daraus, daß bei diesen großkörperigen Lumbriciden das Gewichtsverhältnis zwischen kleinsten Juvenilstadien und Adultstadium bei beiden Arten etwa 1 : 20 ist und damit schon sehr wenige erwachsene Tiere die Biomassekurve deutlich beeinflussen. Die Zahl der Minima und Maxima ist zwar bei beiden Kurven gleich, doch kann ihre relative Ausprägung sehr verschieden sein. Die höchste Abundanz vom Mai/Juni 1979 entspricht z. B. nur dem drittgrößten Biomassemaximum im Versuchszeitraum. Im Winter 1980 verursachen sehr wenige, adulte Tiere, ca. 5 pro m<sup>2</sup>, ein Maximum, das das Frühjahrsmaximum desselben Jahres noch übertrifft; letzteres wird aber von der vierfachen Anzahl von Tieren hervorgerufen!

Des weiteren fällt bei diesem Vergleich auf, daß die Zahl der Lumbriciden ihr Maximum 1979 hat, die Biomasse dagegen schon 1978. Auch dieser Unterschied läßt sich durch einen veränderten Altersaufbau erklären: 1979 ist der Anteil an Jungtieren sehr viel höher, wobei es sich offensichtlich um die Nachfolgegeneration der Adulttiere von 1978 handelt.

### 3.3 Vertikalverteilung

Zwei Fragestellungen werden hier zusammengefaßt:

1. Gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsjahren in Hinsicht auf die Schichtpräferenz der Tiere (statischer Aspekt)?
2. Ist innerhalb eines Jahres eine Jahresperiodik der Vertikalverteilung der Regenwürmer zu beobachten (dynamischer Aspekt)?

Tabelle 2. Biomasse der Regenwürmer im Jahresdurchschnitt pro m<sup>2</sup> in der Bodenstreu und getrennt nach Schichten und Arten, sowie Gesamtzahl aller bei 12 Probennahmen im Jahr auf einem m<sup>2</sup> gefangenen Regenwürmer im Untersuchungszeitraum 1977–82. Die Biomasse ist angegeben in mg Trockensubstanz ohne Darminhalt.

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	Ø 1977–82	
Bodenstreu	149	401	253	97	170	469	256	mg TS/m <sup>2</sup>
davon:								
L-Schicht	8	159	71	7	20	94	60	mg TS/m <sup>2</sup>
F-Schicht	88	197	119	69	130	238	139	mg TS/m <sup>2</sup>
H-Schicht	53	45	63	21	20	137	57	mg TS/m <sup>2</sup>
davon:								
<i>L. rubellus</i>	134	341	176	72	145	283	192	mg TS/m <sup>2</sup>
<i>D. rubida</i>	5	55	67	21	22	186	59	mg TS/m <sup>2</sup>
unbest. Rest	10	5	10	4	3		5	mg TS/m <sup>2</sup>
Gesamt-Biomasse	1790	4812	3063	1168	2042	5631	Summe 18 506	mg TS

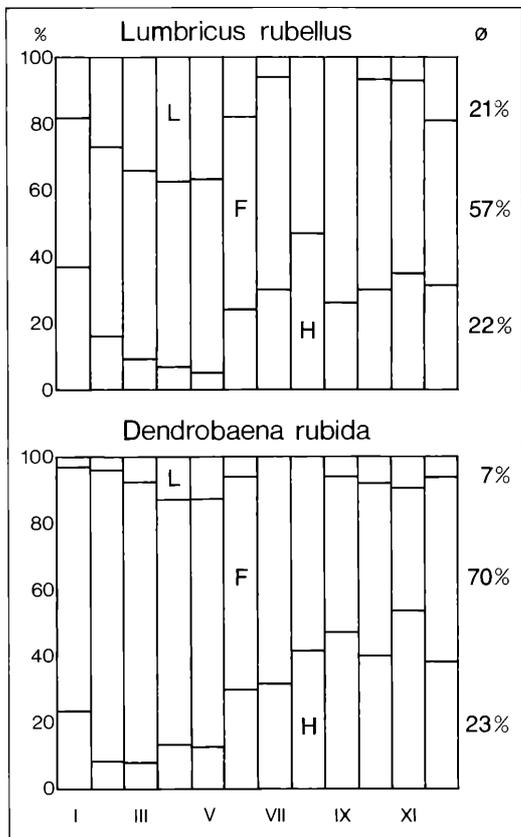


Abbildung 3. Monatliche Vertikalverteilung der Arten *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida* auf die 3 Schichten der Bodenstreu im Durchschnitt der Jahre 1977–82, dargestellt als über 3 Monate gleitendes Mittel.

Zur ersten Frage: Sowohl nach Abundanz (Tab. 1) als auch nach Biomasse (Tab. 2) sind im Durchschnitt des gesamten Versuchszeitraums 50–60 % der Tiere in der F-Schicht gefunden worden; der Rest jeweils zur Hälfte in der L- und H-Schicht.

Während der F-Schichtanteil relativ konstant ist, waren die Anteile der L- und H-Schicht sehr variabel: In den Jahren 1977, 1981 und 1982 wurden in der L-Schicht, 1978 und 1980 in der H-Schicht keine Regenwürmer gefunden. Dieser Befund könnte auf langfristigen klimatischen Einflüssen beruhen, die aber schwer nachweisbar sind. Denn entscheidend sind weniger die Jahressumme des Niederschlags oder die Jahresdurchschnittstemperatur als vielmehr die Verteilung und jeweilige Dauer der einzelnen Perioden.

Zur zweiten Frage: Hierfür wurden die jeweiligen Monatswerte der einzelnen Versuchsjahre addiert, um die geringen Absolutzahlen auszugleichen.

In der Vertikalverteilung der beiden Arten ist eine deutliche Jahresperiodik auszumachen (Abb. 3). *L. rubellus*

wandert allerdings zwischen allen 3 Schichten der Bodenstreu, während *D. rubida* die L-Schicht auch in für Regenwürmer optimalen Perioden (Frühling und Herbst) nur in sehr geringer Zahl aufsucht. Statt dessen zieht sich *D. rubida* in der zweiten Jahreshälfte in tiefere Schichten zurück.

Im Frühjahr können sich bis zu 40 % der Tiere der Art *L. rubellus* in der L-Schicht aufhalten; dagegen wandern um diese Zeit höchstens 15 % der Tiere der Art *D. rubida* in die oberste Laubschicht, was sich auch im Jahresdurchschnitt des L-Schichtanteils niederschlägt: 21 % für *L. rubellus*, nur 7 % für *D. rubida*. Aus welchen Gründen *D. rubida* die L-Schicht meidet, ist nicht bekannt. Wahrscheinlich reagiert die Art empfindlicher auf klimatische Einflüsse als *L. rubellus* (vgl. Kap. 5). Möglich wäre auch eine niedrigere Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Streuschichtbewohnern (große Enchyträen, Dipterenlarven) oder der wegen der gegenüber *L. rubellus* geringeren Größe höhere Feinddruck durch die zahlreichen räuberischen Käfer und Chilopoden.

Bei einer Aufteilung nach Altersgruppen differenziert sich das Bild noch deutlicher (Tab. 3). Während die Jungtiere beider Arten eindeutig die F-Schicht bevorzugen, weicht die Schichtpräferenz bei den adulten Tieren teilweise stark davon ab: So bevorzugt *L. rubellus* die L- und F-Schicht; bei *D. rubida* ist die Unterart *D. r. rubida* fast nur in der F- und H-Schicht zu finden, die Unterart *D. r. subrubicunda* dagegen fast ausschließlich in der F-Schicht.

#### 4. Entwicklungszyklen der einzelnen Arten

##### 4.1 Individualgewichtsentwicklung

Die Werte der Gewichtsentwicklung der Tiere der Art *L. rubellus* (Tab. 4) beruhen auf Einzeltiermessungen, wie sie im Methodenkapitel beschrieben wurden. Zum Vergleich sind die Meßergebnisse von ABRAHAMSEN (1973) aus einem südnorwegischen Kiefernwald beigefügt.

Auffallend ist, daß nach rascher und kontinuierlicher Gewichtszunahme während der Jugendentwicklung beim Erreichen des Adultstadiums eine weitere Zunahme nur noch in Sprüngen erfolgt (bis 50 mm Länge ca. 75 mg, bis 90 mm Länge ca. 105 mg). Im Vergleich zu

Tabelle 3. Vertikalverteilung der juvenilen und adulten Tiere der Arten *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida*, einschließlich der beiden Unterarten *D. r. rubida* und *D. r. subrubicunda* im Untersuchungszeitraum 1977–82.

	<i>L. rubellus</i>		<i>D. rubida</i>			%
	juv.	ad.	juv.	ad.	ad.	
L-Schicht	18,6	42,0	8,4	3,4	4,0	%
F-Schicht	59,6	37,0	69,2	42,6	81,3	%
H-Schicht	21,8	21,0	22,4	54,0	14,7	%

den südnorwegischen Tieren bleibt *L. rubellus* im Stadtwald Ettlingen relativ klein und leicht, besonders nach Erreichen des Adultstadiums.

Bei *D. rubida* (Tab. 5) ließen sich nur die adulten Tiere in die Unterarten *D. r. rubida* und *D. r. subrubicunda* trennen. Ein Vergleich mit Werten der meisten anderen Autoren ist schwer möglich, da diese bei Gewichtsmessungen nur ungenaue Angaben über die Größe der untersuchten Tiere machen.

BOUCHÉ (1972) fand bei der Untersuchung von wesentlich mehr Tieren der beiden Unterarten, daß *D. r. subrubicunda* etwas schwerer ist als *D. r. rubida*, was sich auch bei den Tieren aus unserem Versuchsgebiet tendenziell feststellen läßt. Die Datenmenge reicht allerdings nicht aus, um den Unterschied statistisch zu si-

chern.

Vergleicht man *L. rubellus* und *D. rubida* miteinander, so zeigt letztere bis zu einer Größe von 35 mm, d. h. nahezu ihrer Maximallänge im Untersuchungsgebiet, ein wesentlich schnelleres Wachstum als *L. rubellus* (z. B. Verfünfachung des Gewichts bei Verdoppelung der Länge von 10 auf 20 mm).

#### 4.2 Jahreszeitliches Auftreten der beiden Arten

Addiert man die Monatswerte der einzelnen Versuchsjahre, so sind Aussagen über das jahreszeitliche Auftreten der verschiedenen Altersstadien möglich (Abb. 4). Juvenile Tiere der Art *L. rubellus* haben ein absolutes Abundanzmaximum mit ca. 90 Tieren pro m<sup>2</sup> im Frühjahr sowie Minima im Herbst und Winter. Außer einem

Tabelle 4. Biomasse der Individuen der Arten *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida* in Abhängigkeit von Körperlänge und Altersstadium. Die Biomasse ist angegeben in mg Trockensubstanz ohne Darminhalt. Zum Vergleich sind Daten aus ABRAHAMSEN (1973) und BOUCHÉ (1972) aufgeführt.

Körpergröße	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	90	mm
<i>Lumbricus rubellus</i>											
	7	58	35	19	14	8	4	7	1	1	
juvenil	1,5	2,9	9,4	20,3	39,6	48,9	–	–	–	–	mg TS
adult	–	–	–	26,8	80,3	72,4	102,0	105,0	110,2	133,1	mg TS
gesamt	1,5	2,9	9,4	20,6	51,2	54,8	102,0	105,0	110,2	133,1	mg TS
nach ABRAHAMSEN (1973)	1,0	–	12,0	–	45,3	–	111,2	–	222,4	–	mg TS
<i>Dendrobaena rubida</i>											
	12	24	30	9	1	mg TS	gesamt = Mittelwert aller Tiere der entsprechenden Körpergröße				
juvenil	0,8	4,3	7,7	–	–	mg TS					
<i>D. r. rubida</i> adult	–	–	12,6	19,7	26,5	mg TS					
<i>D. r. subrubicunda</i> adult	–	–	13,1	21,1	–	mg TS					
gesamt	0,8	4,3	10,9	20,5	26,5	mg TS					
nach BOUCHÉ (1972)	<i>D. r. rubida</i>			22,4	–	mg TS					
	<i>D. r. subrubicunda</i>			25,6	–	mg TS					

Tabelle 5. Abundanz, Biomasse und Artenzahl der Regenwürmer in verschiedenen europäischen Buchenwäldern mit sauren Böden (ph < 5,5). Zum Vergleich wurden Durchschnittswerte von 5 europäischen Buchenstandorten mit Mullböden (pH > 5,5) aufgeführt.

Standort	Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> )			Biomasse (g TS/m <sup>2</sup> )			Artenzahl	Autor
	min	max	Ø	min	max	Ø		
Westfalen, 12 Stellen	4	38	20	0,2	2,2	1,1	2	BALTZER (1956)
Niedersachsen, 6 Stellen	3	20	11	–	–	1,1	4	RABELER (1960)
Dänemark, 3 Stellen	23	–	81	44	0,2	0,9	0,4	BORNBUSCH (1930)
Schweden, 2 Stellen	67	90	79	2,0	4,1	3,0	7	NORDSTRÖM & RUNDGREN (1973)
Stadtwald Ettlingen	2	81	16	0,1	1,7	0,3	3	diese Arbeit
Mullböden, Europa	28	220	101	0,9	12,1	4,7	5	PHILLIPSON et al. (1978)

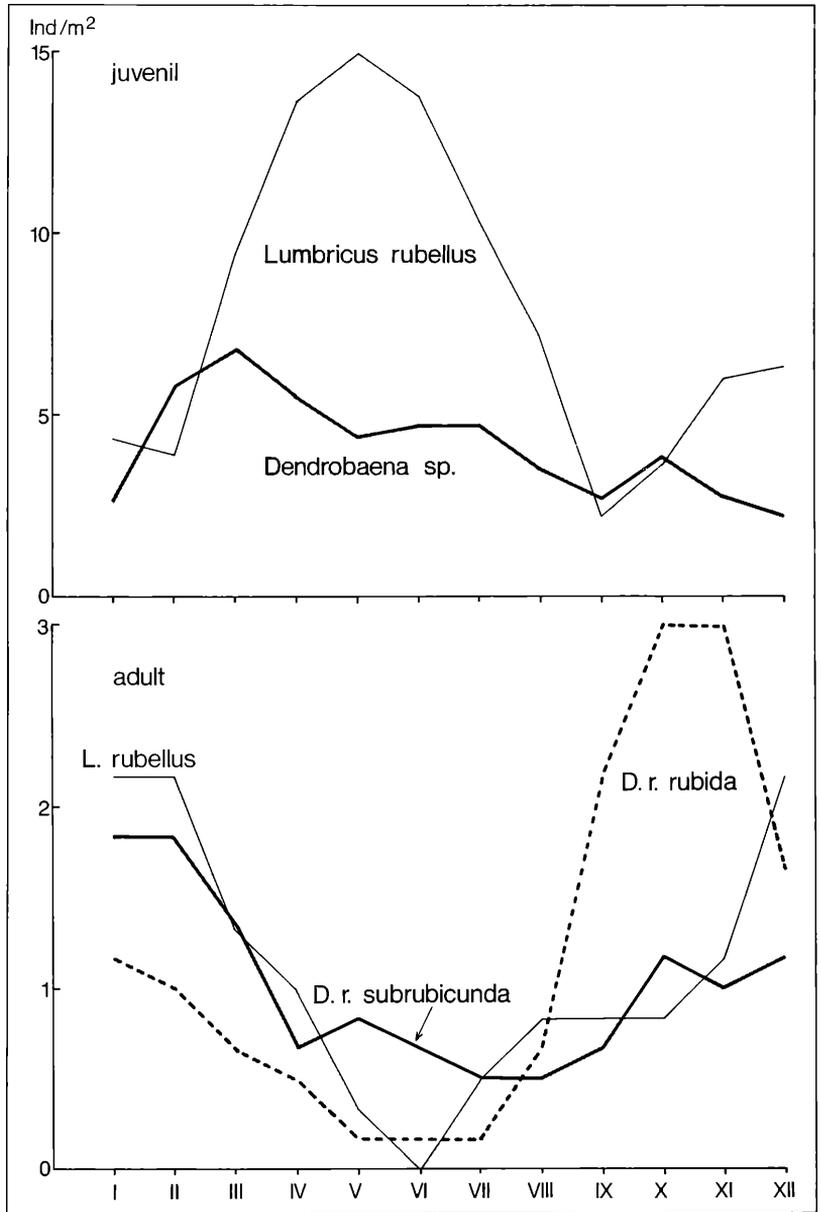


Abbildung 4. Monatliche Abundanz der juvenilen (oben) und adulten (unten) Tiere der Arten *Lumbricus rubellus* und *Dendrobaena rubida* in der Bodenstreu der Versuchsfläche im Durchschnitt der Jahre 1977–82, dargestellt als über 3 Monate gleitendes Mittel. Bei den adulten Tieren der Art *D. r. rubida* wurden die beiden Unterarten *D. r. rubida* und *D. r. subrubicunda* unterschieden.

leichten Frühjahrsmaximum im März von ca. 40 Tieren pro m<sup>2</sup> und einem ebenso undeutlichen Winterminimum im Dezember ist dagegen die Anzahl der Jungtiere von *Dendrobaena sp.* relativ gleich über das ganze Jahr verteilt.

Die adulten Tiere zeigen im Unterschied dazu ein Sommerminimum, etwa von Mai bis August, am extremsten bei *L. rubellus*, von dem im Juni überhaupt keine adulten Tiere zu finden sind. Ein Maximum wird im Winter er-

reicht. Die Populationsentwicklung von *D. r. subrubicunda* verläuft fast genauso, doch sind sowohl Minimum als auch Maximum schwächer ausgeprägt.

Abweichend von den beiden anderen Gruppen sind die meisten adulten Tiere von *D. r. rubida* im Spätherbst von September bis November zu finden.

Ein Vergleich des Auftretens der einzelnen Altersstadien der Arten bzw. Unterarten zeigt demnach eine gewisse zeitliche Diversifizierung. Besonders bei den

Jungtieren liegt nahe, daß die in der Bevorzugung der F-Schicht als Aufenthaltsort und in ihren sonstigen Ansprüchen (siehe Kap. 5) recht ähnlichen Arten auf diese Weise eine zu starke Konkurrenz vermeiden.

Während des gesamten Versuchszeitraums überwiegen nach der Zahl der beiden Arten die Jungtiere deutlich: Bei *L. rubellus* stellen sie 87 %, bei *D. rubida* 67 %. Bedingt durch das sehr unterschiedliche Gewicht der Einzelindividuen, ergibt sich für das Biomasseverhältnis dennoch ein leichtes Übergewicht der Adultiere von 56 %.

## 5. Ökologische Ansprüche der einzelnen Arten

### 5.1 *Lumbricus rubellus rubellus*

BOUCHÉ (1977) teilt die Regenwürmer ökologisch in 3 große Gruppen ein: „Epigées“, „Endogées“ und „Ancéciques“. *L. rubellus* ist keiner dieser 3 großen Gruppen eindeutig zuzuordnen, sondern nimmt eine Zwischenstellung zwischen den Streuschichtbewohnern („Epigées“) und den Horizontalbohrern („Endogées“) ein. Zur Ernährung hält sich *L. rubellus* oft in der Streuschicht auf, doch ist er regelmäßig in Schichten unterhalb von 6 cm Tiefe zu finden (NORDSTRÖM & RUNDGREN, 1974). Außerdem kommt er in den kühleren Randbereichen von Dung- und Komposthaufen vor.

Seine Vermehrungsrate ist die höchste der Gattung *Lumbricus* (GRAFF, 1953); ca. 100 Kokons mit jeweils einem Jungtier werden pro Jahr und Tier in den obersten Streuschichten abgelegt.

*L. rubellus* gilt als acidophil; so gibt SATCHELL (1955) einen Präferenzbereich von 3,7–7,0, ABRAHAMSEN (1972) einen von 4,0–6,4 pH an.

Bei tiefen Temperaturen und starker Austrocknung weicht *L. rubellus* nach unten aus; z. B. wurde er bei Bodenfrost schon in einer Tiefe von 50 cm gefunden (RUNDGREN, 1975). Ebenfalls meidet er Stauässe. Seine Empfindlichkeit gegenüber Feuchteschwankungen ist wenig ausgeprägt. Eine Abhängigkeit vom Bodentyp ist nicht feststellbar (EDWARDS & LOFTY, 1972).

*L. rubellus* zeigt im Stadtwald Ettligen keine Besonderheiten gegenüber anderen aus der Literatur bekannten Fundplätzen mit ähnlichen ökologischen Bedingungen, an denen die Tiere im Vergleich zu Plätzen mit Optimalbedingungen ebenfalls kleiner sind (z. B. BALTZER, 1956).

Es ist möglich, daß einige der Abundanzschwankungen im Versuchszeitraum mit Tiefenwanderungen unter die von uns untersuchten Schichten zu erklären sind. Dies ist wegen der Beschaffenheit des Geländes jedoch unwahrscheinlich. Die festgestellte deutliche Jahresperiodik dürfte in erster Linie von der Temperatur abhängen. Die große horizontale Mobilität dieser Art kommt dadurch zum Ausdruck, daß 26 der 30 in Barberfallen gefangenen Regenwürmer zu dieser Art gehören.

Ansonsten ist diese Art erstaunlich indifferent gegenüber allen anderen Ansprüchen und damit wahrschein-

lich der weitestverbreitete Lumbricide Europas (STOP-BOWITZ, 1969, dort auch weitere Literatur zur Biogeographie).

### 5.2 *Dendrobaena rubida rubida*

Diese Art ist nach der Klassifizierung BOUCHÉ's ein typischer Streuschichtbewohner („Epigée“). Sie ernährt sich von vorzersetzer Streu und Humusbestandteilen, wobei Biotope mit schwerzersetzbarem Material wie Fichtenstreu und morsches Holz bevorzugt werden (EGGERT, 1982). Der Bodentyp spielt dabei offenbar keine Rolle.

Die Kokonproduktion ist mit etwa 45 Kokons pro Jahr relativ hoch. Meist schlüpfen ein, in seltenen Fällen bis zu 4 Jungtiere aus einem Kokon.

Die Art gilt als acidophil: Nach SATCHELL (1955) liegt ihr Präferenzbereich bei 3,7–4,5, nach ABRAHAMSEN (1972b) bei 4,2–6,4 pH.

Da *D. rubida* normalerweise nicht tiefer als 5 cm in den Boden hineingeht, müssen die Tiere bei Bodenfrost oder Austrocknung oftmals Inaktivitätsphasen einlegen. Eine Ausnahme erwähnt VOLZ (1962), der einen Eichenwald in der Vorderpfalz untersucht hat. Dort mied *D. rubida* die Streuschicht und hielt sich statt dessen zu einem Drittel in der F- und H-Schicht, zu zwei Dritteln im Mineralboden auf.

Auch im Stadtwald Ettligen meidet *D. rubida* die L-Schicht. Konkurrenz mit *L. rubellus*, dessen Adulti die L-Schicht bevorzugen, scheidet als Erklärung aus, da diese beiden Arten an vielen Stellen Europas zusammen vorkommen, ohne daß es zu einer solchen vertikalen Trennung kommt. Möglich wäre, daß die gegen Austrocknung und Frost empfindlichere *D. rubida* diesen Einflüssen im Buchenlaub ausgesetzt wäre und deshalb in unserem Versuchsgebiet die tieferen Schichten bevorzugt. Da ein weiteres Ausweichen der Tiere in noch tiefere Schichten unwahrscheinlich ist (RUNDGREN, 1975) und dem Überleben in der inaktiven Phase auch Grenzen gesetzt sind, sind starke Populationsschwankungen, wie sie auch im Ettliger Buchenwald vorkommen, ein Charakteristikum dieser Art.

### 5.3 *Dendrobaena rubida subrubicunda*

*D. r. subrubicunda* ist wie *D. r. rubida* ein typischer Bewohner der Streuschicht. Die Art zeigt keine Besiedlungsunterschiede in Abhängigkeit vom Bodentyp. Anders als die vorgenannte Art werden die Tiere auch an Ansammlungen organischer Materie, wie z. B. Komposthaufen, häufig gefunden.

STOP-BOWITZ (1969) berichtet, daß in Gebieten nördlich der Verbreitungsgrenze des Kompostwurms (*Eisenia fetida*) *D. r. subrubicunda* dessen Rolle als Kulturförderer des Menschen übernimmt. Sie kann dabei, nicht zuletzt wegen ihrer kurzen Brutzeit von 8–9 Wochen, hohe Dichten erreichen. An diesen Plätzen verdrängt *D. r. subrubicunda* andere *Dendrobaena* – Spezies wie *D. r. rubida* oder *D. r. tenuis*, die ansonsten durchaus gemeinsam vorkommen können (EGGERT, 1982).

Ansonsten sind die Ansprüche der Unterart ähnlich denen von *D. r. rubida*; nur beim Säuregrad gilt sie als weniger acidophil (SATCHELL, 1955: pH-Präferenzbereich von 4,2–7,0).

Am Standort Stadtwald Ettligen gilt das für *D. r. rubida* Gesagte auch für *D. r. subrubicunda*; es fällt auf, wie sehr die Tiere entgegen allen anderen Berichten die oberste Streulage meiden. Im Gegensatz zu *D. r. rubida* wird allerdings die H-Schicht nur selten aufgesucht.

#### 5.4 *Bimastos eiseni*

Über diese Art ist wegen ihrer allgemeinen sehr geringen Dichte wenig bekannt.

Häufig wurde sie an vermodernden Baumstümpfen und unter Moospolstern von Bäumen gefunden. BOUCHÉ (1972) beschreibt sie als acidophil bis acidotolerant.

Die Bevorzugung solcher speziellen Biotope wird im Stadtwald Ettligen dadurch unterstrichen, daß von den 15 Regenwürmern, die in Fotoelektoren gefunden wurden, 6 zur Art *B. eiseni* gehörten. Dazu mußten sie an der „überhängenden“ Wand des Fotoelektors hochklettern und dabei eine Höhendifferenz von etwa 1 m überwinden! Auf der Freifläche wurde *B. eiseni* nur einmal gefunden; wahrscheinlich müßte man an vermodernden Baumstämmen gezielt nach dieser Art suchen. Für alle 4 Arten bzw. Unterarten gilt, daß sich die Literaturangaben über ihre abiotischen Ansprüche mit den Verhältnissen im Versuchsgebiet Stadtwald Ettligen decken. Begrenzender Faktor für andere Regenwurmarten ist wahrscheinlich der niedrige pH-Wert, eventuell auch die fehlende Krautschicht (POBOZSNY & ZICSI, 1978).

#### 6. Vergleich mit anderen Standorten

Die dominante Regenwurmart in allen Waldböden Europas, die sich durch pH-Wert unterhalb von ca. 4,5 auszeichnen, ist *Lumbricus rubellus* (STÖP-BOWITZ, 1969; ABRAHAMSEN, 1972 b, EGGERT, 1982), unabhängig von der Art der Bestockung. Daneben sind fast immer eine, manchmal auch mehrere Arten der Gattung *Dendrobaena* in solchen Biotopen zu finden. In Nadelwäldern ist dies meist *D. octaedra* (z. B. NÖLLNER & WEIGMANN, 1982), in Laubwäldern eher *D. rubida*, wobei oft 2–3 Unterarten gemeinsam auftreten (RUNDGREN, 1975).

Differentialarten (nach VOLZ [1962] für einen Standort charakteristische Arten, häufig in geringer Dichte) fehlen oft in sauren Waldstandorten. Auch EGGERT (1982) beschreibt diese typische Assoziation von sauren Laubwaldstandorten des Vogelsbergs. Schon bei geringer Erhöhung des pH-Werts kommen weitere Arten dazu, bei genügender Tiefgründigkeit meist aus den Gattungen *Allolobophora* oder *Octolasion* (WILCKE, 1953; PHILLIPSON et al. 1976). Schon das Artenspektrum von Wegen im Laubwald ist wegen der dort aufkommenden Krautschicht erheblich reichhaltiger. In oder an totem

Holz (ohne Unterscheidung in Laub- oder Nadelholz) fand EGGERT (1982) folgende Arten:

<i>D. rubida</i>	41,3 %
<i>B. eiseni</i>	23,9 %
<i>D. octaedra</i>	17,4 %
<i>L. rubellus</i>	13,0 %

Es ist dies das einzige von 12 untersuchten Habitaten, in denen *B. eiseni* einen nennenswerten Anteil erreicht und außer Komposthaufen der einzige Fundort, an dem *D. rubida* die dominante Art ist. Leider wurde bei letzterer keine Trennung der verschiedenen Unterarten vorgenommen; wahrscheinlich handelt es sich um *D. r. subrubicunda*.

Auch GRAFF (1954) berichtet, daß er bei Untersuchungen im östlichen Niedersachsen *B. eiseni* nur in Laubwäldern (Buche und Eiche) fand. Dort kommt die Art an Baumstubben in großer Dichte vor, meist in Gesellschaft mit *D. rubida*.

Übertragen auf den Stadtwald Ettligen bedeutet dies, daß *L. rubellus* den Schwerpunkt seiner Verbreitung in der Streuauflage hat, *B. eiseni* fast ausschließlich in moderndem Holz zu finden ist und *D. rubida* in beiden Bereichen konkurrieren kann. In Ausweitung der bisherigen Einteilung kann damit die Assoziation *L. rubellus*, *D. rubida*, *B. eiseni* als typisch für saure Laubwaldstandorte Mitteleuropas bezeichnet werden.

Im Vergleich zu anderen Buchenwäldern Europas (SATCHELL, 1983, basierend auf ZAJONC, 1971, PHILLIPSON et al. 1978) ist der Stadtwald Ettligen als ein für Regenwürmer suboptimaler Grenzstandort zu kennzeichnen. Selbst für einen sauren Boden ist die Lumbricidenbiomasse extrem niedrig, wofür wahrscheinlich die schlechte Nahrungsqualität verantwortlich ist.

An Standorten mit einer solch geringen Regenwurmdichte, wie sie z. B. für Taigaböden oder subalpine Nadelwälder typisch ist, kommt es zu einer deutlichen Verzögerung beim Streuabbau gegenüber für Regenwürmern optimalen Standorten. Von letzteren ist bekannt, daß, vor allem beim Vorhandensein von Tiefgräbern wie *Lumbricus terrestris*, die gesamte Streu nach wenigen Monaten von der Oberfläche verschwunden ist (RAW, 1962). Im Stadtwald Ettligen dagegen umfaßt allein die L- und F-Schicht zusammen etwa 5 Streujahrgänge (BECK & MITTMANN, 1982).

#### 7. Literatur

- ABRAHAMSEN, G. (1972): Ecological study of Lumbricidae in norwegian coniferous forest soils. – *Pedobiologia* **12**: 267–281; Jena
- ABRAHAMSEN, G. (1973): Biomass and body-surface area of populations of Enchytraeidae and Lumbricidae (Oligochaeta) in Norwegian coniferous forest soils. – *Pedobiologia*, **13**: 28–39; Jena.
- AXELSON, B. (1971): Reliability of estimating standing crop of earthworms by hand-sorting. – *Pedobiologia*, **11**: 338–340; Jena.

- BALTZER, R. (1956): Die Regenwürmer Westfalens. – Zool. Jb. Syst., **84**: 355–413; Jena.
- BECK, L. (1978): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 1. Einleitender Überblick und Forschungsprogramm. – Beitr. naturk. Forsch. Süwdtll., **37**: 93–101; Karlsruhe.
- BECK, L. (1983): Zur Bodenbiologie des Laubwalds. – Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1983: 37–54; Stuttgart.
- BECK, L. & MITTMANN, H.-W. (1982): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 2. Klima, Streuproduktion und Bodenstreu. – *Carolinea*, **40**: 65–90; Karlsruhe.
- BORNEBUSCH, C. (1930): The fauna of forest soil. – Forst. Forsvaes. Danm., **11**: 1–158; Kopenhagen.
- BOUCHÉ, M. (1969): Comparaison critique de méthodes d'évaluation des populations de Lombricides. – *Pedobiologia*, **9**: 26–34; Jena.
- BOUCHÉ, M. (1972): Lombriciens de France. – Paris (Inst. Nat. Recherche Agronomique).
- BOUCHÉ, M. (1977): Strategies lombriciennes. – *Ecol. Bull.*, **25**: 122–132; Stockholm.
- BOUCHÉ, M. & GARDNER, R. (1984): Earthworm functions. 8. Population estimation techniques. – *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **21**: 37–64; Paris.
- EDWARDS, K. & LOFTY, J. (1972): Biology of earthworms. – London (Chapman & Hall).
- EGGERT, U. (1982): Vorkommen und Verbreitung der Regenwürmer des Naturparks „Hoher Vogelsberg“ – Beitr. Naturkd. Osthessen, **18**: 61–103; Hanau.
- FRANKE, U. & FRIEBE, B. (1983): Erfassung der Makrofauna eines Buchenwaldbodens mittels Handauslese und Barberfallen. – Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1983: 216; Stuttgart.
- FRIEBE, B. (1983): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 3. Die Käferfauna. – *Carolinea*, **41**: 45–80; Karlsruhe.
- GATES, G. E. (1980): Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae. 25. *Allolobophora*. – *Megadriologica*, **3**: 177–184; Ottawa.
- GRAFF, O. (1953): Die Regenwürmer Deutschlands. – *Schriftr. Forsch. Inst. Landw.*, **7**: 1–70; Braunschweig.
- GRAFF, O. (1954): Die Regenwurmfauuna im östlichen Niedersachsen und in Schleswig-Holstein. – Beitr. Naturkd. Niedersachsen, 48–56; Hannover.
- KUBIENA, W. (1953): Bestimmungsbuch der Böden Europas. – Stuttgart (Enke).
- LAKHANI, K. H. & SATCHELL, J. E. (1971): Production by *Lumbricus terrestris*. – *J. Animal Ecol.*, **39**: 473–492; Oxford.
- NÖLLNER, L. & WEIGMANN, G. (1982): Das Naturschutzgebiet Teufelsbruch in Berlin-Spandau. 10. Die Regenwürmer im Teufelsbruch und angrenzenden Forst. – Sitz. Ber. Nat. Forsch. Freunde Berlin, **22**: 70–88; Berlin.
- NORDSTRÖM, S. & RUNDGREN, S. (1972b): Methods of sampling Lumbricids. – *Oikos*, **23**: 344–352; Kopenhagen.
- NORDSTRÖM, S. & RUNDGREN, S. (1973): Associations of lumbricids in southern Sweden. – *Pedobiologia*, **13**: 301–326; Jena.
- NORDSTRÖM, S. & RUNDGREN, S. (1974): Environmental factors and Lumbricid associations in southern Sweden. – *Pedobiologia*, **14**: 1–27; Jena.
- MITTMANN, H.-W. (1980): Zum Abbau der Laubstreu und zur Rolle der Oribatiden in einem Buchenwaldboden. – Unveröff. Diss., 117 S.; Karlsruhe.
- PETERSEN, H. & LUXTON, M. (1982): A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. – *Oikos*, **39**: 288–422; Kopenhagen.
- PHILLIPSON, J. et al. (1976): Earthworms and the factors governing their distribution in an english beechwood. – *Pedobiologia*, **16**: 258–285; Jena.
- PHILLIPSON, J. et al. (1978): Earthworms numbers, biomass and respiratory metabolism in a beech woodland – Wytham Woods, Oxford. – *Oecologia*, **33**: 291–309; Berlin.
- POBOZSNY, M. & ZICSI, A. (1978): Die Bedeutung der Krautschicht bei Fütterungsversuchen von großkörperigen Lumbricidenarten. – *Opusc. Zool. Budapest*, **15**: 119–127; Budapest.
- POP, V. (1941): Zur Phylogenie und Systematik der Lumbriciden. – *Zool. Jb. Syst.*, **74**: 487–522; Jena.
- RABELER, W. (1960): Die Artenbestände der Regenwürmer in Laubwaldbiozönosen (Quercus-Fagetea) des oberen und mittleren Wesergebietes. – *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem.*, N. F. **8**: 333–337; Stolzenau/Weser.
- RAW, F. (1962): Studies of earthworm populations in orchards. – *Ann. appl. Biol.*, **50**: 389–404; London.
- RUNDGREN, S. (1975): Vertical distribution of Lumbricids in southern Sweden. – *Oikos*, **26**: 299–306; Kopenhagen.
- SATCHELL, J. E. (1955): Some aspects of earthworm ecology. – In: KEVAN, K. Soil Zoology, 180–201; London.
- SATCHELL, J. E. (1970): Measuring population and energy flow in earthworms. – In: PHILLIPSON, J., *Methods of soil ecology*, 261; London.
- SCHAEFER, M. (1982): Zur Funktion der saprophagen Bodentiere eines Kalkbuchenwalds. Ein langfristiges Untersuchungsprogramm im Göttinger Wald. – *Drosera*, **82**: 75–84; Göttingen.
- SENAPATI, B. & DASH, M. (1980): The effect of Formalin preservation on the weight of tropical earthworms. – *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **17**: 371–377; Paris.
- SIMS, R. W. (1983): The scientific names of earthworms. – In: SATCHELL, J. E., *Earthworm Ecology*, London (Chapman & Hall).
- STOP-BOWITZ, C. (1969): A contribution to our knowledge of the systematics and zoogeography of norwegian earthworms. – *Nytt. Mag. Zool.*, **17** (2): 169–280; Oslo.
- TERHIVUO, J. (1982): Relative efficiency of hand-sorting, Formalin application and combination of both methods in extracting Lumbricidae. – *Pedobiologia*, **23**: 175–188; Jena.
- VOLZ, P. (1962): Beiträge zu einer pedozoologischen Standortlehre. – *Pedobiologia*, **1**: 242–290; Jena.
- WILCKE, D. (1953): Über die vertikale Verteilung der Lumbriciden im Boden. – *Z. Morph. Ökol. Tiere*, **41**: 372–385; Berlin.
- ZICSI, A. (1962): Determination of number and size of sampling unit for estimating lumbricid populations in arable soils. – In: MURPHY, P. W., *Progress in Soil Zoology* 68–71; London (Butterworth's).
- ZICSI, A. (1982): Verzeichnis der bis 1971 beschriebenen und revidierten Taxa der Familie Lumbricidae. – *Acta Zool. Acad. Sci. Budapest*, **28**: 421–454; Budapest.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [43](#)

Autor(en)/Author(s): Römbke Jörg

Artikel/Article: [Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 6. Die Regenwürmer 93-104](#)