

Untersuchungen zur Erfassung der Lumbricidenfauna mittels einer neu entwickelten Elektro-Methode (Oktett-Methode) in verschiedenen Waldökosystemen

Uli Thielemann

1. Einleitung

In den zurückliegenden Jahren wurden immer wieder Versuche unternommen, Regenwürmer mit Hilfe des elektrischen Stromes aus der Erde zu treiben (WALTON 1933, DOESKEN 1950, SATCHELL 1955, EDWARDS & LOFTY 1975, RUSHTON & LUFT 1984). Die Effektivität der verschiedenen Methoden war jedoch dadurch begrenzt, daß meist keine quantitativen Fangergebnisse erzielt wurden. Grundsätzliche Einschränkungen erfährt die elektrische Regenwurmfangmethode durch Inhomogenitäten des Bodens, da Unterschiede in der Bodenstruktur oder Feuchtigkeitsverteilung die Ausbreitung des elektrischen Feldes beeinflussen können. Auch chemische Regenwurmfangmethoden, wie die gebräuchliche Formalinmethode (RAW 1959), sind in ihrem Wirkungsgrad von den gegebenen Bodenparametern abhängig (SATCHELL 1969). Ein häufig vernachlässigter Aspekt bei der Erfassung von Regenwurmpopulationen ist die eingeschränkte Anwendungsmöglichkeit der gebräuchlichen Fangmethoden. So ist z. B. auf dicht bepflanzten Agrarflächen das chemische Abfangen oder das Ausgraben von Würmern nur mit Schädigungen von Boden und Pflanzen möglich. Mit der elektrischen Fangmethode läßt sich dieses Problem jedoch auf ein Minimum reduzieren, da nur das Begehen der Untersuchungsflächen und ein Einstechen weniger, dünner Elektroden notwendig ist.

2. Physikalische Grundlagen

Eine effektive elektrische Fangmethode muß folgende Voraussetzungen erfüllen:

1. Die Erzeugung eines homogenen Stromfeldes (von Bodeninhomogenitäten abgesehen), damit überall in der untersuchten Fläche gleiche Bedingungen vorherrschen.

2. Die Definition einer Sammelfläche, um quantitative Ergebnisse zu erzielen.

Die Sammelfläche der zuletzt beschriebenen elektrischen Methode (RUSHTON & LUFT 1984) wird nicht von einem homogenen elektrischen Feld durchsetzt, obwohl ihre Begrenzung durch die Elektrodenkreisanordnung der hier vorgestellten Oktett-Methode ähnlich ist. Der von RUSHTON & LUFT (1984) verwendete Elektrodenring mit einer zentralen Mittelelektrode ist einem Zylinderkondensator mit radialem Feldlinienverlauf vergleichbar.

Die Feldliniendichte – ein relatives Maß für die Feldstärke (E) – ändert sich hierbei proportional mit dem Kehrwert des Abstandes (r) zur Mittelelektrode ($E \sim \frac{1}{r}$). Die Integration von $E = -C \frac{1}{r}$ (C = Proportionalitätskonstante, Vorzeichen = Ausbreitungsrichtung des Feldes nach außen) ergibt, daß

sich die Spannung (U) mit dem Logarithmus des Radius (r) ändert, d. h. U ist eine lineare Funktion von $\ln r$ ($U = C \ln r + C'$) (WESTPHAL 1971). Die Würmer innerhalb der Sammelfläche sind also – je nach Position – unterschiedlichen Spannungen ausgesetzt.

2.1 Plattenkondensatorbedingungen

Ein homogenes elektrisches Feld besteht zwischen den Elektroden eines Plattenkondensators ($E = \frac{U}{d}$, d = Plattenabstand) (Abbildung 1). Plattenförmige Elektroden lassen sich jedoch nicht in den Boden einbringen. Eine gute Näherung an Plattenkondensatorbedingungen wird aber dadurch erreicht, daß die Platten durch mehrere stabförmige Elektroden ersetzt werden.

Dabei sind folgende Gesetzmäßigkeiten zu beachten:

- Bei der Verwendung der Stabelektroden ist zu berücksichtigen, daß in ihrer unmittelbaren Nähe wegen der zunächst radialen Feldlinienverteilung eine erhöhte Feldstärke vorherrscht, während sich ein relativ homogenes elektrisches Feld erst in einem Abstand zu den Elektroden ausbildet. Um nur die Würmer zu erfassen, die dem homogenen elektrischen Feld ausgesetzt sind, müssen sich die Elektroden außerhalb der Sammelfläche befinden (Abbildung 2).

- Ein weiterer, wichtiger Punkt ist der Elektrodenabstand. Auch bei einem Plattenkondensator tritt bei zu großem Plattenabstand eine Feldlinienverkrümmung auf. Das elektrische Feld ist dann

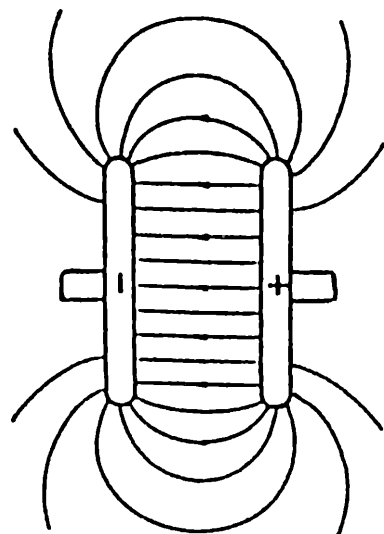


Abbildung 1

Elektrisches Feld zwischen zwei Platten.

2.2 Elektrische Reizwirkung

Bei der Wirkung des elektrischen Stromes auf Regenwürmer kann davon ausgegangen werden, daß diese auf die Anzahl Ladungen reagieren, die pro Zeit- und Flächeneinheit ihre Körper durchfließen und in den Zellen eine Ladungsumverteilung oder sogar kurzzeitige elektrolytische Dissoziation verursachen:

$$\text{Stromdichte} = \frac{\text{Ladung}}{\text{Zeiteinheit} \cdot (\text{Körper-})\text{Fläche}} = \frac{Q}{t \cdot A}$$

In der Formel enthalten ist die Stromstärke

$$(I = \frac{\text{Ladung}}{\text{Zeit}} = \frac{Q}{t}),$$

die wiederum der angelegten Spannung (U) proportional ist und vom Widerstand (R) abhängt: $U = R \cdot I$ (Ohmsches Gesetz). Das bedeutet, daß die Höhe der angelegten Spannung – bei einem gegebenen Bodenwiderstand – die entsprechende Reaktion der Würmer hervorruft.

Dabei sind folgende Punkte besonders zu berücksichtigen:

– Ein Wurm ist nur der Potentialdifferenz (F) zwischen Anfang und Ende seines Körpers ausgesetzt:

$$F = \frac{\Delta U}{\Delta l} = \frac{\text{Spannungsänderung}}{\text{Längeneinheit}}$$

Daraus folgt, daß kleine Würmer bei gleicher Spannung weniger Stromeinwirkung erfahren als große (Abbildung 4).

Das bedeutet auch, daß große Würmer durch zu hohe Spannungen leicht getötet werden können.

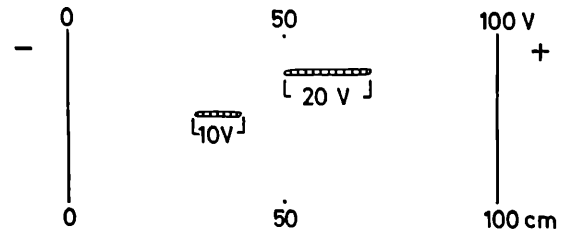


Abbildung 4

Stromeinwirkung (Potentialdifferenz) bei verschiedenen großen Regenwürmern.

– Weiterhin ist noch die Lage der Regenwürmer im elektrischen Feld zu beachten (Abbildung 5). Um alle Regenwürmer innerhalb der Sammelfläche gleichen Bedingungen auszusetzen, muß die elektrische Fangmethode – neben der Ausbildung eines homogenen elektrischen Feldes – folgende technischen Möglichkeiten beinhalten:

Wegen der verschiedenen Ausrichtung der Regenwürmer im Boden die Möglichkeit einer vielseitigen Änderung der Stromflußrichtung.

Wegen der unterschiedlichen Potentialdifferenz bei großen und kleinen Regenwürmern die Möglichkeit zur Spannungsänderung.

3. Schema und Technik der Oktett-Methode

Acht Elektroden (65 cm Länge, 6 mm Durchmesser, Edelstahl mit Handgriffen aus Aluminium) werden auf einem Kreis von 52 cm Durchmesser

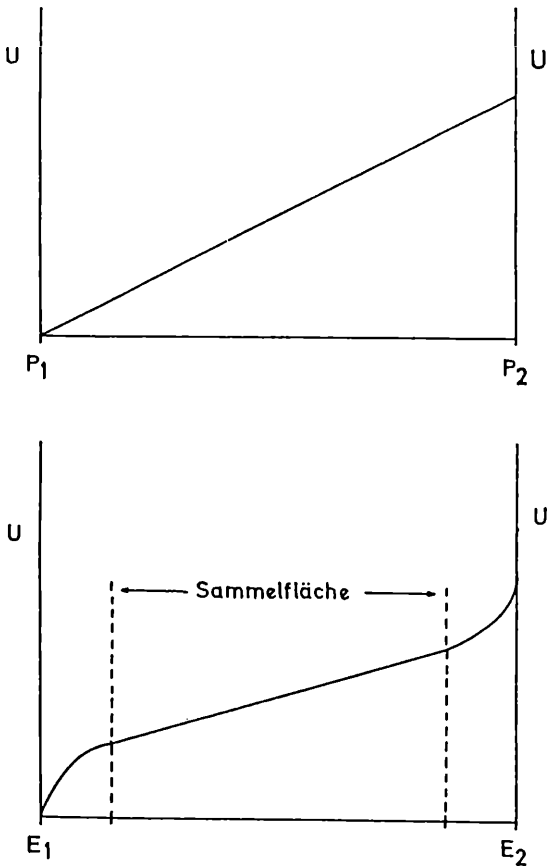


Abbildung 2

Graphische Darstellung des elektrischen Potentials eines Plattenkondensators (oben) und zwischen den Elektroden der Oktett-Methode (unten).

Die Steigung in jedem Punkt der Kurven ist ein Maß für die Änderung der Feldstärke (ΔE).

P_1, P_2 = gegenüberliegende Platten

E_1, E_2 = gegenüberliegende Elektroden

nicht mehr homogen. Deshalb ist bei der Elektrodenanordnung darauf zu achten, daß benachbarte Elektroden einen viel geringeren, gegenüberliegenden einen immer noch kleineren Abstand als die eigene Länge besitzen (Abbildung 3).

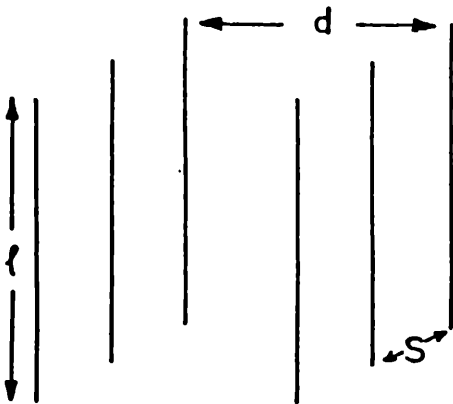


Abbildung 3

Zwei Elektroden tripplets:

Die Minimalabstände der Elektroden richten sich nach ihrer eigenen Länge: $s \ll l > d$.

s = Abstand benachbarter Elektroden einer Seite

d = Abstand gegenüberliegender Elektroden

l = Elektrodenlänge.

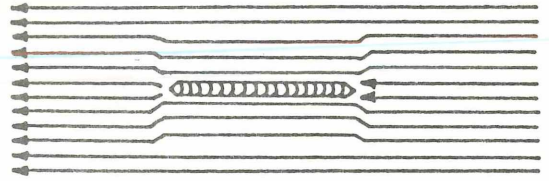
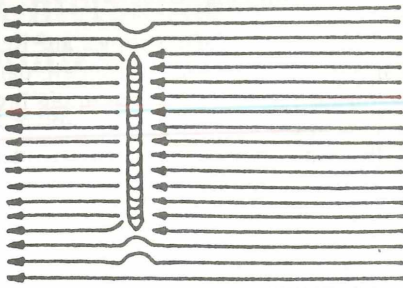


Abbildung 5

Zwei mögliche Lagepositionen eines Regenwurmes im elektrischen Feld, die unterschiedliche Reaktionen zur Folge haben können.

angeordnet und besitzen einen gegenseitigen Abstand von ca. 20 cm. Die zwischen den Elektroden liegende Sammelfläche hat bei 40 cm Durchmesser eine Fläche von etwa $\frac{1}{8} \text{ m}^2$. Zur Erleichterung des Aufbaus der Versuchsanordnung wurde eine Kunststoffschablone (PVC) angefertigt. Sie markiert die genauen Einstichpunkte der Elektroden und begrenzt gleichzeitig die Sammelfläche (Bild 1).

Die Stromversorgung geschieht mit Hilfe eines transportablen Wechselstromgenerators (Bosch BWSA 0,7). Durch eine separate Stromzuführung zu jeder einzelnen Elektrode können beliebige Verschaltungen vorgenommen werden. So können wahlweise 2 oder 3 Elektroden zu »Kondensatorplatten« zusammengefaßt und mit Strom versorgt werden, während die restlichen ausgeschaltet bleiben. Die verschiedenen Einstellungen dieser beiden Elektrodenkombinationen ermöglichen jeweils eine viermalige Änderung der Stromflußrichtung (Abbildung 6), d. h. der Strom durchfließt die Sammelfläche nacheinander aus 8 verschiedenen Richtungen.

Die Verschaltung der einzelnen Elektrodenpaare bzw. -tripletts wird mit einer speziellen Schaltanordnung durchgeführt (Abbildung 7, Bild 1). Spannung und Stromstärke werden in eingebauten Meßgeräten (Voltmeter, Ampèremeter) angezeigt und sind durch Betätigung eines Dimmers stufenlos variierbar. Es werden nur die Spannungen 30 V und 60 V benötigt. Die verschiedenen Einstellungen der Elektrodenkombinationen II und III werden nacheinander zunächst bei 30 V, dann bei 60 V durchlaufen.

Für die Dauer des Stromflusses pro Schaltung erweisen sich 1-Minuten-Intervalle als sinnvoll. Vor jeder Umschaltung wird die Stromzufuhr kurz unterbrochen, was häufig einen positiven Effekt auf das Herauskommen noch halb im Erdreich steckender Würmer ausübt. Ein Umlauf dauert daher etwa 5 Minuten. Der für einen Gesamtdurchlauf (Elektrodenkombinationen II und III jeweils bei 30 und 60 V) benötigte Zeitaufwand beträgt ca. 20 Minuten. Als technische Erweiterung ist eine elektronische Steuerung der Elektrodenverschaltungen und – wegen der geringen Spannungen/Stromstärken – eine Umstellung auf Batteriebetrieb denkbar.

4. Bisherige Ergebnisse der Effektivitätskontrolle

Die Effektivitätskontrolle erfolgte durch Ausgraben der Regenwürmer bis zu einer Bodentiefe von 0,5 m nach dem elektrischen Abfangen (Tab. 1–3). Die durchschnittliche Fangquote lag bei 87,7%. Unterschiedliche Fangquoten bei einzelnen Arten (z. B. *Allolobophora rosea*) können derzeit noch nicht schlüssig erklärt werden. Denkmöglich wären jahreszeitlich abweichende Aktivitätsphasen.

Die aus Spannung und Stromstärke leicht errechenbaren Werte des Bodenwiderstandes ermöglichen den Vergleich verschiedener Fangstellen und lassen u. U. Rückschlüsse auf die Bodenstruktur zu. Weitere Messungen des Bodenwiderstandes müssen zeigen, ob das elektrische Abfangen von Regenwürmern ab einem bestimmten Grenzwert uneffektiv ist.

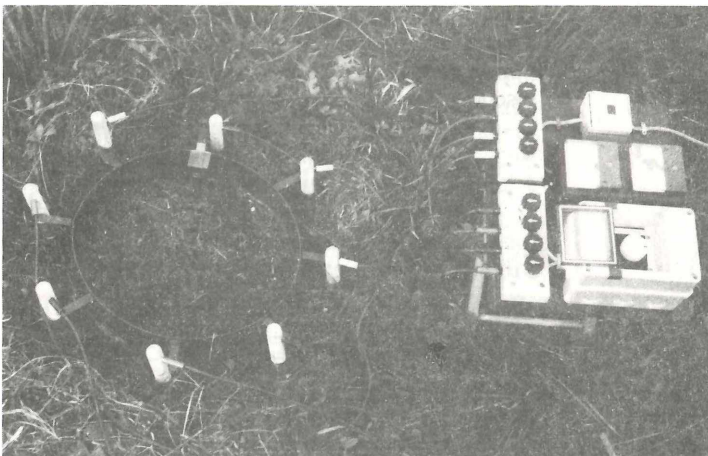


Bild 1

Steuerpult mit Kabelzuführung zu den Elektroden. Die Kunststoffschablone begrenzt die Sammelfläche.

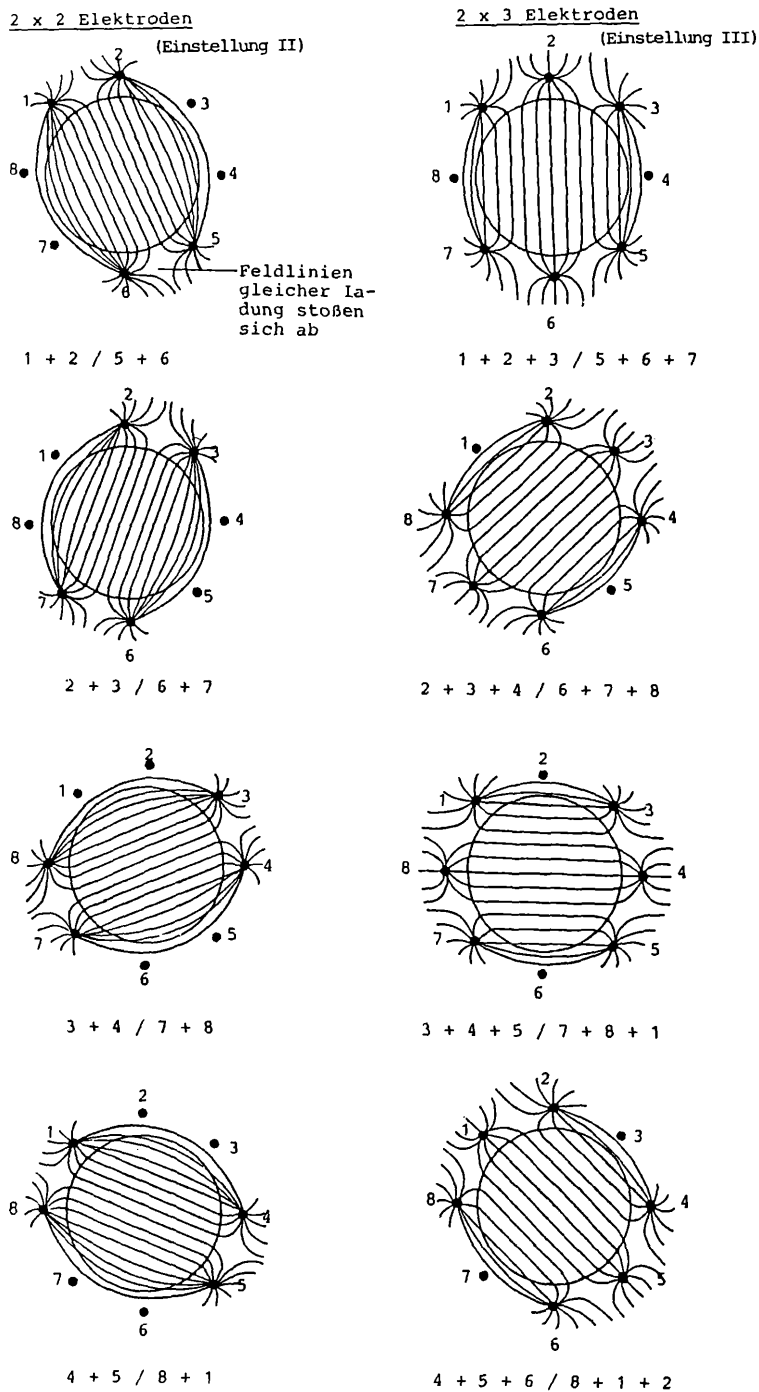


Abbildung 6

Schema des Feldlinienverlaufes bei den vier möglichen Elektrodenkombinationen der Einstellungen II und III (8 verschiedene Stromflußrichtungen):

Einstellung II:

2 x 2 Elektroden

- 1 + 2 / 5 + 6
- 2 + 3 / 6 + 7
- 3 + 4 / 7 + 8
- 4 + 5 / 8 + 1

Einstellung III:

2 x 3 Elektroden

- 1 + 2 + 3 / 5 + 6 + 7
- 2 + 3 + 4 / 6 + 7 + 8
- 3 + 4 + 5 / 7 + 8 + 1
- 4 + 5 + 6 / 8 + 1 + 2

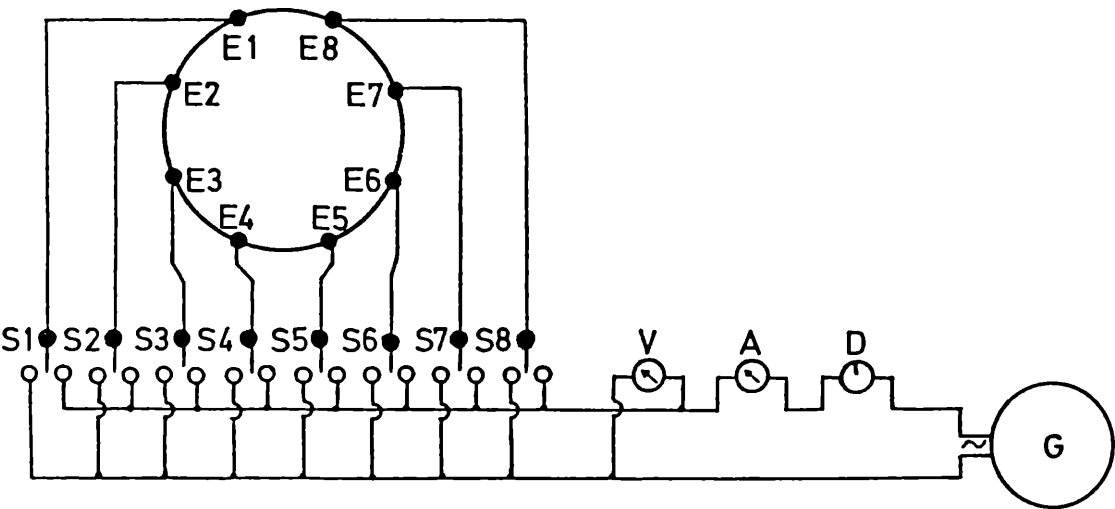


Abbildung 7
Schaltbild der separaten Stromzuführung zu den einzelnen Elektroden.
E1 - E₈ = Elektroden 1 - 8
S₁ - S₈ = Schalter 1 - 8
V = Voltmeter
A = Ampèremeter
D = Dimmer
G = Generator

Tabelle 1			
Die Ergebnisse von 6 Fängen auf Wiesenböden (sandiger Lehm, 12.4.1984 bis 2.5.1984).			
Art	Zahl der Individuen beim Elektrofang	Zahl der Individuen bei anschl. Grabung	elektr. Fang- ergebnis %
Jungtiere	94	8	92,2
Lumbricus terrestris	6	1	85,7
Allolobophora caliginosa	6	2	75,0
Allolobophora icterica	1	0	—
Allolobophora rosea	1	6	14,3
Octolasion lacteam	9	0	100,0
	117	17	87,3

Tabelle 2			
Die Ergebnisse von 9 Fängen in Buchenwald (Lößlehm auf Muschelkalk, Sommer 1984 bis Jahresende 1985).			
Art	Zahl der Individuen beim Elektrofang	Zahl der Individuen bei anschl. Grabung	elektr. Fang- ergebnis %
Jungtiere	153	19	89,0
Lumbricus rubellus	23	3	88,5
Lumbricus terrestris	1	0	—
Octolasion lacteam	23	4	85,2
Allolobophora caliginosa	13	2	86,7
Allolobophora roesea	10	2	83,3
	223	30	88,1

Tabelle 3

Die Ergebnisse von 9 Fängen in Buchen-Fichten-Mischwald (Buntsandstein, Sommer 1984 bis Jahresende 1985).

Art	Zahl der Individuen beim Elektrofang	Zahl der Individuen bei anschl. Grabung	elektr. Fang- ergebnis %
Jungtiere	23	3	88,5
Lumbricus rubellus	14	2	87,5
Dendrobaena attemsi	9	1	90,0
Dendrobaena rubida	0	1	—
	46	7	86,8

Tabelle 5

Verhältnis x-Fläche : o-Fläche für die Individuenzahlen (N) und Tiergewichte (g).

(Aufgrund niedriger Abundanzen und Tiergewichte sind nicht alle Ergebnisse statistisch abgesichert.

	1984		1985	
	N x : No	g x : go	N x : No	g x : go
K	1,77 1	1,08 1	1,65 1	3,06 1
W	1,17 1	1,92 1	9,11 1	6,12 1
S	4,44 1	1,22 1	1,63 1	1,29 1
M	7,00 0	0,75 0	11,00 1	10,71 1
E	2,50 1	1,79 1	2,50 1	2,40 1
F	1,42 1	1,42 1	3,71 1	3,01 1
SB	0,33 1	0,38 1	2,67 1	2,23 1
D	0,82 1	0,48 1	0,52 1	0,70 1
OH	0,64 1	0,40 1	0,71 1	0,73 1
O	0,38 1	0,47 1	0,24 1	0,27 1

Die sehr niedrigen Spannungen (30 bzw. 60 V) machen die Fangapparatur für den Experimentator weitgehend ungefährlich. Die verwendeten Spannungen sind ausreichend zur Erfassung der Regenwürmer. Höhere Spannungen brachten nur stellenweise mehr Jungtiere an die Bodenoberfläche. Lediglich in Waldböden, die besonders im Streubereich hohe elektrische Widerstände aufweisen können, kann eine Erhöhung der Spannung über 60 V sinnvoll sein.

Für zusätzliche Untersuchungen über die Effektivität der Oktett-Methode wurde eine Labormethode entwickelt. Hierbei wird eine bekannte Anzahl Würmer in ein bestimmtes Erdvolumen eingesetzt und später wieder abgefangen. Die Ergebnisse dieser Versuche werden in einer gesonderten Arbeit zusammengestellt.

5. Ergebnisse von Untersuchungen über die Auswirkungen von Walddüngemaßnahmen auf die Lumbricidenfauna

Regenwürmer sind wichtige Glieder im Nährstoffkreislauf, deren Schädigung starke Beeinträchtigungen, der Zersetzungsprozesse zur Folge hat (WITTICH 1953). Bei der Frage nach den Auswirkungen der Walddüngemaßnahmen auf die Bodenfauna ist die Beobachtung der Regenwürmer daher von besonderem Interesse.

Das Vorkommen der Würmer (Abundanz und Diversität) hängt insbesondere von den Faktoren

Bodenklima, pH-Wert, Basengehalt, Bodenart, Bestockung und Bodenvegetation ab. Die einzelnen Komponenten dieses Faktorenkomplexes wurden ermittelt und den Daten der Regenwurmfänge gegenübergestellt.

Die Düngerezepturen und Standortverhältnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Das Fangen der Regenwürmer erfolgte mit der Oktett-Methode (THIELEMANN, i. D.).

In den beiden Untersuchungsjahren 1984/85 wurden auf den 10 Untersuchungsflächen insgesamt 10 Arten nachgewiesen: Lumbricus rubellus, L. terrestris, Dendrobaena octaedra, D. rubida, D. attemsi, Octolasion lacteum, O. cyaneum, Allolobophora caliginosa, A. rosea, Eiseniella tetraedra.

Die häufigsten Arten waren Lumbricus rubellus und Dendrobaena octaedra. Beide sind typische Streubewohner, sehr säuretolerant (acidophil) und durch eine relativ hohe Vermehrungsrate gekennzeichnet.

Die funktionelle Bedeutung der Regenwürmer für den Boden findet vor allem ihren Ausdruck in der Biomasse einer Fläche. Bei günstigen Lebensbedingungen steigt ihr Biomasseanteil innerhalb der Tierpopulation eines Standortes (BORNEBUSCH 1932).

Das Verhältnis des Regenwurmgewichtes x-Fläche : o-Fläche konnte 1985 – mit Ausnahme von O – auf allen Flächen zugunsten der gedüngten erhöht werden (Tabelle 5). Eine reale Zunahme der Tiergewichte fand auf den behandelten Flächen der

Tabelle 4

Standortverhältnisse und Düngerezepturen der verschiedenen Waldgebiete (Stand 1984); FH = Flachhang, EB = Ebene Lage

Ort		Baumart	Bestandes- alter (Jahre)	Dünger- rezeptur (dt/ha)	Humusform	pH-Wert (KC1)	Geologie	Hang- neigung
Königstuhl (K)	x	Bu 80 / Fi 20	90	Kohlens. Kalk (25)	Mullmoder / Moder	3,44	Sm	FH
	o	Bu 80 / Fi 20	90	—	Mullmoder / Moder	3,48	Sm	FH
Wilhelmsfeld (W)	x	Fi 100	72	Müllkompost (50 m ³ / 0,5 ha)	Moder / Rohhumus	2,52	Sm	FH
	o	Fi 100	71	—	Moder / Rohhumus	2,57	Sm	FH
Schwarzach (S)	x	Fi 100	48	Kohlens. Kalk (25)	Mullmoder / Moder	3,07	So + Feinl.	EB
	o	Fi 90 / Lä 10	55	—	Moder	3,04	So + Feinl.	EB
Mietingen (M)	x	Fi 100	65	Kohlens. Kalk (30)	Moder	3,04	Lehm	EB
	o	Fi 100	65	—	Moder	3,00	Lehm	EB
Erolzheim (E)	x	Fi 90 / Lä 10	56	Kohlens. Kalk (30)	Moder	2,70	ält. Schotter	EB
	o	Fi 90 / Lä 10	56	—	Moder	2,76	—	EB
Freudenstadt (F)	x	Fi 50 / Ta 50	100	Kohlens. Magnesia- kalk (30)	rohhumart. Moder	2,65	So	FH
	o	Fi 50 / Ta 50	99	—	rohhumart. Moder / Rohhumus	2,50	So	FH
Weil im Schönbuch (SB)	x	Bu 80 / Fi 20	103	Kohlens. Kalk (25)	Moder / Rohhumus	2,80	Stubensdt.	EB
	o	Bu 80 / Fi 20	103	—	Moder / Rohhumus	2,70	Stubensdt.	EB
Bad Herrenalb (Dennach) (D)	x	Fi 80 / Ta 10	75	Konverterk. (25) + Kalimagn. (6) + Mernil	Moder / rohhumart. Moder	2,45	So	FH
	o	Fi 80 / Ta 10	83	—	Moder / rohhumart. Moder	2,50	So	FH
Ochsenhausen (OH)	x	Fi 100	86	Kohlens. Kalk (30)	Moder	2,76	ält. Schotter	EB
	o	Fi 100	86	—	Moder	2,84	—	EB
Obrigheim (O)	x	Bu 100	134	Kohlens. Kalk (25)	Mull	3,41	Mo	FH
	o	Bu 100	134	—	Mull	3,51	Mo / Ku	FH

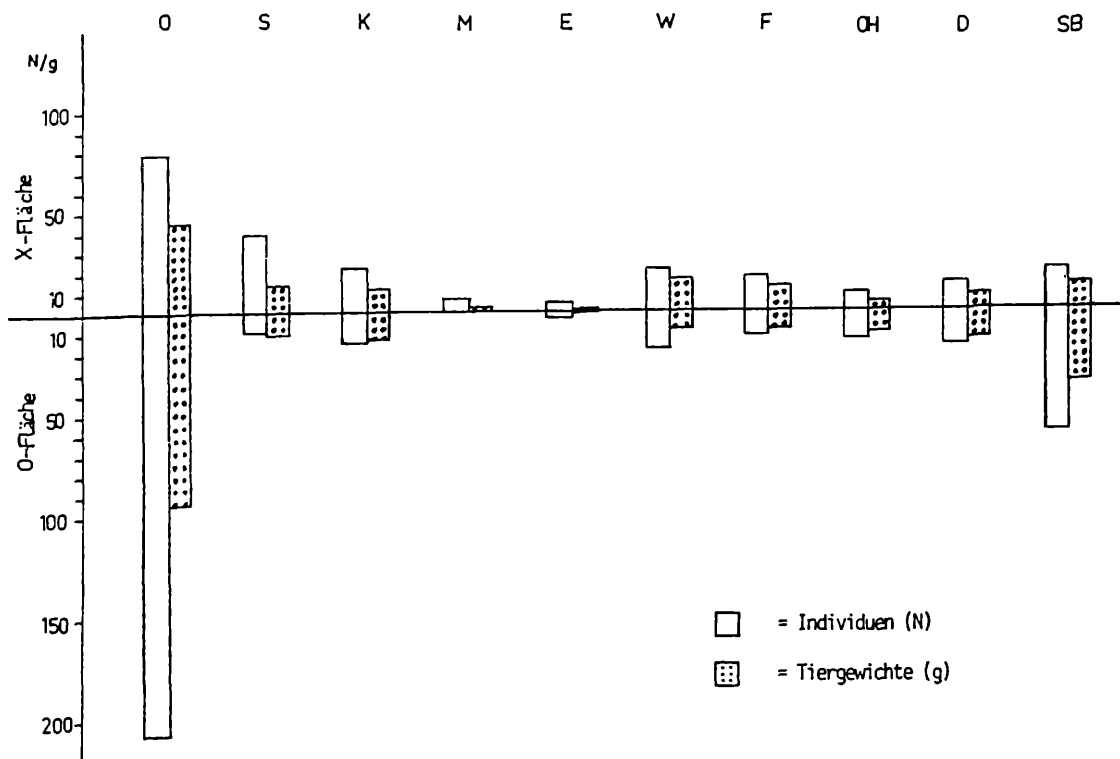


Abbildung 8

Individuenzahlen und Tiergewichte der Untersuchungsflächen 1984

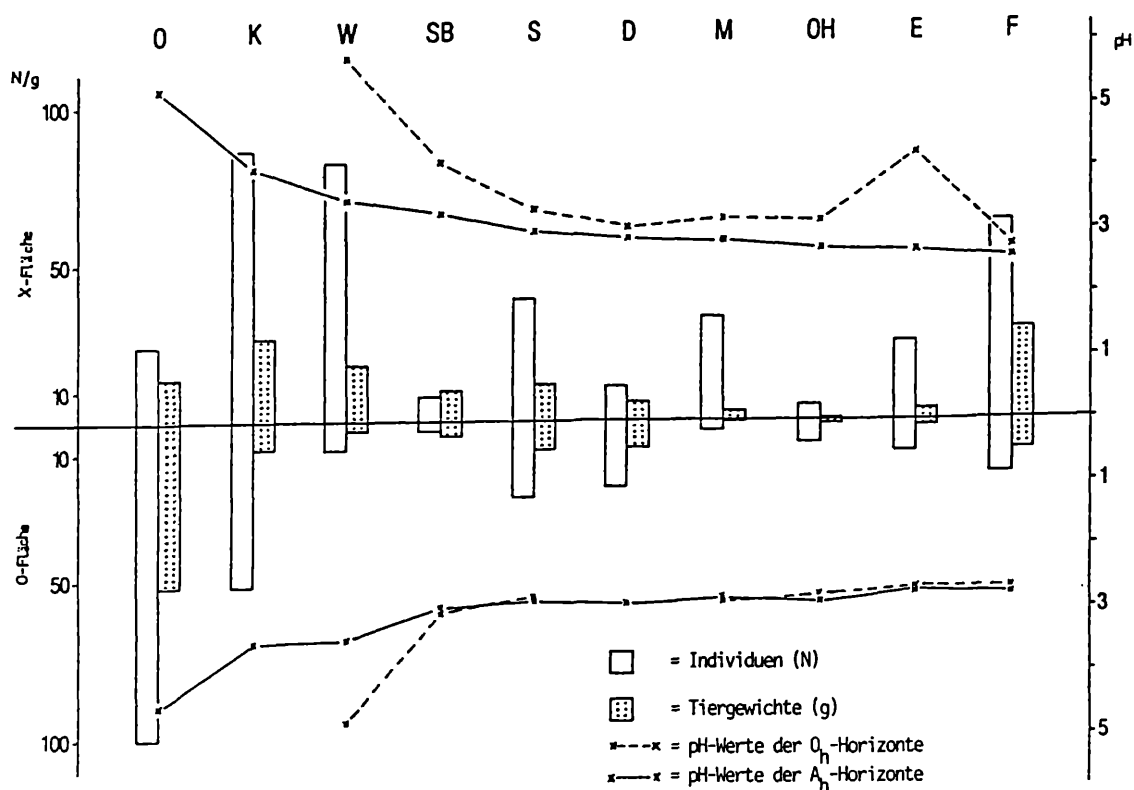


Abbildung 9

pH-Werte, Individuenzahlen und Tiergewichte der Untersuchungsflächen

(Der pH-Wert des O_h-Horizontes der o-Fläche von D liegt nicht vor)

1985

Gebiete K, W, M, E, F statt, während in den anderen Fällen lediglich die Abnahme im Vergleich zur Kontrollfläche weniger stark war (Abbildung 8 und 9).

Das Verhältnis der Individuenzahlen x-Fläche o-Fläche zeigt 1985 eine z.T. starke Erhöhung auf den gedüngten Flächen W, M, F, OH (s.u.), während die Ergebnisse in den Gebieten K, S, O (s.u.), D (s.u.) umgekehrt waren (Tabelle 5). Eine reale Erhöhung der Individuendichte konnte auf den x-Flächen K, W, M, E, F, D (s.u.) beobachtet werden, wobei in E die Population der Kontrollfläche proportional mitwuchs, jene in K, D (s.u.) und S sogar noch stärker.

Ein Vergleich des Artenspektrums von x- und o-Flächen ergab 1985 folgendes Bild: In den Gebieten K, W, S, M, E, F, OH (s.u.) lag die Artenvielfalt der Düngeflächen um eine bis zwei Arten höher. In O (s.u.) lagen umgekehrte Verhältnisse vor, in SB und D (s.u.) waren die Artenzahlen auf x- und o-Fläche gleich.

Wegen der geringen Individuenzahlen (1985) ist für das erst nach der Fangsaison 1984 (19.11.1984) gedüngte Waldgebiet SB keine eindeutige Interpretation möglich (Abbildung 8 und 9).

Aufgrund unterschiedlicher Bodenstruktur- und Vegetationsverhältnisse ist ein Vergleich von x- und o-Flächen der Gebiete O, D und OH nur sehr eingeschränkt zulässig. Dieser Sachverhalt war durch die Vorgabe der Düngeflächen bedingt, wurde aber erst im Verlauf der Untersuchungen deutlich.

Die Kürze des Untersuchungszeitraumes läßt keine Aussagen über natürliche Populationsschwankungen und Langzeitwirkungen zu.

6. Literatur

- BORNEBUSCH, C. A. (1932):
Das Tierleben der Waldböden. – Forstwiss. Zentralbl. 54, 253–266.
- DOESKEN, J. (1950):
An electrical method of sampling soil for earthworms. – Trans. 4th Int. Congr. Soil Sci., 129–131.

- EDWARDS, C. A. & LOFTY, J. R. (1975):
The influence of cultivation on soil animal populations. – Progress in Soil Zoology, 399–408.
- RAW, F. (1959):
Estimating earthworm populations by using formalin. – Nature 184, 1661–1662.
- RUSHTON, S. P. & LUFT, M. C. (1984):
A new electrical method for sampling earthworm populations. – Pedobiologia 26, 15–19.
- SATCHELL, J. E. (1955):
An electrical method of sampling earthworm populations. – Soil Zoology, 356–364.
- (1969):
Methods of sampling earthworm populations. – Pedobiologia, 9, 20–25.
- THIELEMANN, U. (1986):
Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. – Pedobiologia, im Druck.
- WALTON, W. R. (1933):
The reaction to earthworms to alternating currents of electricity in the soil. – Proc. ent. Soc. Wash., 35, 24–27.
- WESTPHAL, W. M. (1971):
Physikalisches Praktikum. 13. Auflage, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- WITTICH, W. (1953):
Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. – Schriftenr. Forst. Fak. Göttingen 9, 1–33.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biologe Uli Thielemann
Gesellschaft für Angewandte Ökologie
Postfach 1215
Markgrafenstr. 5
6907 Nußloch

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [7_1986](#)

Autor(en)/Author(s): Thielemann Uli

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Erfassung der Lumbricidenfauna mittels einer neu entwickelten Elektro-Methode \(Oktett-Methode\) in verschiedenen Waldökosystemen 42-50](#)