

# FID Biodiversitätsforschung

## Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und  
Westfalens

Über die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens -  
mit 2 Abbildungen und 11 Tabellen

**Kollmannsperger, Franz**

**1952**

---

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im  
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

---

### **Weitere Informationen**

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

*Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.*

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten  
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-168529](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-168529)

## Über die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens

Von Franz Kollmannsperger, Merzig (Saar)

Mit 2 Abbildungen und 11 Tabellen

Seit die moderne Bodenkunde 1924 zu einer selbständigen Wissenschaft erhoben wurde, sind eine Reihe von Arbeiten über Regenwürmer und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft erschienen. A. Stöckli hat 1928 die jährlich von den Regenwürmern ausgeworfenen Fäkalienmengen untersucht. A. H. Lunt und H. G. M. Jacobson haben 1944, D. Stöckli und R. J. Swaby 1949 und A. Finck 1951 die Regenwurmfäkalien auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften und ihren mineralischen Nährwert erforscht. Ich habe 1932 die Anzahl und das Gewicht der Regenwürmer in verschiedenen Biotopen bestimmt und die Menge der an der Erdoberfläche abgelegten Fäkalien gemessen. 1948 haben der Engländer A. C. Evans und 1951 A. Finck Regenwürmer gezüchtet und experimentell ihre Bedeutung für die Kompostierung der auf dem Boden liegenden toten pflanzlichen Substanzen untersucht. Der Amerikaner G. S. Oliver züchtet seit Jahren Regenwürmer in einer eigenen Farm und liefert Würmer und Wurmeier zur biologischen Verbesserung der Böden.

Die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens beruht auf drei Tatsachen:

1. Sie durchziehen den Boden oberflächlich mit einem System von waagerechten Röhren, und die großen Arten graben senkrechte bis 1,5 m tiefe Röhren. In einer Tiefe von 25—30 cm hat Finck in Äckern ohne Gründüngung etwa 127 und in Feldern mit Gründüngung etwa 284 senkrechte Regenwurmröhren je m<sup>2</sup> gefunden. Es sind aber auch schon über 400 senkrechte Röhren je m<sup>2</sup> gezählt worden. Dieses luftgefüllte Röhrensystem ist für den Gasaustausch im Boden und für die Wurzelatmung unentbehrlich, vor allem in Wiesen- und Waldböden, die vom Pflug nicht umgebrochen werden. Auch das Regenwasser wird schneller durch das Röhrensystem im Boden verteilt und fließt nicht einfach oberflächlich ab. Die Regenwürmer machen in vielen Böden die Eroberung tieferer Bodenschichten für die Bodenlebewesen durch diese mit Fäkalien ausgekleideten Röhren überhaupt erst möglich, vor allem, weil die Wurzeln mit Vorliebe den Gängen folgen.

2. Die Regenwürmer legen ihre Fäkalien, wenn der Boden nicht genügend Hohlräume zur Aufnahme der gefressenen Erde enthält, an der Erdoberfläche ab. Die gesamte oberflächennahe Erdschicht wandert deshalb, worauf Ch. Darwin schon aufmerksam machte, im Verlauf einer relativ kurzen Zeit immer wieder durch ihren Darm. Dabei reichert sie sich mit Bakterien an, gewinnt eine festere Konsistenz und eine höhere Wasserkapazität und enthält einen höheren Anteil von verdauten, das heißt also weitgehend abgebauten organischen Stoffen, die von den Bakterien mineralisiert werden und deshalb den Pflanzen zur Verfügung stehen. Die Anhäufung dieser Fäkalien, die allmählich vom Regen gleichmäßig über die Bodenoberfläche verteilt werden, bedeutet für die Pflanzen eine nicht zu unterschätzende Düngung.

3. Die großen Regenwurmarten, vor allem aber der sehr häufige *Lumbricus herculeus*, erscheinen in feuchten und warmen Nächten in beachtlich großen Mengen an der Erdoberfläche und ziehen abgestorbene Blätter in ihre Röhren und tragen somit zu einer schnellen Kompostierung der toten organischen Substanzen bei. Hierdurch und im Zusammenklang mit den unter 1. und 2. genannten Gründen wird der Boden für viele Organismen überhaupt erst besiedelbar gemacht oder doch mit ihnen angereichert, so daß die Mineralisation im Boden das für die Ernährung der Pflanzen notwendige Gleichgewicht erreicht.

Die vorliegende Arbeit will mit einer Untersuchung der Lumbriciden und der Lumbricidenfäkalien im Merziger Becken (Saar) einen Beitrag liefern für die Frage der Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit der Böden und stellt sich folgende Aufgabe:

- I. Die Menge der von den Regenwürmern an der Erdoberfläche abgesetzten Fäkalien.
- II. Die Bedeutung der Regenwurmfäkalien für die Fruchtbarkeit des Bodens,
  1. Wasserkapazität und Gehalt an organischer Substanz,
  2. Gehalt an Bakterien,
  3. Wachstumsversuche mit Regenwurmfäkalien,
    - a) Versuche mit Gartenkresse,
    - b) Hydroponikversuche,
    - c) Versuche mit Hafer, Mais, Sonnenblumen und Tomaten.
- III. Die Humusbildung durch die Regenwürmer.
- IV. Literaturverzeichnis.

Gebrauchte Abkürzungen:

Rw. E. = Regenwurmerde

N. E. = Normalerde

Rw. Krümel = Regenwurmkrümel.

I. Die Menge der von den Regenwürmern an der Erdoberfläche abgesetzten Fäkalien.

Zur Messung der Fäkalienmengen wurden 1946 und 1951 folgende 4 Biotope gewählt:

1. ein bewaldeter Hang auf Buntsandstein,
2. eine Plateauwiese auf Buntsandstein,
3. eine Bergwiese auf Muschelkalk,
4. ein Kalktrockenrasen.

Auf einer abgesteckten Fläche von einem Quadratmeter wurden alle 14 Tage die Regenwurmkrümel gesammelt, dann getrocknet und gewogen.

Tabelle 1

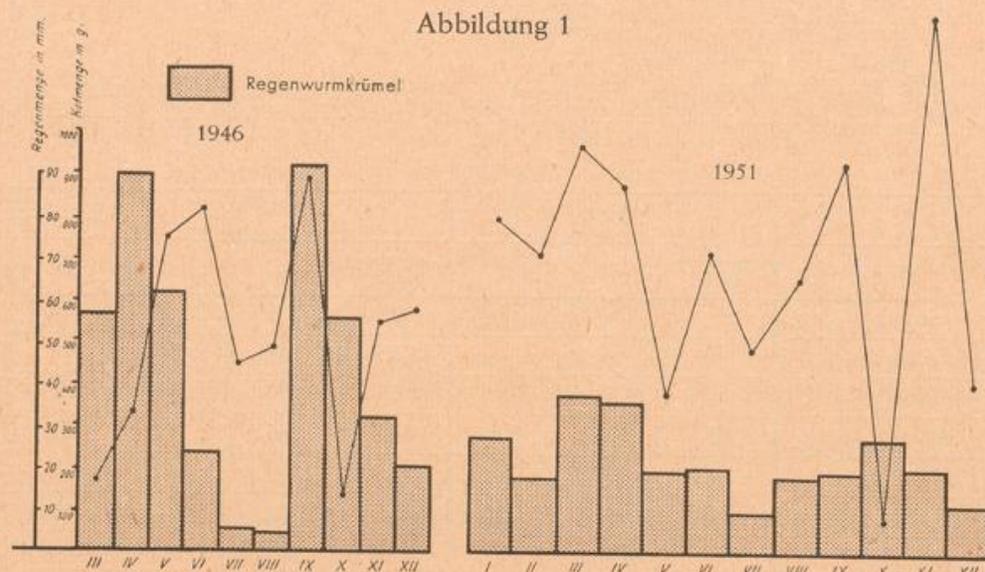
Monat	1946			1951			
	Regenmenge in mm	I	II	Regenmenge in mm	II	III	IV
Januar				80,8	274	168	41
Februar				71,2	181	60	35
März	18	260	582	96,7	382	170	100
April	36	439	903	87,5	364	162	58
Mai	78	390	622	36,9	200	21	45
Juni	85	—	244	72,1	212	176	28
Juli	50	137	55	49,3	100	28	8
August	51	183	40	66,3	181	67	15
September	91	397	928	93,1	200	130	44
Oktober	15	248	555	7,7	284	156	35
November	55	98	309	128,0	214	94	18
Dezember	58	63	208	40,7	115	38	10
Summe		2,215 kg	4,445 kg		2,707 kg	1,27 kg	0,437 kg
je ha u. Jahr		22,15 t	44,45 t		27,07 t	12,7 t	4,37 t

Die 1946 und 1951 an den 4 Sammelstellen gefundenen Regenwurmkrümel in g.

Darwin hat die Menge der aus dem Bodeninneren an der Oberfläche abgesetzten Feinerde auf mindestens 17,5—45 t je ha und Jahr geschätzt. Die Werte der Tabelle 1 schwanken zwischen 4,37 t und 44,45 t je ha und Jahr. Der Wert von 4,37 t kann nicht als ein normaler bezeichnet werden. Denn die Kalktrockenrasen (*Xerobrometum*) sind Pflanzengesellschaften, die nur an sonnenexponierten und deshalb trockenen Hängen mit klimatischen Extremwerten vorkommen und für Regenwürmer eine ausgesprochen ungünstige Umwelt bieten. Der nächst höhere Wert von 12,7 t je ha aus Biotop III ist zweifellos zu niedrig. Diese Wiese auf lehmigem Muschelkalk ist nämlich reich an Regenwürmern. Vergleicht man, daß auf Biotop II (und zwar auf der nämlichen Stelle) 1946 4,445 kg Krümel und 1951 nur 2,707 kg gesammelt wurden, dann ergibt sich allgemein, daß die Fäkalienwerte 1951 zu niedrig

sind. 1946 war ein normales Jahr, 1951 dagegen ausgesprochen regenreich. Die Krümel weichen im Regen auf und zerfließen. Man müßte, um wirklich genaue Werte zu erhalten, täglich die ausgeworfene Erde sammeln. Da die vier Sammelstellen 7 km auseinanderliegen, ist das nicht möglich.

Die Rw.-Krümel und Niederschlagsmengen auf Biotop II 1946 und 1951.



Die beiden Diagramme der Abb. 1 zeigen, daß die bei früheren Untersuchungen immer wieder festgestellten Maxima der Regenwurm-tätigkeit im Frühjahr und im Herbst, 1946 noch deutlich erkennbar, 1951 nicht besonders ausgeprägt sind. Die Werte sind ausgeglichener, ohne große Differenzen, aber zu niedrig. Es kann keinem Zweifel unterliegen, ein großer Teil der Krümel ist innerhalb der 14 Tage zwischen zwei Messungen vom Regen abgewaschen und abtransportiert worden. Man muß einen Multiplikationsfaktor von mindestens 1,5 einsetzen, um annähernd richtige Werte zu erhalten. Auch das Diagramm von 1946 zeigt nur Mindestwerte. Die Darwinschen Schätzungen werden durch die Ergebnisse der Auszählungen bestätigt. Die Mindestfäkalienmengen schwanken zwischen 12,7 (verbessert: 19,05) t und 44,45 t je ha und Jahr.

Auf Böden mit optimalen Lebensbedingungen liegen die Fäkalienwerte beträchtlich höher. Am 15. 9. und am 27. 10. 1950 wog ich die an vier Regenwurm-röhren ausgeworfene Erde und stellte ein Trockengewicht von 78,5 — 84,0 — 87,5 und 134,5 g fest. Diese Krümelhäufchen waren frisch und in den letzten Nächten ausgeworfen. Am 27. 10. 1950 sammelte ich auf einer Fläche von 50 × 50 cm auf lehmigem Kalkboden 1,085 kg Regenwurmkrümel, die nicht älter als 14 Tage waren. Das sind 4,34 kg je m<sup>2</sup> oder 43,4 t je ha. Regenwurmkrümel von 120 g Trockengewicht habe ich an einer einzigen Wurm-röhre mehrmals gefunden. Das beweist, daß die Regenwürmer auf Böden mit optimalen Lebensbedingungen 100 t und mehr Feinerde je ha und Jahr an der

Oberfläche auswerfen. Die Ablage der Fäkalien hängt nicht nur von der Anzahl der in der Erde lebenden Regenwürmer ab, sondern ist auch von den mikroklimatischen Verhältnissen abhängig, die sich im Bereich weniger Meter ganz wesentlich verschieben können. Ich fand in einem Regenabzugsgraben auf der Westseite eines etwa 1 m eingetieften Feldweges auf einer Länge von 10 m insgesamt 232 Regenwurmkrümel. Auf der sonnenbeschienenen Ostseite desselben Weges waren in dem Graben aber nur 85 Regenwurmkrümel auf 10 m Länge abgesetzt.

Diese Tätigkeit der Regenwürmer muß als ein nur während der Frost- und Trockenheitsperioden kurzfristig unterbrochenes Umpflügen der gesamten Erdoberfläche betrachtet werden. Für unsere Äcker ist diese Tätigkeit ziemlich bedeutungslos. Hier ist von größter Wichtigkeit, daß das Netz der Regenwurmröhren eine Luft- und Wasserzirkulation im Boden ermöglicht. Doch für die verfilzte Grasnarbe unserer Wiesen ist auch das Umwühlen der Erde durch die Regenwürmer von großer Bedeutung. Bei etwa 5 kg Krümeln je m<sup>2</sup> und Jahr (Biotop II) erreichen die auf 1 m<sup>2</sup> gleichmäßig verteilten Fäkalien die Dicke von 2 mm. In dichter besiedelten Grünlandflächen mit fettem Boden und größerer Zahl von Großformen ist der Wert höher. Die Wiesenpflanzen müssen sich auf den sich jährlich ändernden Oberflächenhorizont immer wieder neu einstellen. Unter dem Regenschutz von Pflanzen mit Blattrosetten, die durchweg im Frühling und im Herbst bei der größten Tätigkeit der Regenwürmer dem Boden besonders dicht anliegen, erhalten sich die Fäkalien auch während länger anhaltender Regenperioden. Dasselbe geschieht zwischen dichten Grasbüscheln. So entstehen im Regenschutz dieser Pflanzen niedrige Häufchen, den Bulten im Hochmoor vergleichbar. Es gibt keine „ebenen“ Wiesenflächen. Überall schaffen Regenwurmhäufchen ein unruhiges, allerdings nur wenige cm hohes Relief. Dadurch wird das abfließende Regenwasser gestaut und das Fortschwemmen der Feinerde erschwert, die auf Wiesen mittlerer Güte jährlich um mindestens 2 mm wächst und für die Pflanzen einen ausgezeichneten Dünger darstellt.

## II. Die Bedeutung der Regenwurmökalien für die Fruchtbarkeit des Bodens.

### 1. Wasserkapazität und Gehalt an organischer Substanz.

Die Regenwurmkrümel unterscheiden sich von der sie umgebenden Erde durch einige bedeutsame Eigenschaften. Sie haben eine beträchtlich höhere Wasserkapazität, das heißt, sie können mehr Wasser speichern als die normale Erde. Außerdem ist der Gehalt an organischen Bestandteilen größer.

An folgenden 20 Standorten in der Umgebung von Merzig wurden jeweils Regenwurmkrümel und in unmittelbarer Nähe Normalerdeproben entnommen und untersucht:

Standort-Nr.	Standort-Definierung.
1.	Garten, humoser Sand.
2.	Graben, feucht, humoser Sand.
3.	Graben, feucht, humoser Sand.
4.	Acker, Berghang, kalkiger Lehm.
5.	Acker, Bergplateau, lehmiger Kalk.
6.	Acker, Talebene, humoser Sand.
7.	Acker, Talebene, humoser Sand.
8.	Wiese, Berghang, humoser Sand.
9.	Wiese, Plateau, humoser Sand.
10.	Nadelwald, Hochwald, humoser Sand.
11.	Acker, Saarau, humoser Sand.
12.	Acker, Saarau, sandiger Lehm.
13.	Wiese, Saarau, lehmiger Sand.
14.	Wiese, Saarau, humoser Sand.
15.	Acker, Hilbringen, lehmiger Kalk.
16.	Wiese, „ lehmiger Kalk.
17.	Acker, „ lehmiger Kalk.
18.	Wiese, „ lehmiger Kalk.
19.	Nadelwald, Hochwald, humoser Sand.
20.	Laubwald, Hochwald, lehmiger Sand.

Zur Bestimmung der Wasserkapazität wurden von den zunächst ausgebreiteten und lufttrockenen Proben jeweils 20 g ausgewogen und im Exsikkator einer chemischen Trocknung unterzogen und hernach der Gewichtsverlust bestimmt. Die Untersuchung der Regenwurmerde und der Normalerde desselben Standortes geschah immer gleichzeitig.

Der Gehalt an organischer Substanz wurde als Glühverlust bestimmt. Dabei kann es bei kalkhaltigen Böden natürlich zur Austreibung des an Karbonat gebundenen  $\text{CO}_2$  kommen. Doch der Fehler ist bei beiden Vergleichsproben stets der nämliche und, wie die Tabelle 2 zeigt, nicht groß.

Mit der einzigen Ausnahme der Proben auf Standort 9 (Wiese auf humosem Sand) speichern die Regenwurmkrümel beträchtlich größere Wassermengen als die Normalerde. Der Wert von  $-8,84\%$  im Standort 9 wird wahrscheinlich dadurch zustande gekommen sein, daß entweder aus der umgebenden Erde zufällig auch Regenwurmkrümel oder aber tonige Bestandteile mit hohem kolloidalem Wasserbindungsvermögen entnommen wurden. Der

Tabelle 2

	Rw. E.	Normal- Erde	% des Differenz Betrags	Rw. E.	Normal- Erde	% des Differenz Betrags	Rw. E.	Normal- Erde	% des Differenz Betrags
Standort	1	1	1	2	2	2	3	3	3
H <sub>2</sub> O Kapazität %	23,4	18,75	24,8	23,3	17,0	37,1	27,5	17,5	57,0
Glüh-Verlust %	4,5	4,0	12,5	5,1	3,5	45,7	5,6	3,9	43,6
Standort	4	4	4	5	5	5	6	6	6
H <sub>2</sub> O Kapazität %	24,5	18,4	33,5	36,0	22,4	16,1	33,75	15,05	124,2
Glüh-Verlust %	12,4	10,8	14,8	13,1	12,3	6,5	16,0	4,0	300
Standort	7	7	7	8	8	8	9	9	9
H <sub>2</sub> O Kapazität %	35,0	13,5	159,3	40,75	20,0	104,8	32,0	35,1	-8,84
Glüh-Verlust %	10,0	2,8	257	6,5	5,5	18,2	6,3	4,5	40
Standort	10	10	10	11	11	11	12	12	12
H <sub>2</sub> O Kapazität %	65,0	31,5	106,4	17,35	7,5	131,3	22,42	16,8	33,5
Glüh-Verlust %	46,05	12,8	259,8	6,3	4,5	40	12,2	7,4	64,9
Standort	13	13	13	14	14	14	15	15	15
H <sub>2</sub> O Kapazität %	44,25	22,75	90,2	28,5	16,7	70,7	33,65	18,15	85,4
Glüh-Verlust %	17,0	8,5	100	6,8	5,1	33,3	14,5	5,2	178,8
Standort	16	16	16	17	17	17	18	18	18
H <sub>2</sub> O Kapazität %	29,4	25,0	17,6	30,2	28,0	7,9	28,0	15,2	84,2
Glüh-Verlust %	13,0	7,0	85,7	13,8	7,0	97,1	12,5	7,7	62,3
Standort	19	19	19	20	20	20			
H <sub>2</sub> O Kapazität %	39,0	15,2	156,6	42,3	17,1	147,4			
Glüh-Verlust %	27,8	15,1	84,1	32,4	16,5	96,4			

Wasserkapazität und Gehalt an organischer Substanz (gemessen als Glüh-Verlust) von Regenwurmkrümel und Normal-Erde aus den 20 Standorten.

Wert von  $-8,84\%$  ist als eine Ausnahme nicht berücksichtigt worden. Bei den übrigen 19 Proben schwankt die Differenz zwischen der Wasserkapazität der Regenwurmkrümel und der entsprechenden Normalerde von  $7,9\%$  (Standort 17) bis  $159,3\%$  (Standort 7). Der Durchschnittswert des Differenzbetrags ist  $78,32\%$ ; das heißt, die Regenwurmkrümel der 19 Untersuchungen speichern um  $78,32\%$  mehr Wasser als Normalerde.

Durchschnittswert auf Sandböden:  $113,94\%$ ,

Durchschnittswert auf Kalkböden:  $42,24\%$ ,

Durchschnittswert auf Lehmböden:  $46,25\%$ .

Sandböden sind wasserdurchlässig. Deshalb müssen gerade in Sandböden die Differenzbeträge besonders hoch sein (um  $55,62\%$  höher als der allgemeine Durchschnittswert). Lehmböden können infolge des höheren Gehaltes an Kolloiden Wasser chemisch binden. Deshalb ist in diesen Böden der Differenzbetrag natürlich niedriger. Die biologische Verbesserung der wasserdurchlässigen Sandböden durch die Tätigkeit der Regenwürmer ist bei dem hohen Durchschnittswert von  $113,94\%$  offenbar.

Der Gehalt an ausglühbarer organischer Substanz ist bei den Regenwurmkrümeln im Durchschnitt um 91,93% höher als in der entsprechenden Normalerde. Die Werte schwanken zwischen 6,5% (Standort 5, Lehmboden) und 300% (Standort 6, Sandboden).

Durchschnittswert auf Sandböden: 122,37%,

Durchschnittswert auf Kalkböden: 86,1%,

Durchschnittswert auf Lehmböden: 69,94%.

Der Differenzbetrag des Gehaltes an organischer Substanz zwischen Regenwurmkrümeln und Normalerde liegt in Sandböden um 30,44% höher als der allgemeine Durchschnittswert.

## 2. Der Bakteriengehalt der Regenwurmökalien.

Die Stabilität der Regenwurmkrümel hat Finck durch Berieseln mit Wasser und durch Eintauchen in Wasser in regelmäßigen Abständen (35mal je Minute) untersucht und bewiesen, daß sie erheblich stabiler sind als Bodenkrümel. Es gibt allerdings Stabilitätsunterschiede. So sind beispielsweise Regenwurmkrümel aus B-Horizont-Material unstabil. Die Festigkeit ist ungefähr dem Gehalt an organischer Substanz proportional. Finck konnte gewöhnliche Bodenkrümel durch Verkleben mit flüssigem Pektin ebenso fest und sogar noch fester als Regenwurmkrümel machen. Es scheint also, daß die hohe Stabilität der Regenwurmkrümel einmal die Folge des größeren Gehalts an organischer Substanz ist und daß zugleich eine Verkittung durch Bakterien-schleim beim Eintrocknen eintritt. Das wäre also eine Art „Lebendverbauung“, das heißt, durch Bakterien und ihre Ausscheidungen, vielleicht auch durch Pilze, werden die Regenwurmkrümel durch und durch fester. Im Regenwurmdarm tritt eine innige Durchmischung der aufgenommenen und abgebauten organischen Bestandteile mit den Mineralien der mitgefressenen Feinerde ein. Es ist zu vermuten, daß auf dem Wege durch den Regenwurmdarm die mitaufgenommene Mikrobenflora vermehrt wird.

Da eine bakteriologische Untersuchung von Regenwurmkrümeln noch nicht durchgeführt worden ist, wurde der Bakteriengehalt von Regenwurmkrümeln und Normalerde aus 6 verschiedenen Standorten bestimmt.

**Methode:** Man schüttelt 1 g lufttrockene Erde in 100 cm<sup>3</sup> steriler 0,85%iger NaCl-Lösung und stellt eine Verdünnung 1 : 10 000 her. 0,2 cm<sup>3</sup> dieser verdünnten Lösung werden in einer sterilen Petrischale mit verflüssigtem Nähragar gut durchmischt und im Thermostat bei 28° C 6 Tage lang bebrütet. Die Auszählung geschieht im auffallenden und durchfallenden Licht mit untergelegter Strichplatte.

Standort Nr.	Standort-Definierung
1.	Garten, humoser Sand
2.	Fichtenhochwald, humoser Sand
3.	Acker, lehmiger Sand
4.	Acker, kalkiger Lehm
5.	Wiese, lehmiger Kalk
6.	Kieferwald, Kalk

Da die Regenwurmkrümel eine höhere Wasserkapazität besitzen, verlieren sie beim Eintrocknen nicht so viel an Volumen wie die Normalerde. Deshalb ist die Zahl der in einem Gramm trockener Normalerde gefundenen Bakterien zu groß. Um sichere Vergleichswerte zu erhalten, wurde die Zahl der in Normalerde gezählten Bakterien um 20% reduziert.

Tabelle 3

Standort	Rw.-Krümel	Normal- Erde	Verbessertes Wert für Norm. Erde	Rw.-Krümel	Normal- Erde	Verbessertes Wert für Norm. Erde
	1a	1b	1b	2a	2b	2b
Anzahl in Millionen je Gramm	18,64	11,09	8,87	13,73	13,43	10,74
Differenz a-b in %	68,5 %	—	88,10 %	1,8 %	—	22,26 %
Standort	3a	3b	3b	4a	4b	4b
Anzahl in Millionen je Gramm	14,33	10,11	8,09	10,51	8,43	6,74
Differenz a-b in %	41,7 %	—	61,72 %	24,67 %	—	44,72 %
Standort	5a	5b	5b	6a	6b	6b
Anzahl in Millionen je Gramm	15,24	11,37	9,10	2,71	0,86	0,69
Differenz a-b in %	34,04 %	—	54,0 %	215,12 %	—	234,88 %

Die Anzahl der Bakterien in Millionen, berechnet auf ein Gramm lufttrockene Erde.

Die Anzahl der Bakterien in den 6 Standorten schwankt in Regenwurmkrümeln zwischen 10,51 und 18,64 und in Normalerde zwischen 8,43 und 13,43 Millionen in einem Gramm lufttrockener Erde. Die Werte aus Standort 6 (Kiefernwald auf Kalk) können wegen des nahrungsarmen Rohhumusbodens unberücksichtigt bleiben.

Auf Nähragar kann man nur einen Teil der Bodenbakterien zur Entwicklung bringen. Mit Hilfe der eklektischen Methode könnte man auf Spezialnährböden auch die auf Agar nicht züchtbaren Harnstoffbakterien und die denitrifizierenden und Pektin vergärenden Bakterien und das Heer der Anaeroben bestimmen. Dann allerdings gewinnt man wesentlich höhere Werte. Aber auch schon die auf Agar gezüchteten Mikroben zeigen einwandfrei, daß in Regenwurmkrümeln erheblich mehr Bakterien vorhanden sind als in Normalerde.

Durchschnittszahl der Bakterien in Rw-Krümeln: 14,49 Millionen/g,

Durchschnittszahl der Bakterien in Normalerde: 10,89 Millionen/g.

Demnach enthalten die Regenwurmkrümel um 33,6% mehr Bakterien als die entsprechende Normalerde. Reduziert man die in Normalerde gefundenen Zahlen um 20%, um das durch die höhere Wasserkapazität verschobene Gewichtsvolumen zu korrigieren, dann enthält ein Gramm trockene Regen-

wurmkrümel um 66,36% mehr Bakterien als ein Gramm ebenso trockene Normalerde. Ein wesentlicher Unterschied im Bakterienbestand zwischen lehmig-kalkigen und sandigen Böden wurde nicht festgestellt.

Schon bei der makroskopischen Betrachtung der Mikrobekolonien in den Petrischalen ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Nährböden mit Normalerde und Regenwurmerde festzustellen. In den Schalen mit Regenwurmkrümeln treten wesentlich mehr verflüssigende Bakterien auf. Auch die Zahl der Schimmelpilze ist größer (200 000—300 000 je g Trockenerde).

Wenn diese bakteriologische Untersuchung der Regenwurmkrümel auch nur als eine allgemein orientierende betrachtet werden kann, so zeigt sie doch eindeutig, daß die Regenwurm-Krümel ihre Festigkeit tatsächlich einer stärkeren Lebendverbauung verdanken. Im Regenwurmdarm vollzieht sich nicht nur eine Bakterienauslese, sondern zugleich auch eine Bakterienanreicherung, vermutlich infolge der Änderung des Chemismus der aufgenommenen Erde in Richtung auf optimale Lebensbedingungen für gewisse Bakterien. Der Regenwurm frißt nicht einfach wahllos Erde, sondern vorwiegend die besonders humusreichen Teile, so daß schon durch diese Fraßauslese eine Anreicherung der Mikroflora im Darm stattfindet. Das wird auf nahrungsarmen Böden besonders deutlich. So ist im Standort 6 auf nahrungsarmem Rohhumusboden die Bakterienzahl in den Regenwurmkrümeln um 215% höher als in der Normalerde. Die während des Verdauungsvorganges zerkleinerten und chemisch aufgeschlossenen organischen Bestandteile werden innig mit Ton und mit Bakterienausscheidungen vermennt, so daß eine Verkittung der Fäkalien eintritt, ähnlich wie bei der künstlichen Verklebung mit Pektin. Durch die an der Luft erfolgende Austrocknung wird natürlich die Stabilität erhöht. Es könnte sich auch eine Art Bakterien- und Pilzrasen auf den Krümeln bilden. Doch das kann nicht als Regel gelten. Es besteht auch die Möglichkeit einer chemischen Verkittung dadurch, daß im alkalisch reagierenden Regenwurmdarm gelöste Humate hernach wieder ausfallen und die Fäkalien verkitten. Durch die Fraßauslese und die Einwirkung im Regenwurmdarm wird aus der Normalerde eine lockere und krümelige Feinerde von hohem Kolloidgehalt mit all den erwünschten chemisch-physikalischen und biologischen Eigenschaften, die zudem ihren Krümelcharakter relativ lange behält. Bei der Untersuchung der A-Schicht von fetten Wiesenböden mit hohem Grundwasserspiegel, also von regenwurmreichen Böden mit einem Wurmgewicht bis zu 20 Zentnern je ha, zeigten die obersten 15—20 cm eine so auffallende Krümeligkeit, und es ließen sich so viele frische Regenwurm-fäkalien in den Höhlungen des Bodengefüges und in den Gängen nachweisen, daß der Schluß berechtigt ist, daß ein Teil der Fäkalien, zumindest der kleineren und mittleren Regenwurmformen, auch in der Erde abgelegt wird. Auf Grund der Untersuchung von mehr als 100 Profilen der A-Bodenschicht und der Beobachtung, daß die kleinen Regenwurmarten nicht so viel Feinde an der Oberfläche abscheiden, als ihrer Tätigkeit entsprechen müßte, glaube ich behaupten zu können, daß in lockeren Böden etwa ebensoviel Regenwurmkrümel in der Erde abgelegt werden als an der Oberfläche. Böden sind um so lockerer, je reicher die Bodenflora und -fauna ist. Man kann deshalb die Güte eines Bodens an der Zahl der Bodenlebewesen beurteilen. Je mehr Regenwürmer, desto lockerer das Bodengefüge und desto mehr Regen-

wurmkrümel in der Erde. Regenwurmreich sind Böden aber nur bei relativ hoher Feuchtigkeit der Böden (Talwiesen, Gärten) und bei hohem Humusgehalt (Grün- und Stalldüngung).

Die Bemühungen jedes Landwirts gehen dahin, eine möglichst vollkommene Gare des Bodens zu erreichen. Unter Gare versteht man die Beständigkeit des Krümelgefüges. Sie ist die Voraussetzung für den Gewinn guter Ernten. In regenwurmreichen Wiesenböden wird die Gare ausschließlich durch die Tätigkeit des Edaphons entwickelt und auch beständig erhalten. Stöckli (1949) fand, daß in regenwurmreichen Weiden 40 Zentner Würmer je ha etwa 300 t Krümel im Jahr erzeugen. Danach formen alleine die Regenwürmer etwa  $\frac{1}{20}$  der gesamten Krume in stabile Krümel um. Auf den mageren triassischen Böden um Merzig wird bei 45 t Krümel je ha und Jahr nur etwa  $\frac{1}{120}$  der Oberkrume jährlich von den Regenwürmern in hochwertige Krümel umgewandelt. Der Wert erhöht sich um das Doppelte, wenn man die in der Erde abgesetzten Krümel mit berechnet. Da in diesen Krümel die Zahl der Bakterien höher und die Aufbereitung der Humusstoffe eine bessere ist, stellen gerade die Regenwurmfäkalien Bakterienherde erster Ordnung dar. Die Bedeutung der Regenwürmer wird also auch dadurch herausgehoben, daß sie die Bodenbakterien gleichmäßig in der oberen Krume verteilen und durch die Aufbereitung der Humusstoffe die Mineralisation der organischen Stoffe ermöglichen und beschleunigen.

### 3. Düngungsversuche mit Regenwurmfäkalien.

Um die das Pflanzenwachstum fördernden Eigenschaften der Regenwurmkrümel zu beweisen und damit die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit der Böden herauszustellen, wurde das Wachstum verschiedener Kulturpflanzen jeweils in Parallelversuchen in Normalerde und in Regenwurmkrümel untersucht. Die Regenwurmkrümel wurden in Gärten, Wiesen, Äckern und in einem Fichtenhochwald gesammelt und die Normalerde unmittelbar daneben in einer Tiefe von meist 5 cm, abhängig vom Profil der humusführenden A-Schicht, entnommen.

#### a) Versuche mit Gartenkresse (*Lepidium sativum*).

**Methode:** Man läßt Kressesamen in abgekochtem Wasser in einer Petrischale im Thermostat bei 25–27° C keimen, liest dann Keimlinge gleicher Länge aus, verteilt sie auf 2 Petrischalen, von denen die eine mit einem Normalerdefiltrat und die andere mit Regenwurmerdefiltrat gefüllt sind (20 g lufttrockene Erde in 100 cm<sup>3</sup> Wasser kochen und filtrieren). Nach 48stündigem Verbleiben im Thermostat werden die Sproßlängen gemessen.

Versuch vom 18. Mai bis 25. Mai 1951.

Durchschnittslängen von 40 je 20 mm langen Keimlingen nach zweitägigem Belassen im Thermostat:

im R. E.-Filtrat (Regenwurmerdefiltrat): 35,14 mm,

Längenvariation im R. E.-Filtrat: 33–37 mm,

im N. E.-Filtrat (Normalerdefiltrat): 30,88 mm,

Längenvariation im N. E.-Filtrat: 28–34 mm.

Die Kressekeimlinge im R. E.-Filtrat waren also im Durchschnitt um 4,26 mm oder 13,79% größer und dementsprechend auch kräftiger.

## Versuch vom 28. Mai bis 2. Juni 1951.

Durchschnittslängen von je 12 Keimlingen von 18 mm Länge nach dreitägigem Belassen im Thermostat:

- im R. E.-Filtrat: 42,33 mm,
- im N. E.-Filtrat: 33,83 mm.

Die mittlere Wachstumsbeschleunigung der Kressekeimlinge im Rw. E.-Filtrat betrug 8,5 mm, das sind 25,33%.

Bei einer Reihe weiterer Versuche war der Wachstumsvorsprung im Rw. E.-Filtrat nicht mehr so deutlich. Deshalb wurden Kressesamen im Parallelversuch in Rw.-Krümeln und in Normalerde (statt im Erdefiltrat) in durchlöcherten Holzschalen im Thermostat zum Keimen gebracht. In 3—4 Tagen wuchsen in den Rw. E.-Kästen kräftige Keimlinge heran, während die Keimlinge auf N.-Erde nie so schnell wuchsen und oft verschimmelten und eingingen. Dasselbe tritt ein, wenn man Samen am Licht keimen läßt und die Keimlinge zum schnelleren Wachstum in den Thermostat setzt. In Rw.-Erde keimen die Samen immer besser, und die Keimlinge haben eine größere Resistenz gegen Verpilzung und wachsen schneller.

Als Einzelbeispiele einer ganzen Versuchsreihe seien folgende genannt:

- A m 7. 12. 1951 wurde Kresse in 2 Schalen mit Gartenerde am Fenster ausgesät.
10. 12. beide Schalen mit Keimlingen in den Thermostat bei 25° C gebracht,
12. 12. Keimlinge in Rw.-Erde deutlich größer und kräftiger,
13. 12. Keimlinge in N.-Erde völlig verschimmelt.
- A m 13. 12. 1951 wurde Samen in 2 Schalen mit Ackererde in den Thermostat gebracht.
17. 12. die meisten Samen auf N.-Erde nicht aufgegangen, die Keimlinge verschimmelt und zum Teil eingegangen. Mittlere Länge der Keimlinge auf Rw.-E.: 20,6 mm.
- A m 19. 5. 1951 wurde Kressesamen in 2 Fensterkästen mit Normalerde gesät und jeweils mit Rw. E. Filtrat, resp. mit N. E.-Filtrat begossen.
25. 6. die 220 mit Rw. E.-Filtrat begossenen Pflänzchen wiegen 44,5 g (0,202 g je Pflanze). Die 291 Pflänzchen, mit N. E.-Filtrat begossen, wiegen 34,5 g (0,119 g je Pflanze).

Die mit Rw. E.-Filtrat begossenen Pflanzen wiegen also um 41,09% mehr als die mit N. E.-Filtrat begossenen.

- A m 23. 5. 1951 wurde Kressesamen in 2 Fensterkästen ausgesät, die mit einer Mischung aus Sand und Torf gefüllt waren. Kasten I wurde mit Rw. E.-Filtrat und Kasten II mit N. E.-Filtrat begossen.
25. 6. 224 Pflanzen aus Kasten I wiegen 18,8 g (0,084 g je Pflanze), 210 Pflanzen aus Kasten II wiegen 15,5 g (0,074 g je Pflanze).

Die mit Rw. E.-Filtrat begossenen Pflanzen wiegen also um 13,5% mehr als die mit N. E.-Filtrat begossenen.

- A m 19. 12. 1951 wurde Kressesamen in 2 Holzkästen mit Gartenerde gesät.

17. 1. 1952 Mittlere Länge der Pflanzen auf Rw.-Erde: 36,0 mm,  
Längenvariation: 16—61 mm.  
Mittlere Länge der Pflanzen auf N.-Erde: 26,68 mm,  
Längenvariation: 12—40 mm.

Die Pflanzen auf Rw.-Erde sind nicht nur um 34,93% länger als die auf N.-Erde; sie sind auch kräftiger.

Tabelle 4

Datum		Rw. Erde	Normal- Erde	Differenz- in %
4. 1. 52.	eingesät			
12. 1.	mittl. Länge mm	32,86	18,71	75,6%
Thermostat- Versuch	Längen- Variation	12—56	2—41	—
	Von 69 Samen keimten auf Rw. Erde: 66=95% Von 80 Samen keimten auf N-Erde: 52=65%			
17. 1. 52	eingesät			
23. 1.	mittl. Länge mm	28,26	17,43	62,1%
Thermostat- Versuch	Von 80 Samen keimten auf Rw. Erde: 64=80% Von 80 Samen keimten auf N-Erde: 41=51%			
25. 1. 52	eingesät			
6. 2.	mittl. Länge mm	29,3	16,0	83,1%
Keimungs- Versuch am Fenster	Längen- Variation	18—40	5—28	—
	Von 80 Samen keimten auf Rw. Erde: 72=90% Von 80 Samen keimten auf N-Erde: 24=30%			

Wachstumsbeschleunigung von Gartenkresse und erhöhte Keimungsbereitschaft in Regenwurmkrümeln (Walderde).

Die aufgeführten Beispiele aus vielen Versuchsreihen beweisen offensichtlich, daß die Regenwurmkrümel einen höheren Gehalt an Nährstoffen besitzen als die Normalerde, aber auch, daß die Kressekeimlinge auf Regenwurmerde eine erhöhte Resistenz gegen ihre Pilzparasiten entwickeln. In Regenwurmerde keimen im Durchschnitt 88,3% aller Kressesamen, in Normalerde dagegen nur 48,7%. Nicht nur der Nährstoffgehalt des Bodens, sondern auch das Anteilverhältnis der Kohlenhydrate und der Stickstoffverbindungen wirken als Regulatoren für die Bodenosmose und haben zudem noch die besondere Bedeutung, die Zusammensetzung der Bodenbakterien zu bestimmen. Einige Formen dieser Bodenmikroben erzeugen Antibiotika, die von den Pflanzen aufgenommen werden und ihnen dann eine erhöhte Resistenz gegen ihre Pilz- und Bakterienparasiten verleihen. Voraussetzung für

diese, das Wachstum und die Gesundheit fördernden Mikroben, ist, daß ein hoher Anteil von Kohlenhydraten und ein relativ geringer Stickstoffgehalt vorhanden sein muß, gerade so, wie er bei der Grün- oder Stallmistdüngung oder bei der natürlichen Humusbildung durch die Regenwürmer gegeben ist.

#### b) Hydroponikversuche.

Am 9. 6. 1951 wurden in acht außen verdunkelten Glaszylindern drei verschiedene Nährlösungen angesetzt: R.w. E.-Filtrat, N. E.-Filtrat und Knopsche Lösung. Die Wurzeln von drei jeweils gleichgroßen Tomaten- und Maispflanzen und von zwei Sonnenblumen wurden eingesetzt und die Pflanzenstengel im Gefäßdeckel mit Watte befestigt. Die Gefäße wurden alle acht Tage mit neuen Nährlösungen gefüllt.

Tabelle 5

Datum		Tomate				Mais				Sonnenblume		
		Rw.- Erde- Filtrat I	Normal- Erde- Filtrat II	Knop- sche Lösung III	Diffe- renz I-II in %	Rw.- Erde- Filtrat I	Normal- Erde- Filtrat II	Knop- sche Lösung III	Diffe- renz I-II in %	Rw.- Erde- Filtrat I	Normal- Erde- Filtrat II	Diffe- renz I-II in %
20.6.51	Länge mm	379	410	316	negativ	444,0	397,0	258,0	11,84	220	155	41,94
	größter Ø mm	6,4	8,8	8,6	negativ	4,1	3,8	3,2	7,89	3,6	2,8	28,57
11.7.51	Länge mm	662	640	431	3,44	652	561	272	16,22	510	294	73,47
	größter Ø mm	9	8	7	12,5	7,0	8,0	4,0	negativ	4	3	33,33
13.7.51	Gewicht g	32,5	29,5	21,0	10,17	10,8	9,6	1,2	12,5	8,6	3,8	126,32

Vergleich der Wachstumsbeschleunigung von Tomaten, Mais und Sonnenblumen im Regenwürmerde-Filtrat mit dem Wachstum im Normalerde-Filtrat und in Knopscher Nährlösung.

Die Tabelle 5 zeigt, daß auch unsere großen Kulturgewächse wie Tomaten, Mais und Sonnenblumen in Wasserkulturen mit R.w. E.-Filtrat besser wachsen und höhere Gewichte erreichen als im N. E.-Filtrat und in der Knopschen Nährlösung. (Getreide brauchen höhere  $Ca^{++}$ -Werte als in der Knopschen Nährlösung gegeben sind und kümmern deshalb). Anfangs wuchs die Tomate im N. E.-Filtrat schneller als die im R.w. E.-Filtrat. Am 20. 6. blühten beide etwa gleich stark. Schon nach drei Wochen, 11. 7., war der Wachstumsvorsprung wieder aufgeholt. Die Tomate I war bereits um 3,44% größer und um 12,5% dicker und hatte ein um 10,17% höheres Gewicht (ohne Wurzeln). An drei Blütenständen trug sie zwei Früchte von 9 und 12 mm Durchmesser, während die Tomate II zwar auch drei Blütenstände trug, aber erst zwei schwache Fruchtansätze zeigte. Die Tomate III blühte noch nicht.

Besonders deutlich ist die Wachstumsbeschleunigung bei den Sonnenblumen, wo nach vierwöchentlicher Kultur eine Gewichts-differenz von 126,3% eingetreten war.

## c) Wachstumsversuche mit Tomaten, Hafer und Sonnenblumen.

In zwei Fensterkästen mit Rw.-Krümeln und Normalerde aus Äckern mit humosem Sandboden wurde je eine gleich große und gleich starke Tomate gepflanzt.

Tabelle 6

<u>Tomaten</u>		Rw. Krümel- Erde	Normal- Erde	Differenz in %
26. 6. 51 ein- gepflanzt	Länge mm	410	410	
	Stengel- Ø mm	8	8	
13. 7.	Länge mm	810	623	30,02
	Stengel- Ø mm	12	9	33,3
	Zahl der Blüten- stände	3	2	

Wachstumsbeschleunigung auf Regenwurmerde.

Bereits nach 2½ Wochen hatte die Tomate auf Rw.-Krümel Erde einen Wachstumsvorsprung von 30,02% in der Länge und von 33,3% in der Dicke.

Tabelle 7

<u>Hafer</u>		Rw.- Krümel- Erde	Normal- Erde	Differenz in %
gesät		96 Pflanzen	100 Pflanzen	
25. 5.	mittl. Länge	67,03 mm	54,62	22,72
	Längen- variation	16—94 mm	5—85	
20. 6.	mittl. Länge	382,19 mm	354,51	7,81
	mittl. Gewicht der einzelnen Pflanze	0,768 g	0,535 g	43,55

Wachstumsbeschleunigung von Hafer auf Regenwurmerde.

Der am 18. 5. ausgesäte Hafer wächst auf Rw.-Erde schneller und ist kräftiger. Nach sieben Tagen ist er um 22,72% länger als der Hafer auf N.-Erde. Nach vier Wochen beträgt zwar der Längenwachstumsvorsprung nur noch 7,81%, doch das Durchschnittsgewicht der einzelnen Haferpflanze ist jetzt um

43,55% größer als das der Pflanzen auf N.-Erde. Die Halme auf Rw.-Erde sind dunkelgrün, während die Halme auf N.-Erde auffallend heller sind.

Um den Nährsalzgehalt der Rw.-Krümel zu prüfen, wurden vier Blumentöpfe mit ausgewaschenem Sand, der zur Auflockerung mit Sägemehl gemischt war, gefüllt. Nachdem in jedem Topf zwei Sonnenblumensamen gesät waren, wurden diese jeweils täglich mit Rw.E.-Filtrat, N.E.-Filtrat, Knopscher Lösung und mit Wasser begossen.

Tabelle 8

6. 6. Sonnenblumen gesät		Rw.-Erde Filtrat	Normal-Erde-Filtrat	Knop.	Wasser	Differenz I—II in %
20. 6.	mittl. Länge	I. 298 mm	II. 233	III. 265	IV. 211	27,89
	mittl. Dicke	3,3 mm	3,2	3,2	3,1	3,12
2. 7.	mittl. Länge	515 mm	408	459	376	26,17
	mittl. Dicke	4,1 mm	3,5	3,8	3,4	17,14
13. 7.	mittl. Gewicht	4,5 g	2,4 g	8,8 g	1,8 g	87,5

Wachstumsbeschleunigung von Sonnenblumen in Rw. E. Filtrat

Rw. E.-Filtrat ist nährstoffreicher als N. E.-Filtrat und als Knopsche Lösung. Nach fünf Wochen erreichen die mit Rw. E.-Filtrat begossenen Sonnenblumen ein um 87,5% höheres Gewicht als die Pflanzen in Topf II. Die Knopsche Nährlösung, die sich bei der Hydroponikkultur (Tabelle 5) als bedeutend weniger nährsalzreich als das N. E.-Filtrat erwiesen hatte, liegt jetzt in ihrem Nährwert genau zwischen N. E.- und Rw. E.-Filtrat.

Je sechs in Fensterkästen gesäte Sonnenblumen zeigen in Rw.-Erde innerhalb von 14 Tagen einen Längenzuwachs von 9,54% auf 73,5%. Wenn dann auch in den nächsten zehn Tagen der Längenwachstumsvorsprung auf 47,1% absinkt, so ist doch zur gleichen Zeit das Gewicht um 210,9% gestiegen.

Die Tabelle 10 führt die Gewichts-differenz in % zwischen den Pflanzen auf Rw.-Erde und N.-Erde der besprochenen Versuche noch einmal auf. Sie beweist den zum Teil beträchtlichen Gewichtszuwachs auf Rw-Erde. Regenwurmkrümel müssen als ein ausgezeichnete natürlicher Düngstoff gewertet werden. Mit Ausnahme der Gartenkresse wurde das Wachstum der Kulturpflanzen nur im Jugendstadium untersucht. Für den späteren Fruchtansatz ist das Wachstum der Keimlinge und der jungen Pflanzen von entscheidender Bedeutung.

Tabelle 9

Sonnenblumen		Rw.- Erde	Normal- Erde	Differenz in %
		6 Pflanzen	6 Pflanzen	
20. 6.	Länge mm	356	325	9,54
	Dicke mm	3,4	3,0	13,3
2. 7.	Länge mm	510	294	73,5
	Dicke mm	4,0	3,0	33,3
13. 7.	Länge mm	728	495	47,1
	Dicke mm	8,0	3,7	116,2
	Gewicht	25,5 g	8,2 g	210,9

Wachstumsbeschleunigung von Sonnenblumen in Rw. Erde

Tabelle 10

Rw.-Erde oder Rw.-Erde- Filtrat	Dauer des Wachstums in Wochen	Gewichtsdifferenz in %					vgl. Tabelle
		Tomate	Mais	Sonnen- blume	Hafer	Kresse	
Hydroponik Filtrat	4	10,17	12,5	126,32			5
Filtrat	5			87,5			8
Erde	5			210,9			9
Erde	4				43,6		7
Filtrat	3½					41,1	
Filtrat	4					13,5	

### III. Die Humusbildung durch die Regenwürmer.

Die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens erschöpft sich nicht in den bisher aufgezählten Eigenschaften. Von den 30 in Deutschland nachgewiesenen „einheimischen“ Regenwürmern (D. E. Wilcke, 1949) leben 24 stets in der Erde und verlassen den Boden nur, wenn sie vom Maulwurf verfolgt werden, oder aus Atemnot nach langen nächtlichen Regenfällen. Dann läuft das Röhrensystem voll Wasser, und der gelöste Sauerstoff wird sofort an den Boden abgegeben, der wegen der ununterbrochenen Verwesungsprozesse stets Sauerstoff braucht. Die allermeisten Regenwürmer fressen entweder die gröberen Humusteilchen in der Erde oder die der Erde dicht anliegenden faulenden Pflanzenstoffe. Doch sie können die abgestorbenen gröberen und groben organischen Substanzen nicht ohne weiteres aufschließen und ohne Vorarbeit von Bakterien und Pilzen und der edaphischen Kleinf fauna nicht verarbeiten.

Von diesen Regenwürmern sind *Lumbricus herculeus*, *Lumbricus rubellus*, *Allolobophora foetida* und *Allolobophora parva* ökologisch zu unterscheiden. *Lumbricus rubellus*, ein stenotopes Humustier, fehlt in Humusböden mittlerer Feuchtigkeit nirgends. Unter faulem Laub findet man ihn und *Allolobophora foetida*, den typischen Wurm der Komposthaufen, auch tagsüber außerhalb des Bodens.

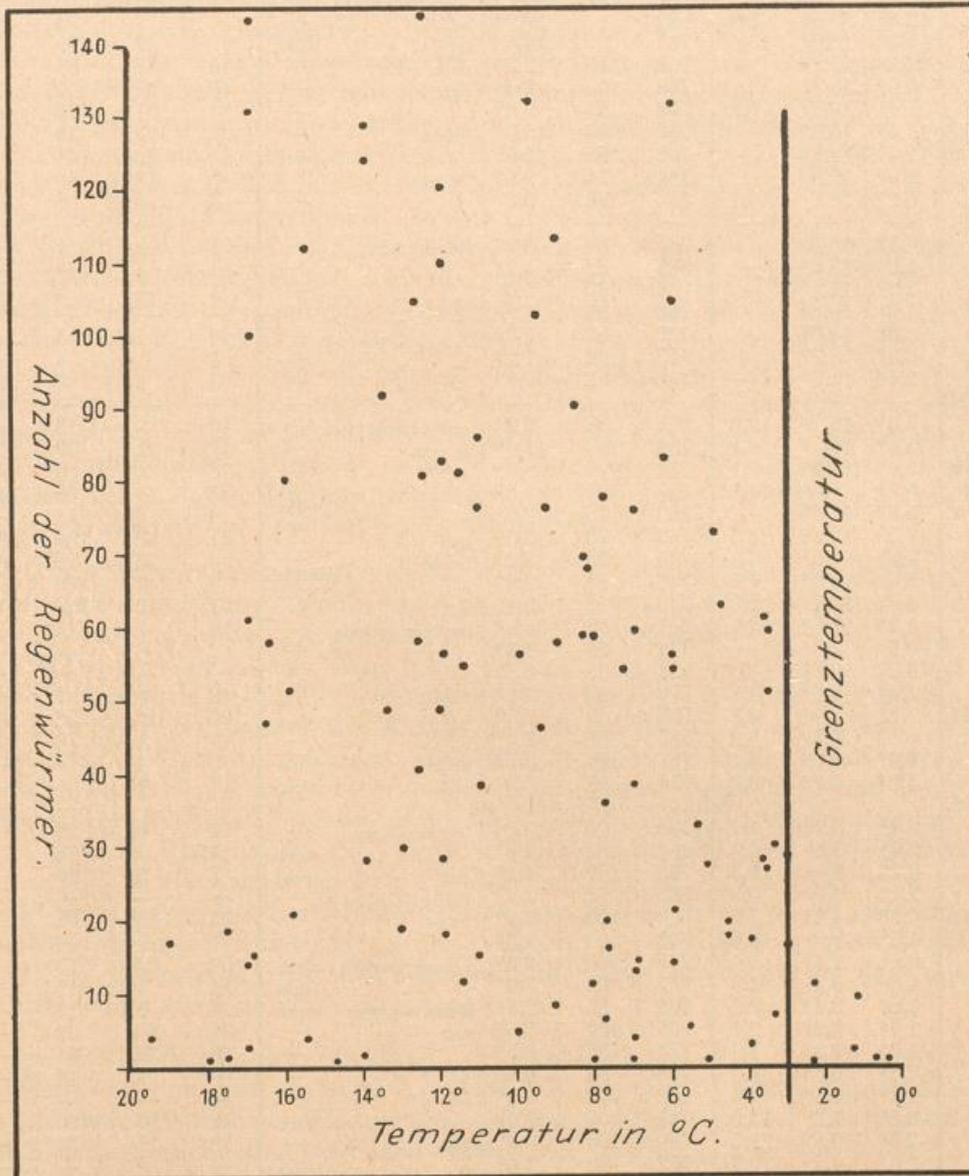
*Allolobophora parva* wird häufiger im faulen Holz, vor allem in morschen Baumstubben, als im Waldboden gefunden. Wegen seines beschränkten Vorkommens ist dieser Wurm von untergeordneter Bedeutung.

Unser größter, „der gemeine Regenwurm“ *Lumbricus herculeus*, ist wohl der am weitesten verbreitete. Er ist der einzige Regenwurm, der regelmäßig in feuchten Nächten an der Erdoberfläche erscheint und, mit dem Schwanzende in seiner Röhre steckend, die Umgebung nach Nahrung absucht. Die Begattung findet nur an der Erdoberfläche statt. Gelegentlich habe ich auch *Allolobophora longa*, *Allolobophora caliginosa* und vereinzelt auch *Allolobophora rosea* nachts an der Bodenoberfläche gefunden. In feuchten und warmen Nächten erscheint *Lumbricus herculeus* in solchen Massen, daß man deutlich ein schabendes Geräusch hören kann, wenn die Borsten auf den glatten Blättern abgleiten. Diese großen Regenwürmer ergreifen mit ihrer vorgestreckten Oberlippe vorwiegend abgestorbene Blätter und ziehen sie in ihre Röhren hinein. Da oft Fäkalien um das Röhrenende abgelegt werden, schauen dann die Blätter senkrecht aus kleinen Häufchen heraus und sind recht auffällige Gebilde. Durch das Einbetten in Erde und wahrscheinlich auch durch Ausbreiten von Verdauungsfermenten tritt der Zerfall sehr schnell ein. Ich konnte feststellen, daß das ganze nicht vom Winde verwehte Fallaub unter einem Obstbaum auf freiem Felde von den großen Regenwürmern in die Erde gezogen wurde und bis zum Eintritt des Frostes verschwunden war.

Um eine Vorstellung zu gewinnen, welche Bedeutung der gemeine Regenwurm für die Kompostierung der an der Erdoberfläche liegenden und nur langsam verfaulenden organischen Stoffe hat, wurde ein ganzes Jahr lang beobachtet, wann *Lumbricus herculeus* nachts auf der Erde erscheint und in welcher Zahl. (Auszahlung um 23 Uhr in einem Garten mit humosem Sandboden auf einer Fläche von 17 m<sup>2</sup>.)

Die Tabelle 11 zeigt, daß *Lumbricus herculeus* einen Winter- oder Sommerschlaf im Sinne eines echten Rhythmus nicht kennt. Die Tiere ziehen sich tagsüber meistens in größere Tiefe zurück und unterbrechen ihre nächtliche Tätigkeit nur bei Trockenheit des Bodens oder bei Bodenfrost. Ihre Tätigkeit an der Erdoberfläche wird ganz vom Klima bestimmt.

Abbildung 2



Abhängigkeit des nächtlichen Erscheinens der Regenwürmer an der Erdoberfläche von der Temperatur. (143 Zählungen.)

Tabelle 11

Datum	am Tage			um 23 Uhr					Zahl der geschlechtsreifen Tiere	Zahl der juvenilen Tiere	Summe aller Tiere	Copulae
	Min.	Max.	Regenmenge	Barometer	Hygrometer	t* Erdoberfläche	Witterung	Wind				
21.6.	9,5°	27,0°	—	758	—	17,5°	trocken	—	—	2	2	—
22.	14,0°	26,4°	11,6	756	—	17,0°	naß	—	70	61	131	1
24.	12,4°	17,0°	11,4	756	—	14,0°	naß	leicht	78	46	124	6
25.	11,9°	18,6°	1,1	758	—	14,0°	feucht	—	81	47	128	2
26.6.	11,0°	18,5°	4,3	760	—	17,0°	feucht	leicht	67	33	100	2
2.7.	7,3°	26,3°	—	765	—	15,5°	trocken	—	—	1	1	—
3.—13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.	12,8°	25,4°	8,9	759	—	17,0°	sehr trocken	—	—	—	—	—
15.	13,3°	18,0°	13,0	762	—	14,5°	naß	—	7	7	14	—
16.	12,1°	17,7°	—	765	85	12,5°	feucht	leicht	67	42	109	1
26.	9,5°	18,5°	14,1	759	100	12,4°	noch feucht	—	40	41	81	—
27.7.	7,4°	17,7°	0,2	759	85	9,2°	naß	—	45	60	105	2
1.10.	11,4°	15,8°	—	759	95	13,3°	—	—	25	51	76	1
2.	11,4°	14,6°	—	762	85	12,5°	feucht	—	25	23	48	1
4.	6,0°	19,3°	—	761	74	9,9°	—	—	21	20	41	—
5.	5,2°	18,7°	0,1	760	66	9,2°	trocken	—	5	11	16	—
8.—14.	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5	8	—
15.	0,5°	18,5°	—	765	80	3,2°	—	—	—	—	—	—
16.	-1,2°	17,2°	—	766	82	4,1°	sehr trocken	—	1	—	1	—
17.	-2,2°	17,2°	—	766	95	5,0°	" "	—	—	—	—	—
18.	-1,0°	10,8°	—	762	91	4,0°	" "	—	1	—	1	—
19.	2,8°	14,0°	—	756	82	7,0°	" "	—	—	—	—	—
20.	3,8°	8,7°	—	758	92	7,2°	" "	—	3	1	4	—
21.	2,7°	14,7°	—	756	82	9,8°	" "	—	3	2	5	—
25 u. 26	—	—	—	—	—	—	" "	—	—	—	—	—
29.	5,5°	16,7°	2,6	762	88	7,2°	etwas feucht	—	10	3	13	—
30.	5,4°	16,0°	0,1	759	98	11,0°	es regnet	—	17	22	39	1
31.10.	7,0°	12,4°	9,1	751	100	8,0°	naß	—	38	21	59	1
1.11.	5,7°	8,6°	14,9	757	98	7,8°	naß	—	47	31	78	2
5.	5,8°	11,8°	—	752	78	6,0°	—	starker Wind	8	6	14	—
6.	7,5°	13,2°	4,5	752	98	8,5°	naß	—	51	39	90	1
12.	7,0°	9,5°	5,8	746	95	8,2°	feucht	—	30	28	58	—
13.	6,6°	12,2°	4,9	746	75	7,8°	—	ziemlich stark	9	7	16	—
18.	8,6°	15,2°	2,8	746	98	9,4°	naß	—	61	42	103	2
19.	4,4°	11,3°	12,2	751	88	6,0°	tagsüber trocken	—	14	7	21	—
26.	-0,6°	7,5°	—	772	90	1,3°	—	—	2	—	2	—
27.	-3,2°	5,8°	—	771	95	-0,8°	—	—	—	—	—	—
29.	1,4°	6,3°	4,6	770	98	3,8°	Regen	—	19	8	27	—
30.11	3,2°	8,0°	0,3	770	98	7,0°	—	etwas	26	12	38	1
4.12.	0,0°	7,8°	0,9	765	98	7,0°	Regen	—	45	31	76	2
7.	0,4°	6,7°	3,1	761	100	3,2°	Regen	leicht	3	4	7	—
9.	4,5°	9,7°	6,3	751	98	5,5°	naß	stark	4	1	5	—
10.—16.	—	—	—	—	—	—	Schnee und Bodenfrost	—	—	—	—	—
17.	0,2°	5,2°	1,1	765	95	3,8°	leichter Regen	—	22	6	28	—
18.	2,0°	5,5°	0,1	766	92	4,8°	" "	etwas	14	4	18	—
19.	-0,2°	3,4°	0,3	766	100	1,2°	naß	leicht	7	3	10	—
20.	-2,2°	3,0°	0,3	765	92	1,2°	kalter Nebel	—	—	—	—	—
30.12.	0,0°	4,2°	1,3	760	100	3,5°	Regen	—	36	26	62	—
1.1.52	1,5°	9,0°	1,5°	758	90	1,8°	—	—	—	—	—	—
2.	0,6°	7,4°	6,5°	748	100	5,0°	ununterbrochen	stark	50	23	73	—
3.	1,6°	6,4°	22,7	755	98	3,0°	" "	leicht	11	5	16	—
4.	0,5°	3,4°	3,1	762	95	2,3°	abends kein Regen	etwas	8	3	11	—
5.	1,0°	4,2°	2,1	765	100	3,5°	naß	—	37	23	60	—
6.	1,5°	4,3°	1,3	774	95	3,5°	—	—	29	22	51	—
8.	-0,8°	0,8°	0,2	765	92	0,6°	—	—	—	1	1	—
9.	-1,0°	6,1°	0,3	759	100	0,4°	naß	—	—	—	—	—
10.	2,5°	7,2°	10,9	741	100	6,0°	naß	stark	72	33	105	1
11.	2,3°	9,8°	21,5	740	100	3,2°	naß	—	19	11	30	—
13.	-1,6°	4,2°	0,6	762	92	2,0°	—	wenig	—	—	—	—
14.	-0,6°	3,5°	0,6	764	100	3,0°	naß	—	20	8	28	—

Die Abhängigkeit des Erscheinens der Regenwürmer (*Lumbricus herculeus*) an der Erdoberfläche von den meteorologischen Daten (Auszug aus einer Jahresliste).

Zwanzigmal zählte ich mehr als 100 Regenwürmer auf diesen 17 m<sup>2</sup> (mehr als 6 Tiere je m<sup>2</sup>), einmal sogar 199 Würmer; das sind 11,5 Tiere je m<sup>2</sup>. Diese Zahlen vermitteln eine Vorstellung von der Anzahl der *Lumbricus herculeus* in humushaltiger Gartenerde. Beim Graben gewinnt man solch einen Überblick nicht, da diese großen Würmer sich nur zufällig in Spatentiefe aufhalten. Die Zahl der nächtlich erscheinenden *Lumbricus herculeus* schwankt jedoch sehr. In Abb. 2 wurden die Ergebnisse von 143 nächtlichen Zählungen eingetragen und in Beziehung zu den Temperaturdaten gebracht (gemessen an der Erdoberfläche). Eine Abhängigkeit von der Temperatur der oberen Schichten des Erdbodens oder von den Maxima- oder Minimaxwerten des Tages (Tabelle 11) besteht nicht. Erst wenn die Temperatur unter 3° C sinkt (Grenztemperatur), erscheinen nur noch vereinzelt Regenwürmer. Meistens schauen sie dann nur mit dem Vorderkörper aus dem Gangende heraus. Bei 6° wurden noch 132 Würmer gezählt, bei 5° noch 73, bei 3,5° noch 62, bei 3° nur noch 28. Dann sinken die Werte schnell auf 0. Oberhalb von 3° ist es der Feuchtigkeitsgehalt der oberen Bodenschichten und, von ihm abhängig, die relative Feuchtigkeit der Luft, die das Erscheinen der Regenwürmer an der Erdoberfläche bestimmen. Nach tagelanger Trockenheit (3.—13. 6.) oder Bodenfrost (10.—16. 12.) genügt ein einziger Regen (8,9 resp. 1,1 mm), daß sofort wieder 14 resp. 28 Würmer an der Oberfläche erscheinen. Viele Regenwürmer findet man nur in warmen Nächten mit Bodentemperaturen von mindestens 6° nach anhaltenden, die Erde völlig durchnässenden Regenfällen. Wind meiden sie, solange es nicht regnet, denn die weichhäutigen Tiere vertrocknen schnell. Während eines Regens dagegen vertragen sie sogar recht heftigen Wind. Der Luftdruck ist ohne Bedeutung.

Regenwürmer erscheinen also das ganze Jahr über an der Erdoberfläche, auch mitten im Winter, wenn die Temperatur oberhalb von 3° C liegt, wenn der Boden feucht oder naß ist (hohe relative Feuchtigkeit der Luft) und wenn bei fehlendem Regen kein Wind weht. Die erste Copula sah ich am 21. 1. 1951 und die letzte am 26. 12. 1951. Wegen der sommerlichen Trockenheit des Bodens gibt es zwei Maxima der Begattungen im Frühling und im Herbst, entsprechend der bereits erwähnten regeren Tätigkeit während dieser Jahreszeiten (vgl. Abb. 1). Es gibt also während des ganzen Jahres Eier und Jungtiere im Boden. In 113 Nächten zählte ich insgesamt 1915 geschlechtsreife und 1380 juvenile Regenwürmer. Es machen also die noch nicht geschlechtsreifen Tiere 72% der erwachsenen aus. Die Vermehrung ist enorm groß, weil sie nicht nur in zwei rhythmischen Schüben, sondern auch das ganze Jahr hindurch geschieht. An der Oder sah ich, daß die Fischer nachts ganze Eimer voll Regenwürmer für ihre Grundangeln sammelten, ohne daß die Zahl der Würmer irgendwie abnahm.

In 173 Nächten wurden während des ganzen Jahres 1951 insgesamt 6477 Regenwürmer gezählt. Das sind 2,2 Tiere je Nacht und m<sup>2</sup>. Das bedeutet, daß in unserem atlantischen Klimagebiet auf jedem Quadratmeter der humusreichen Biotope die abgestorbenen pflanzlichen Stoffe in jeder Nacht von 2,2 Regenwürmern kompostiert werden. Diese nur durch Frost und Trockenheit unterbrochene Tätigkeit kommt den allermeisten Menschen überhaupt nicht zum Bewußtsein.

Die hohen Ernteerträge unserer fruchtbaren Böden können in Zukunft nur dann gehalten werden, wenn auch die Krume ihre lockere Humusschicht behält. Dieser Humus, ein Gemisch verschiedenster Kolloide, ist das Ergebnis von chemisch-biologischen Fäulnis- und Verwesungsprozessen unter Mithilfe der Bodenorganismen. Der größte Teil der nur langsam zerfallenden pflanzlichen Substanzen besteht aus Zellulose und Lignin. Während die Eiweiße und Pektine von den Kleinlebewesen ziemlich schnell abgebaut und zum Teil wieder mineralisiert werden, sind die Zellulose, vor allem die Lignine, sehr widerstandsfähig. Deshalb tritt in den Böden eine Lignin-anreicherung ein. Unter langsamer Oxydation werden dabei Ammoniak, aber auch Eiweiße und Tone gebunden, und es entstehen so kolloidale Gebilde organischen Charakters, die mit dem Sammelnamen „Humus“ bezeichnet werden. Die schnellste Humusbildung geschieht durch die Verdauungstätigkeit der Bodeninsekten, Milben und Würmer. R. Fabry (1950) behauptet, daß von sämtlichen Lebewesen des Edaphons gewichtsmäßig etwa 40% auf die Bakterien, 20–40% auf Pilze, Algen und Protozoen und 20–40% auf die Würmer entfallen. Auf guten Böden sind auf 1 m<sup>2</sup> bis zu einer Million Nematoden, Tausende von Enchyträiden gezählt worden. Im Darmsystem dieser Tiere reichert sich das unverdauliche Lignin an, und zugleich bildet sich als Stoffwechselprodukt Ammoniak. Der Darm ist mit Sand- und Tonpartikeln gefüllt. Bei der innigen Durchmischung all dieser organischen und anorganischen Bestandteile, wobei auch die Eiweiße und ihre Abbauprodukte, die Peptone und Aminosäuren, eine Rolle spielen, sind die Voraussetzungen zur chemischen Synthese des Humus gegeben. Humus ist also das Stoffwechselprodukt der Bodenorganismen. Trotz der großen Individuenfülle der kleinen Würmer sind doch die Regenwürmer schon ihres höheren Gewichtsanteils wegen die wichtigsten Humuserzeuger. Ich sammelte 1932 in den Oderwiesen 293 Regenwürmer je m<sup>2</sup> mit einem Gewicht von 80,3 g (16 Zentner je ha). Auf den dürrftigen, sandigen Saarwiesen leben etwa 89 Regenwürmer je m<sup>2</sup> mit einem Gewicht von 35,5 g (7 Zentner je ha). In diesen Zahlen sind die großen, durch Grabungen nicht feststellbaren Regenwürmer nicht einbegriffen. 16 Zentner Regenwürmer in guten Wiesenböden und immerhin noch 7 Zentner Regenwürmer in mageren Böden je ha, das bedeutet für die Humusbildung eine nicht zu entbehrende Hilfe.

Die weitere Steigerung der landwirtschaftlichen Ertragsleistungen war lange Zeit fast ausschließlich ein Problem der Düngung, dann eine Frage der Saatgutauslese. Jetzt ist es auch wieder ein Problem der biologischen Bodenverbesserung, also der Bildung des Humus und seiner Erhaltung, geworden. Die erstrebte Dauerkrümelung des Bodens, die Bodengare, wird durch die modernen Bodenbearbeitungsmethoden vorbereitet. Aber wirklich erreicht und dauerhaft werden kann sie nur durch die Lebenstätigkeit des Edaphons. Man muß deshalb nicht nur die Kulturpflanzen, sondern auch die Bodenlebewesen ernähren. Sie alle brauchen einschließlich der Bakterien kohlenstoffhaltige Nährstoffe. Ihr Gewicht je ha beträgt, wenn alleine schon die Regenwürmer in den sandigen Saarfeldern sieben Zentner je ha wiegen, erheblich mehr als das Lebendgewicht von Großvieh, das auf derselben Fläche ernährt werden kann (500 kg/ha).

Eine weitere landwirtschaftliche Leistungssteigerung ist möglich, wenn die Bodenlebewesen richtig ernährt werden. Da die Regenwürmer zu den wichtigsten Humusbildnern gehören, erkennt man die Bodenfruchtbarkeit auch an der Anzahl der Regenwürmer im Boden.

#### *Literaturverzeichnis.*

- Darwin, Ch. R.: Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer (Stuttgart 1882).
- Evans, A. C.: Studies of the relationships between earthworms and soil fertility. (The Annals of Applied Biology, Vol. 34 und 35).
- Fabry, R.: Bodenkunde für Schule und Praxis. (Hanser-Verlag, München, 1950).
- Finck, A.: Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistungen der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. (Dissertation 1951, Kiel).
- Kollmannsperger, F.: Die Oligochaeten des Bellinchengebietes, eine ökologische, ethologische und tiergeographische Untersuchung. (Dissertation, 1934, Berlin).
- Lunt, A. H. and Jacobson, H. G. M.: The chemical composition of earthworm casts. (Soil Science, Vol. 58, Nr. 5).
- Oliver, G. S.: Our friend, the earthworm. (Emmaus, Pa. 1949).
- Stöckli, A.: Studien über den Einfluß des Regenwurms auf die Beschaffenheit des Bodens. (Landwirtschaftl. Jahrb. d. Schweiz. 42, 1928).
- Stöckli, D. E.: Der Einfluß der Mikroflora und Fauna auf die Beschaffenheit des Bodens. (Ztschr. f. Pfl.-Düngung, Bodenkunde, Bd. 45 (90), 1949, Heft 1/3).
- Swaby, R. J.: The influence of earthworms on Soil aggregation. (Journ. of Soil Science, Vol. I, Nr. 2, 1949).
- Wilcke, E. D.: Bestimmungstabelle für einheimische Lumbriciden. (Senckenbergiana, Bd. 30, Nr. 4/6, 1949).



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: [105-106](#)

Autor(en)/Author(s): Kollmannsperger Franz

Artikel/Article: [Über die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens 165-187](#)