

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	50	Heft 2	S. 137 – 196	4 Abb.	Freiburg, 1960
-----------------------------------	----	--------	--------------	--------	----------------

# **Vergleich des Regenwurmbestandes in unberieselten und mit Abwasser berieselten Böden in der Freiburger Bucht**

von

**Gisela Neumann, Crimmitschau (Sachsen)\***

Mit 4 Abbildungen

## **Inhaltsverzeichnis**

I. Einleitung . . . . .	138
II. Beschreibung des Rieselgutes und der Bewässerungsverhältnisse . . .	140
III. Untersuchungstechnik und Bestimmungsmethode . . . . .	144
IV. Jahreszeitliche Verschiedenheiten im Regenwurmbestand . . . . .	145
1. Vertikale Verteilung der Regenwürmer im Boden . . . . .	145
2. Aktivitätsperioden der Regenwürmer . . . . .	151
3. Zahlenverhältnis zwischen adulten und juvenilen Würmern im Laufe des Jahres . . . . .	151
V. Vergleich der Individuenzahl, des Wurmgewichtes und des Arten- bestandes in den verschiedenen Geländeformen . . . . .	154
1. Abhängigkeit der Zahl und der Menge vom Boden, dem pH-Wert und der Berieselung . . . . .	154
2. Verteilung der Arten in den einzelnen Proben . . . . .	160
3. Vergleich der Anteile der einzelnen Arten in den verschiedenen Geländeformen . . . . .	169
4. Die Regenwürmer in den Verteilgräben . . . . .	172
VI. Wirkung der Berieselung . . . . .	174
1. Vergleich zwischen Hang- und Staulage auf berieselten Parzellen . .	174
2. Regenwürmer bei Überflutung auf Wiesen und Äckern . . . . .	177

\* Dissertation, vorgelegt bei der Naturw.-Math. Fakultät der Universität Freiburg (Zoolog. Institut)  
am 23. Juni 1960.

VII. Versuche über die Lebensdauer der Regenwürmer in Wasser und Abwasser . . . . .	181
VIII. Diskussion: Die Regenwurmfauna des Rieselfeldes und im Raume Freiburg im Vergleich zu der anderer Gebiete . . . . .	186
1. Artenbestand . . . . .	186
2. Ökologie . . . . .	189
IX. Zusammenfassung . . . . .	192
Literatur . . . . .	193

## I. Einleitung

In dem Freiburger Rieselfeld werden die Abwässer der Stadt ausreichend biologisch gereinigt, und der ursprünglich magere Boden der Anlage kann landwirtschaftlich günstig genutzt werden. Die jahrzehntelange Berieselung hat dem Boden, den Erzeugnissen und der Viehzucht nicht geschadet (RÖMER, MAISS, 1952). Die Wiesen tragen zwei- bis zweieinhalbfach mehr als gute unberieselte (SCHIRRMEISTER, 1938). SCHNETTER (1952 und 1955) beobachtete im Rieselgelände 160 Vogelarten, während auf einem gleichgroßen, benachbarten, unberieselten Gebiet nur halb so viele zu finden sind. 22 Arten sind im Rieselfeld typisch, weil sie als Sumpf- oder Wasservögel von überschwemmten Wiesen angezogen werden. Auch quantitativ hat sich der Vogelbestand vermehrt. Besonders auffallend sind die vielen Störche, die auf den überfluteten Wiesen Nahrung suchen; außer zwei Brutpaaren verleben regelmäßig 30 bis 50 „Junggesellen“ (Alter 1 bis 3 Jahre) den Sommer hier. Etwa 30 bis 40 schwarze Milane (4 bis 6 Brutpaare und einjährige ungepaarte Stücke) halten sich mit Vorliebe über den Klärbecken auf. Dieser Vogelreichtum hängt mit einem hohen Nahrungsangebot zusammen, die Berieselung muß sich günstig auf die Kleintierwelt ausgewirkt haben.

Die Regenwürmer werden von der Berieselung unmittelbar betroffen. Genügende Feuchtigkeit ist ja ausschlaggebend für eine dichte Regenwurm-besiedelung, wie DARWIN (1881), KOLLMANNSPERGER (1934), GRAFF (1950), RONDE (1951) und andere Autoren feststellten. Als Folge zu starker Bewässerung treibt aber der Sauerstoffmangel die Würmer aus dem durchtränkten Erdreich an die Oberfläche (MERKER, 1926 und 1931). Tatsächlich beobachtet man auf frisch berieselten Wiesen und besonders auf solchen Äckern zahlreiche tote oder sich nur schwach bewegende Würmer. Sie fallen dann den vielen Vögeln zum Opfer, die die berieselten Parzellen umlagern. Diese großen Verluste scheinen bedenklich, falls sie nicht bald wieder ausgeglichen werden; denn sonst dürften nach jahrzehntelanger Berieselung kaum noch Regenwürmer zu finden sein. Andererseits könnte man vermuten, daß die gleichmäßige Feuchtigkeit und das stärkere Nahrungsangebot den Regenwurmbestand fördern könne.

So erhebt sich die Frage, ob auf dem Rieselgelände im Vergleich zu unberieselten Flächen mehr oder weniger Regenwürmer vorhanden sind und ob der Artenbestand besonders charakteristisch ist.

Genauere Untersuchungen über die Regenwürmer eines umgrenzten Gebietes in Deutschland liegen vor von KOLLMANNSPERGER (1934) aus dem Belinchengebiet, einem märkischen Naturschutzgebiet an der Oder, von GRAFF (1950) aus der Umgebung von Braunschweig, von RONDE (1951) über einen Forstbetrieb des oberbayerischen Hügellandes und (1953) über einen des württembergischen Alpenvorlandes, von FINCK (1952) aus der Umgebung von Kiel, von ZUCK (1952) vom württembergischen Albtrauf und dessen Vorland und von BALTZER (1956) aus Westfalen. Rieselgelände wurde meines Wissens auf den Regenwurmbestand bisher nicht untersucht. GRAFF (1950) sammelte nur in den Gräben des Braunschweiger Rieselfeldes. MAISS (1952) erwähnt, daß er bei seinen Bodenuntersuchungen im Freiburger Rieselfeld überall Regenwürmer gefunden habe. Auch in der Münsteraner Rieselanlage kommen Regenwürmer vor (REINERT, 1956).

DARWIN (1881) rühmt die Bedeutung der Regenwürmer für die „Bildung der Ackererde“. Sie lockern den Boden auf, bahnen Wege für die Pflanzenwurzeln, sorgen dafür, daß der Boden gut durchlüftet wird (KÜHNELT, 1950) und wirken auch auf die chemische Beschaffenheit des Bodens günstig ein, wie SPANNAGEL (1950), FINCK (1952), JOSHI und KELKAR (1953) feststellten. Ein reicher Regenwurmbestand ist daher dem Landwirt sehr willkommen; denn er bürgt für ein gesundes Bodenleben.

Bei der großen Bedeutung, die die Beseitigung des Abwassers in der modernen Landeskultur besitzt, erschien es demnach lohnend, den Regenwurmbestand einer seit Jahrzehnten mustergültig arbeitenden Anlage sowie die Wirkung des Abwassers auf die Würmer genauer zu untersuchen.

Deshalb stellte ich den Artenbestand auf unberieseltem und unberieseltem Gelände fest und verglich Menge und Gewicht der gesammelten Regenwürmer von gleichwertigen Probeflächen in Wiesen- und Ackerboden und ergänzend dazu im Wald und in den Rieselgräben. Da sich meine Untersuchungen vom Frühjahr bis zum Herbst ausdehnten, versuchte ich, den Einfluß der Jahreszeit auf den Regenwurmbestand zu klären. Probeflächen, die sich je nach dem Abstand zum Verteilgraben (Hang- oder Staulage) unterscheiden, sollten miteinander verglichen werden. Die Überflutung könnte einigen Regenwurmartens besonders hohe Verluste bringen, deshalb wollte ich den Anteil einzelner Gattungen und Arten unter den toten Tieren nach einer Berieselung feststellen. Laborversuche über die Lebensdauer der Würmer beim Aufenthalt in Riesel- und Leitungswasser sollten zeigen, ob es besonders widerstandsfähige Arten gibt. Endlich wollte ich den Artenbestand im Raume Freiburg mit dem aus anderen Gegenden Deutschlands bekannten in Beziehung setzen.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Dozent Dr. M. SCHNETTER, danke ich herzlich für die Überlassung des Themas, wertvolle Ratschläge und stete Förderung, Herrn Prof. Dr. O. KOEHLER und Herrn Prof. Dr. H. LÜDTKE für ihr Interesse an der Arbeit und ihre Unterstützung. Herr Direktor BINDERT vom Freiburger Rieselgut gestattete mir meine Untersuchungen; er und die Herren seines Personals unterstützten meine Arbeit in jeder Weise, so daß ich ihnen zu großem Dank verpflichtet bin. Außerdem danke ich dem Institut für Bodenkunde in Freiburg unter Leitung von Herrn Prof. Dr. R. GANSSEN für die Bestimmung der pH-Werte von jeder Sammelstelle, Herrn Reg.-Oberbaurat W. RÖMER für die Überlassung wertvollen unveröffentlichten Materials über das Rieselgut, Herrn Reg.-Fischereirat a. D. Dr. A. SCHÖN für die Anleitung zur O<sub>2</sub>-Messung der Wasserproben und Herrn Dipl.-Landwirt Dr. DUBBER vom Geologischen Landesamt in Baden-Württemberg, der mir bei der Bestimmung des Bodentyps und der Bodenart der einzelnen Probeflächen half. Vom Wetteramt Freiburg erhielt ich freundlicherweise Auskunft über die klimatischen Bedingungen in den Jahren während meiner Untersuchung.

## II. Beschreibung des Rieselgutes und der Bewässerungsverhältnisse

Das Rieselfeld der Stadt Freiburg wurde in den Jahren 1890—1897 angelegt und zu Beginn der zwanziger Jahre erweitert. Es liegt zwischen dem Schwarzwaldrand und dem Tuniberg, einer isolierten Scholle der Vorbergzone, 4 km westlich von Freiburg (Abb. 1) und umfaßt 335 ha, von denen 259 ha regelmäßig berieselt werden. Ursprünglich war dieses Gelände bis zu 80 % mit Auenwald bedeckt, der heute noch von allen Seiten das Rieselfeld umgibt. Nach langjähriger Erfahrung werden zwei Drittel (178 ha) der berieselten Fläche als Wiese und Weide und ein Drittel (81 ha) als Acker genutzt; denn das Grünland reinigt das Abwasser am besten und kann fast das ganze Jahr über berieselt werden.

Der Boden, das Lebenselement der Regenwürmer, wird durch das Zusammenspiel der Faktoren Gestein, Klima, Vegetation, Relief, Zulußwasser und der menschlichen Wirtschaft gebildet (GANSSEN, 1954). Den Untergrund des Rieselgeländes bilden Urgesteinsschotter (Gneise und Granit) mit sandigen oder lehmigen Zwischenmitteln, die alle die Dreisam aus dem Schwarzwald anschwemmte. Es finden sich alle Übergänge vom Grobkies bis zum Sand und stellenweise zwischengelagerten dichteren Schichten (RÖMER, 1952). Als Bodentyp liegt meist grauer Auenboden geringer oder mittlerer Sättigung, seltener Anmoorglei und brauner Auenboden vor, als Bodenart meist humoser lehmiger oder toniger Sand mit wechselnder Mächtigkeit und selten humoser sandiger oder toniger Lehm vor. Während meiner Untersuchungen (von 1955 bis 1958 gemittelt) fiel jährlich etwa 950 mm Niederschlag (Lan-

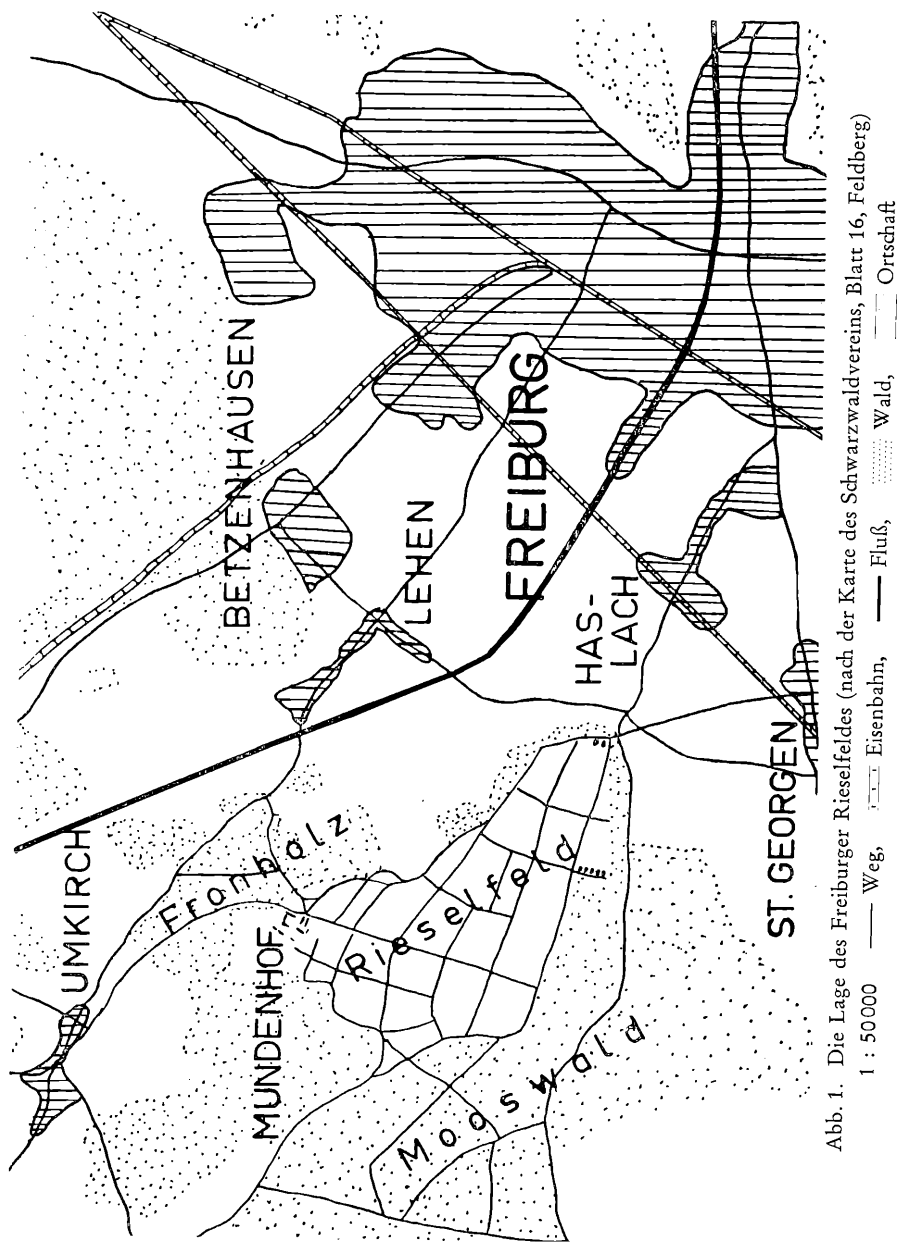


Abb. 1. Die Lage des Freiburger Rieselfeldes (nach der Karte des Schwarzwaldvereins, Blatt 16, Feldberg)

deswetterdienst, Freiburg, Tab. 1). Die zusätzlichen Wassermengen, die durch die Berieselung aufgeleitet werden, betragen für die Wiesen mit jährlich rund 6 800 mm das Siebenfache. Die Winter sind verhältnismäßig mild; außerdem erwärmt das auch im Winter mit etwa 8° C zufließende Wasser den Boden. Die neuangelegten Wiesen werden mit einer Grassamenmischung von 80 % Obergräsern und 20 % Untergräsern besät: 25 % Welsches Weidelgras, 20 % Wiesenschwingel, 15 % Knaulgras, 10 % Timotheusgras, 10 % Wiesenfuchsschwanz, 15 % Deutsches Weidelgras, 5 % Wiesenrispengras. Auf den untersuchten Wiesen fand ich außerdem noch in großen Mengen Klee und Löwenzahn. Die Äcker werden mit Getreide, Kartoffeln, Raps und Mais bestellt. Ich grub nur auf Weizen- und Gerstenfeldern. Nach RONDE (1951) üben Bodenvegetation und Bestockung einen Einfluß auf den Regenwurmbestand aus.

Tabelle 1

**Klimatische Verhältnisse in den Jahren 1955 bis 1958,**

gemessen vom Freiburger Wetteramt, Beobachtungsstellen: Freiburg-Haslach (Niederschläge) und Mengen bei Freiburg (Lufttemperatur), Nd = Niederschläge, T = Temperatur

Monat	1955		1956		1957		1958	
	Nd mm	T °C	Nd mm	T °C	Nd mm	T °C	Nd mm	T °C
Januar	108	1,3	50	-0,2	28	3,0	75	0,8
Februar	50	5,2	8	6,0	105	-8,8	122	2,0
März	62	2,4	19	9,3	46	4,7	25	3,6
April	27	6,9	96	9,3	32	7,9	56	9,1
Mai	123	15,4	118	11,5	36	14,2	97	12,5
Juni	132	16,0	85	17,4	130	14,6	147	16,6
Juli	148	18,8	176	18,8	154	18,0	122	18,6
August	45	18,6	161	16,7	98	15,9	145	17,6
September	42	16,2	70	14,3	85	15,4	123	14,3
Oktober	35	9,5	116	9,2	38	8,9	69	8,2
November	17	4,8	41	4,8	43	3,1	88	3,0
Dezember	88	3,4	28	0,9	23	2,7	75	4,9
jährlich	877	9,9	968	9,8	818	8,3	1144	9,3

Das Grundwasser steht nach einer Karte vom 5. November 1951 (RÖMER, 1952) in einer Tiefe von 5 m im östlichen Teil und bis 2 m im westlichen Teil an. Vor Anlage des Rieselfeldes lag der Grundwasserspiegel viel höher, im unteren Teil nur 30 bis 50 cm unter der Oberfläche. Der Boden des Rieselfeldes ist von Natur aus meist gut durchlässig. Nach den Erfahrungen der ersten Jahre wurden alle 309 berieselten Parzellen planiert und drainiert. Das Gelände neigt sich mit einem natürlichen Gefälle von 1‰ nach Westen ab.

Das Freiburger Abwasser (RÖMER, 1952) bringt bei einem mittleren Trockenwetterabfluß von etwa 33 000 cbm täglich 15 000 cbm Hausabwasser, 10 000 cbm Industrieabwasser und 8 000 cbm Grund- und Oberflächenwasser in die beiden ausgemauerten Klärbecken von je 53 m Länge und 26 m Breite. Sie halten im Mittel 90 % aller absetzbaren Stoffe zurück. Hauptleiter führen das Abwasser in die Verteilgräben. Die einzelnen Parzellen sind je 0,8 bis 1 ha groß, 120 bis 180 m lang und in Richtung des Fließgefälles 50 bis 60 m breit (Abb. 2). Beim Überrieseln wird das Wasser gut belüftet. Im unteren Drittel einer Parzelle staut sich das Wasser etwa 3 bis 36 Stunden lang, je nach der Bodenart und Witterung. Man unterscheidet deshalb eine *H a n g -* und eine *S t a u l a g e*. Das Ackerland kann auch mit Abwasser beschickt werden, das nicht erst durch die Kläranlagen gelaufen ist. Aus dem Drainagenetz sammelt sich das gereinigte Wasser in den vier Vorflutern, die aus dem Rieselfeld heraus zum Mühlgraben bei Gottenheim führen und bei Riegel in die Dreisam münden.

MAISS (1952) stellte fest, daß die physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dem Rieselfeld besser seien als auf Vergleichsflächen, offensichtlich eine Folge der Berieselung. Im chemischen Gefüge des mit Abwasser beschickten Bodens können geringfügige bis stärkere Verluste an den austauschbaren Bestandteilen eintreten, aber der Boden ist besser gekrümelt als der unberieselte. Ein Vergleich zwischen Analysen aus den Jahren 1935 und 1951 von dem gleichen berieselten Dauergrünland zeigte in den 16 Jahren einen Zuwachs von 26 % organischer Substanz in der Krume und von 19 % im Untergrund. Der pH-Wert des Bodens liegt im Rieselfeld wie im umgebenden Wald und in den unberieselten Flächen im sauren Bereich. Anorganische Salze, die durch das Abwasser zugeführt werden können, fanden sich im Boden nicht in schädlicher Konzentration. Die Mikroflora ist nach Untersuchungen von MAISS auf dem Rieselfeld besonders begünstigt.

Die landwirtschaftlichen Erträge des Rieselgutes, dessen Ländereien auf dem flachgründigen, sauren Boden erst durch Rodung entstanden, wären ohne die Abwasserberieselung nicht so ergiebig. Die Fruchtbarkeit des Rieselfeldes hat sich seit vier Jahrzehnten bis zur dreifachen Marktleistung gesteigert (RÖMER, 1952). Die Rieselwiesen werden bis zu sechsmal im Jahr geschnitten (April bis Oktober).

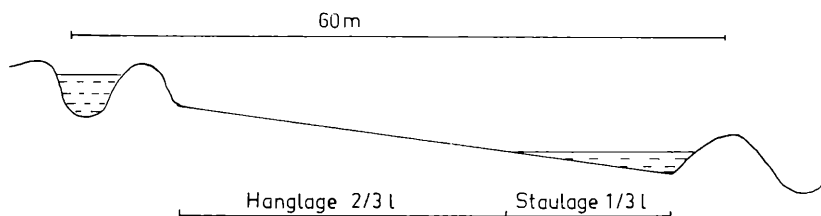


Abb. 2. Querschnitt durch eine Rieselabteilung (nach RÖMER, 1953)

### III. Untersuchungstechnik und Bestimmungsmethode

Beim Sammeln der Regenwürmer stach ich wie RONDE (1951) mit einem kleinen Spaten die Bodendecke von 1 qm, in Ausnahmefällen von  $\frac{1}{2}$  qm, bis zu einer Tiefe von 10 bis 12 cm ab. Den aufgeworfenen Boden zerbröckelte ich nach jedem Spatenstich mit den Händen und sammelte schnell alle Regenwürmer in Schraubgläser ein. Die Würmer dieser obersten Bodenschicht, die ich stets mit „a“ bezeichne, hielt ich getrennt von denen aus einer zweiten, mit „b“ bezeichneten Schicht, die noch 10 bis 20 cm tiefer reichte. Der Boden auf dem Rieselfeld ist allgemein sehr flachgründig, so daß es dicht gelagerte Kieselsteine und Schotter unmöglich machten, mit dem Spaten noch tiefer vorzudringen. Zum Schluß füllte ich die aufgeworfene Erde wieder ein und setzte die Grasnarbe wieder auf.

Tabelle 2

**Verzeichnis der im Raume Freiburg gefundenen Arten und deren Individuenzahl**  
Nr. 1 bis 16 im Rieselfeld oder in unmittelbarer Umgebung, Nr. 17 und 18 auf dem Gelände hinter dem Zoologischen Institut gefunden. *L.* = *Lumbricus*, *D.* = *Dendrobaena*, *E.* = *Eisenia*, *E'lla* = *Eiseniella*, *O.* = *Octolasion*, *A.* = *Allolobophora*

Anzahl der Tiere:	adult	juvenil *	Stücke
1. <i>L. herculeus</i> SAVIGNY, 1826 = <i>L. terrestris</i> L., 1758, part.	124	1506	115
2. <i>L. rubellus</i> HOFFMEISTER, 1843	256		
3. <i>L. castaneus</i> (SAVIGNY, 1826)	19	72	3
4. <i>D. octaedra</i> (SAVIGNY, 1826)	28		
5. <i>D. platyura</i> FITZINGER, 1833	10		
6. <i>D. subrubicunda</i> (EISEN, 1874)	33	18	3
7. <i>D. attemsi</i> MICHAELSEN, 1902	1		
8. <i>E. foetida</i> (SAVIGNY, 1826)	30	2	5
9. <i>E'lla t. tetraedra</i> (SAVIGNY, 1826)	36	91	18
10. <i>O. cyaneum</i> (SAVIGNY, 1826)	89		
11. <i>O. lacteum</i> (OERLEY, 1885)	68	2288	339
12. <i>A. c. caliginosa</i> (SAVIGNY, 1826)	445		
13. <i>A. c. trapezoides</i> DUGES, 1828	271		
14. <i>A. r. rosea</i> (SAVIGNY, 1826) = ( <i>E. rosea</i> SAVIGNY, 1826)	607		
15. <i>A. chlorotica</i> (SAVIGNY, 1826)	44		
16. <i>A. limicola</i> MICHAELSEN, 1890	46	1	
17. <i>A. terrestris longa</i> (UDE, 1885)	7		
18. <i>A. icterica</i> (SAVIGNY, 1826)	1		
	2115	3977	483

Wegen Bestimmungsschwierigkeiten konnte ich die juvenilen Tiere meist nur den Gattungen zuzuordnen.



Diese Methode birgt natürlich einige Fehlerquellen in sich, weil sich vielleicht einige Regenwürmer schnell in größere Tiefen zurückziehen oder überhaupt unerreichbar tief sitzen. Dieser Fehler ist aber bei allen Proben gleichmäßig vorhanden, und da ich mich stets bemüht habe, mit der gleichen Sorgfalt zu sammeln, werden sich doch vergleichbare Werte ergeben.

Ich konnte nur bei trockenem Wetter graben, weil sich nasse Erde nicht zerbröckeln läßt. Meistens arbeitete ich draußen zwischen 8 und 14 Uhr, im Herbst zwischen 11 und 15 Uhr. Aus jeder Bodenschicht nahm ich eine Erdprobe mit und ließ mir vom Institut für Bodenkunde den pH-Wert bestimmen. Von der Lage jeder Sammelstelle legte ich eine Skizze an. Vom Rieselfeld stand mir eine Karte des Wasserwirtschaftsamtes zur Verfügung, nach der die Gewanne und Parzellen numeriert sind.

Die Regenwürmer bestimmte ich nach der Tabelle von WILCKE (1949) und dem Bilderatlas von GRAFF (1953 b), die es gestatten, äußere Merkmale der Tiere systematisch auszuwerten. Ich versuchte stets, auch junge Tiere nach der Farbe, der Form des Kopfklappens, der Borstenstellung und der Lage des ersten Rückenporus zu erkennen und sie mindestens einer der sechs Gattungen, *Lumbricus*, *Allolobophora*, *Dendrobaena*, *Eisenia*, *Eiseniella* oder *Octolasion*, zuzuordnen. Die einzelnen Arten unterscheiden sich hauptsächlich in der Lage des Clitellums und der Ausbildung der Pubertätstuberkel und Wälle. Zum Bestimmen betäubte ich die Regenwürmer in 10% Alkohol, legte sie nach der Vorschrift von GRAFF (1953 b) in 70% Alkohol, dem einige ccm Formaldehyd zum Härten beigefügt waren. Ich wog die fixierten Tiere auf 10 mg genau ab, maß ihre Länge und Dicke und bestimmte die charakteristischen Merkmale unter dem Binokular. Die in dieser Arbeit angegebenen Gewichte beziehen sich auf die toten fixierten Tiere. Die Lebendgewichte liegen durchschnittlich 10 bis 15 % höher.

WILCKE (1949) gibt in seiner Tabelle 30 Arten für Deutschland an, drei davon wurden nicht im Freiland, sondern nur im Gewächshaus angetroffen und sind eingeschleppt. Ich bestimmte 17 Arten (18 Formen). Davon sind zwei Arten (*Dendrobaena attemsi* und *A. icterica*) nicht in der Tabelle von WILCKE angeführt. Da ich nur je ein Exemplar fand, mag es sich um eingeschleppte Arten handeln. Nicht aus dem Rieselfeld und seiner Umgebung, sondern aus Freiburg von dem Gelände hinter dem Zoologischen Institut stammen die Arten *A. terrestris longa* und *A. icterica*. Von allen sechs Gattungen der Lumbriciden *Allolobophora*, *Octolasion*, *Dendrobaena*, *Eisenia*, *Eiseniella* und *Lumbricus* fand ich Vertreter (Tab. 2). Die Arten *A. caliginosa* und *A. rosea* sammelte ich wie KOLLMANNSPERGER (1934) am häufigsten.

## IV. Jahreszeitliche Verschiedenheiten im Regenwurmbestand

### 1. Vertikale Verteilung der Regenwürmer im Boden

Temperatur und Niederschläge beeinflussen nach DARWIN (1881), STÖCKLI (1928) und KOLLMANNSPERGER (1934) die Regenwurmtätigkeit: In den un-

günstigen trockenen und heißen und den zu kalten Monaten flüchteten die Regenwürmer in tiefere Bodenschichten, wenn dies nicht von anstehendem Grundwasser, Schotter und dichteren Schichten verhindert würde.

Tabelle 3

**Vertikale Verteilung der Regenwürmer im Boden**

Die Proben Nr. 5, 9 und 15 sind weggelassen, weil nicht tiefer als 12 cm aufgedigelt wurde. a = bis 12 cm, b = tiefer als 12 cm, Parz. = Parzelle

**a) Berieselte Wiesen**

Nr.	Parz.	Tag	Anzahl		in ‰		Gewicht in mg		in ‰	
			a	b	a	b	a	b	a	b
1	97	11. 6. 55	135	3	98	2	26 240	535	98	2
2	278	18. 6. 55	93	10	90	10	16 790	2 350	88	12
3	178	23. 6. 55	86	30	74	26	25 915	26 400	50	50
4	148	2. 7. 55	22	30	42	58	4 480	4 800	48	52
7	271	21. 7. 55	118	35	77	23	31 080	18 830	62	38
14	120	25. 8. 55	176	37	83	17	47 370	19 100	71	29
17	120	8. 9. 55	100	11	90	10	25 450	4 000	86	14
19	147	20. 9. 55	37	13	74	26	12 210	4 290	74	26
20	151	22. 9. 55	76	25	75	25	18 050	17 830	50	50
21	151	3. 10. 55	56	38	60	40	6 255	6 030	51	49
22	271	11. 10. 55	70	2	97	3	15 120	510	97	3
26	103	3. 11. 55	64	6	91	9	17 150	6 690	72	28
29 *	255	11. 11. 55	26	—	100	—	15 460	—	100	—
39	178	6. 6. 56	128	7	95	5	53 840	5 400	91	9
40	178	6. 6. 56	60	18	77	23	29 650	11 680	72	28
41	90	16. 6. 56	57	10	85	15	35 910	9 540	79	21
42	90	16. 6. 56	202	14	94	6	55 630	13 420	81	19
43	271	29. 6. 56	40	7	85	15	20 070	6 420	76	24
44	271	29. 6. 56	18	10	64	36	5 670	5 340	52	48
73	178	19. 7. 58	230	34	87	13	85 040	16 740	84	16
74	178	19. 7. 58	56	—	100	—	39 910	—	100	—
75	103	26. 9. 58	29	2	94	6	9 350	7 630	55	45
76	103	26. 9. 58	72	—	100	—	17 200	—	100	—
79	99	29. 9. 58	56	4	93	7	16 770	5 470	75	25
80	99	29. 9. 58	50	2	96	4	25 520	2 400	91	9
83 *	237	15. 11. 58	140	14	90	10	53 620	6 370	89	11
			2197	362	86	14	709 750	201 775	78	22

**b) Unberieselte Wiesen**

6	—	16. 7. 55	29	2	94	6	7 195	2 240	76	24
18	—	13. 9. 55	16	19	46	54	5 320	4 990	52	48
23	—	17. 10. 55	56	6	90	10	14 790	3 560	81	19
24	—	31. 10. 55	160	4	98	2	42 405	3 730	92	8

\* Wiesenrain am Acker.

## REGENWURMBESTAND DER FREIBURGER BUCHT

147

Nr.	Parz.	Tag	Anzahl		in ‰		Gewicht in mg		in ‰	
			a	b	a	b	a	b	a	b
25	—	2. 11. 55	90	1	99	1	57 700	1 380	98	2
27	—	8. 11. 55	6	1	86	14	700	150	82	18
61	—	21. 10. 57	91	—	100	—	19 800	—	100	—
62	—	24. 10. 57	93	3	97	3	28 100	3 250	90	10
63	—	25. 10. 57	139	—	100	—	34 720	—	100	—
64	—	25. 10. 57	130	—	100	—	34 580	—	100	—
65	—	5. 11. 57	4	1	80	20	1 150	350	77	23
66	—	7. 11. 57	76	6	93	7	37 830	6 550	85	15
67	—	16. 11. 57	74	4	95	5	18 190	4 920	79	21
77	—	27. 9. 58	22	2	92	8	10 650	1 750	86	14
78	—	27. 9. 58	25	2	93	7	8 540	3 780	69	31
			1011	51	95	5	321 670	36 650	90	10

## c) Berieselte Äcker

8	155	11. 8. 55	23	81	22	78	3 130	25 790	11	89
11	241	15. 8. 55	3	16	16	84	610	4 785	11	89
12	245	16. 8. 55	102	40	72	28	18 935	13 250	59	41
13	238	23. 8. 55	69	12	85	15	18 460	7 980	70	30
16	255	5. 9. 55	22	19	54	46	2 180	4 120	35	65
28	255	11. 11. 55	31	11	74	26	18 420	5 720	76	24
30	255	12. 11. 55	4	4	50	50	790	1 000	44	56
31	255	12. 11. 55	74	5	94	6	37 900	8 170	82	18
55	82	16. 10. 57	25	14	64	36	7 550	5 160	59	41
56	82	16. 10. 57	62	29	68	32	19 810	15 260	57	43
57	81	18. 10. 57	75	13	85	15	18 650	3 600	84	16
58	81	18. 10. 57	75	14	84	16	22 330	13 720	62	38
59	80	19. 10. 57	30	17	64	36	7 410	6 140	55	45
60	80	19. 10. 57	31	18	74	26	14 740	5 430	73	27
81	238	23. 10. 58	68	5	93	7	22 950	4 660	83	17
82	238	23. 10. 58	58	2	97	3	19 650	2 000	91	9
			772	300	72	28	233 515	126 785	65	35

## d) Unberieselte Äcker

10	—	13. 8. 55	39	22	64	36	12 250	13 870	47	53
45	—	10. 10. 57	43	23	65	35	11 050	7 820	59	41
46	—	10. 10. 57	28	23	55	45	8 970	8 890	50	50
47	—	11. 10. 57	49	26	65	35	12 170	10 060	55	45
48	—	11. 10. 57	97	30	76	24	21 090	14 230	60	40
49	—	12. 10. 57	44	12	79	21	13 220	9 780	57	43
50	—	12. 10. 57	42	9	82	18	14 230	6 160	70	30
51	—	14. 10. 57	21	2	91	9	7 280	1 980	79	21
52	—	14. 10. 57	30	5	86	14	16 210	1 780	90	10
53	—	15. 10. 57	58	23	72	28	28 330	19 260	60	40
54	—	15. 10. 57	31	9	78	22	10 180	6 070	63	37
			482	184	72	28	154 980	99 900	61	39

Meine Proben sammelte ich von April bis November. Unterschiede in den Fangzahlen könnte man hauptsächlich der verschiedenen Jahreszeit zuschreiben. Im Hochsommer und bei anhaltender Trockenheit müßten dann die Zahlen kleiner sein und sich mehr Regenwürmer in der Bodenschicht unter 12 cm aufhalten bzw. die Zahl der Regenwürmer mit der größeren Tiefe zunehmen. Oft konnte ich auf den steinigten Böden nicht tiefer als 20 bis 25 cm graben. Man könnte deshalb bezweifeln, ob ich zu jeder Jahreszeit mit meiner Grabmethode den größten Teil der Regenwürmer erfaßt habe.

Auf den berieselten Wiesen betrug nur bei einer Probe am 2. Juli 1955 der Anteil der Würmer in der Schicht b (unter 12 cm Tiefe) mehr als 50 % (Tab. 3 a). Diese Probe entnahm ich eigenartigerweise von einer Wiese, die fünf Tage zuvor berieselt worden war. Außerdem waren Juni und Juli 1955 recht niederschlagsreich (Tab. 1). Durchschnittlich hielten sich 86 % der Würmer bis zu einer Tiefe von 12 cm auf. Von den 26 Proben wurden 14 in den für Regenwürmer ungünstigen Monaten Juni, Juli und August genommen. Nun braucht auf den berieselten Wiesen die Tiefenverteilung nicht von der Jahreszeit abzuhängen; denn neben den Niederschlägen liefert das Abwasser zusätzliche Feuchtigkeit.

Auf den unberieselten Wiesen, von denen hauptsächlich in den kühleren Monaten September, Oktober und November Proben genommen wurden, hielten sich sogar 95 % der Würmer in einer Tiefe bis zu 12 cm auf (Tab. 3 b). Die Probe Nr. 6 vom Juli 1955 macht dabei keine Ausnahme, wohl aber Nr. 18 vom trockenen September 1955 (Tab. 1).

Ungünstiger für die obere Bodenschicht liegen die Verhältnisse beim Ackerland (Tab. 3 c und d). Nur 72 % der Anzahl und 65 % des Gewichtes sind für die a-Schicht der berieselten Felder zu errechnen, für die unberieselten ergeben sich mit 72 % und 61 % ganz ähnliche Werte. Die Proben wurden entnommen, als die abgeernteten Getreidefelder im Sommer bzw. im Herbst ohne schützende Pflanzendecke den Einflüssen der Witterung ausgesetzt waren. In den Proben Nr. 8 und 11 hatte sich das übliche Verhältnis der Regenwurmanzahl in den beiden Schichten sogar umgekehrt, 22 % bzw. 16 % oben und 78 % bzw. 84 % unten.

Im Wald hinderten mich Steine und Wurzelwerk, tiefer als 12 cm vorzudringen. In der Probe 38 (Mai) konnte ich den Boden bis zu einer Tiefe von 23 cm umgraben, fand jedoch in der Schicht zwischen 12 und 23 cm keinen einzigen Wurm. Nach GRAFF (1953c) hielten sich im Laubwald von 954 Individuen aus 70 Einzelproben 68 % bis zu einer Tiefe von 6 cm, 30 % von 7 bis 25 cm und nur 2 % unter 25 cm auf.

Größere und schwerere Würmer werden auch in tieferen Schichten zu finden sein, während leichtere nicht die Muskelkraft besitzen, um sich so tief einzugraben, oder sie sind an die humusreichere und besser belüftete Erde der Oberschicht gebunden. Deshalb liegt das Verhältnis der Gewichte für die

a-Schicht nicht so günstig, wie es die prozentuale Verteilung der Individuen vermuten läßt: Bei berieselten Wiesen zu 78 %, bei den unberieselten zu 90 %, bei den berieselten Äckern zu 65 % und bei den unberieselten zu 61 % in der a-Schicht (Tab. 3). Ein Regenwurm aus der b-Schicht in berieselten und unberieselten Wiesen wiegt durchschnittlich fast doppelt soviel wie ein Wurm aus der oberen Schicht (Tab. 4). Nur im berieselten Acker wiegen die Würmer aus der tieferen Schicht durchschnittlich 420 mg gegenüber 300 mg in der oberen. Hier haben sich wohl auch kleinere Individuen tiefer zurückziehen müssen, um austrocknenden Sonnenstrahlen auszuweichen. Auf dem unberieselten Acker sind die Gewichtsunterschiede wieder deutlicher, weil die Proben meist im kühleren Monat Oktober genommen sind.

Nach WILCKE (1953 b) lassen sich die einzelnen Regenwurmart in tiefgründigem Boden verschiedenen Schichten zuordnen. Die jungen Tiere aller Arten bleiben nach seiner Feststellung in der Regel im A-Horizont (humoser Horizont, „Mutterboden“). Anstehendes Gestein, Schotter-schichten, hoher Grundwasserspiegel, dichte Sand- und Tonschichten und starker Säuregrad hindern die Regenwürmer seiner Ansicht nach, in größere Tiefen vorzudringen.

Tabelle 4

**Durchschnittliches Gewicht eines Regenwurms in den verschiedenen Biotopen**

a = bis zu 12 cm, b = unter 12 cm Tiefe

	Gewicht in mg		Anzahl	
	a	b	a	b
Berieselte Wiese	320	560	2 197	362
Unberieselte Wiese	320	720	1 011	51
Berieselter Acker	300	420	772	300
Unberieselter Acker	320	540	482	184
Gesamtdurchschnitt	320	520	4 462	897

Meine Beobachtungen entsprechen denen von WILCKE (1953 b) in mancher Hinsicht, doch ist auf den flachgründigen Böden des Rieselfeldes eine ausgeprägte Schichtung nicht zu erwarten (Tab. 5). Ich berücksichtigte nur erwachsene Individuen aus dem Acker- und Wiesenboden. Die Angehörigen der Arten *L. rubellus*, *O. lacteum*, *D. platyura*, *D. octaedra*, *A. chlorotica* und *A. limicola* waren zu über 90 % auf die a-Schicht verteilt, nur Vertreter der Art *L. herculeus* hielten sich mit 41 % seltener in der oberen Schicht auf. Diese größte und schwerste Regenwurmart ist mir sicher häufig entgangen. Vielleicht zieht sich diese Art auch blitzschnell in sichere Tiefen zurück, wenn das Erdreich vom Graben erschüttert wird.

Tabelle 5

**Vertikale Verteilung und durchschnittliches Gewicht der Regenwurmarten  
im Wiesen- und Ackerboden**

a = bis zu 12 cm, b = unter 12 cm Tiefe. Gezählt wurden nur erwachsene Würmer

	Anzahl		in ‰		Gewicht in mg
	a	b	a	b	
<i>L. herculeus</i>	16	23	41	59	3 420
<i>L. rubellus</i>	117	9	93	7	610
<i>O. cyaneum</i>	27	18	60	40	1 720
<i>O. lacteum</i>	71	3	96	4	420
<i>D. octaedra</i>	27	—	100	—	100
<i>D. platyura</i>	9	1	90	10	1 460
<i>A. rosea</i>	420	113	79	21	310
<i>A. caliginosa</i>	535	75	88	12	490
<i>A. chlorotica</i>	39	1	97	3	240
<i>A. limicola</i>	45	1	98	2	250

Auffällig ist bei nahe verwandten Arten die Parallele zwischen der bevorzugten Bodentiefe und dem Körpergewicht (Tab. 5), z. B. bei *L. herculeus* und *L. rubellus*, bei *O. cyaneum* und *O. lacteum*, bei *A. caliginosa* und *A. chlorotica*, *A. limicola*. Nur *A. rosea* (310 mg) ist mit 21 ‰ zahlreicher in der tieferen Bodenschicht als *A. caliginosa* (490 mg) mit 12 ‰.

Tabelle 6

**Abnahme der Anzahl mit größerer Tiefe**

n = Anzahl, T = Tiefe

Nr.	n <sub>1</sub> *	T in cm	n <sub>2</sub>	T in cm	n <sub>3</sub>
3	86	12 — 17	19	17 — 25	11
7	118	12 — 20	27	20 — 35	8
8	23	12 — 20	70	20 — 30	11
12	102	12 — 25	40	25 — 30	—
13	69	12 — 30	12	30 — 40	—
14	176	12 — 20	35	20 — 35	2
16	22	12 — 20	11	20 — 28	8
17	100	12 — 25	10	25 — 35	1
19	37	12 — 21	8	21 — 29	5
20	76	12 — 20	21	20 — 28	4
21	56	12 — 17	38	17 — 27	—
26	64	12 — 25	6	25 — 35	—
28	31	12 — 25	10	25 — 30	1

\* Anzahl von 1 bis 12 cm Tiefe.

Da meine Ergebnisse im Herbst nicht auffallend von den Sommermonaten abweichen, obwohl natürlich Temperatur und Niederschläge die Regenwürmer beeinflussen, kann ich annehmen, daß ich zu jeder Jahreszeit den größten Teil der vorhandenen Regenwürmer erfaßt habe (mit Ausnahme vielleicht der Art *L. herculeus*) und die Unterschiede zwischen Sommer und Herbst nicht zu berücksichtigen brauche; denn der flachgründige Boden des Rieselfeldes verwehrt wohl den meisten Arten, in größere Tiefen auszuweichen. Die Anzahl der Regenwürmer nahm auch unterhalb von 12 cm mit größerer Tiefe ab (Tab. 6). Dies gilt auch für die Probe Nr. 8 von einem Acker, wo die a-Schicht weniger Würmer beherbergte als die b-Schicht.

## 2. Aktivitätsperioden der Regenwürmer

MICHON (1953, 1954, 1957) unterscheidet zwei Gruppen der Lumbriciden: 1. Amphodyname Arten, das sind solche, die sich mit und ohne Ruhezeit entwickeln können (*A. terrestris*, *A. caliginosa*, *A. chlorotica*, *A. rosea*). 2. Homodyname Arten, die keine Ruhezeit einschieben (*Octolasion cyaneum*, *O. lacteum*, *Ella tetraedra*, *L. rubellus*, *L. castaneus*, *L. herculeus* und *D. subrubicunda*).

MICHON konnte die Ruhepause experimentell auslösen, wenn er das Erdreich langsam austrocknen ließ. Erstaunlicherweise fand ich auch auf berieseltem Gelände im Sommer regelmäßig Würmer in lethargischen Ruhezuständen, so z. B. im Juni 1956 beim Graben auf Parzelle 90, die tags zuvor berieselt worden war. Ich zählte unter insgesamt 196 Würmern mit Sicherheit 27, die sich im Ruhezustand befanden, darunter nur zwei erwachsene der Art *A. caliginosa*. Alle gehörten zur Gattung *Allolobophora*, und zwar 23 davon zu *A. caliginosa*, drei zu *A. chlorotica* und einer zu *A. rosea*; alle sind also nach MICHONS Einteilung amphodyname Lumbriciden. Von den 25 jungen Tieren hatten neun angedeutete Pubertätswälle. Vielleicht waren sie schon geschlechtsreif gewesen. Trotzdem glaube ich nicht, daß die Ruhezeit dann eintritt, wenn die Würmer durch die Geschlechtstätigkeit erschöpft sind, wie es VEJDovsky (1892) annahm. Auch KOLLMANNSPERGER (1934, 1956) fand vorwiegend junge Exemplare im Sommer im Trockenschlaf.

## 3. Zahlenverhältnis zwischen adulten und juvenilen Würmern im Laufe des Jahres

Das Verhältnis der adulten zu den juvenilen Würmern steigt vom Juni mit 1 : 1,9 bis zum Juli mit 1 : 3,6 an und sinkt bis zum November auf 1 : 1,3 ab (Tab. 7). Im Juli und August fand ich demnach prozentual die wenigsten erwachsenen Tiere (Abb. 3). Die Funde auf den verschiedenen Bodenarten, Bebauungen und Berieselung sind dabei nicht einseitig auf die Monate verteilt. Im Juni und Juli konnte ich allerdings nur auf Wiesen graben, weil die Felder noch nicht abgeerntet waren. Im Oktober überwiegen

die Proben von den Äckern. Doch da sich die Artenzusammensetzung in diesen beiden Biotypen nicht grundlegend unterscheidet, kann ich die Ergebnisse vom Wiesen- und Ackerland zusammenfassen.

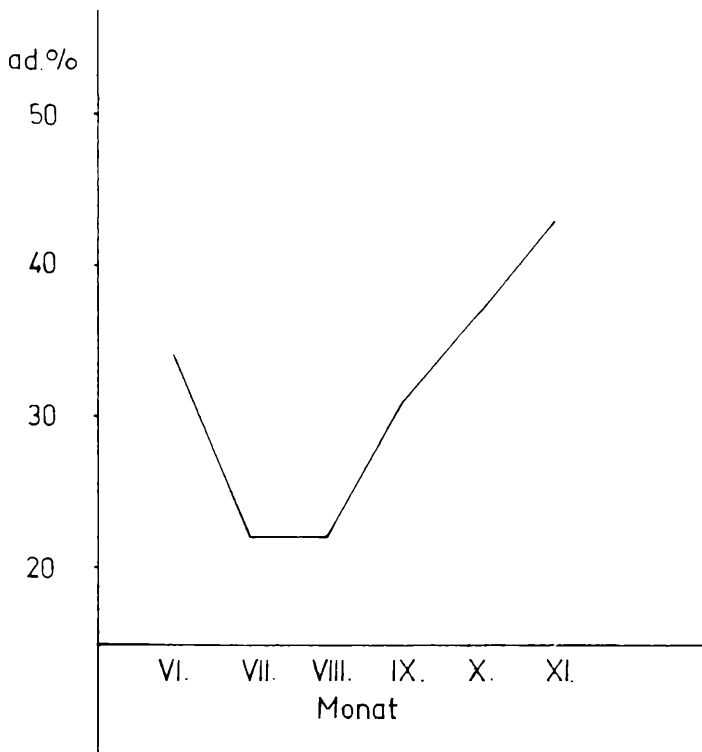


Abb. 3. Prozentsatz der adulten Würmer im Laufe des Jahres

Die Proben aus den Rieselgräben und dem Wald lassen sich in diese Reihe nicht einordnen. In den Rieselgräben ist die Artenzusammensetzung ganz anders als auf den Wiesen und Äckern. Es kommen hier Arten vor, die eine ausgesprochen kurze Entwicklungsdauer besitzen, z. B. *E. foetida* und *D. subrubicunda*. Auch für den Wald mögen andere Bedingungen gelten, denn hier können sich äußere Einflüsse, wie Temperatur und Feuchtigkeit, die die Entwicklung steuern, anders auswirken als auf dem offenen Gelände.

Der Erscheinung, daß im Sommer mehr junge Tiere auftreten, können verschiedene Ursachen zugrunde liegen:



1. Die erwachsenen Tiere ziehen sich in den Sommermonaten in größere Tiefen zurück und treten erst im Herbst wieder auf. Dann würde aber die Gesamtzahl der Regenwürmer in jeder einzelnen Probe im Herbst auffallend ansteigen müssen, und das ist nicht der Fall. Außerdem habe ich eingangs ja zu beweisen versucht, daß ich den größten Teil der Würmer auch im Sommer erfaßt habe.

Tabelle 7  
Zahlenverhältnis adulter und juveniler Würmer

Monat	Anzahl		Verhältnis	
	adult	juvenil	adult	juvenil
a) Wiese und Acker				
Juni	239	461	1	1,9
Juli	113	403	1	3,6
August	137	486	1	3,5
September	173	380	1	2,2
Oktober	692	1 176	1	1,7
November	257	340	1	1,3
b) Wald				
Mai und Juni	141	331	1	2,3
c) Rieselgraben				
April	134	27	1	0,2

2. Wahrscheinlich liegt die Fortpflanzungszeit der Regenwürmer im Frühjahr und Herbst, zur Zeit ihrer Aktivitätsperioden. KOLLMANNSPERGER (1956) beobachtete Paarungen von *L. herculeus* im Frühjahr und Herbst häufiger als sonst, doch nimmt er bei unseren Lumbriciden keinen besonderen Fortpflanzungsrhythmus an, da er in den Samensäcken aller untersuchten Lumbriciden während des ganzen Jahres reife Samen fand. *L. rubellus*, *O. cyaneum*, *A. chlorotica*, *A. rosea* und *A. caliginosa* brauchen nach Angaben von GRAFF (1953 b) unter günstigen Laboratoriumsbedingungen 120 bis 200 Tage, bis sie geschlechtsreif sind. Werden hauptsächlich im Frühjahr und gelegentlich im Herbst Eikokons abgelegt, aus denen je nach den Außenbedingungen nach drei bis vier Wochen (FÜLLER, 1954) Junge ausschlüpfen, dann sind in den Sommermonaten mehr juvenile Tiere zu erwarten als in den anderen Jahreszeiten.

3. Das Clitellum der adulten Regenwürmer verschwindet nach der Zeit der geschlechtlichen Aktivität (MICHON, 1953, 1954). Unter den juvenilen Tieren, die ich im Sommer fing, könnten daher solche Individuen sein, die schon geschlechtsreif und erwachsen waren und die ich wegen des fehlenden Clitellums den juvenilen zugeordnet habe.

Vermutlich wirken die beiden letztgenannten Ursachen zusammen, so daß ich im Sommer im Verhältnis wesentlich weniger geschlechtsreife Tiere finden konnte.

## V. Vergleich der Individuenzahl, des Wurmgewichtes und des Artenbestandes in den verschiedenen Geländeformen

### 1. Abhängigkeit der Zahl und der Menge vom Boden, dem pH-Wert und der Berieselung

Vergleicht man die Anzahl und das Gewicht der Regenwürmer aus den einzelnen Proben, so fällt auf, daß es Unterschiede gibt, die nicht auf die Jahreszeit zurückzuführen sind (Tab. 3 a, Juni 1956). Verschiedenheiten des Bodens werden hierfür wohl die Hauptursache sein. KOLLMANNSPERGER (1934) fand auf reinen Sandböden keine Regenwürmer. RAMANN (1911, nach KÜHNELT, 1950) sah sie in tonigen Böden zahlreicher als in sandigen, die das Wasser weniger gut festzuhalten vermögen.

Leider ist das Riesegelände in bezug auf den Boden recht uneinheitlich. Als Bodentyp liegt meist grauer Auenboden, seltener Anmoorglei, vor, aber die Bodenart wechselt vom humosen bis schwachhumosen sandigen Lehm bis zum schwach- oder starklehmigen oder tonigen Sand. Nach dem Vorbild von MAISS (1952) unterschied ich leichte, schwere und anmoorige Wiesenböden. Eine klare Einteilung zu treffen, war oft recht schwierig, da die Böden häufig Zwischenstufen darstellen oder leichter und schwerer Boden nebeneinander vorkommt, z. B. auf Parzelle 271. Im schweren Boden, der bis in tiefere Schichten mehr lehmige Anteile enthält, sind Zahl und Gesamtgewicht im berieselten und unberieselten Gelände in der Regel höher als in den stark mit Schotter durchsetzten leichten Böden (Tab. 8).

Für die berieselten Wiesen mit schwerem Boden (Tab. 8a) fand ich als niedrigstes Gesamtgewicht für 1 qm (Spalte II) 15 630 mg (Nr. 22) zwei Tage nach der Berieselung in der Staulage. Dieselbe Parzelle ergab im Juli des gleichen Jahres ebenfalls in der Staulage zwölf Tage nach einer Berieselung mit 49 910 mg das Dreifache in bezug auf das Gewicht. Es kann sich bei Nr. 22 um eine besonders ungünstige Stelle handeln, auf der vielleicht das angestaute Wasser besonders lange stand und die Würmer abwandern ließ. Als höchstes Gewicht für 1 qm fand ich 101 780 mg (Nr. 73) zwei Tage nach einer Berieselung auf einer im allgemeinen häufig berieselten Wiese in der Hanglage mit 264 Individuen, wobei der Anteil an Jungtieren mit 222 der Jahreszeit entsprechend besonders groß ist. Die seltener berieselten Flächen (Spalte IV) sind nicht eindeutig unterlegen, z. B. ergab der Wiesen-

rain eines Ackers (Nr. 83) in der Staulage ein relativ hohes Gewicht mit 59 990 mg, allerdings im verhältnismäßig feuchten Herbst 1958. Ebenso ist eine eindeutige Überlegenheit der Hanglage (Tab. 8 a, Spalte VI) aus dieser Tabelle nicht ersichtlich, denn die hohen Werte der Probe Nr. 14 mit 66 470 mg für 1 qm und mit 213 Individuen wurden gerade in der Staulage erzielt. Man muß schon Probeflächen von der Hang- und der Staulage auf ein- und derselben Parzelle miteinander vergleichen, wie ich es später getan habe (vgl. VI, 1).

Der pH-Wert des Bodens liegt auf dem Grasland zwischen 6,3 und 5,2 (in H<sub>2</sub>O gemessen), also recht niedrig. Schwankungen in diesen Grenzen scheinen den Wurmbestand wenig zu beeinflussen (Tab. 8 a, b, c, Spalte I). Trotz gleicher pH-Werte (5,9 in H<sub>2</sub>O) unterscheiden sich die Ergebnisse für 1 qm mit 4 600 mg und 14 Individuen (Tab. 8 b, Nr. 5) stark von denen der Probe Nr. 43 mit 26 500 mg und 47 Individuen für 1 qm.

Tabelle 8

### Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Anzahl (ad. = adult, juv. = juvenil, St. = Stücke) und Gesamtgewicht der Würmer pro qm in Abhängigkeit von: pH-Wert (gemessen in H<sub>2</sub>O in der oberen Bodenschicht), Zahl der Berieselungen (Z. d. B. 1: vom 1. 4. 1955 bis 31. 3. 1956; 2: vom 1. 4. 1956 bis 31. 3. 1957; 3: vom 1. 4. 1957 bis 31. 3. 1958; 4: vom 1. 4. 1958 bis 31. 3. 1959), Tage (Ta) nach der letzten Berieselung, Lage (L) der Probeentnahme (H = Hang, S = Stau), Parz. = Parzelle

#### a) Berieselte Wiese mit schwerem Boden

Nr. Parz.	Tag	I		II		III			IV				V	VI
		pH-Wert		Gewicht		Anzahl			Z. d. B.				Ta	L
		H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>		in mg		ad.	juv.	St.	1	2	3	4		
2	278 <sup>2</sup>	18.	6. 55	5,3	19 140	28	64	9	7				14	H
3	178	23.	6. 55	6,1	52 315	40	65	11	25				9	H
7	271	21.	7. 55	5,6	49 910	36	91	26	7				12	S
14	120	25.	8. 55	6,0	66 470	49	145	19	22				12	S
17	120	8.	9. 55	5,8	29 450	31	71	9	22				1	S
22	271	11.	10. 55	5,6	15 630	27	40	5	7				2	S
39	178	6.	6. 56	5,9	59 240	44	83	8	25	21			4	H
40	178	6.	6. 56	5,9	41 330	26	41	11	25	21			4	S
41	90	16.	6. 56	5,8	45 450	25	30	12	9	12			1	S
42	90	16.	6. 56	5,7	69 050	61	135	20	9	12			1	H

<sup>1</sup> In KCl gemessene pH-Werte und die der unteren Bodenschicht werden hier aus Raumangel nicht angeführt, liegen aber vor.

<sup>2</sup> Probe von 1/2 qm.

Nr. Parz.	Tag	I		II		III			IV				V	VI
		pH-Wert H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>		Gewicht in mg		Anzahl ad. juv. St.			Z. d. B.				Ta	L.
									1	2	3	4		
73	178	19. 7. 58	6,1	101 780	37 222	5	25	21	8	11	2	—	2	H
74	178	19. 7. 58	6,1	39 910	27 29	—	25	21	8	11	2	—	2	S
83	237 <sup>3</sup>	15. 11. 58	5,7	59 990	60 89	5	3	—	—	6	—	—	—	S

## b) Berieselte Wiese mit leichtem Boden

4	148	2. 7. 55	5,4	9 280	5 36	11	10						5	H
5	150	7. 8. 55	5,9	4 600	3 7	4	9						10	S
15	230	31. 8. 55	5,9	3 305	1 60	3	6						103	H
19	147	20. 9. 55	5,4	16 500	20 28	2	10						84	H
20	151	22. 9. 55	5,8	35 880	27 52	22	9						86	H
21	151	3. 10. 55	6,0	12 285	13 72	9	9						97	S
29	255	11. 11. 55	5,2	15 460	7 11	8	2						4	H
43	271	29. 6. 56	5,9	26 500	6 30	11	7	11					7	H
44	271	29. 6. 56	5,8	11 010	9 13	6	7	11					7	S

## c) Berieselte Wiese mit anmoorigem Boden

1	97	11. 6. 55	5,9	26 775	105	—	8						7	H
26	103	3. 11. 55	5,7	23 840	22 43	5	13						8	H
75	103	26. 9. 58	5,7	16 980	13 18	—	13	8	3	11			3	S
76	103	26. 9. 58	6,0	17 200	5 65	—	13	8	3	11			3	H
79	99	29. 9. 58	6,0	22 240	33 26	1	14	9	4	13			6	S
80	99	29. 9. 58	5,9	27 930	17 35	—	14	9	4	13			6	H

## d) Unberieselte Wiese mit schwerem Boden

24	—	31. 10. 55	5,4	46 135	69 80	15	—	—	—	—			—	—
25	—	2. 11. 55	6,0	59 080	40 46	5	—	—	—	—			—	—
61	—	21. 10. 57	5,5	19 800	27 54	10	—	—	—	—			—	—
62	—	21. 10. 57	5,6	31 350	52 30	14	—	—	—	—			—	—
63	—	25. 10. 57	5,7	34 720	58 70	11	—	—	—	—			—	—
64	—	25. 10. 57	5,6	34 580	52 69	9	—	—	—	—			—	—
66	—	7. 11. 57	6,2	44 380	23 54	5	—	—	—	—			—	—
77	—	27. 9. 58	5,6	12 400	13 11	—	—	—	—	—			—	—
78	—	27. 9. 58	5,4	13 320	7 19	1	—	—	—	—			—	—

## e) Unberieselte Wiese mit leichtem Boden

6	—	16. 7. 55	6,1	9 435	7 18	6	—	—	—	—			—	—
18	—	13. 9. 55	5,8	10 310	4 21	10	—	—	—	—			—	—
23	—	17. 10. 55	6,0	18 350	31 25	6	—	—	—	—			—	—
27	—	8. 11. 55	5,2	850	1 2	4	—	—	—	—			—	—
65	—	5. 11. 57	6,3	1 500	2 3	—	—	—	—	—			—	—
67	—	16. 11. 57	5,3	23 110	28 49	1	—	—	—	—			—	—

<sup>3</sup> Wiesenrain eines Ackers.

Nr. Parz.	Tag	I		II		III			IV				V	VI
		pH-Wert	H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>	Gewicht	in mg	ad.	juv.	St.	1	2	3	4	Ta	L
f) Berieselter Acker														
8	155	11.	8. 55	6,2	28 920	22	72	10	3				—	H
9	153*	11.	8. 55	—	200	—	1	—	3				—	H
11	241	15.	8. 55	5,9	5 395	3	15	1	1				—	H
12	245	16.	8. 55	5,8	32 185	18	111	13	1				—	S
13	238	23.	8. 55	6,4	26 440	20	57	4	3				11	H
16	255	5.	9. 55	6,3	6 300	7	34	—	2				—	S
28	255	11.	11. 55	7,3	24 140	28	13	1	2				4	H
30	255	12.	11. 55	6,3	1 790	2	4	2	2				5	S
31	255	12.	11. 55	6,4	46 070	44	26	9	2				5	H
55	82	16.	10. 57	6,1	12 710	11	25	3	—	—	1		—	S
56	82	16.	10. 57	6,4	35 070	20	66	5	—	—	1		—	H
57	81	18.	10. 57	6,4	22 250	13	72	3	1	—	1		—	S
58	81	18.	10. 57	6,0	36 050	16	69	4	1	—	1		—	H
59	80	19.	10. 57	6,5	13 550	6	39	2	2	—	1		—	S
60	80	19.	10. 57	6,2	20 170	14	51	4	2	—	1		—	H
81	238	23.	10. 58	6,8	27 610	35	38	—	3	—	—	6	—	H
82	238	23.	10. 58	6,7	21 650	20	40	—	3	—	—	6	—	H

**g) Unberieselter Acker**

10	—	13.	8. 55	6,0	26 120	24	25	12	—	—	—	—	—	—
45	—	10.	10. 57	6,1	18 870	12	52	2	—	—	—	—	—	—
46	—	10.	10. 57	5,9	17 860	18	24	9	—	—	—	—	—	—
47	—	11.	10. 57	6,6	22 230	26	40	9	—	—	—	—	—	—
48	—	11.	10. 57	6,6	35 320	51	69	7	—	—	—	—	—	—
49	—	12.	10. 57	6,5	23 000	15	38	3	—	—	—	—	—	—
50	—	12.	10. 57	6,4	20 390	21	29	1	—	—	—	—	—	—
51	—	14.	10. 57	7,0	9 260	11	12	—	—	—	—	—	—	—
52	—	14.	10. 57	7,0	17 990	18	13	4	—	—	—	—	—	—
53	—	15.	10. 57	5,6	47 590	42	36	3	—	—	—	—	—	—
54	—	15.	10. 57	6,8	16 250	14	23	3	—	—	—	—	—	—

**h) Wald**

35	—	7.	5. 56	4,3	23 350	13	39	6	—	—	—	—	—	—
36	—	7.	5. 56	4,2	1 810	1	8	2	—	—	—	—	—	—
37	—	9.	5. 56	4,6	27 670	14	60	12	—	—	—	—	—	—
38	—	9.	5. 56	4,1	2 620	3	1	—	—	—	—	—	—	—
68	—	30.	5. 58	4,0	600	1	1	—	—	—	—	—	—	—
69	—	14.	6. 58	4,8	40 800	27	69	4	—	—	—	—	—	—
70	—	14.	6. 58	5,0	40 680	22	85	5	—	—	—	—	—	—
71	—	21.	6. 58	4,5	17 160	18	17	2	—	—	—	—	—	—
72	—	21.	6. 58	4,6	58 680	42	51	1	—	—	—	—	—	—

Boden war zu steinig, deshalb auf  $\frac{1}{2}$  qm nur 5 cm tief gegraben!

Für die berieselten Wiesen mit leichtem Boden (Tab. 8 b) ist das höchste Gewicht mit 35 880 mg (Nr. 20) weder auf die häufigere Berieselung noch auf einen günstigeren Säuregrad, vielleicht auf die Hanglage zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Proben vom anmoorigen berieselten Boden liegen etwa zwischen denen vom schweren und leichten (Tab. 8 c).

Auch die Fangzahlen auf unberieselten Wiesen richten sich nach der Bodenart (Tab. 8 d und e); so erbeutete ich auf 1 qm mit leichtem Boden nur 7 Würmer im Gewicht von insgesamt 850 mg (Tab. 8 e, Nr. 27), auf 1 qm vom schweren mindestens 24 mit einem Gesamtgewicht von 12 400 mg (Tab. 8 d, Nr. 77).

Die Ackerflächen weisen keine so starken Bodenunterschiede auf, so daß ich hier alle Proben unter zwei Abschnitte (berieselte und unberieselte) unterbringen kann. Ackererde besitzt durchschnittlich einen höheren pH-Wert; er schwankt hier zwischen 5,6 und 7,3 (in H<sub>2</sub>O gemessen) und liegt etwa um den Neutralpunkt (Tab. 8 f und g), weil die Acker offensichtlich zusätzlich gekalkt werden, was nach GRAFF (1950) und DORELL (1950) den Regenwurmbestand begünstigt. Besonders auffällig sind die großen Unterschiede auf der berieselten Parzelle 255 (Tab. 8 f, Nr. 16, 28, 30, 31). Von diesen vier Probestellen liegen die aus der Hanglage mit 24 440 mg und 46 070 mg wesentlich höher als die aus der Staulage mit 6 300 mg und 1 790 mg. Auf dem unberieselten Acker ist das höchste Ergebnis 47 590 mg für 1 qm (Tab. 8 g, Nr. 53).

Es ist erstaunlich, bei welchen niedrigen pH-Werten überhaupt noch Regenwürmer in beträchtlicher Anzahl vorhanden sind, z. B. im Wald (Tab. 8 h, Nr. 72) bei einem pH-Wert von 4,6 (in H<sub>2</sub>O gemessen) 94 Individuen mit 58 680 mg auf 1 qm.

Aus den Ergebnissen meiner Untersuchungen läßt sich das durchschnittliche Gewicht und die durchschnittliche Anzahl für 1 qm errechnen und die Frage prüfen, ob das berieselte oder das unberieselte Gelände dichter besiedelt ist (Tab. 9).

In berieselten Wiesen mit leichtem Boden kommen auf 1 qm durchschnittlich 53 Regenwürmer mit einem Gesamtgewicht von 14 980 mg vor, auf unberieselten nur 36 Regenwürmer mit 10 590 mg, das bedeutet für die Anzahl einen Unterschied von 100 zu 68 %, für das Gewicht von 100 zu 71 %. Auch die berieselten Wiesen mit schwerem Boden sind den unberieselten mit ähnlichen Prozentzahlen überlegen. Für die Anzahl ergeben sich 139 Individuen mit 51 970 mg für berieselte Flächen, für unberieselte nur 94 Würmer (68 %) mit 32 860 mg (63 %). Die Zahlen für die berieselte Wiese mit anmoorigem Boden liegen mit 65 Tieren und 22 490 mg zwischen denen von schwerem und leichtem. Unberieselte anmoorige Vergleichsflächen konnte ich in der Umgebung des Rieselgeländes nicht finden.

Tabelle 9

**Durchschnittliche Anzahl und durchschnittliches Gewicht pro Quadratmeter**

qm = Zahl der aufgegrabenen Quadratmeter

	qm	Anzahl	in %	Gewicht in mg	in %
Berieselte Wiese mit leichtem Boden	9	53	100	14 980	100
Unberieselte Wiese mit leichtem Boden	6	36	68	10 590	71
Berieselte Wiese mit schwerem Boden	12,5	139	100	51 970	100
Unberieselte Wiese mit schwerem Boden	9	94	68	32 860	63
Berieselte Wiese mit anmoorigem Boden	6	65	—	22 490	—
Berieselter Acker	16,5	65	100	21 850	100
Unberieselter Acker	11	61	94	23 170	106

Wie die Berechnung des jeweiligen mittleren Fehlers der Mittelwerte  $\bar{m}^*$  zeigt, ist der Unterschied im Gesamtgewicht für 1 qm der Ergebnisse von den Wiesen mit schwerem Boden gesichert (berieselt  $52 \pm 6$  g; unberieselt  $33 \pm 5$  g), dagegen nicht von den Wiesen mit leichtem Boden (berieselt  $15 \pm 3,5$  g; unberieselt  $11 \pm 3,5$  g), wohl weil ich hier weniger oft gegraben habe. Doch da beim Vergleich von schweren und leichten Wiesenböden stets die berieselten Flächen im durchschnittlichen Gesamtgewicht für 1 qm überlegen sind, ist wohl eine fördernde Wirkung der Berieselung für den Regenwurmbesatz des Wiesenbodens anzunehmen. Das Abwasser kann auch indirekt in den Bestand der Regenwürmer eingegriffen haben, wenn sich der Boden erst durch die Berieselung verbessert hat. Bessere Bodenbedingungen haben meist auch stärkeren Regenwurmbesatz zur Folge.

Das Ackerland wird alle zwei bis drei Jahre höchstens dreimal (selten bis sechsmal), dann aber mit größeren Wassermassen beschickt. Die Vorteile der Berieselung für die Würmer, die sicher hauptsächlich darin bestehen, daß das Land öfters zusätzlich und möglichst gleichmäßig bewässert wird, werden sich auf dem Acker nicht zeigen. Ich fand auf unberieseltem Acker pro qm 61 Würmer mit 23 170 mg, auf berieseltem 65 mit 21 850 mg, also nur unbedeutende Unterschiede. Die Zahlen liegen zwischen denen von leichtem und schwerem Wiesenboden. Der von Natur aus meist leichte Ackerboden wurde wahrscheinlich dadurch etwas verbessert, daß zusätzlich gekalkt wird und die Steine herausgelesen werden.

Der Regenwurmbestand ist also auf berieselten Wiesen um 30 bis 40 % höher als auf unberieselten, dagegen sind berieselter und unberieselter Acker durchschnittlich gleich dicht besiedelt.

$$\bar{m} = \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}, \text{ BAULE (1950).}$$

## 2. Verteilung der Arten in den einzelnen Proben

Die Vertreter der einzelnen Arten sind selbst bei annähernd gleicher Bodenart nicht gleichmäßig verteilt (Tab. 10a bis h). So überwiegen auf sieben Probeflächen von je 1 qm berieselten schweren Wiesenboden die erwachsenen Angehörigen der Art *A. rosea* über die der Art *A. caliginosa* (Tab. 10a, Nr. 41, 3, 39, 40, 73, 83, 22), auf fünf entsprechenden Probeflächen hat sich das Verhältnis gerade umgekehrt (Tab. 10a, Nr. 42, 14, 17, 74, 2), ohne daß man dafür die Jahreszeit, den pH-Wert oder die Hang- und die Staulage verantwortlich machen kann. *D. octaedra* ist nur vereinzelt im Wiesenboden zu finden, tritt aber in der Probe 2 (Tab. 10a) auf  $\frac{1}{2}$  qm gleich mit 17 erwachsenen und 12 juvenilen Tieren auf. Den für Wiesenboden nicht charakteristischen Kompostwurm *Eisenia foetida*, der wahrscheinlich aus den Rieselgräben mit angespült wurde, fand ich auch nur auf einer Probefläche (Tab. 10a, Nr. 73) in mehreren Exemplaren (6 adulte, 14 juvenile Würmer).

Tabelle 10

### Verzeichnis der Arten aus den einzelnen Proben

Parz. = Parzelle, H = Hanglage, S = Staulage, ad. = adult, juv. = juvenil, St. = Stück, *A.* = *Allolobophora* (*cal.* = *caliginosa*, *chl.* = *chloritica*, *lim.* = *limicola*, *ros.* = *rosea*), *D.* = *Dendrobaena* (*att.* = *attemsi*, *o.* = *octaedra*, *plat.* = *platyura*, *sub.* = *subrubicunda*), *E.* = *Eisenia* (*foet.* = *foetida*), *E'lla* = *Eiseniella* (*tet. tetraedra*), *L.* = *Lumbricus* (*cast.* = *castaneus*, *h.* = *herculeus*, *r.* = *rubellus*), *O.* = *Octolasion* (*cyan.* = *cyaneum*, *lact.* = *lacteum*)

#### a) Berieselte Wiese mit schwerem Boden

Bodentyp: Grauer Auenboden mittlerer Sättigung

Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
90	0—18 cm stark humoser lehmiger Sand, 18 - 28 cm humoser lehmiger Sand, ab 28 cm roher mittelkörniger Sand.	41 S	ad. 7 <i>A. cal.</i> , 1 <i>A. chl.</i> , 14 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 2 <i>O. cyan.</i> juv. 22 <i>A.</i> , 8 <i>L.</i> St. 8 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i>
		42 H	ad. 44 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. chl.</i> , 2 <i>A. ros.</i> , 6 <i>D. o.</i> 1 <i>L. h.</i> , 3 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> , 2 <i>O. lact.</i> juv. 102 <i>A.</i> , 3 <i>D.</i> , 28 <i>L.</i> , 2 <i>O.</i> St. 16 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i> , 2 <i>O.</i>
120	0—22 cm humoser bis stark humoser lehmiger Sand, 22—35 cm schwach humoser lehmiger Sand, ab 35 cm schwach gebleichter schwachlehmiger kiesiger Sand.	14 S	ad. 38 <i>A. cal.</i> , 8 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. h.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 130 <i>A.</i> , 15 <i>L.</i> St. 19 <i>A.</i>
		17 S	ad. 21 <i>A. cal.</i> , 9 <i>ros.</i> , 1 <i>L. h.</i> juv. 67 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i> St. 9 <i>A.</i>



Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
178	0—12 cm humoser durchwurzelter Sand-Lehm, 12—25 cm schwach humoser Sand-Lehm, ab 25 cm stark grobsandiger Lehm, schwach gebleicht, Stauwässerzeiger.	3 H	ad. 6 <i>A. cal.</i> , 18 <i>A. ros.</i> , 1 <i>D. o.</i> , 1 <i>E. foet.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 5 <i>L. r.</i> , 8 <i>O. lact.</i> juv. 26 <i>A.</i> , 23 <i>D.</i> , 16 <i>L.</i> St. 11 <i>A.</i>
		39 H	ad. 5 <i>A. cal.</i> , 31 <i>A. ros.</i> , 8 <i>O. lact.</i> juv. 34 <i>A.</i> , 12 <i>D.</i> , 37 <i>L.</i> St. 3 <i>A.</i> , 1 <i>D.</i> , 3 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i>
		40 S	ad. 7 <i>A. cal.</i> , 18 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 28 <i>A.</i> , 1 <i>D.</i> , 12 <i>L.</i> St. 10 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
		73 H	ad. 2 <i>A. cal.</i> , 20 <i>A. ros.</i> , 1 <i>D. o.</i> , 6 <i>E. foet.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 6 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. lact.</i> juv. 48 <i>A.</i> , 5 <i>D.</i> , 14 <i>E.</i> , 154 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 2 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>
		74 S	ad. 15 <i>A. cal.</i> , 8 <i>A. ros.</i> , 4 <i>L. h.</i> juv. 29 <i>A.</i>
237	0—20 cm humoser lehmiger Sand, 20—40 cm lehmiger Sand.	83 S	ad. 19 <i>A. cal.</i> , 35 <i>A. ros.</i> , 1 <i>D. o.</i> , 1 <i>L. cast.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 2 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 57 <i>A.</i> , 31 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 5 <i>A.</i>
271	0—22 cm humoser bis stark humoser stark lehmiger toniger Sand, 22—50 cm stark lehmiger bis toniger gebleichter Sand.	7 S	ad. 16 <i>A. cal.</i> , 17 <i>A. ros.</i> , 1 <i>D. o.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 1 <i>O. lact.</i> juv. 68 <i>A.</i> , 23 <i>L.</i> St. 22 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i>
		22 S	ad. 8 <i>A. cal.</i> , 15 <i>A. ros.</i> , 4 <i>L. r.</i> juv. 21 <i>A.</i> , 19 <i>L.</i> St. 4 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
278 1/2 qm	0—20 cm humoser stark lehmiger toniger Sand, ab 20 cm stark lehmiger gebleichter Sand.	2 H	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 1 <i>A. chl.</i> , 1 <i>A. ros.</i> , 17 <i>D. o.</i> , 2 <i>L. r.</i> , 2 <i>O. cyan.</i> , 2 <i>O. lact.</i> juv. 32 <i>A.</i> , 17 <i>L.</i> , 12 <i>D.</i> , 3 <i>O.</i> St. 9 <i>A.</i>

## b) Berieselte Wiese mit leichtem Boden

Bodentyp: Grauer Auenboden geringer bis mittlerer Sättigung

Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
147	0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm hellgrauer stark glimmerhaltiger Sand, schwach-tonig	19 H	ad. 16 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 20 <i>A.</i> , 8 <i>L.</i> St. 2 <i>A.</i>
148		4 H	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 4 <i>A. ros.</i> juv. 26 <i>A.</i> , 9 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 10 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>

Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
150	0—25 cm stark humoser lehmiger Sand, ab 25 cm vergleiter toniger Sand.	5 S	ad. 3 <i>A. ros.</i> juv. 2 <i>A.</i> , 5 <i>L.</i> St. 3 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
151	0—30 cm stark humoser lehmiger Sand, 30—50 cm schwach gebleichter toniger Feinsand, ab 50 cm schwach lehmiger glimmeriger Sand.	20 H	ad. 12 <i>A. cal.</i> , 9 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. b.</i> , 4 <i>L. r.</i> juv. 21 <i>A.</i> , 31 <i>L.</i> St. 8 <i>A.</i> , 14 <i>L.</i>
		21 S	ad. 6 <i>A. cal.</i> , 7 <i>A. ros.</i> juv. 61 <i>A.</i> , 11 <i>L.</i> St. 9 <i>A.</i>
230	0—15 cm schwach humoser schwach lehmiger Sand, ab 15 cm steiniger Sand.	15 H	ad. 1 <i>A. ros.</i> juv. 60 <i>A.</i> St. 3 <i>A.</i>
255	0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm kiesiger Sand.	29 H	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. b.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 5 <i>A.</i> , 6 <i>L.</i> St. 7 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
271	0—20 cm humoser schwach lehmiger Sand, ab 20 cm gebleichter grober Sand, glimmerhaltig.	43 H	ad. 2 <i>A. cal.</i> , 4 <i>A. ros.</i> juv. 11 <i>A.</i> , 19 <i>L.</i> St. 7 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i>
		44 S	ad. 6 <i>A. cal.</i> , 3 <i>A. ros.</i> juv. 7 <i>A.</i> , 6 <i>L.</i> St. 5 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>

## c) Berieselte Wiese mit anmoorigem Boden

Bodentyp: Anmoorglei

Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
99	0—15 cm stark anmooriger Sand, ab 15 cm gebleichter toniger Sand.	79 S	ad. 13 <i>A. cal.</i> , 18 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. b.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 22 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i> St. 1 <i>A.</i>
		80 H	ad. 9 <i>A. cal.</i> , 4 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. b.</i> , 2 <i>L. r.</i> , 1 <i>D. sub.</i> juv. 12 <i>A.</i> , 2 <i>D.</i> , 21 <i>L.</i>
103	0—20 cm stark anmooriger Sand, 20—30 cm schwach feinsandiger toniger Lehm, gebleicht, ab 30 cm toniger gebleichter Sand.	26 S	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 5 <i>A. ros.</i> , 1 <i>D. sub.</i> , 1 <i>L. b.</i> , 12 <i>O. lact.</i> juv. 31 <i>A.</i> , 11 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 2 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>
		75 S	ad. 5 <i>A. cal.</i> , 6 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. b.</i> , 1 <i>O. lact.</i> juv. 17 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
		76 H	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 4 <i>L. r.</i> juv. 2 <i>A.</i> , 61 <i>L.</i> , 2 <i>D.</i>

## d) Unberieselte Wiese mit schwerem Boden

Bodentyp: Brauner Auenboden (Nr. 24, 61, 62), sonst grauer Auenboden  
mittlerer Sättigung

Bodenart	Nr.	Arten
0—12 cm humoser sandiger Lehm, 12—35 cm humoser stark grobsandiger Lehm.	24	ad. 12 <i>A. cal.</i> , 32 <i>A. ros.</i> , 6 <i>A. chl.</i> , 3 <i>L. h.</i> , 8 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> , 7 <i>O. lact.</i> juv. 60 <i>A.</i> , 3 <i>O.</i> , 17 <i>L.</i> St. 8 <i>A.</i> , 5 <i>L.</i> , 2 <i>O.</i>
	61	ad. 5 <i>A. cal.</i> , 9 <i>A. ros.</i> , 10 <i>A. lim.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> , 2 <i>O. lact.</i> juv. 41 <i>A.</i> , 13 <i>L.</i> St. 7 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>
	62	ad. 13 <i>A. cal.</i> , 19 <i>A. lim.</i> , 8 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. h.</i> , 1 <i>L. r.</i> , 2 <i>O. cyan.</i> , 7 <i>O. lact.</i> juv. 24 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i> , 3 <i>O.</i> St. 12 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i>
0—20 cm humoser feinsandiger Lehm, 20—60 cm schwach humoser feinsandiger Lehm, ab 60 cm kiesiger Sand.	63	ad. 14 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. chl.</i> , 12 <i>A. lim.</i> , 11 <i>A. ros.</i> , 6 <i>L. r.</i> , 9 <i>O. lact.</i> , 4 <i>O. cyan.</i> juv. 59 <i>A.</i> , 5 <i>L.</i> , 6 <i>O.</i> St. 7 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i> , 3 <i>O.</i>
	64	ad. 10 <i>A. cal.</i> , 5 <i>A. lim.</i> , 1 <i>A. chl.</i> , 23 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 9 <i>L. r.</i> , 3 <i>O. lact.</i> juv. 52 <i>A.</i> , 17 <i>L.</i> St. 9 <i>A.</i>
0—12 cm humoser Sand-Lehm, 12—25 cm schwach humoser Sand-Lehm, darunter grobsandiger Lehm.	25	ad. 1 <i>A. ros.</i> , 1 <i>D. o.</i> , 10 <i>D. plat.</i> , 1 <i>E'lla tet.</i> , 23 <i>L. r.</i> , 4 <i>O. lact.</i> juv. 1 <i>A.</i> , 10 <i>D.</i> , 1 <i>E'lla</i> , 33 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 1 <i>D. o.</i> , 4 <i>L.</i>
0—25 cm humoser stark lehmiger Sand, 25—35 cm humoser stark sandiger Lehm, ab 45 cm schwach ausgebleicht.	66	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 15 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 1 <i>L. r.</i> , 3 <i>O. cyan.</i> juv. 49 <i>A.</i> , 5 <i>L.</i> St. 4 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
	77	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 8 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. r.</i> , 2 <i>O. cyan.</i> juv. 10 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
	78	ad. 7 <i>A. ros.</i> juv. 17 <i>A.</i> , 1 <i>D.</i> , 1 <i>L.</i> St. 1 <i>A.</i>

## e) Unberieselte Wiese mit leichtem Boden

Bodentyp: Grauer Auenboden geringer bis mittlerer Sättigung

Bodenart	Nr.	Arten
0—15 cm humoser schwach lehmiger Sand, ab 15 cm steiniger schwach lehmiger Sand.	6	ad. 6 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. b.</i> juv. 18 <i>A.</i> St. 5 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
	18	ad. 4 <i>A. cal.</i> juv. 21 <i>A.</i> St. 10 <i>A.</i>
0—15 cm humoser lehmiger Sand, 15—30 cm schwach humoser lehmiger Sand.	23	ad. 13 <i>A. cal.</i> , 11 <i>A. ros.</i> , 7 <i>L. r.</i> juv. 14 <i>A.</i> , 11 <i>L.</i> St. 4 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i>
	65	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 1 <i>A.</i> juv. 1 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i>
0—15 cm humoser lehmiger Sand, ab 15 cm steiniger schwach lehmiger Sand.	27	ad. 1 <i>A. ros.</i> juv. 2 <i>A.</i> St. 2 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i>
0—18 cm humoser lehmiger Sand, ab 18 cm schwach toniger steiniger Sand.	67	ad. 4 <i>A. cal.</i> , 20 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. b.</i> , 3 <i>L.</i> juv. 20 <i>A.</i> , 29 <i>L.</i> St. 1 <i>L.</i>

## f) Berieselter Ackerboden

Bodentyp: Grauer Auenboden geringer bis mittlerer Sättigung

Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
80	0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm schwach lehmiger Sand.	59 S	ad. 4 <i>A. cal.</i> , 1 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L.</i> juv. 29 <i>A.</i> , 10 <i>L.</i> St. 2 <i>L.</i>
		60 H	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 8 <i>A. ros.</i> , 3 <i>L.</i> juv. 25 <i>A.</i> , 1 <i>O.</i> , 25 <i>L.</i> St. 3 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
81	0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm schwach roher lehmiger Sand.	57 S	ad. 11 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. ros.</i> juv. 39 <i>A.</i> , 33 <i>L.</i> St. 2 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
		58 H	ad. 5 <i>A. cal.</i> , 7 <i>A. ros.</i> , 3 <i>L. b.</i> , 1 <i>L.</i> juv. 29 <i>A.</i> , 40 <i>L.</i> St. 3 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>

## REGENWURMBESTAND DER FREIBURGER BUCHT

165

Parz.	Bodenart	Nr.	Arten
82	0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm schwach roher lehmiger Sand, steinig.	55 S	ad. 10 <i>A. cal.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 17 <i>A.</i> , 1 <i>O.</i> , 7 <i>L.</i> St. 1 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i>
		56 H	ad. 12 <i>A. cal.</i> , 5 <i>A. ros.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 1 <i>D. att.</i> juv. 32 <i>A.</i> , 34 <i>L.</i> St. 4 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
153	0—20 cm schwach humoser steiniger Sand.	9 H	juv. 1 <i>L.</i>
155	0—20 cm schwach humoser lehmiger Sand, 20—40 cm steiniger Sand.	8 H	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 16 <i>A. ros.</i> , 3 <i>O. cyan.</i> , 1 <i>O. lact.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 64 <i>A.</i> , 7 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 7 <i>A.</i> , 2 <i>O.</i> , 1 <i>L.</i>
238	0—20 cm humoser lehmiger Sand, 20—40 cm schwach lehmiger Sand.	13 H	ad. 2 <i>A. cal.</i> , 15 <i>A. chl.</i> , 3 <i>A. ros.</i> juv. 56 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i> St. 4 <i>A.</i>
		81 H	ad. 22 <i>A. cal.</i> , 8 <i>A. chl.</i> , 1 <i>A. ros.</i> 1 <i>L. h.</i> , 3 <i>L. r.</i> juv. 21 <i>A.</i> , 17 <i>L.</i>
		82 H	ad. 9 <i>A. cal.</i> , 4 <i>A. chl.</i> , 7 <i>A. ros.</i> juv. 25 <i>A.</i> , 15 <i>L.</i>
241	0—25 cm schwach humoser lehmiger Sand, ab 25 cm schwach roher lehmiger Sand.	11 H	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. ros.</i> juv. 15 <i>A.</i> St. 1 <i>A.</i>
245	0—25 cm humoser stark lehmiger Sand, 25—35 cm stark lehmiger toniger Sand, gebleicht.	12 S	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 17 <i>A. ros.</i> juv. 86 <i>A.</i> , 25 <i>L.</i> St. 8 <i>A.</i> , 5 <i>L.</i>
255	0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm roher kiesiger Sand.	16 S	ad. 5 <i>A. cal.</i> , 1 <i>A. ros.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 30 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i>
		28 H	ad. 21 <i>A. cal.</i> , 7 <i>A. ros.</i> juv. 11 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i> St. 1 <i>A.</i>
		30 S	ad. 2 <i>A. cal.</i> juv. 4 <i>A.</i> St. 2 <i>A.</i>
		31 H	ad. 31 <i>A. cal.</i> , 5 <i>A. ros.</i> , 5 <i>O. cyan.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 2 <i>L. r.</i> juv. 22 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i> St. 6 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i>

## g) Unberieselter Acker

Bodentyp: Grauer Auenboden geringer bis mittlerer Sättigung

Bodenart	Nr.	Arten
0—20 cm humoser lehmiger Sand, steinig, 20—40 cm stark lehmiger Sand, glimmerreich, Übergang in Schotter.	10	ad. 11 <i>A. cal.</i> , 11 <i>A. ros.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> 1 <i>L. h.</i> juv. 18 <i>A.</i> , 7 <i>L.</i> St. 10 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i>
	45	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 6 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> , 1 <i>O. lact.</i> juv. 26 <i>A.</i> , 23 <i>L.</i> , 3 <i>O.</i> St. 1 <i>A.</i> , 1 <i>O.</i>
	46	ad. 10 <i>A. cal.</i> , 5 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. h.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 15 <i>A.</i> , 2 <i>O.</i> , 7 <i>L.</i> St. 6 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i> , 2 <i>O.</i>
0—20 cm stark humoser lehmiger Sand, 20—40 cm lehmiger Sand, ab 40 cm roher lehmiger toniger Sand.	47	ad. 15 <i>A. cal.</i> , 4 <i>A. ros.</i> , 4 <i>L. cast.</i> , 1 <i>L. r.</i> , 2 <i>O. lact.</i> juv. 19 <i>A.</i> , 18 <i>L.</i> , 3 <i>O.</i> St. 5 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i>
	48	ad. 35 <i>A. cal.</i> , 16 <i>A. ros.</i> juv. 46 <i>A.</i> , 22 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 1 <i>A.</i> , 6 <i>L.</i>
	53	ad. 9 <i>A. cal.</i> , 10 <i>A. ros.</i> , 4 <i>L. cast.</i> , 11 <i>L. r.</i> , 6 <i>O. cyan.</i> , 2 <i>O. lact.</i> juv. 27 <i>A.</i> , 7 <i>L.</i> , 2 <i>O.</i> St. 3 <i>A.</i>
	54	ad. 11 <i>A. cal.</i> , 1 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> 1 <i>O. lact.</i> juv. 15 <i>A.</i> , 6 <i>L.</i> , 2 <i>O.</i> St. 1 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i>
0—20 cm humoser lehmiger Sand, ab 20 cm schwach roher lehmiger Sand, steinig.	49	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 3 <i>A. ros.</i> , 5 <i>L. r.</i> , 4 <i>O. cyan.</i> juv. 6 <i>A.</i> , 12 <i>L.</i> , 20 <i>O.</i> St. 1 <i>A.</i> , 2 <i>O.</i>
	50	ad. 19 <i>A. cal.</i> , 2 <i>O. cyan.</i> juv. 10 <i>A.</i> , 6 <i>L.</i> , 13 <i>O.</i> St. 1 <i>A.</i>

Bodenart	Nr.	Arten
0—20 cm schwach humoser lehmiger Sand, 20—40 cm lehmiger Sand, steinig.	51	ad. 9 <i>A. cal.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 9 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>
	52	ad. 14 <i>A. cal.</i> , 2 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. r.</i> juv. 10 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i> St. 3 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>

## h) Wald

Bodentyp: Brauner Auenboden geringer Sättigung (Nr. 35, 36, 38, 68, 71, 72)  
und grauer Auenboden geringer bis mittlerer Sättigung (Nr. 37, 69, 70)

Bodenart	Nr.	Arten
0—8 cm stark humoser stark durchwurzelter mit Moder versetzter sandiger Lehm, 8—30 cm locker humoser sandiger Lehm, ab 30 cm in Schotter übergehend.	35	ad. 6 <i>A. ros.</i> , 4 <i>L. h.</i> , 3 <i>L. r.</i> juv. 20 <i>A.</i> , 19 <i>L.</i> St. 3 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>
	36	ad. 1 <i>A. ros.</i> juv. 6 <i>A.</i> , 2 <i>L.</i> St. 2 <i>A.</i>
	71	ad. 1 <i>A. cal.</i> , 7 <i>A. ros.</i> , 10 <i>L. r.</i> juv. 7 <i>A.</i> , 10 <i>L.</i> St. 1 <i>A.</i> , 1 <i>L.</i>
	72	ad. 2 <i>A. cal.</i> , 14 <i>A. ros.</i> , 26 <i>L. r.</i> juv. 18 <i>A.</i> , 33 <i>L.</i> St. 1 <i>L.</i>
0—12 cm stark humoser lehmiger Sand, 12—25 cm lockerer humoser lehmiger Sand.	38	ad. 1 <i>A. ros.</i> , 2 <i>L. r.</i> juv. 1 <i>L.</i>
	68	ad. 1 <i>D. o.</i> juv. 1 <i>L.</i>
0—12 cm stark humoser sandiger Lehm, 12—20 cm humoser sandiger Lehm.	37	ad. 3 <i>A. cal.</i> , 8 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. cast.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 46 <i>A.</i> , 13 <i>L.</i> , 1 <i>O.</i> St. 8 <i>A.</i> , 4 <i>L.</i>
	69	ad. 23 <i>A. ros.</i> , 3 <i>L. h.</i> , 1 <i>L. r.</i> juv. 29 <i>A.</i> , 32 <i>L.</i> , 8 <i>O.</i> St. 1 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>
	70	ad. 7 <i>A. cal.</i> , 7 <i>A. ros.</i> , 1 <i>L. h.</i> , 6 <i>L. r.</i> , 1 <i>O. cyan.</i> juv. 42 <i>A.</i> , 38 <i>L.</i> , 5 <i>O.</i> St. 2 <i>A.</i> , 3 <i>L.</i>

Auf die Unterschiede der Hang-Stau-Ergebnisse in bezug auf die Häufigkeit der Gattungen *Allolobophora* und *Lumbricus* möchte ich später eingehen.

Auf den berieselten Wiesen mit leichtem Boden stellen den Hauptanteil der erwachsenen Tiere die beiden Arten *A. caliginosa* und *A. rosea*. Unter den juvenilen Tieren kann auf einigen qm auch die Gattung *Lumbricus* überwiegen (Tab. 10 b, Nr. 20 und 43). Vertreter der Art *O. lacteum* und erstmals der Art *D. subrubicunda* entdecken wir auf den berieselten Wiesen mit anmoorigem Boden (Tab. 10 c, Nr. 80, 26 und 75).

Von den neun Proben aus unberieseltem schwerem Wiesenboden ist die Art *A. caliginosa* nur zweimal der Art *A. rosea* überlegen (Tab. 10 d, Nr. 62 und 63). Nicht allgemein verbreitete Arten, wie *A. limicola* und *D. platyura*, können an den vereinzelt Fundorten gleich in größerer Zahl auftreten: *A. limicola* fand ich nur auf zwei Wiesen, die durch ein kurzes Waldstück getrennt sind, aber da mit 10, 19, 12 und 5 erwachsenen Tieren pro qm (Tab. 10 d, Nr. 61, 62, 63, 64). Die Art *D. platyura* kam nur auf einer unberieselten Wiese mit 10 erwachsenen und 10 juvenilen Tieren (Tab. 10 d, Nr. 25) und auf einer benachbarten berieselten Wiese mit 10 juvenilen Würmern vor. Diese in Deutschland selten gefundenen Arten mögen in ihren Bodenansprüchen wählerischer als die allgemein verbreiteten Spezies sein, eine entscheidende Rolle wird in diesem Falle aber auch eine zufällige Verbreitung spielen.

Auf den unberieselten Wiesen mit leichtem Boden fand ich nur die Gattungen *Allolobophora* und *Lumbricus* (Tab. 10 e).

Den allgemein höheren pH-Werten entsprechend ist auf dem Ackerboden die Gattung *Octolasion* wieder häufiger vertreten. BALTZER (1956) bewertet *Octolasion* nach Erfahrungen im Gelände und im Experiment als Kalkanzeiger. Von 11 meiner Proben von unberieselten Äckern fehlt sie nur auf 2 Stellen, von den 17 geprüften Quadratmetern berieselter Äcker waren es dagegen 11 ohne die Gattung *Octolasion*, obwohl in diesen „leeren“ Proben der pH-Wert nicht niedriger war (Tab. 10 f, Nr. 59, 57, 58, 9, 13, 81, 82, 12, 11, 28, 30). Vermutlich hat das Abwasser die Gattung *Octolasion* beeinflusst und verdrängt. Den Hauptanteil bilden die Arten *A. caliginosa* und *A. rosea*. Letztere ist von den insgesamt 28 Proben vom berieselten und unberieselten Acker ersterer nur viermal überlegen (Tab. 10 f, Nr. 60, 58, 8, Tab. 10 g, Nr. 45). Auf der berieselten Parzelle 238 tritt die Art *A. chlorotica* mit 15, 8 und 4 erwachsenen Tieren (Tab. 10 f, Nr. 13, 81, 82) in größerer Zahl auf.

Im Wald ist die Gattung *Lumbricus* auch unter den erwachsenen Tieren häufiger, besonders die Art *L. rubellus* als typischer Laubstreubewohner (Tab. 10 h, Nr. 71, 72, 70); dagegen tritt die Art *A. caliginosa* auffallend zurück. Nur die Probe Nr. 70 mit ihrem höheren pH-Wert (5,0, in H<sub>2</sub>O gemessen) macht mit 7 erwachsenen Würmern eine Ausnahme. Vielleicht



verdrängen in den anderen Proben aus dem Wald der stärkere Säuregrad (4,1 bis 4,9, in  $H_2O$  gemessen) und das andersartige Nahrungsangebot *A. caliginosa*.

Daß die Arten trotz scheinbar sehr ähnlicher Bodenart nicht gleichmäßig verteilt sind, mag an feineren Bodenunterschieden bei den häufigen Arten (*A. caliginosa*, *A. rosea*), an einer zufälligen Verbreitung bei den seltenen Arten (*D. platyura*, *A. limicola*) oder an der Berieselung (*Octolasion*) liegen.

### 3. Vergleich der Anteile der einzelnen Arten in den verschiedenen Geländeformen

Da unter allen ökologischen Faktoren die Feuchtigkeit der wichtigste ist (BALTZER, 1956), sind auf Böden mit lehmigen tonigen Anteilen, die das Wasser besser festzuhalten vermögen, nicht nur mehr Regenwürmer, sondern auch mehr Arten vorhanden (Tab. 11). So fand ich die sechs Arten *D. octaedra*, *D. platyura*, *E. foetida*, *E. tetraedra*, *A. chlorotica* und *A. limicola* nur auf Wiesen mit schwerem Boden. Daß ich den Kompostwurm *E. foetida* nur auf berieseltem Gelände fand, ist gemäß seiner Nahrungsansprüche verständlich. *D. platyura* kommt nicht nur auf unberieselten Flächen vor; denn ich konnte auch auf berieselten zehn juvenile Tiere dieser Spezies entdecken. Der hohe Anteil der seltenen Art *A. limicola* kommt durch zufällige Funde auf zwei fast benachbarten Wiesen zustande. Nach GUILD (1952) können zahlenmäßig zurücktretende Arten entweder in isolierten Kolonien, in verstreuten Individuen oder in beiden Verteilungstypen vorkommen. In meinem Falle hätte ich es bei *A. limicola* mit einer Kolonie zu tun. Von den beiden Hauptvertretern ist *A. rosea* mit 33 bis 40 % ziemlich gleichmäßig in schwerem berieseltem und unberieseltem und in leichtem berieseltem Wiesenboden verteilt, erhöht ihren Anteil aber in unberieseltem leichtem Wiesenboden auf über 50%. Die Art *A. caliginosa* (50%) hat auf leichtem berieseltem Wiesenboden das Übergewicht, ist jedoch auf dem schweren unberieselten z. T. von der Art *A. limicola* ersetzt. *L. herculeus* ist mit 2,1 bis 3,3 % ziemlich gleichmäßig auf allen Böden verteilt. Dagegen ist *L. rubellus* auf allen unberieselten Flächen mit wesentlich höheren Prozentzahlen vertreten als auf den berieselten. Ich glaube kaum, daß für das Absinken der Zahlen auf berieseltem Gelände allein eine zufällige Verteilung verantwortlich ist. Ein stärkerer Säuregrad des Bodens, der nach BALTZER (1956) die Art *L. rubellus* begünstigt, ist nicht festzustellen. Wahrscheinlich hält diese Art doch die länger andauernde Staunässe weniger gut aus als die Arten der Gattung *Allolobophora*, wie aus meinen Ausführungen im Abschnitt VI deutlich wird. Auch der Anteil der beiden Arten der Gattung *Octolasion* ist gegenüber den berieselten Vergleichsflächen auf schwerem Wiesenboden und auf dem Acker (Tab. 11) erhöht, und auch hier kann man eine direkte Wirkung der Abwasserüberflutung vermuten.

Tabelle 11

Prozentuale Verteilung der Arten in schwerem und leichtem Wiesenboden  
und im Acker

Abkürzung der Arten wie in Tabelle 10

	Schwerer Wiesenboden				Leichter Wiesenboden				Acker			
	berieselt		unberies.		berieselt		unberies.		berieselt		unberies.	
	ad.	juv.	ad.	juv.	ad.	juv.	ad.	juv.	ad.	juv.	ad.	juv.
<i>L. spec.</i>	—	32,9	—	21,9	—	30,8	—	35,6	—	30,7	—	31,6
<i>L. cast.</i>	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	—
<i>L. b.</i>	2,7	—	2,1	—	3,3	—	2,7	—	2,1	—	2,0	—
<i>L. r.</i>	4,9	—	14,7	—	5,5	—	13,7	—	4,3	—	8,3	—
<i>D. spec.</i>	—	5,1	—	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. att.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—
<i>D. o.</i>	5,5	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. plat.</i>	—	—	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>E. foet.</i>	1,4	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>E'lla</i>	—	—	0,3	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>O. spec.</i>	—	0,6	—	3,0	—	0,3	—	—	—	0,4	—	12,7
<i>O. cyan.</i>	1,2	—	3,8	—	2,2	—	—	—	3,6	—	6,3	—
<i>O. lact.</i>	4,5	—	9,4	—	—	—	—	—	0,4	—	2,4	—
<i>A. spec.</i>	—	60,1	—	72,3	—	68,9	—	64,4	—	68,9	—	55,7
<i>A. cal.</i>	38,9	—	17,0	—	50,5	—	30,1	—	50,2	—	55,2	—
<i>A. chl.</i>	0,8	—	2,7	—	—	—	—	—	9,7	—	—	—
<i>A. lim.</i>	—	—	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. ros.</i>	39,9	—	33,4	—	38,5	—	53,5	—	29,3	—	22,6	—
Anzahl	491	1105	341	433	91	309	73	118	279	733	252	361

Wie nach der Zahl der erwachsenen Tiere zu folgern ist, stellt den Hauptanteil der juvenilen Tiere die Gattung *Allolobophora*. Der Prozentsatz der juvenilen Tiere aus der Gattung *Lumbricus* ist im Gegensatz zu den erwachsenen auffällig groß (Tab. 11). Wahrscheinlich sitzen viele erwachsene Würmer von *L. herculeus* unerreichbar tief in der Erde, während ich die Jungtiere, die sich in den oberen Bodenschichten aufhalten, leicht erbeuten konnte. Außerdem ist die Jugendphase der Arten *L. rubellus* und *L. herculeus* sehr lang (BALTZER, 1956).

Wie auch GRAFF (1950) und WILCKE (1953 b) feststellten, kommen auf Ackerboden weniger Arten vor als auf Dauergrünland (Tab. 12). *L. rubellus* als ausgesprochen Bewohner der humusreichen Waldstreu fand ich auch auf Wiesen und Äckern und in den Gräben. WILCKE (1953 b) hält ihn für Wiesen- und Ackerboden nicht für typisch. Da aber mein untersuchtes Kulturland früher größtenteils mit Wald bedeckt war, ist hier sein Vorkommen verständlich. *A. rosea* und *O. lacteum* sind mit größeren Prozentsätzen in der Wiese (32 % und 6 %) als im Acker (26 % und 1 %) vertreten, für

*A. caliginosa* und *O. cyaneum* gilt das umgekehrte Verhältnis (Wiese 32 % und 2 %, Acker 52 % und 5 %). Von den beiden *Octolasion*-Arten, die nach MULDAL (1952) nur verschiedene Polyploidiestufen darstellen, ist die viel größere und schwerere Art *O. cyaneum* (decaploid) häufiger in tieferen Schichten zu finden (vgl. Tab. 5). Im Acker kann sie sich dank ihrer Muskelkraft tiefer eingraben und dadurch die ungünstige Zeit ohne Bewuchs überstehen, wie vermutlich auch die Art *A. caliginosa*. Bei meinen Untersuchungen über die vertikale Verteilung der Arten im Boden ist die Art *A. rosea* mit 21 % allerdings häufiger in der unteren Bodenschicht (unter 12 cm Tiefe) vertreten als *A. caliginosa* mit 12 % (Tab. 5). Die hohe Zahl von *A. chlorotica* auf dem Acker ist nur den Funden auf einer Parzelle zu verdanken.

Tabelle 12

Prozentuale Verteilung der Arten in den vier Biotopen Wiese, Acker,  
Wald und Rieselgraben

Abkürzung der Arten wie in Tabelle 10

	Wiese		Acker		Wald		Graben	
	ad.	juv.	ad.	juv.	ad.	juv.	ad.	juv.
<i>L. spec.</i>	—	32,3	—	31,0	—	45,0	—	66,7
<i>L. cast.</i>	0,1	—	1,5	—	0,7	—	6,7	—
<i>L. h.</i>	2,7	—	2,1	—	6,4	—	—	—
<i>L. r.</i>	8,8	—	6,2	—	34,1	—	17,2	—
<i>D. spec.</i>	—	3,3	—	—	—	—	—	3,7
<i>D. attem.</i>	—	—	0,2	—	—	—	—	—
<i>D. o.</i>	2,5	—	—	—	0,7	—	—	—
<i>D. plat.</i>	0,9	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. sub.</i>	0,2	—	—	—	—	—	23,1	—
<i>E. foet.</i>	0,6	0,7	—	—	—	—	17,9	14,8
<i>E'lla tet.</i>	0,1	—	—	—	—	—	26,1	3,7
<i>O. spec.</i>	—	1,0	—	4,5	—	4,2	—	—
<i>O. cyan.</i>	1,9	—	4,9	—	1,4	—	—	—
<i>O. lact.</i>	6,1	—	1,3	—	—	—	—	—
<i>A. spec.</i>	—	62,7	—	64,5	—	50,8	—	11,1
<i>A. cal.</i>	32,1	—	52,5	—	9,2	—	3,7	—
<i>A. chl.</i>	1,2	—	5,1	—	—	—	4,5	—
<i>A. lim.</i>	4,2	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. ros.</i>	38,4	—	26,2	—	47,5	—	0,8	—
Anzahl	1086	2152	531	1094	141	331	134	27

Im Wald sind mehr Angehörige der Gattung *Lumbricus* zu Hause als in den anderen Biotopen. *A. rosea* ist noch reichlich vertreten und übertrifft die Art *A. caliginosa*.

Ganz anders ist der Artenanteil in den Gräben; die hier häufigsten Arten, *D. subrubicunda*, *E. foetida* und *Ella tetraedra*, kommen in den anderen Biotopen nur selten oder überhaupt nicht vor. Ich möchte diese Ergebnisse gesondert im nächsten Abschnitt besprechen.

Zusammenfassend möchte ich sagen, daß keine Art, die auf unberieseltem Gelände zahlreich vorkommt, auf berieseltem völlig fehlt. Den Arten *L. rubellus*, *O. cyaneum* und *O. lacteum* scheint aber die Berieselung am wenigsten zuträglich zu sein.

#### 4. Die Regenwürmer in den Verteilgräben

Jede Parzelle besitzt einen etwa 100 m langen, blind endenden Verteilgraben, in den das Abwasser aus dem Hauptzuleitungsgraben eingelassen wird, wenn die Abteilung berieselt werden soll. In diesen Gräben lagert sich viel Schlamm und Moder ab, so daß sie von Zeit zu Zeit geräumt werden müssen. Sie sind etwa 70 cm breit und ungefähr 35 cm tief und führen nur Wasser, wenn die Abteilung berieselt wird, sonst liegen sie trocken. Wenn im Winter der Boden gefroren ist und deshalb das Wasser nicht auf die Wiesen geleitet werden kann, werden sie zusätzlich zum Versickern benutzt.

Im April 1956 suchte ich an drei verschiedenen Stellen je einen Meter dieser Gräben nach Regenwürmern ab. Die Würmer aus der Grabensohle sammelte ich getrennt von denen aus den Seiten ein. Ich räumte den Graben jeweils in 1 m Länge 20 cm tief aus und grub die Seiten 20 cm tief ab (Abb. 4). Das Verhältnis der untersuchten Erdvolumina von der Sohle zu den beiden Seiten war etwa gleich.

In den Seiten fand ich 57 % der Gesamtzahl der Regenwürmer (Tab. 13 a und 13 b). Es überwiegen gerade die drei Arten, die auf der Wiese und dem Acker nur vereinzelt vorkommen: *Eisenia foetida*, *Eiseniella tetraedra* und *Dendrobaena subrubicunda*. Sie machen zusammen 67 % aus. Von ihnen ist *E. foetida* hauptsächlich aus dem Komposthaufen bekannt (WILCKE, 1953).

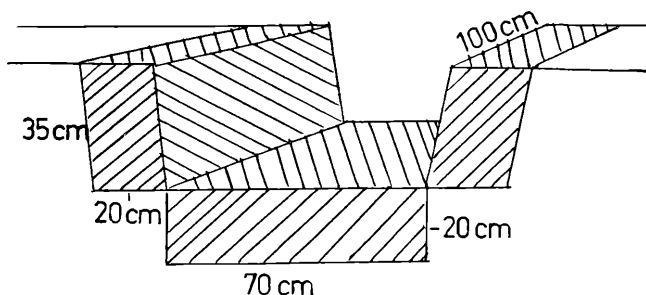


Abb. 4. Querschnitt durch einen Rieselgraben  
Die schraffierten Flächen geben die abgegrabenen Erdmassen an

*E'lla tetraedra* kann amphibisch leben und wird meist an Bachufern gefunden (WILCKE, 1949). *D. subrubicunda* ist nach WILCKE (1949) für faulende Buchenstubben charakteristisch, kommt terrestrisch und seltener limnisch vor. Alle drei Arten mögen durch das überflutende Abwasser wenig beeinträchtigt werden und in den modrigen Rieselgräben gute Lebensbedingungen finden.

Tabelle 13  
Regenwurmbestand in den Verteilgräben

a) Ergebnisse mit Angabe der Lage, des pH-Wertes (gemessen in H<sub>2</sub>O), des Gesamtgewichts und der Anzahl. Parz. = Parzelle, ad. = adult, juv. = juvenil, St. = Stück

Nr.	Parz.	Lage	pH-Wert	Gewicht in mg	ad.	Anzahl juv.	St.
32	267	Sohle	6,2	17 080	11	3	3
		Seiten	5,7		18	4	4
33	97	Sohle	5,9	29 730	26	2	1
		Seiten	5,8		43	6	1
34	271	Sohle	5,9	23 600	21	4	2
		Seiten	5,5		15	8	2
		Sohle:			58	9	6
		Seiten:			76	18	7
					134	27	13

b) Verzeichnis der Arten mit Angabe der Anzahl

	Sohle	Seiten
<i>L. rubellus</i>	6	17
<i>L. castaneus</i>	1	8
<i>D. subrubicunda</i>	12	19
<i>E. foetida</i>	15	9
<i>E'lla tetraedra</i>	20	15
<i>A. caliginosa</i>	1	4
<i>A. chlorotica</i>	3	3
<i>A. rosea</i>	—	1
	58	76

Von den weiter vorgefundenen Arten lieben *L. rubellus* und *L. castaneus* humusreichen Boden und sind aus der Laubstreu des Waldes bekannt. Es verwundert zunächst, daß diese beiden Arten überhaupt die Gräben besiedeln; denn nach den Ausführungen des letzten Abschnittes und des nächsten ist es wahrscheinlich, daß sie zumindest aus der Staulage einer Parzelle z. T. vom Abwasser vertrieben werden. Ich fand sie aber häufiger in den Seiten als in der Grabensohle. Von hier aus können sie bei der Überflutung wohl

leichter weniger feuchte Orte der Hanglage aufsuchen. Dagegen wird das zusagende Nahrungsangebot in den Gräben diese Arten anlocken. Die geringe Zahl der anderen drei Arten, *A. caliginosa*, *A. rosea* und *A. chlorotica*, läßt vermuten, daß sie nur zufällig in die Gräben geraten sind; höchstens *A. chlorotica* dürfte hier zu Hause sein, denn nach KOLLMANNSPERGER (1934) und BALTZER (1956) liebt sie feuchten Boden.

GRAFF (1950) untersuchte in Braunschweig die Gräben einer Rieselanlage und fand in 1 m Grabenlänge durchschnittlich folgende Arten und Zahlen: *E'lla tetraedra* 2, *Bimastus tenuis* 41, *A. caliginosa* 2, *D. octaedra* 12, *L. rubellus* 8, *L. castaneus* 3, juvenile Tiere 18; insgesamt 86 Würmer. Ich fand in 1 m Grabenlänge durchschnittlich 54 Tiere. *D. octaedra*, bei GRAFF die zweithäufigste Art, fing ich im Rieselgelände auf fünf Parzellen im Wiesenboden, dagegen nicht in den von mir untersuchten drei Gräben. *Bimastus tenuis* war in den Braunschweiger Rieselgräben mit 60 % aller erwachsenen Tiere am zahlreichsten, im Freiburger Rieselgut nirgends vertreten. Diese Art wird von WILCKE (1949) als *Dendrobaena tenuis* bezeichnet und ähnelt nach seiner Beschreibung und nach Aussagen von GRAFF (1950) sehr der *D. subrubicunda*, die ich mit 23 % am zweithäufigsten fand. In seinem Bilderatlas gibt GRAFF (1953 b) den beiden fraglichen Arten nur noch den Wert von Unterarten und spricht von *D. rubida subrubicunda* und von *D. rubida tenuis*. Die Unterart *D. rubida subrubicunda* soll besonders gut in Mist und Kompost gedeihen. Ihr Auftreten in den Rieselgräben ist also verständlich. Übrigens nimmt OMODEO (1953), der über Polyploidie bei Regenwürmern arbeitet, *D. rubida* = *D. subrubicunda* = *B. tenuis* = *B. constrictus* als synonym an. Teilt man seine Auffassung und spricht nur von *D. rubida*, dann würden die Ergebnisse von GRAFF (1950) und meine eigenen in diesem Falle recht gut übereinstimmen und man könnte *D. rubida* als typisch für die Rieselgräben ansehen.

Abweichend von GRAFFS (1950) Untersuchungen waren *E'lla tetraedra* in meinen Proben aus den Rieselgräben mit 26 % am häufigsten und *E. foetida* mit 18 % immerhin zahlreich da, während *E'lla tetraedra* nur gelegentlich, *E. foetida* nie in den Braunschweiger Rieselgräben vorkamen. *L. rubellus* und *L. castaneus* sind bei seinen Proben mit etwas niedrigeren Prozentsätzen als in meinen vertreten.

## VI. Wirkung der Berieselung

### 1. Vergleich zwischen Hang- und Staulage auf berieselten Parzellen

Den oberen Abschnitt einer Parzelle überflutet das aus dem Verteilgraben überlaufende Wasser nur kurz, im unteren Drittel bleibt es längere Zeit angestaut stehen (Abb. 2). Es wirkt hier ähnlich wie ein starker Regen, der die Regenwürmer an die Oberfläche treibt. Diese unterschiedliche Wirkung

des Abwassers auf die Regenwürmer zeigt sich in der Tab. 8 wahrscheinlich wegen der Bodenunterschiede der einzelnen Parzellen nicht deutlich, wohl aber, wenn ich innerhalb einer Parzelle am gleichen Tage eine Probe in der Hang- und in der Staulage nehme und dadurch auch Witterungs- und jahreszeitliche Einflüsse ausschalte (Tab. 14).

Tabelle 14

## Vergleich zwischen Hang- und Stauberieselung

Parz. = Parzelle, La = Lage, H = Hang, S = Stau, n = Anzahl, A. = Angehörige der Gattung *Allolobophora*, L. = der Gattung *Lumbricus*

Parz.	Bewuchs	I	II	III		IV	V	Gewicht in mg	%
		pH-Wert H <sub>2</sub> O	La	n	%	A.%	L.%		
80	Acker	6,2	H	69	100	56	42	20 170	100
		6,5	S	47	68	72	27	13 550	67
81	Acker	6,0	H	89	100	49	51	36 050	100
		6,4	S	88	99	61	39	22 250	62
82	Acker	6,4	H	91	100	58	40	35 070	100
		6,1	S	39	43	72	26	12 710	36
90	Wiese, schwerer Boden	5,7	H	216	100	77	16	69 050	100
		5,8	S	67	31	78	19	45 450	66
99	Wiese, anmoo- riger Boden	5,9	H	52	100	48	46	27 930	100
		6,0	S	60	115	90	10	22 240	80
103	Wiese, anmoo- riger Boden	6,0	H	70	100	4	93	17 200	100
		5,7	S	31	44	90	6	16 980	99
178	Wiese, schwerer Boden	5,9	H	135	100	54	30	59 240	100
		5,9	S	78	58	81	18	41 330	70
178	Wiese, schwerer Boden	6,1	H	264	100	27	62	101 780	100
		6,1	S	56	21	93	7	39 910	39
255	Acker	6,4	H	79	100	81	11	46 070	100
		6,3	S	8	10	100	—	1 790	4
271	Wiese, leichter Boden	5,9	H	47	100	51	49	26 500	100
		5,8	S	28	60	75	25	11 010	42
			H	1112	100	51	42	439 060	100
			S	502	45	79	20	227 220	52

Diese gleichzeitig gewonnenen Proben weisen in der Hanglage immer ein höheres Gesamtgewicht auf. Der Unterschied ist von den zehn Untersuchungen bei acht wesentlich und beträgt für die Staulage fast stets mehr als 30 %. Nur einmal übertrifft die Anzahl der erbeuteten Tiere in der Staulage die der Hanglage (Tab. 14, Parz. 99, Spalte III) und nur einmal ist der Unter-

schied unwesentlich (Tab. 14, Parz. 81). Bis auf die ersten drei Parzellen (80, 81, 82) sind die Vergleichsflächen vor wenigen Tagen berieselt gewesen. Eine regelrechte Abstufung fand ich auf Parzelle 255, einem Acker, der vier Tage zuvor berieselt worden war. (Die Äcker werden zwar meist nur einmal im Jahr, dann aber mit größeren Abwassermengen beschickt als die Wiesen.) Am Hang, wo das Wasser am schnellsten versickerte und keinen Tag lang stand, fand ich fünf Tage nach der Berieselung im Boden 70 lebende und 4 tote, obenauf 10 tote Würmer. In einer mittleren Lage hatte das Wasser etwa 24 Stunden lang gestanden. Die entsprechenden Werte waren 41, 3 und 25, in der tiefsten Lage 6, 10 und 35; an dieser Stelle hatte sich das Rieselwasser 48 Stunden lang gestaut. Die hier angegebenen toten Würmer konnte ich nicht mehr bestimmen, weil sie sich schon auflösten. Die Mehrzahl der Würmer, die obenauf lagen, waren rot pigmentiert und gehörten offensichtlich der Gattung *Lumbricus* an, während die in der Erde meist unpigmentiert waren.

Die zehn Proben in der Hanglage ergaben insgesamt 1112 Würmer, die zehn gleichwertigen aus der Staulage nur 502, das entspricht einem Verhältnis von 100 : 45 %, gewichtsmäßig von 100 : 52 %.

Die geringe Anzahl der Regenwürmer in der Staulage braucht nicht allein auf der direkten Wassereinwirkung zu beruhen. Das angestaute Wasser kann auch den Boden und die Vegetation so verändert haben, daß die Regenwürmer dort ungünstigere Lebensbedingungen finden. RÖMER (1952) schreibt dazu: „Die Folgen dieser verschiedenen Berieselungsarten bestehen darin, daß das Futter im oberen Teil mengenmäßig besser ist. Es muß (bei Ackerland) im unteren Drittel zusätzlich mit künstlichem Dünger und teilweise auch mit Stallmist nachgeholfen werden, um denselben Ertrag zu erzielen wie in den oberen zwei Dritteln der Abteilung.“

Bei den Proben von der Parzelle 178 fiel mir auf, daß auf dem aufgedugten Quadratmeter in der Staulage verhältnismäßig mehr Wiesenkleewuchs, der den Boden mit seinen dichten Wurzeln verfilzte, als in der Hanglage. Nach FINCK (1952) meiden Regenwürmer Boden, der von Pflanzenwurzeln verfilzt ist. Andererseits wirken die Regenwürmer selbst auf den Boden ein, so daß auch sie teilweise die Ursache für die veränderte Bodenvegetation sein können. Man darf wohl annehmen, daß sich hier beide Faktoren in ihrer Wirkung ergänzen.

Die systematischen Zahlenunterschiede (Anzahl: 1112 : 505, Gewicht: 439 060 mg : 227 220 mg) bei den zehn Vergleichen berechtigen zu der Annahme, daß die Hanglage für die Regenwürmer vorteilhafter ist, obgleich ich, absolut gesehen, beträchtliche Mengen auch aus der Staulage sammeln konnte, wie die Proben Nr. 14 und 41 (Tab. 8 a) zeigen.

Ein Hang-Stau-Vergleich läßt sich nicht nur für die Anzahl und das Gewicht anstellen, sondern auch für die Artenzusammensetzung. Im vorletzten



Abschnitt hatte ich begründet, daß die Gattung *Lumbricus* zumindest in der Art *L. rubellus* von einer längeren Abwasserberieselung stärker betroffen wird als die Gattung *Allolobophora*. In der Staulage müßten sich demnach prozentual weniger Angehörige der Gattung *Lumbricus* befinden als in der Hanglage. Das trifft tatsächlich für neun von zehn überprüften Parzellen zu (Tab. 14, Spalte V). In den Zahlen sind die erwachsenen und die juvenilen Tiere und die Bruchstücke insgesamt enthalten. Während sich die Anzahl der Vertreter der Gattung *Allolobophora* in der Staulage von 563 auf 394 verringert hat, sind die entsprechenden Werte für die Gattung *Lumbricus* 469 zu 103. Ihr Prozentsatz beträgt in der Hanglage 42, in der Staulage 20. Dagegen hat sich der Anteil der Gattung *Allolobophora* von 51 % auf 79 % erhöht. Der pH-Wert schwankt innerhalb einer Parzelle nur unwesentlich und dürfte nicht für die wechselnde Artenzusammensetzung verantwortlich sein. Nach BALTZER (1956) bevorzugt ja die Gattung *Lumbricus* saure Böden, an die sie mit ihren gut ausgebildeten Kalkdrüsen angepaßt ist, während *Allolobophora* neutrale Böden liebt. Auf vier Parzellen sinkt der pH-Wert in der Staulage sogar etwas ab. Ich nehme daher an, daß in diesem Falle die Artenverschiebung nicht auf dem Einfluß des Säuregrades des Bodens beruht, sondern unmittelbar durch das angestaute Abwasser verursacht wird.

## 2. Regenwürmer bei Überflutung auf Wiesen und Äckern

Das aufgeleitete Abwasser trieb häufig viele Regenwürmer aus der Erde, die in dem gestauten Wasser lebend oder schon tot umhergespült werden. Sie sind meist rot pigmentiert und scheinen der Gattung *Lumbricus* anzugehören. Als Beleg hierfür sammelte ich deshalb auf einer begrenzten Stelle einer überschwemmten Wiese bzw. eines Ackers alle Regenwürmer ein. Ausgerüstet mit Gummistiefeln, holte ich aus dem ungefähr 10 cm hoch stehenden Abwasser die Regenwürmer mit einer langen Pinzette heraus.

Auf der frisch berieselten Parzelle 113 (Wiese) gehörten alle dreizehn gefundenen Würmer der Gattung *Lumbricus* an, bei den anderen neun Stichproben überwogen Vertreter dieser Gattung, obwohl sie bei den Grabergebnissen meist in der Minderzahl waren (Tab. 15).

Am 8. und 9. November 1955 sammelte ich systematisch auf den berieselten Parzellen 255 und 258 je 4 qm in der Mitte zwischen Hang- und Staulage auf dem Acker und dem anschließenden Wiesenrain ab, der in gleichem Maße vom Abwasser überflutet war (Tab. 15 a). Das Wasser stand höchstens seit 20 bis 24 Stunden an. Auf dem Wiesenrain fand ich in beiden Fällen weniger Würmer als auf dem angrenzenden Acker. Ich vermutete zunächst, daß die dichte Rasendecke die Würmer im Boden besser vor dem Abwasser schützen würde. Dann müßten sich im Wiesenboden noch mehr lebende Tiere befinden als im Ackerboden. Vier Tage nach der Berieselung grub ich deshalb

auf gleicher Höhe je einen Quadratmeter auf dem Acker und auf dem Wiesenrain um. Probe Nr. 28 auf dem Acker brachte 42 Würmer und ein Gesamtgewicht von 24 140 mg, während Nr. 29 auf dem Wiesenrain sogar weniger, nämlich nur 26 Individuen mit 15 460 mg, enthielt. Im allgemeinen ist Dauergrünland dichter als Ackerland besiedelt (GRAFF, 1950). Auf dem vermutlich gekalkten Acker liegt aber der pH-Wert des Bodens mit 7,3 bis 7,0 (in H<sub>2</sub>O gemessen) günstiger als auf dem Wiesenrain mit einem pH-Wert von 5,2 bis 5,4. Diese großen Unterschiede im Säuregrad des Bodens haben wahrscheinlich einen merklichen Einfluß auf das Vorkommen der Lumbriciden, obwohl das bei geringen Unterschieden im Säuregrad nicht nachzuweisen ist. Sicher wirkt sich auch die stark verfilzte Grasnarbe auf dem Wiesenrain negativ aus. Auf diese Weise dürfte dieses etwas unerwartete Ergebnis des Vergleiches zu erklären sein.

Tabelle 15

## Verzeichnis der gefundenen Arten

Parz. = Parzelle, *A* = *Allolobophora*, *L* = *Lumbricus*, *O* = *Octolasion*

Bewuchs	Parz.	Anzahl der gefundenen Würmer		
		<i>L</i>	<i>A</i>	<i>O</i>
a) nach Überflutung im Rieselwasser				
Wiese	113	13	—	—
Wiese	103	27	16	—
Wiesenrain, 4 qm	255	30	4	2
Acker, 4 qm	255	59	26	12
Wiesenrain, 4 qm	258	69	21	6
Acker, 4 qm	258	103	41	21
		301	108	41
b) nach der Berieselung auf abgetrocknetem Boden				
Wiesenrain, 1 qm	255	7	4	1
Acker, 1 qm	255	56	6	—
Wiesenrain, 1 qm	258	29	10	—
Acker, 1 qm	258	46	11	1
		138	31	2

Man könnte annehmen, daß die rot pigmentierten Würmer der Gattung *Lumbricus* im trüben Wasser besser zu erkennen seien als die meist unpigmentierten der Gattung *Allolobophora* und deshalb jene im Ergebnis überwiegen. Ich suchte daher auf den Parzellen 255 und 258 je einen Quadratmeter vom Rain und vom Acker ab, denn auf dem dunklen Boden hätten sich die helleren Arten besonders gut abheben müssen (Tab. 15 b). Doch auch hier fand ich die Gattung *Lumbricus* zahlreicher. Der Prozentsatz der Gat-

tungen *Lumbricus* und *Octolasion* hat sich also im Vergleich zu den Funden im Boden wesentlich erhöht (Tab. 16).

Die Anzahl der juvenilen Tiere im Rieselwasser ist verhältnismäßig klein, sicher weil die kleinen Würmer mit der Grabmethode besser erfaßt werden als beim Absuchen im Wasser. Verhältnismäßig mehr juvenile Tiere sind wahrscheinlich gleich im Boden eingegangen, während die Alttiere noch fliehen konnten. Aber vermutlich reagieren die verschiedenen Gattungen unterschiedlich auf das Abwasser bzw. auf Wasser überhaupt.

Tabelle 16  
Prozentualer Anteil der Gattungen im Rieselwasser im Vergleich  
zu den Funden im Boden

Gattung	Rieselwasser		Acker		Wiese	
	adult	juvenil	adult	juvenil	adult	juvenil
<i>Lumbricus</i>	54	81	6	30	8	33
<i>Octolasion</i>	15	2	4	1	6	1
<i>Allolobophora</i>	31	17	89	69	79	60
andere	—	—	1	—	7	6
Anzahl der Würmer	240	376	279	733	491	1105

Nach MERKER (1926, 1931) sind die Würmer, die nach einem starken Regen sterben, nicht im Wasser ertrunken, denn sie könnten wochen- und monatelang in frischem Wasser leben. Das Regenwasser verliert aber im Boden sehr rasch seinen Sauerstoffgehalt. Die Atemnot treibt die Würmer dann aus ihren Röhren an die Oberfläche, wo sie nun der tödlichen Wirkung des Lichtes ausgesetzt sind. MERKER (1931) fand bei seinen Versuchen Unterschiede zwischen Würmern verschiedener Arten: „Bei diesen Versuchen (in sauerstoffarmem Wasser) erwiesen sich die Tiere der Art *A. caliginosa* widerstandsfähiger als die der Art *L. terrestris*.“

Es kommen wohl mehrere Gründe dafür in Frage, warum der Prozentsatz der Angehörigen der Gattung *Lumbricus* auf dem überschwemmten Lande oberflächlich höher ist als im Boden. Wahrscheinlich kann *Lumbricus* die geringeren Sauerstoffspannungen weniger gut ausnutzen als *Allolobophora* und flieht an die Oberfläche. Andererseits wurden erwachsene Individuen der Art *L. herculeus* seltener im Boden gefunden, weil sie wahrscheinlich dem Spaten in unerreichbare Tiefen ausweichen. Dem Wasser aber können sie nicht entgegen. Aber auch Angehörige der Art *L. rubellus*, die gemeinhin die oberen Bodenschichten bewohnen, fand ich im Wasser mit 22 % noch häufiger als im Boden (Wiese 5 %, Acker 4 %). *L. rubellus* und *L. herculeus* verlassen auch sonst nachts das Erdreich, um Nahrung zu suchen und zu kopulieren (HOFFMEISTER, 1845, nach KOLLMANNSPERGER, 1934), im Gegensatz zu den Würmern der Gattung *Allolobophora*. Vielleicht schützt auch

das rote Pigment die Gattung *Lumbricus*, und sie scheut deshalb das Licht nicht so wie ihre unpigmentierten Verwandten, die höchstens dunkelrauchbraun gefärbt sind. Das prozentuale Ansteigen der unpigmentierten Gattung *Octolasion* im Rieselwasser läßt sich jedoch aus den Lebensgewohnheiten nicht erklären.

Wie stark die Verluste der Regenwürmer bei einer Berieselung sein können, soll folgende Beobachtung zeigen. Auf 16 qm der überschwemmten Parzellen 255 und 258 sammelte ich aus dem Rieselwasser 393 Würmer, das sind durchschnittlich 25 pro qm mit einem Gewicht von 39 590 mg. Auf dem gerade abgetrockneten Boden der gleichen Parzellen lagen durchschnittlich auf 1 qm sogar 42 Würmer mit einem Gewicht von 34 670 mg. Nicht erfaßt sind bisher dabei die Massen der Regenwürmer, die von den Vögeln gefressen werden. An den Rieselflächen versammeln sich regelmäßig größere Scharen von Rabenkrähen, Dohlen, Staren sowie vereinzelt Elstern, Eichelhähern und Amseln, gelegentlich auch einige Stockenten. Im Frühjahr und Herbst kommen als Durchzugsgäste verschiedene Limicolen, vor allem Bruchwasserläufer, Bekassinen und andere hinzu. Besonders vermerkt müssen die Störche werden, von denen jährlich zwei Brutpaare und zahlreiche „Jungesellen“ (bis zu fünfzig) vorhanden sind. Alle diese Vögel sind nach den Beobachtungen SCHNETTERS (1952) im Rieselgut eifrige Vertilger von Regenwürmern. Bei vorsichtiger Schätzung darf angenommen werden, daß ständig etwa zwanzig bis dreißig verschiedene Vögel an einer einzigen überrieselten oder gerade abtrocknenden Rieselfläche vorhanden sind, wo sie natürlich neben den Regenwürmern auch die anderen zahlreichen Kleintiere aufsammeln.

Man möchte glauben, daß der Regenwurmbestand auf diesen Flächen fast vollkommen ausgerottet sein müßte, und doch beweist ihr Vorkommen kurz nach einer Berieselung im Boden, daß nicht alle Regenwürmer vernichtet werden und sich die Bestände schnell ergänzen, auch auf den länger überrieselten Äckern. Die 1955 abgesuchten Felder wurden 1954 nicht, 1953 dreimal berieselt. Wenn damals alle Regenwürmer vernichtet worden wären, hätten in der kurzen Zeit bis 1955 kaum so viele zuwandern oder sich neu entwickeln können, wie es die gefundenen Zahlen zeigen. Viele der toten Würmer waren sicher älter als zwei Jahre, denn es waren besonders schwere mit 6, 8, sogar 10 Gramm darunter. Regenwürmer werden ja mehrere Jahre alt. So hielt KORSCHOLT (1914) operierte Lumbriciden bis zu zehn Jahre in Gefangenschaft.

Auf den frisch berieselten Wiesen habe ich nie so viele tote Würmer beobachtet wie auf den Äckern. Die Wiesen werden zwar häufiger, aber jedesmal mit einer sehr viel geringeren Abwassermenge beschickt. Das Wasser versickert schneller und treibt daher nicht so viele Würmer an die Oberfläche. Auch tötet ein kurzer Aufenthalt im Wasser nicht so viele Würmer, wie noch im folgenden Abschnitt gezeigt wird.

## VII. Versuche über die Lebensdauer der Regenwürmer in Wasser und Abwasser

Schon DARWIN (1881) erwähnt, daß PERRIER mehrere große Regenwürmer fast vier Monate lang in Wasser untergetaucht am Leben hielt. Daß Regenwürmer sehr lange diese außergewöhnliche Behandlung ertragen, kann ich bestätigen. Ich setzte Regenwürmer verschiedener Arten in  $\frac{1}{4}$ -Liter-Milchflaschen und gab täglich frisches Leitungswasser, das eine Temperatur von 18 bis 19° C hatte. Zuerst nahm ich an, daß die Würmer in dem Wasser bald verhungern würden, deshalb ließ ich sie sich je einen Tag nach einer Woche Wasseraufenthalt in feuchter Erde erholen. Später verzichtete ich darauf, als ich bei RABES (1901) las, daß ein operierter Wurm, dem es unmöglich war, zu fressen, über ein Jahr lang lebte.

Bei diesen Versuchen ergab sich, daß Würmer z. T. monatelang im Wasser leben konnten, wenn sie die ersten beiden Tage überstanden hatten (Tab. 17). Wahrscheinlich scheiden geschwächte Individuen gleich am Anfang aus. Eine *A. caliginosa* überdauerte mit 134 Tagen alle anderen.

Tabelle 17

Lebensdauer von Regenwürmern in täglich erneuertem Leitungswasser

Art	Tage
10 <i>L. spec.</i>	1, 2, 2, 25, 25, 25, 26, 32, 33, 58
5 <i>A. caliginosa</i>	35, 36, 45, 132, 134
2 <i>A. chlorotica</i>	2, 75
4 <i>E. foetida</i>	1, 2, 100, 113
2 <i>E'lla tetraedra</i>	25, 56

Man darf wohl von vornherein annehmen, daß sich die Regenwürmer in Rieselwasser nicht so lange halten wie im frischen Wasser. Wegen seines starken Gehaltes an Faulstoffen ist es viel sauerstoffärmer, wenn auch beim Überrieseln der O<sub>2</sub>-Verlust etwas ausgeglichen wird. Giftig wirken seine Verunreinigungen wohl kaum auf die Bodentiere, sonst wären auf den häufig berieselten Wiesen keine Würmer mehr vorhanden. Aber auch durch den abweichenden pH-Wert könnte das Abwasser die Würmer anders beeinflussen als das Leitungswasser. Ein veränderter Säuregrad des Wassers (pH 4,4 bis 9,5) beeinflusst nach FOCKE (1930) die Würmer nicht in ihrer Wandergeschwindigkeit, wohl aber hypotonische und hypertonische Lösung, während MERKERS (1931) Versuchstiere sich in isotonischem Wasser nicht anders als im Leitungswasser verhielten.

Ich verglich die Lebensdauer verschiedener Regenwurmart in Rieselwasser, abgekochtem Wasser und Leitungswasser (Tab. 18). Am 16. Juli 1956

(I.Versuchsserie) und am 17. November 1958 (II.Versuchsserie) holte ich das Abwasser von einer frisch berieselten Wiese in zwei großen Kannen. Die Wiesen lagen nahe am Klärbecken, das Wasser hatte noch keinen langen Weg in den Gräben zurückgelegt. Die pH-Werte (gemessen mit MERCK'schem Papier) lagen bei 8 und 7,5, das Leitungswasser reagierte neutral. Die zu prüfenden Regenwürmer hatte ich jeweils zwei Tage vor Versuchsbeginn bestimmt und in frisches Leitungswasser gesetzt, damit ich geschwächte Individuen gleich von Anfang an ausscheiden konnte. Bei dieser Vorprobe starben von insgesamt 149 Würmern vier Tiere der Gattung *Lumbricus* und vier der Art *A. rosea*.

In der II. Versuchsserie (1958) bestimmte ich vor Beginn des Versuches und nach dem Tode der Tiere den Sauerstoffgehalt der verwendeten Wasserarten nach der Methode von L. W. WINKLER, die CZENSNY (1926) beschreibt. Wie zu erwarten war, hatte das Leitungswasser mit durchschnittlich 7,41 mg/l bei 20° C (Sauerstoffdefizit 1,69 mg/l) den höchsten Sauerstoffgehalt, abgekochtes Wasser mit 1,23 mg/l bei 21° C (Sauerstoffdefizit 7,68 mg/l) und Rieselwasser mit 2,00 mg/l bei 20° C (Sauerstoffdefizit 7,10 mg/l) dagegen einen erheblich geringeren. Das im Versuch verwendete abgekochte Wasser war heiß in die Flaschen gefüllt und im Wasserbad abgekühlt worden. Während der Sauerstoffgehalt des Rieselwassers von den Faulstoffen schon innerhalb 24 Stunden völlig aufgezehrt war, hat er sich im abgekochten Wasser innerhalb von einem Tag auf 2,69 mg/l (Sauerstoffdefizit 6,22 mg/l) erhöht.

Da nach KONOPACKI (1907) die Atmung der Regenwürmer temperaturabhängig ist, stellte ich, ehe ich die Tiere einsetzte, für alle Wasserarten durch Kühlen bzw. Erwärmen im Wasserbad eine Temperatur von 18° C in der I. Versuchsreihe (1956) und von 20° C in der II. Versuchsreihe (1958) her. Leider konnte ich sie während des Versuches im z. T. geheizten Zimmer nicht konstant halten. Sie schwankte zwischen 18 bis 23° C. Die wechselnde Temperatur hat nicht nur Einfluß auf die Atmung der Regenwürmer, sondern auch auf den Sauerstoffgehalt des Wassers (Sättigung des Wassers mit O<sub>2</sub> ist bei 18° C mit 9,45 mg/l und bei 23° C schon mit 8,58 mg/l erreicht). Damit diese Schwankungen das Versuchsergebnis im Hinblick auf den Artenvergleich möglichst wenig beeinträchtigen, habe ich in der I. Versuchsreihe (1956) alle Tiere in allen Wasserproben am gleichen Tage, in der II. Versuchsreihe (1958) wenigstens alle Tiere für eine Wasserart (Rieselwasser, abgekochtes und frisches Leitungswasser) am gleichen Tage eingesetzt. So konnten die Außenbedingungen in jeder Wasserprobe auf alle Tierarten gleich einwirken.

Vor dem Versuch wog ich die Regenwürmer und teilte nach dem Gewicht die Wassermenge zu. Pro mg standen jedem Wurm 0,2 ccm Wasser zur Verfügung. Kleinere Würmer unter 650 mg erhielten mindestens 130 ccm, weil ich für die anschließende O<sub>2</sub>-Bestimmung diese Menge für die geeichten Meßflaschen brauchte. Die Würmer lagen in Milchflaschen verschiedener Größe,

die mit einem Korkstopfen nicht luftdicht verschlossen waren. Bei den Versuchen mit Rieselwasser prüfte ich alle zwei bis vier Stunden, bei den übrigen in größeren Zeitabständen (zwei- bis dreimal am Tage), ob die Tiere noch reagierten, d. h. sich zusammenringelten, wenn ich sie mit einem Glasstab berührte. Dabei vermied ich es, beim Nachschauen die Gläser zu schütteln. Sie standen im Dunkeln, weil das Licht die Würmer schädigt. Gegen das Lebensende zu wurden die Reaktionen der Tiere immer schwächer, und ich mußte kräftiger und anhaltender reizen. Am heftigsten reagierten stets Angehörige der Gattung *Lumbricus*, am schwächsten die der Art *A. rosea*. Alle im Experiment geprüften Würmer stammten aus dem Rieselfeld.

Tabelle 18

## Lebensdauer von Regenwürmern in verschiedenen Wasserarten

M = Mittelwert, n = Anzahl der Würmer, Vb = Variationsbreite  
(Angabe in Klammern bedeutet 1 Tier)

Arten	Rieselwasser			abgekochtes Wasser			Leitungswasser		
	M	Vb		n	M	Vb	M	Vb	
	Stunden			Stunden			Stunden		
<i>L. spec.</i>	18	23	7–35 (71)	18	79	13–64 (886)	23	249	16–524 (1459)
<i>A. caligin.</i>	15	61	23–89	13	388	43–1104	17	933	146–2640
<i>A. rosea</i>	7	56	42–75	13	501	17–1224	9	918	548–2158
<i>A. chlorot.</i>	3	29	27–33	3	922	31–1512			
<i>O. spec.</i>	2	17	16–18				1	654	
Anzahl	142	45		47			50		

In allen drei Wasserarten ist *L. spec.* den beiden Arten *A. caliginosa* und *A. rosea* unterlegen. Die Ergebnisse für *A. chlorotica* und *O. spec.* sind wegen der geringen Anzahl wenig beweiskräftig. *Lumbricus* lebt im Rieselwasser durchschnittlich 23 Stunden, *A. caliginosa* und *A. rosea* dagegen doppelt so lange (61 und 56 Stunden). Da das Rieselwasser schon nach 24 Stunden seinen Sauerstoffgehalt verloren hat, muß *Allolobophora* darnach bis zum Lebensende ohne Sauerstoffaufnahme ausgekommen sein. Die längste Zeit erreichte eine *A. caliginosa* mit 89 Stunden, d. h. eine Spanne von mindestens 65 Stunden ohne Sauerstoffaufnahme. Nach KONOPACKI (1907) sollen die Regenwürmer je nach der Gattung 6 bis 30 Stunden ohne Sauerstoff leben können und dabei Kohlendioxyd fast mit derselben Intensität ausscheiden wie in normalen Verhältnissen. NAGANO (1934) hielt Regenwürmer in reinem Stickstoff und bestätigt KONOPACKIS Auffassung.

Im abgekochten Wasser ist der O<sub>2</sub>-Gehalt am Anfang sehr niedrig (1,23 mg/l), scheint sich aber nach etwa zwei bis drei Tagen auf ein erträgliches Maß zu erhöhen. Von den 18 Angehörigen der Gattung *Lumbricus* lebten

nur drei länger als zwei Tage, zwei starben am dritten Tag, nur einer stellte sich mit 886 Stunden völlig außerhalb der Reihe. Auch bei den Versuchen mit Leitungswasser und mit Rieselwasser hatte jeweils ein Tier in der *Lumbricus*-Reihe eine viel höhere Lebensdauer als die übrigen. Es handelt sich jedesmal um ein juveniles Tier von etwa 600 mg. Die Vermutung liegt nahe, daß es Jungtiere der tiefbohrenden Art *L. herculeus* sind, die anderen aber der Art *L. rubellus* angehören. Aber innerhalb der Leitungswasserversuche sind unter der *Lumbricus*-Reihe drei *Lumbrici herculei*, die in bezug auf die Lebensdauer keine Ausnahme machen. Da ich in den Versuchen möglichst frische Tiere verwenden wollte, konnte ich nicht auf einmal so viele erwachsene *Lumbrici herculei* erbeuten, daß sich die Aufstellung einer eigenen Reihe gelohnt hätte. Außerdem sind sie bei meiner einfachen Versuchsanordnung wegen ihres hohen Gewichtes schlecht unterzubringen.

Von der Art *A. caliginosa* haben fünf von dreizehn Vertretern die kritischen drei Tage im abgekochten Wasser nicht überlebt, von der Art *A. rosea* von dreizehn zwei nicht. Die übrigen erreichten z. T. fast eine Lebensdauer, die den Würmern in frischem Wasser nahekammt, ihre Höchstwerte aber nicht erreicht, weil sie die schlechten Sauerstoffverhältnisse in den ersten drei Tagen doch ausgewirkt haben.

Im frischen sauerstoffreichsten Leitungswasser hat sich die durchschnittliche Lebensdauer aller Arten wesentlich erhöht. Die Arten *A. caliginosa* und *A. rosea* sind mit 933 bzw. 918 Stunden wieder wesentlich zäher als *Lumbricus* mit 249 Stunden. Wie die Berechnung des jeweiligen mittleren Fehlers der Mittelwerte  $\bar{m}^*$  zeigt, sind die Unterschiede in der Lebensdauer zwischen *Lumbricus* und *Allolobophora caliginosa* für alle drei Wasserarten gesichert (Rieselwasser: *L.* 23  $\pm$  4 Std., *A. cal.* 61  $\pm$  6 Std.; abgekochtes Wasser: *L.* 79  $\pm$  48 Std., *A. cal.* 388  $\pm$  113 Std.; Leitungswasser: *L.* 249  $\pm$  64 Std., *A. cal.* 933  $\pm$  200 Std.).

Wenn ein Regenwurm gestorben war, prüfte ich das Wasser, in dem er gelebt hatte, auf seinen O<sub>2</sub>-Gehalt. Beim Rieselwasser betrug er acht Stunden nach dem Einsetzen höchstens 0,34 mg/l. Meist war es völlig frei von O<sub>2</sub>. Das abgekochte und das frische Leitungswasser hatte nach dem Tode der Tiere bei allen Arten ein Sauerstoffdefizit von 5,5 bis 6,5 mg/l (arithmetisches Mittel). Die einzelnen Werte weichen innerhalb einer Reihe stark voneinander ab. Es kam z. B. vor, daß Tiere an einem Ende schon etwas angefault waren, aber auf Berührung immer noch reagierten. Der Zeitpunkt des Todes ließ sich überhaupt schwer feststellen. Eine Wasserprobe, in der Faulstoffe enthalten sind, verliert sehr schnell Sauerstoff, ohne daß er durch die Atmung des Regenwurms direkt verbraucht wird.

---


$$\bar{m} = \sqrt{\frac{[\text{vv}]}{n(n-1)}}, \text{ BAULE (1950).}$$



Die bei meinen Wasserversuchen gestorbenen Tiere waren, wie die, die ich aus dem Rieselwasser im Freien zog, angeschwollen oder einige sogar an mehreren Stellen blasig aufgetrieben. Die im Rieselwasser eingegangenen Würmer zeigten dieselben Veränderungen wie die im abgekochten oder frischen Leitungswasser. Deshalb nehme ich an, daß der Sauerstoffmangel in jedem Falle die Todesursache war und nicht etwa speziell giftige Stoffe im Rieselwasser.

Tabelle 19

**Anzahl der von Parasiten befallenen Regenwürmer**

I = schwach, II = mittel und III = stark befallene Tiere; ad. = adult

	<i>L. spec.</i>			<i>A. caliginosa</i>			<i>A. rosea</i>			<i>A. chl.</i>	<i>O. spec.</i>
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	I
Samenblasen:											
<i>Monocystis</i>	2	—	12	4	2	9	3	1	2	—	1
Nematoden	7	2	—	4	2	1	1	—	—	—	1
unbefallen	16			11			20			5	—
Hinterende:											
<i>Monocystis</i>	10	3	5	2	2	6	—	2	—	—	—
Nematoden	3	7	21	2	6	9	2	—	—	2	1
unbefallen	3			8			22			3	1
Gesamtzahl	37	(14 ad.)		28	(20 ad.)		26	(24 ad.)		5	2
ganzen unbef.	1			4			19			3	—

Man könnte vermuten, daß stark mit Parasiten (Nematoden und Gregarinen) befallene Würmer geschwächt sind und deshalb dem Sauerstoffmangel eher erliegen. Deshalb untersuchte ich in der II. Versuchsreihe (1958) bei den gestorbenen Würmern die Samenblasen und das Hinterende auf Nematoden und *Monocystis* (Tab. 19). Im Hinterende sitzen oft in der Leibeshöhle der Würmer viele Parasiten, die in kleine braune Knötchen abgeschieden sind. Ähnlich wie BALTZER (1956) teilte ich ein in schwachen (1 bis 5), mittleren (bis 30) und in starken (über 30) Befall. Bei *Monocystis* wurden jeweils die Cysten, bei Nematoden die einzelnen Würmer gezählt. Der Parasitenbefall war besonders bei der Gattung *Lumbricus* und der Art *A. caliginosa* groß (Tab. 19). Eine direkte Beziehung zwischen Parasitenbefall und Lebensdauer ließ sich jedoch nicht finden. So lebte eine in den Samenblasen und im Hinterende sehr stark von *Monocystis* befallene *A. caliginosa* im Leitungswasser 97 Tage (2328 Stunden). Wie BALTZER (1956) fand ich bei Individuen von *A. rosea* nur selten Nematoden und *Monocystis*.

Selbstverständlich dürfen die Ergebnisse aus den Versuchen nicht unmittelbar auf die Verhältnisse in der Natur übertragen werden. Ein Regenwurm, den das Abwasser aus dem Boden herausgelockt hat, ist nicht nur den

ungünstigen Atembedingungen im Wasser ausgesetzt, sondern auch den tödlich wirkenden Sonnenstrahlen. Sie können die Würmer nach MERKER (1926) in zwei bis drei Stunden lähmen und ihren Tod beschleunigen, wenn diese nicht vorher in einen Vogelmagen wandern.

## VIII. Diskussion: Die Regenwurmfauna des Rieselfeldes und im Raume Freiburg im Vergleich zu der anderer Gebiete

### 1. Artenbestand

Nach MICHAELSEN (1901, 1903) kommen in manchen Gegenden häufig endemische Arten vor, während sie in anderen Gebieten ganz fehlen. Er bringt die Begrenzung für endemische Arten mit der Eiszeit in Zusammenhang. In Gegenden, die vom Eise bedeckt waren, seien alle Regenwürmer vernichtet worden. Diese Landstriche wurden nach dem Zurückweichen des Eises neu besiedelt von peregrinen Arten, d. h. von Formen, die als Kosmopoliten gelten. MICHAELSEN nimmt an, daß seit dem Rückgang des Eises zu wenig Zeit vergangen sei, um neue Arten entstehen zu lassen. WILCKE (1955) gliedert die Lumbricidenfauna in „weitgewanderte“ (megaporeute), „wenig gewanderte“ (oligoporeute) und „nicht gewanderte“ (endemische) Formen.

Für Südbaden sind bisher meines Wissens keine Untersuchungen über die Regenwurmfauna veröffentlicht worden. Da mein Untersuchungsgebiet in der Eiszeit nicht von Eismassen bedeckt war, könnten hier nach MICHAELSENS Theorie endemische Arten, nach der Einteilung von WILCKE mindestens wenig gewanderte Arten vorkommen. Ich habe meine Ergebnisse mit denen von KOLLMANNSPERGER (1934), GRAFF (1950), RONDE (1951, 1953) und BALTZER (1956) verglichen (Tab. 20). KOLLMANNSPERGER (märkisches Naturschutzgebiet an der Oder) und RONDE (Alpenvorland) fanden nur weitwandernde Formen. GRAFF entdeckte im Humus der Stadtgärtnerei und in einem Schulgarten Braunschweigs in *Eisenia veneta* und *Dendrobaena attemsi* zwei Vertreter der Adventivfauna, die nach ihrem Vorkommen sicher eingeschleppt sind.

Auch BALTZER hält die Art *A. icterica* (Fundort Botanischer Garten in Münster und Garten in Bielefeld) in ihrem Untersuchungsgebiet (Westfalen) für eingeschleppt, während die Art *A. limicola* nicht selten, aber nur südwestlich der Linie Burgsteinfurt — Münster — Brilon vorhanden ist. Wahrscheinlich ist diese Art auf dem Wege, einstmals vereistes Gebiet zu erobern. Ich stellte in Freiburg und seiner Umgebung vier Arten fest, die nicht weltweit verbreitet sind: *A. icterica*, *A. limicola*, *D. attemsi* und *D. platyura*. *A. icterica* und *D. attemsi*, die ich nur je in einem Exemplar antraf, sind wahrscheinlich eingeschleppt, *D. platyura* und *A. limicola*, die nach WILCKES Einteilung zu den wenig gewanderten Arten rechnen, werden hier heimisch sein.

Tabelle 20

## Artenbestand der Regenwürmer Deutschlands

nach Untersuchungen der Autoren KOLLMANNSPERGER (K), RONDE (R), GRAFF (G), BALTZER (B). Eigenes Ergebnis (N). *A.* = *Allolobophora*, *B.* = *Bimastus*, *D.* = *Dendrobaena*, *E.* = *Eisenia*, *E'lla* = *Eiseniella*, *L.* = *Lumbricus*, *O.* = *Octolasion*

	K	R	G	B	N
1. <i>L. herculeus</i> SAVIGNY, 1826					
= <i>L. terrestris</i> LINNAEUS, 1758	+	+	+	+	+
2. <i>L. rubellus</i> HOFFMEISTER, 1843	+	+	+	+	+
3. <i>L. castaneus</i> (SAVIGNY, 1826)	+	+	+	+	+
4. <i>E'lla tetraedra tetraedra</i> (SAVIGNY, 1826)	+	+	+	+	+
5. <i>E. foetida</i> (SAVIGNY, 1826)	+	+	+	+	+
6. <i>E. veneta hortensis</i> (MICHAELSEN, 1890)			+		
7. <i>D. platyura platyura</i> FITZINGER, 1833					+
8. <i>D. octaedra</i> (SAVIGNY, 1826)		+	+	+	+
9. <i>D. tenuis</i> (EISEN, 1874)					
= <i>B. tenuis</i> (EISEN, 1874)	+	+	+	+	
10. <i>D. rubida</i> (SAVIGNY, 1826)		+			
11. <i>D. subrubicunda</i> (EISEN, 1874)		+	+		+
12. <i>D. eiseni</i> (LEVINSEN, 1884)					
= <i>B. eiseni</i> (LEVINSEN, 1884)			+		
13. <i>D. attemsi</i> (MICHAELSEN, 1902)			+		+
14. <i>O. lacteum</i> (OERLEY, 1885)	+	+	+	+	+
15. <i>O. cyaneum</i> (SAVIGNY, 1826)		+	+	+	+
16. <i>A. rosea rosea</i> (SAVIGNY, 1826)	+	+	+	+	+
17. <i>A. terrestris longa</i> (UDE, 1885)	+	+	+	+	+
18. <i>A. chlorotica</i> (SAVIGNY, 1826)	+	+	+	+	+
19. <i>A. oculata</i> (HOFFMEISTER, 1845)			+		
20. <i>A. limicola</i> MICHAELSEN, 1890				+	+
21. <i>A. caliginosa caliginosa</i> (SAVIGNY, 1826)	+	+	+	+	+
22. <i>A. caliginosa trapezoides</i> DUGES, 1828	+		+	+	+
23. <i>A. icterica</i> (SAVIGNY, 1826)				+	+
Anzahl der Arten und Unterarten:	12	15	19	16	18

Von *A. icterica* fand ich ein Exemplar auf dem Gelände hinter dem Zoologischen Institut in feuchter Gartenerde (ehemals wohl botanischer Garten). Nach GRAFF (1953 a) wurde diese Art bisher in Frankreich, in Italien, in der Schweiz, in Großbritannien, in Belgien, in der Tschechoslowakei und in Rumänien gefunden. In Deutschland wurde sie zum erstenmal 1951 aus dem Moseltal bei Bernkastel-Kues gemeldet. Die von mir gefundene *A. icterica* hat folgende Kennzeichen: 64 mm lang, 5 mm dick, 157 Segmente, Kopflappen epilob, 1. Rückenporus 5/6, männlicher Porus auf Segment 15, Clitellum vom 35. bis 43. Segment, Pubertätswälle vom 36. bis

42. Segment, durch zwei Intersegmentalfurchen unterbrochen. Die Borsten sind eng gepaart. Beim Abtöten trat gelber Schleim aus den Poren.

Von der anderen mutmaßlich eingeschleppten Art, *D. attemsi*, fand ich ein erwachsenes Tier auf einem berieselten Acker des Rieselfeldes zusammen mit *A. caliginosa*, *A. rosea*, *O. cyaneum* und *L. herculeus* in der Hanglage. Nach GRAFF (1953 a) ist diese Art vom Kaukasus über die Balkanhalbinsel bis Österreich verbreitet, in Deutschland und in Böhmen nur aus Gärtnereien bekannt. Da es sich bei meinem Fundort um einen berieselten Acker handelt, besteht immerhin die Möglichkeit, daß mein Exemplar nur zufällig aus einer Gärtnerei hier angeschwemmt wurde. Kennzeichen: Farbe schwach rötlich, am 1. Segment und auf der Unterseite pigmentlos bleich. Länge 29 mm, Dicke 2 mm, Segmentzahl 92, 1. Rückenporus 5/6, männlicher Porus 15. Segment mit kleinen Drüsenhöfen, Clitellum an den Segmenten 29 bis 34, Pubertätswälle an den Segmenten 30 bis 32. Die Borsten sind weit gepaart und stehen auf dem 16. Segment auf Papillen.

*D. platyura platyura*, die nach WILCKE zu den wenig gewanderten Arten zählt, fand ich mit 10 erwachsenen und 21 jungen Tieren vor und auf der Parzelle 178 des Rieselfeldes zusammen mit *A. rosea*, *O. lacteum*, *A. caliginosa*, *L. rubellus*, *D. octaedra* und *E'lla tetraedra* auf grauem Auenboden mittlerer Sättigung. Bisher sind Fundorte nach GRAFF (1953 a) in Österreich, Ungarn, Rumänien und in der Tschechoslowakei bekannt. In Deutschland wurde sie bisher nur in Bayern und 1951 in der Südpfalz im Kreise Landau entdeckt. Die Kennzeichen sind: Farbe rauchgrau, Länge 64 bis 138 mm, Dicke 4 bis 7 mm, Segmentzahl 86 bis 139, Kopflappen epilob, 1. Rückenporus 5/6, Clitellum an den Segmenten 25 bis 30, Pubertätswälle an den Segmenten 26 bis 29. Die Borsten stehen getrennt.

Die zweite der hier heimischen Arten, die keine weltweite Verbreitung besitzen, ist *A. limicola*, die ich mit 46 erwachsenen Tieren auf zwei benachbarten Wiesen in der Nähe des Rieselfeldes am Rande des Fronholzes im grauen Auenboden fand. Bekannt ist diese Art bisher nach GRAFF (1953 a) aus der Schweiz, aus Belgien, in Deutschland aus Schleswig-Holstein, aus der Südpfalz im Kreise Landau, bei Wörth (Rhein) und in Bienwald. Kürzlich fand sie BALTZER (1956) auch in Westfalen. Die Untersuchungen ergaben: Farbe grau, Länge 58 bis 83 mm, Dicke 3 mm, 1. Rückenporus 4/5, männlicher Porus 15. Segment, auf das 14. und 16. übergreifend, Clitellum an den 28., 29. bis 35. Segmenten, Pubertätstuberkel am 33. und 34. Segment. Die Borsten stehen eng gepaart. Segmentzahl 86 bis 126.

Von den gemeinen und häufig verbreiteten Arten kommt nur *A. terrestris longa* nicht auf dem Rieselgelände und den benachbarten unberieselten Flächen vor. Ich fand sie aber im Garten hinter dem Zoologischen Institut in Freiburg. In dem von GUILD (1952) in England untersuchten Wiesenstück ist sie mit 49 % bzw. 38 % die häufigste Art. Nach GRAFF (1950) ist sie in Deutschland nicht so häufig wie in England, kommt aber in Gärten und

Äckern vor. KOLLMANNSPERGER (1934) fand im ganzen nur zwanzig Exemplare auf drei Standorte mit Mergellehmuntergrund verteilt, BALTZER (1956) unter ihrem reichhaltigen Material nur fünf erwachsene Tiere. Nach FINCK (1952) stört diese Spezies ein hoher Grundwasserstand, da sie, wie *L. herculeus*, sehr tiefe Röhren anlegt. Es ist gut möglich, daß *A. terrestris longa* auf dem Rieselgelände und seiner Umgebung mit dem ursprünglich hohen Grundwasserstand keine zusagenden Lebensbedingungen fand.

Der nach Baden benannte *L. badensis*, der im südlichen Schwarzwald vorkommen soll (WILCKE, 1949), ähnelt nach der Beschreibung sehr dem *L. herculeus*. Ich konnte kein Tier einwandfrei der Art *L. badensis* zuordnen.

In ihren Untersuchungsgebieten fanden KOLLMANNSPERGER (märkisches Naturschutzgebiet an der Oder, 1934) elf Arten, RONDE (oberbayerisches Hügelland und württembergisches Alpenvorland, 1951 und 1953) fünfzehn Arten, GRAFF (Umgebung von Braunschweig, 1950) fünfzehn einheimische und drei eingeschleppte Arten, BALTZER (Westfalen, 1956) fünfzehn Arten. Ich konnte im Raume Freiburg siebzehn Arten nachweisen. Meine Proben stammen aus einem höchstens 5 qkm umfassenden Gelände, während die eben genannten Autoren ihre Stichproben aus großräumigeren Gebieten nahmen. KOLLMANNSPERGER, GRAFF und BALTZER untersuchten in Norddeutschland, das, wie das von RONDE untersuchte Alpenvorland, nach MICHAELSENS Theorie seine ursprüngliche Lumbricidenfauna in der Eiszeit eingebüßt haben muß und von weitwandernden Formen besiedelt worden ist. Das Vorkommen der beiden Arten *A. limicola* und *D. platyura* im Rieselgut und seiner Umgebung ist vermutlich der günstigen geographischen Lage in einem ehemals eisfreien Gebiet zu verdanken, während die drei Arten *D. subrubicunda*, *E. foetida* und *E. tetraedra*, die sich mit Vorliebe in den Rieselgräben aufhalten, erst durch die Berieselung günstige Lebensbedingungen fanden. Der Wiesenboden ist mit vierzehn, der Acker mit acht und der Wald mit sieben Arten besetzt. Diese Zahlen aus dem relativ kleinen Untersuchungsgebiet, gewonnen aus 83 Proben zu 1 qm und 6 575 gesammelten Würmern, sprechen für eine reichhaltige Lumbricidenfauna, wie Vergleichswerte von GRAFF (1950) zeigen. GRAFF fand im Braunschweiger Gebiet auf den Äckern durchschnittlich nicht mehr als vier bis fünf Arten, in Ausnahmefällen sechs bis sieben Arten, im Wiesenboden insgesamt zehn Arten und im Wald acht Arten. Die Gesamtzahl von vierzehn von mir auf berieselten Flächen gefundenen Arten (fünfzehn Formen) schließt eine Benachteiligung der Regenwurmfauna durch die Berieselung aus.

## 2. Ökologie

Der flachgründige Boden des Rieselfeldes und seiner Umgebung verwehrt es den meisten Regenwurmart, auch bei ungünstigen Bedingungen, wie sie im Sommer bei Trockenheit herrschen, in größere Tiefen auszuweichen. So

fand ich auf berieselten Wiesen durchschnittlich 86 % aller Regenwürmer in einer Schicht bis zu 12 cm Tiefe, auf den unberieselten Wiesen, von denen ich hauptsächlich im Herbst Proben nehmen konnte, sogar 95 %. Nur auf den abgeernteten Feldern zogen sich die Würmer im August größtenteils in die Schicht von 12 bis 25 cm Tiefe zurück. WILCKE (1953) betont, daß die Regenwürmer besonders in der Zeit, da die Felder kahl liegen, gefährdet sind und durch Witterungseinflüsse in der oberen Schicht fast ausgerottet werden können. Allgemein werden hauptsächlich schwerere Würmer in tieferen Schichten angetroffen; denn sie besitzen die für das Eingraben nötige Muskelkraft. So ergibt sich ein durchschnittliches Regenwurmgewicht für die obere Region von 320 mg, für die untere von 520 mg. Auch das durchschnittliche Gewicht jeder Art läuft ungefähr parallel mit der Tiefenverteilung, z. B. ist die Art *L. herculeus* mit einem Durchschnitt von 3 420 mg pro Wurm zu 58 % in der tieferen Schicht (unter 20 cm Tiefe) zu finden, sein leichter Verwandter *L. rubellus* mit 610 mg nur zu 7 %. Meine Beobachtungen über die vertikale Verteilung der einzelnen Regenwurmartensorten entsprechen denen von WILCKE (1953), wenn sich bei mir auch keine so ausgeprägte Schichtung wie bei seinen gewählten Profilen im tiefgründigen Boden ergibt.

Während Unterschiede in den Fangzahlen (Anzahl und Gesamtgewicht) sich nicht auf die wechselnde Jahreszeit zurückführen ließen, stieg das Verhältnis der adulten zu den juvenilen Würmern im Wiesen- und Ackerboden von 1 : 1,9 im Juni bis auf 1 : 3,6 im Juli an und nahm im November bis zu 1 : 1,3 ab. Wahrscheinlich pflanzen sich die Regenwürmer hauptsächlich im Frühjahr und Herbst fort, deshalb sind im Sommer mehr juvenile Tiere zu finden. BALTZER (1956) untersuchte vorwiegend auf Waldstandorten in Westfalen an Regenwurmartensorten die Spermatogenese in den Samentaschen und die Füllung der Receptacula seminis der Tiere im Laufe eines ganzen Jahres und beobachtete dabei ein deutliches Frühjahrsmaximum und ein etwa Ende August einsetzendes Herbstmaximum. Der Jahresrhythmus wurde aber nicht starr eingehalten, sondern konnte von Umweltfaktoren, besonders der Feuchtigkeit, beeinflusst werden.

Im Sommer fand ich auch auf Rieselwiesen oft Regenwürmer der amphodynamen Arten in lethargischen Ruhezuständen. Ausreichende Feuchtigkeit kann nach MICHON (1957) die Ruhepause verhindern, umgekehrt braucht sie aber zugeführte Feuchtigkeit nicht aufzuheben, wie meine Funde einen Tag nach einer Berieselung im Boden bestätigen. Wahrscheinlich kann die Ruhezeit auch durch einen endogenen Rhythmus bedingt sein (KOLLMANNSPERGER, 1956).

Die Güte des Bodens ist in erster Linie ausschlaggebend für eine dichte Regenwurmbesiedelung. Nach BALTZER (1955) sind bestimmte Bodentypen durch eine charakteristische Gewichtsmenge an Regenwürmern ausgezeichnet.

Im Rieselfeld ist der Boden, meist grauer Auenboden geringer oder mittlerer Sättigung und seltener Anmoorglei, sehr flachgründig und kein ideales

Substrat für Regenwürmer. Der pH-Wert (in H<sub>2</sub>O gemessen) liegt zwischen 5,1 und 6,4, im Acker einerseits können Werte bis über den Neutralpunkt erreicht werden und im Wald andererseits bis herab zu 4,0. Alle von mir als schwer bezeichneten Böden, die auch bis in tiefere Schichten mehr lehmige Anteile (Lehm, Sand-Lehm oder stark lehmiger Sand) enthielten, waren durchschnittlich mit dreimal soviel Regenwürmern besetzt wie die leichten Böden. Das „Wurmgewicht“ (Gesamtgewicht von 1 qm) auf schwerem Wiesenboden (berieselt und unberieselt zusammengefaßt) betrug durchschnittlich 43 970 mg, auf leichtem Wiesenboden 13 235 mg. BALTZER (1955) gibt für Auenboden einen Durchschnitt von 29 g an.

Da wahrscheinlich der lehmige Boden das Wasser besser festzuhalten vermag, ist er dichter mit Regenwürmern besiedelt als sandiger. Nach KOLLMANNSPERGER (1934) und GRAFF (1950) nimmt deshalb die Zahl der Lumbriciden mit der Feuchtigkeit des Bodens zu. Nur auf ausgesprochen nassen Böden beschränkt der Sauerstoffmangel eine starke Vermehrung. Auf den Wiesen des Rieselfeldes hat sich die zusätzliche Bewässerung vorteilhaft ausgewirkt, deshalb liegen Gesamtgewicht und Anzahl der erbeuteten Regenwürmer durchschnittlich um 30 bis 40 % höher als auf gleichwertigem unberieseltem Gelände. So ergab auf berieseltem leichtem Wiesenboden 1 qm durchschnittlich 53 Regenwürmer und ein Gewicht von 14 980 mg, auf gleichwertigem unberieseltem Boden nur 36 (68 %) mit einem Gewicht von 10 590 mg (71 %). Auf schwerem Wiesenboden sind die berieselten Proben mit 139 Würmern und einem Gesamtgewicht von 51 970 mg pro qm den unberieselten mit 94 Würmern (66 %) und 32 860 mg (63 %) überlegen. Vermutlich wären die Unterschiede noch größer, wenn nicht eine große Anzahl der Regenwürmer durch die reiche Vogelwelt im Rieselgut (SCHNETTER, 1952 und 1955) gefressen würde. Die Verluste durch zu lange angestautes Wasser betreffen hauptsächlich die Äcker, bei denen deshalb auch kein Vorteil der Berieselung im Regenwurmbesatz zu spüren ist. Daher stimmen die Durchschnittswerte für einen Quadratmeter mit 65 Würmern und 21 850 mg auf berieselten und mit 61 Würmern und 23 170 mg auf unberieselten Flächen überein. Eine kurzdauernde und häufigere Berieselung, wie sie von der Gutsverwaltung im hiesigen Rieselfeld ja auch für den größten Teil des Geländes (zwei Drittel), den Wiesen, angewandt wird, ist für die Regenwürmer sehr vorteilhaft.

In der Staulage einer Abteilung kann nämlich durch länger andauernde Staunässe, die einen akuten Sauerstoffmangel (MERKER, 1926 und 1931) im Boden zur Folge hat, die Regenwurmanzahl verringert werden. Daher ist die Hanglage der Staulage einer berieselten Parzelle mit durchschnittlich 100 : 45 % in der Anzahl und mit 100 : 52 % im Gesamtgewicht der Würmer überlegen. Die Verluste in der Staulage treffen besonders die Gattung *Lumbricus*, die in der Hanglage 42 % aller Würmer ausmacht, in der Staulage nur 20 %. Diese vermutlich geringere Widerstandsfähigkeit der Gattung

*Lumbricus* gegen Sauerstoffmangel konnte ich auch durch andere Freilandbeobachtungen bestätigen. Der Anteil der Art *L. rubellus* betrug im unberieselten Wiesenboden 14 %, im berieselten nur 5 %, im unberieselten Acker 8 % und im berieselten 4 %. Auf überschwemmtem Land sah ich Angehörige der Gattung *Lumbricus* mit 54 % zahlreicher im Rieselwasser treiben als ihrem Vorkommen im Boden mit 6 bis 8 % entsprach, wohl weil sie der Sauerstoffarmut im Boden entgehen wollten. Auch das unterschiedliche Verhalten der Arten gegenüber starker Trockenheit könnte einen Hinweis geben. *Allolobophora*-Arten gehören im Gegensatz zu *Lumbricus* zu den amphodynamen Würmern, die je nach den Außenbedingungen oder nach einem endogenen Rhythmus eine Ruhepause einschalten und in „Trockenstarre“ verfallen. Dabei werden sie ihren Sauerstoffverbrauch auch stark herabsetzen müssen.

Meine Ergebnisse werden durch Beobachtungen von ROOTS (1956) bestätigt. Danach meiden *L. rubellus* und *L. terrestris* (*herculeus*) bei Wahlmöglichkeit mit Wasser überspülten Boden, dagegen besiedeln unter entsprechenden Bedingungen *A. caliginosa*, *A. chlorotica* und *A. terrestris longa*, wenn in auch geringen Prozentsätzen, mit Wasser erfüllten Boden.

Schließlich ergaben meine Versuche über die Lebensdauer der Regenwürmer in verschiedenen Wasserarten eine eindeutige Unterlegenheit der Gattung *Lumbricus* gegenüber *Allolobophora*. In den O<sub>2</sub>-ärmsten Proben mit Rieselwasser überdauerten die Arten *A. caliginosa* mit 61 Stunden und *A. rosea* mit 56 Stunden die Gattung *Lumbricus* mit 24 Stunden um mehr als die doppelte Zeit. Auch im abgekochten Wasser (79 Stunden) und im Leitungswasser (249 Stunden) war die Gattung *Lumbricus* der Art *A. caliginosa* (388 und 933 Stunden) und der Art *A. rosea* (501 und 918 Stunden) unterlegen. Da die Regenwürmer in den Wasserproben nicht verhungert, sondern am Sauerstoffmangel gestorben sind, stimmen die Ergebnisse meiner Freilandbeobachtungen und die der Versuche recht gut überein.

## IX. Zusammenfassung

1. Das 4 km westlich von Freiburg gelegene Rieselfeld wurde vor sechzig Jahren angelegt und umfaßt 259 ha berieselte Fläche (zwei Drittel Grünland, ein Drittel Ackerland). Die Stickstoffzufuhr und die erhöhte Feuchtigkeit durch die Berieselung bedingen eine erhöhte Pflanzenproduktion und eine stark vermehrte Tierwelt. Auffallend ist der Vogelreichtum im Vergleich zu benachbartem Gelände (II).

2. Insgesamt prüfte ich 83 qm und bestimmte 6 575 Regenwürmer (III).

3. In berieselten Wiesen hielten sich durchschnittlich 86 % der Regenwürmer bis zu einer Tiefe von 12 cm auf. Nur auf abgeernteten Äckern zogen sich die Würmer im August größtenteils in die Schicht unter 12 cm



Tiefe zurück. Kurz nach einer Berieselung wurden Regenwürmer amphodynamer Arten im „Trockenschlaf“ gefunden. Das Verhältnis der adulten zu den juvenilen Würmern im Wiesen- und Ackerboden steigt von 1 : 1,9 im Juni bis auf 1 : 3,6 im Juli an und nimmt im November bis zu 1 : 1,3 ab (IV).

4. Die Bodenart und der Feuchtigkeitsgehalt spielen für das Vorkommen der Regenwürmer eine ausschlaggebende Rolle. Wiesen mit schwerem Boden sind durchschnittlich dreimal so dicht besiedelt wie die mit leichtem, die berieselten Wiesen sind um 30 bis 40 % dichter besetzt als die unberieselten. Dagegen unterscheiden sich die selten berieselten Ackerflächen nicht von den unberieselten (V). Auf Wiesenboden fand ich vierzehn, auf Ackerland acht und im umgebenden Wald sieben Arten. Von den acht in den Rieselgräben vorkommenden Arten sind drei besonders an das Leben in feuchtem Moder angepaßt. Auf dem Rieselgelände fehlen keine Arten, die in der Umgebung auf unberieselten Flächen häufig vorkommen (V).

5. Wenn das Rieselwasser nicht schnell genug versickern kann, treibt es, besonders auf den Äckern, zahlreiche Regenwürmer an die Erdoberfläche, die von den Vögeln gefressen werden oder umkommen können. Daher ist die Hanglage der Staulage einer berieselten Abteilung durchschnittlich mit 100 : 45 % in der Anzahl, mit 100 : 52 % im Gewicht der Würmer überlegen. Die Verluste betreffen besonders die Gattung *Lumbricus*, die auch prozentual zahlreicher unter den toten Tieren auf überschwemmtem Gelände vertreten ist, als es ihrem Vorkommen im Boden entspricht (VI).

6. Insgesamt 142 Regenwürmer hielt ich im Dunkeln in Glasflaschen mit Leitungswasser, Rieselwasser und abgekochtem Wasser. Die Angehörigen der Arten *A. caliginosa* und *A. rosea* überdauerten die der Gattung *L. spec.* in jeder Wasserart durchschnittlich um die dreifache Zeit. Diese Ergebnisse erklären die Unterschiede des Hang-Stau-Vergleichs und der Sammelergebnisse aus überschwemmten Wiesen und Äckern (VII).

7. Im Rieselfeld und seiner nächsten Umgebung fand ich fünfzehn Arten, dazu noch zwei Arten im Gelände hinter dem Zoologischen Institut von Freiburg. Von den insgesamt siebzehn Arten sind vier nicht weltweit verbreitet (*A. limicola*, *A. icterica*, *D. platyura* und *D. attemsi*) (VIII).

## Literatur

- BALTZER, R.: Regenwurmfaua und Bodentyp. — Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 71 (116), 246—252 (1955).  
 — Die Regenwürmer Westfalens. — Zool. Jb. System. Ökol. Geographie der Tiere, 84, 355—414 (1956).  
 BAULE, B.: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs, Bd. II, Ausgleichs- und Näherungsrechnung. 6. Aufl., Zürich, 55 SS (1950).

- BRETSCHER, K.: Zur Biologie der Regenwürmer. — Biol. Cbl., **21**, 538—550 (1901).  
— Tiergeographisches über die Oligochaeten. — Ebenda, **23**, 618—625, 634—639 (1903).
- CZENSNY, R.: Die zu den wichtigsten chemischen Methoden der Wasseruntersuchung benötigten Gerätschaften und Chemikalien sowie ihre Anwendung auf der Reise und im Laboratorium. — Neudamm und Berlin, 52 SS (1926). Sonderdruck aus Z. f. Fischerei und deren Hilfswiss.
- DARWIN, C.: The foundation of vegetable mould through the action of worms. — London (1881).
- DORELL, E. G.: Was sagen die Regenwürmer zur Mineraldüngung? — Dtsch. ldw. Presse, **73**, **23**, 3 (1950).
- FINCK, A.: Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistungen der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. — Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, **58** (103), 120—145 (1952).
- FOCKE, F.: Experimente und Beobachtungen über die Biologie des Regenwurms, unter besonderer Berücksichtigung der Frage nach der Raumorientierung. — Z. wiss. Zool., **136**, 376—421 (1930).
- FÜLLER, H.: Die Regenwürmer. — Neue Brehmbücherei, Wittenberg, 56 SS (1954).
- GANSSEN, R.: Zur neueren Entwicklung der Bodenkunde. — Forschung und Fortschritte, **28**, 201—204 (1954).
- GRAFF, O.: Die Regenwürmer der Umgebung von Braunschweig und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft. — Diss. (1950).  
— Beitrag zur Kenntnis der deutschen Lumbricidenfauna. — Zool. Anz., **151**, 25—28 (1953 a).  
— Die Regenwürmer Deutschlands. Ein Bilderatlas für Bauern, Gärtner, Forstwirte und Bodenkundler. — Hannover, 81 SS (1953 b).  
— Bodenzologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der terrikolen Oligochaeten. — Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, **61** (106), 72—77 (1953 c).
- GUILD, W. J. McL.: Variation in earthworm numbers within field populations. — J. Anim. Ecol., **21**, 169—181 (1952).
- JOSHI, N. V., and KELKAR, B. V.: The role of earthworms in soil fertility. — Indian. J. Agricult. Sci., **22**, 189—196 (1953).
- KOLLMANNSPERGER, F.: Die Oligochaeten des Bellinchengebietes, eine ökologische, ethologische und tiergeographische Untersuchung. — Diss. Berlin, 115 SS (1934).  
— Über Rhythmen bei Lumbriciden. — Decheniana, **108**, 81—92 (1956).
- KONOPACKI, M. M.: Über den Atmungsprozeß bei Regenwürmern. — Bull. int. Acad. Sc. Cracovic. Classe des sciences mathematiques et naturelles, 357—428 (1907).
- KORSCHULT, E.: Über Transplantationsversuche, Ruhezustände und Lebensdauer der Lumbriciden. — Zool. Anz., **43**, 537—555 (1914).  
— Über Ruhezustände bei Regenwürmern. — Ebenda, **64**, 53—55 (1925).
- KÜHNELT, W.: Bodenbiologie. — Wien, 368 SS (1950).

- MAISS: Landwirtschaftlicher Teil der Abhandlung über das Rieselfeld der Stadt Freiburg — Denkschrift an den Ausschuß für das Kulturbauwesen in Westdeutschland. Unterausschuß „Abwasser und Bewässerung“ Unveröffentlicht (1952). Manuskript beim Wasserbauamt Freiburg.
- MANGOLD, O.: Experimente zur Analyse des chemischen Sinns des Regenwurms II. — Zool. Jb. Allg. Zool. und Physiol., **63**, 501—557 (1953).
- MERKER, E.: Die Empfindlichkeit feuchthäutiger Tiere im Lichte. *Lumbricus rubellus*. HOFFM. — Zool. Jb. Allg. Zool. und Physiol., **42**, 1—174 (1926).
- Die Empfindlichkeit feuchthäutiger Tiere im Licht II. Warum kommen Regenwürmer in Wasserlachen um und warum verlassen sie bei Regen ihre Wohnröhren? — Ebenda, **42**, 487—555 (1926).
- Treibt Atemnot oder Wassernot den Regenwurm aus der Erde? — Ebenda, **48**, 667—696 (1931).
- MICHAELSEN, W.: Der Einfluß der Eiszeit auf die Verbreitung der Regenwürmer. — Verh. naturw. Ver. Hamburg 1901, **9**, 62—65 (1902).
- Die geographische Verbreitung der Oligochaeten. — Berlin (1903).
- MICHON, J.: Les phases du développement post-embryonnaire chez les Lumbricidae a diapause. Un cas de reversibilité. — C. r. Acad. Sci. (Paris), **236**, 2545—2547 (1953).
- Influence de l'isolement á partir de la maturité sexuelle sur la biologie des Lumbricidae. — Ebenda, **238**, 2457—2458 (1954).
- Contribution expérimentale á l'étude de la biologie des Lumbricidae. Les variations pondérales au cours des différentes modalités du développement post-embryonnaire. — Année biol., Ser. 3, **33**, 367—376 (1957).
- MULDAL, S.: The chromosomes of the earthworms I. The evolution of polyploidy. — Heredity (London), **6**, 55—76 (1952).
- NAGANO, T.: Duration of life of earthworms in water and pure gases. — Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 4th. Ser., **9**, 97—109 (1934).
- OMODEO, P.: Considerazioni sulla poliploidia nei lombrichi. — Boll. Soc. Ital. Biol. sper., **29**, 1437—1439 (1953).
- POP, V.: Zur Phylogenie und Systematik der Lumbriciden. — Zool. Jb. System., **74**, 487—519 (1941).
- Das Verwandtschaftsverhältnis zwischen *Dendrobaena platyura* (FITZINGER) und *Octolasion montanum* CERNOSVITOV. — Ebenda, **76**, 397—412 (1943).
- RABES, O.: Über Transplantationsversuche an Lumbriciden. — Biol. Cbl., **21**, 633—650 (1901).
- REINERT, J.: Untersuchungen der Vogelwelt in der Anlage für die Behandlung von Abwasser aus der Stadt Münster (Westf.) auf Landflächen. — Wasser und Boden, **4**, 96—101 (1956).
- RÖMER, W.: Abhandlung über das Rieselfeld der Stadt Freiburg i. Br. — Denkschrift an den Ausschuß für Kulturbauwesen in Westdeutschland. Unterausschuß „Abwasser und Bewässerung“ Unveröffentlicht (1952). — Manuskript beim Wasserbauamt Freiburg.
- Behandlung von Stadtabwasser aus Freiburg i. Br. — Wasser und Boden, **9**, (1953).

- RÖMER, W., u. BINDERT: Das Rieselfeld der Stadt Freiburg i. Br. und seine Bedeutung für die Ernährung. — Wasser und Nahrung, 2, 35—40 (1955).
- RONDE, G.: Vorkommen, Häufigkeit und Arten von Regenwürmern in verschiedenen Waldböden und unter verschiedenen Bestockungen I. — Forstwiss. Cbl., 70, 521—552 (1951).
- Vorkommen, Häufigkeit und Arten von Regenwürmern in verschiedenen Waldböden und unter verschiedenen Bestockungen II. — Ebenda, 72, 37—56 (1953).
- ROOTS, B.: The water relations of earthworms II. Resistance to desiccation and immersion, and behaviour when submerged and when allowed a choice of environment. — J. of Exper. Biol., 33, 29—44 (1956).
- RUSCHMANN, G.: Über Antibiose und Symbiose von Bodenorganismen und ihre Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. Regenwurm-Symbiose und -Antibiose. — Z. f. Acker- u. Pflanzenbau, 96, 201—218 (1953).
- SCHIRRMEISTER, S.: Das Rieselfeld der Stadt Freiburg i. Br. — Freiburger Medizinische Dissertationen, 4 (1938).
- SCHNETTER, M.: Die Vogelwelt des Freiburger Rieselgutes. — Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F., 5, 290—309 (1952).
- SCHNETTER, M., u. NOLD, R.: Biologische Exkursion zu Rieselgut, Mooswald und Ochsenmoos am 15. 5. 1954. — Ebenda, 6, 3, 195—201 (1955).
- SPANNAGEL, G.: Bedeutung des Regenwurms für die Bodenfruchtbarkeit. — Neue Mitt. f. d. Landw., 5, 269 (1950).
- STÖCKLI, A.: Studien über den Einfluß des Regenwurms auf die Beschaffenheit des Bodens. — Landw. Jb. Schweiz, 42, 1—121 (1928).
- VEJDOVSKY, F.: Über die Encystierung von *Acolosoma* und der Regenwürmer. — Zool. Anz., 15, 171—175 (1892).
- WILCKE, D. E.: Bestimmungstabelle für einheimische Lumbriciden. — Senckenbergiana, 30, 171—181 (1949).
- Über die vertikale Verteilung der Lumbriciden im Boden. — Z. Morph. u. Ökol. Tiere, 41, 372—385 (1953).
- Bemerkungen über *Allolobophora ribaucourti*, BRETSCHER 1900, und die geographische Einteilung der Lumbricidenfauna nach MICHAELSEN. — Zool. Anz., 154, 312—318 (1955).
- ZUCK, W.: Untersuchungen über das Vorkommen und die Biotope einheimischer Lumbriciden. — Jahreshefte d. Ver. vaterl. Naturk. in Württb. 1951, 107 (1952).