

**Zoologisches Institut, Abteilung Verhaltensbiologie & Abteilung Ökologie
Arbeitsgruppe Wildforschung und Naturschutzökologie
Universität Zürich**

Untersuchungen zur Nahrungsökologie des Dachses

**Teil 1: Schätzung des Regenwurmgewichts anhand
von Kutikularingen aus Kotproben des Dachses**

**Teil 2: Die Verfügbarkeit des Regenwurms für den Dachs
im Sihlwald**

**Angelika von Förster und Burgi Liebst
November 1997**

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Teil 1: Der Nachweis von Regenwurmresten im Dachskot und die Bestimmung der Regenwurm-masse anhand dieser Reste	6
2.1	Material und Methoden	6
2.1.1	Fangmethode	6
2.1.2	Abtöten	6
2.1.3	Gewichtsveränderung	7
2.1.4	Volumen-Gewichts-Vergleich	7
2.1.5	Enzymatische Auflösung der Würmer und messen der Kutikula des Muskelmagens	7
2.1.6	Statistik	8
2.2	Resultate	9
2.2.1	Fangdaten	9
2.2.2	Gewicht-Volumen Vergleich	9
2.2.3	Gewichtsveränderung	10
2.2.4	Beziehung zwischen Regenwurm-gewicht und halbem Kutikula-Umfang	10
2.2.5	Zuverlässigkeit der Messmethode	12
2.2.6	Veränderungen beim Bestimmtheitsmass	12
2.3	Diskussion	13
3	Teil 2: Die Verfügbarkeit der Regenwürmer für den Sihlwalder Dachs	15
3.1	Feldarbeit	15
3.1.1	Material und Methoden	15
3.1.2	Resultate	15
3.1.3	Diskussion	16
3.2	Terrarienversuch	17
3.2.1	Material und Methoden	18
3.2.2	Resultate	19
3.2.3	Diskussion	21
4	Zusammenfassung	23
5	Verdankung	23
6	Literaturachweis	24
7	Anhang	25
7.1	Gewichtsunterschiede bei lebenden Würmern bei Aufbewahrung in Wasser und nach dem Abtöten	25
7.2	Protokoll der Beobachtung im Sihlwald und Angaben zur Witterung	26
7.3	Die untersuchten Standorte im Sihlwald	27
7.4	Beobachtungszeit und Kothäufchen im Terrarium Lumbricus.	28
7.5	Beobachtungszeit und Kothäufchen im Terrarium Nicodrilus	30
7.6	Beobachtungszeit und Kothäufchen im Terrarium Octolasion.	32

1 Einleitung

Seit 1995 wird im Rahmen eines Nationalfond-Projektes untersucht, wie Habitatstruktur bzw. Nahrungsverfügbarkeit die Raumnutzung und Sozialorganisation des Dachses *Meles meles* im Sihlwald beeinflussen. Die meisten wissenschaftlichen Arbeiten über den Dachs stammen aus ländlichen Gebieten Grossbritanniens. Die dortigen Dachse ernähren sich das ganze Jahr über von Regenwürmern. Bisherige Untersuchungen in Mitteleuropa haben gezeigt, dass Dachse hier eine grössere Nahrungsdiversität haben. Aus Kotanalysen weiss man jedoch, dass Regenwürmer auch für die Sihlwalder Dachse ein wichtiger Nahrungsbestandteil sind. Im Zusammenhang mit dem Nationalfond-Projekt werden z.Zt. im Rahmen einer Diplomarbeit (Isabelle Minder) Kotanalysen durchgeführt, um unter anderem die Energiemenge zu bestimmen, die ein Dachs mit Regenwürmern aufnimmt. Kruuk (1978) schätzte die Anzahl gefressener Würmer nach einer von Bradbury (1977) beschriebenen Methode, indem er die im Kot gefundenen Muskelmagenringe zählte. Die Bezeichnung Muskelmagenring kann jedoch irreführend sein, weil es sich bei den im Kot gefundenen Teilchen nicht um Muskulatur, sondern um die innere Auskleidung des Muskelmagens, die Kutikula handelt (Abb. 1).

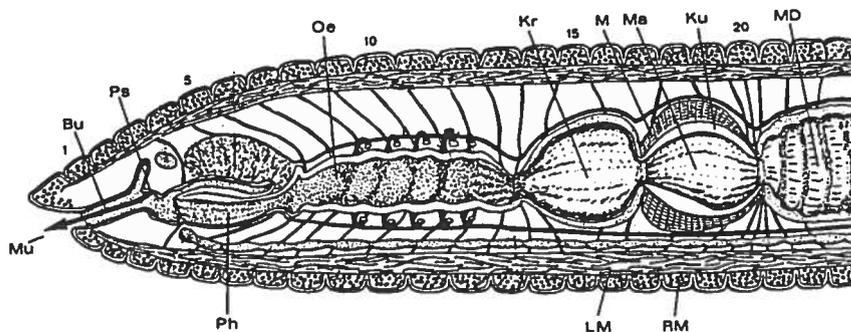


Abb.1: Medianschnitt durch das Vorderende des Regenwurms (Abbildung Peters und Walldorf, 1986, leicht modifiziert) Bu Mundhöhle; LM Längsmuskulatur; Kr Kropf; Ku Kutikula des Muskelmagens; Mu Mundöffnung, aus der der Pharynxstempel vorgestülpt werden kann; MD Mitteldarm; M starke Muskulatur des Muskel- oder Kaumagens; Oe Oesophagus; Ph Pharynx; Ps Pharynxstempel; RM Ringmuskulatur.

Peters und Walldorf (1986) beschreiben diese Kutikula wie folgt: „Die dickere (im Vergleich zur Kutikula des Kropfes), ebenfalls Chitin enthaltende Kutikula des Muskelmagens ist dagegen ohne weiteres zu erkennen und lässt sich leicht von dem mit auffallend regelmässigen, feinen Querfalten versehenen Epithel abziehen. Dieses Epithel produziert ständig neues Kutikulamaterial. An der Lumenseite wird die Kutikula durch Nahrungsbestandteile ständig abgeschilfert.“

Andrew J. Wroot (1985) zeigte für den Tauwurm (*Lumbricus terrestris*), dass das Trockengewicht (und damit die Energie) pro Segment aus der Länge der Borsten, die totale Anzahl der Segmente aus der Gesamtzahl an Borsten in der Kotprobe geschätzt werden kann. Die von ihm beschriebene Methode ist sehr aufwendig. Man benötigt eine genaue Messapparatur, um die einzelnen Borsten auszumessen. Da ein Wurm ca. 1000 Borsten hat, erfordert das Auszählen ausserdem viel Zeit. Wir untersuchten im ersten Teil unserer Arbeit, ob es eine Beziehung zwischen der Grösse der Muskelmagenkutikula und dem Wurmgewicht gibt. Wenn ja, könnte man die Energiemenge direkt über das geschätzte Wurmgewicht berechnen. Diese Methode wäre zeitsparender als die von Wroot und genauer als die von Kruuk, der bei seinen Berechnungen die unterschiedliche Masse der Regenwürmer nicht berücksichtigte.

Im Rahmen des Nationalfond-Projekts interessiert auch das Nahrungssuchverhalten der Dachse im Wald. Nach Beobachtungen von Kruuk (1978) in Wiesen und auf Ackerland kann man annehmen, dass Dachse im allgemeinen nicht nach Regenwürmern graben, sondern nur die Würmer auflesen, die sich zumindest mit einem Teil ihres Körpers auf der Erdoberfläche befinden. Er beschreibt das Verhalten der Regenwürmer bei der Futtersuche und das Verhalten der Dachse bei der Regenwurmsuche wie folgt: „Der Regenwurm sucht sein Futter oft auf der Erdoberfläche rund um seine Röhre, nicht, indem er frei auf der Erdoberfläche herumkriecht, sondern indem er sich mit den Borsten des Schwanzendes an den Seiten seiner Röhre fixiert, während sich das Vorderteil auf dem Boden bewegt, nach Blatteilen sucht und sie in seine Röhre zieht.... Der Dachs las die Regenwürmer ohne Anstrengung vom Boden auf, es sah aus, als würde er grasen. Meist zog er die Würmer aus dem Boden, aber es sah so einfach aus, als hebe er ein Blatt auf. Meistens zerrissen die Würmer nicht einmal.“

Regenwürmer werden nach ihrer Lebensweise in 3 ökologische Gruppen eingeteilt. Endogäische Würmer leben in Mineralerdehorizonten in 5-40cm Tiefe und ernähren sich, indem sie beim Durchwühlen der Erde das darin enthaltene organische Material verdauen. Sie kommen selten an die Erdoberfläche. Epigäische Regenwürmer leben in Wäldern in der Streuschicht und ernähren sich von Fallaub. Vertikalgrabende Arten können Röhren bis auf das anstehende Gestein oder den Grundwasserspiegel bauen. Ihre Nahrung besteht vor allem aus oberflächlich anfallender Streu (Daniel, 1991).

Tabelle 1: Im Sihlwald häufig vorkommende Arten und ihre Einteilung in 3 ökologische Gruppen. Da eine eindeutige Zuordnung nicht immer möglich ist, erscheinen einige Arten in mehr als einer Gruppe.

Lebensweise	Beispiel
epigäisch, in der Streuschicht	<i>Lumbricus castaneus</i> , <i>Allolobophora rosea</i>
endogäisch, Gänge in 5-40cm Tiefe	<i>Lumbricus castaneus</i> , <i>Octolasion cyaneum</i> , <i>Octolasion tyrtaeum</i>
vertikal bis in Tiefen von 150-200cm grabend	<i>Lumbricus terrestris</i> , <i>Nicodrilus caliginosus</i> , <i>Nicodrilus nocturnus</i> , <i>Octolasion cyaneum</i>

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist eine eindeutige Zuordnung der verschiedenen Arten zu den ökologischen Gruppen nicht immer möglich. So leben z.B. juvenile Würmer aller Gruppen in den oberen Bodenbereichen. Beim Studium der Literatur fanden wir zudem sehr unterschiedliche Meinungen, was das Verhalten der verschiedenen Arten auf der Erdoberfläche betrifft. Nach Straass (1991) sind es die vertikal grabenden Arten, die zur Nahrungsaufnahme an die Oberfläche kommen. Kruuk (1978) beschreibt „Wurmnächte“, in denen vor allem die beiden Arten *Lumbricus terrestris* und *Lumbricus rubellus* in grösserer Zahl auf der Erdoberfläche nach Nahrung suchen, wenn die richtigen Pflanzen verfügbar sind. Beide Arten kommen im Gebiet Sihlwald vor. *Lumbricus rubellus* gehört zu den epigäisch lebenden Arten (Straass 1991, Füller 1954). Diese kommen jedoch im allgemeinen nicht an die Oberfläche (Nabulon, mündlich).

Regenwürmer werden überwiegend als nachtaktiv beschrieben. Nach Straass (1991) ist *L. terrestris* der einzige einheimische Regenwurm, der bei trübem, nebligem Wetter auch tagsüber an die Erdoberfläche kommt. Dunger (1974) dagegen gibt an, dass nicht selten auch die oberflächlich lebenden Arten der Gattungen *Lumbricus*, *Eisenia* und *Dendrobaena* tagsüber an der Oberfläche erscheinen. Sicher ist, dass man nach ausgiebigen Regenfällen oft auch tagsüber massenhaft Regenwürmer auf der Erdoberfläche beobachten kann. Als mögliche Gründe dafür werden Sauerstoffmangel in den überfluteten Wohnröhren oder ein Instabilwerden der Wohnröhren vermutet,

die die Tiere aus ihren Röhren treiben. Wenn die Würmer auf asphaltierte Strassen geraten, finden sie keine Gelegenheit mehr, sich in den Boden zurückzuziehen. Wir fanden in der Literatur keine Angaben darüber, ob nach starken Regenfällen auch in Habitaten mit unversiegelten Böden, also z.B. in Wäldern, aussergewöhnlich viele Regenwürmer auf der Erdoberfläche erscheinen.

Füller (1954) beobachtete im Frühjahr *Lumbricus terrestris* bei der Paarung auf der Erdoberfläche. Er vermutet, dass sich die meisten anderen Arten im Boden paaren.

Die Aktivität der Regenwürmer auf oder wenig unterhalb der Erdoberfläche lässt sich indirekt anhand der Menge der Kothäufchen abschätzen. Graff (1964) berechnet aus dem Trockengewicht der Kothäufchen pro Flächeneinheit einen Aktivitätsquotienten. Ein zweiter, allerdings nur im Labor festzustellender Wert kann ein Masstab für die Aktivität verschiedener Arten unter ähnlichen ökologischen Bedingungen sein. Dazu werden die Würmer getrennt nach Arten in Terrarien gehalten und das Trockengewicht der Kothäufchen pro Gewicht der eingesetzten Würmer berechnet.

Je nach Wurmart zeigen Kothäufchen unterschiedliche Stabilität. Dunger (1974) beschreibt Versuche, bei denen Kothäufchen Wasserströmungen ausgesetzt wurden, die alle normalen Bodenaggregate zerstörten. Die Kothäufchen von *Nicodrilus longus* blieben dabei zu 81%, die von *Lumbricus terrestris* zu 50% und die von *Lumbricus rubellus* zu 20% erhalten. Verantwortlich für den Abbau der Kothäufchen sind unter anderem Bakterien. Man fand jedoch im Regenwurm Kot Stoffe, die eine antibiotische Wirkung haben und damit den schnellen Abbau der Häufchen verhindern (Dunger, 1974).

Im zweiten Teil unserer Arbeit geht es um die Verfügbarkeit der Regenwürmer für den Dachs. Dazu stellten wir folgende Fragen:

Gibt es in der Nacht Zeiten, zu denen sich Regenwürmer bevorzugt auf oder dicht unter der Erdoberfläche aufhalten?

Wie lange sind Regenwürmer jeweils an der Erdoberfläche?

Welche Rolle spielen Witterungseinflüsse?

Gibt es Unterschiede in der Regenwurmaktivität in den verschiedenen Waldtypen (Buchen-, Fichten- und Mischwald) ?

Kann man anhand von Feldbeobachtungen oder Laborversuchen Aussagen über das Oberflächenverhalten der Würmer machen und gibt es Unterschiede im Verhalten zwischen einzelnen Gattungen?

Kann man anhand des Zustands der Wurmhäufchen abschätzen, wann ein Regenwurm in der Nähe der Erdoberfläche gewesen sein muss?

Antworten auf diese Fragen suchten wir zuerst mit Feldbeobachtungen und –versuchen. Da wir bei diesen Versuchen keinen Erfolg hatten, mussten wir uns auf Laborversuche konzentrieren. Im Teil 2 unserer Arbeit beschreiben wir Feld- und Laborarbeit getrennt.

2 Teil 1: Der Nachweis von Regenwurmresten im Dachskot und die Bestimmung der Regenwurmmasse anhand dieser Reste

2.1 Material und Methoden

Aus den im Sihlwald vorkommenden Gattungen wählten wir für unsere Untersuchung *Lumbricus*, *Nicodrilus* und *Octolasion* aus. Von Würmern dieser Gattungen kann man annehmen, dass sie wenigstens manchmal auf die Erdoberfläche kommen und damit für den Dachs verfügbar sind. Eine bestimmte Anzahl Würmer jeder Gattung wurde gefangen, getötet und das Gewicht bestimmt. Nach der enzymatischen Auflösung der Würmer konnte die Kutikula entfernt und ausgemessen werden.

2.1.1 Fangmethode

In der Nähe der Station Sihlwald (Kanton Zürich) fingen wir am 15.9., 23.9. und 12.10.97 Regenwürmer mit der Oktettmethode nach U. Thielemann (1986). Als Fangorte wählten wir Mischwald und Wiesen, weil dort die Regenwurmdichte am grössten ist (Nabulon, mündlich). Bei der Oktettmethode werden acht Elektroden von 65cm Länge und 6mm Durchmesser auf einem Kreis von 52cm Durchmesser in jeweils 20cm Abstand bis zum Griff in den Boden gestossen und an eine Batterie angeschlossen. Daher waren wir auf möglichst steinfreien Untergrund angewiesen. Die zwischen den Elektroden liegende Sammelfläche beträgt $1/8 \text{ m}^2$. Mit dem Einschalten des Geräts wird zwischen den Elektroden ein elektrisches Feld aufgebaut, durch das die Regenwürmer aus dem Boden getrieben werden. Die Fangdauer pro Standort betrug 40 Minuten.

Die Würmer wurden in zur Hälfte mit Wasser gefüllten Behältern aufbewahrt und nach Beendigung des Fanges noch im Sihlwald mit der Lupe grob bestimmt. Pro Gattung sollte eine Gewichtsklasseneinteilung mit einer Breite von 1 g vorgenommen und pro Klasse 10 Würmer gefangen werden. Da das Volumen eines Wurms ungefähr seinem Gewicht entspricht (Thielemann, 1989), konnten wir noch am Fangort mit Hilfe eines Messzylinders das Gewicht abschätzen und überzählige Würmer und Würmer anderer Gattungen sofort wieder freisetzen. Bei der Gattung *Lumbricus* erwarteten wir Gewichte bis zu 10, bei *Nicodrilus* und *Octolasion* bis zu 6g. Aus Vorversuchen wussten wir, dass vor allem bei kleinen Würmern die winzigen Kutikulateilchen nicht immer auffindbar sind. Wir fingen daher von den kleinen Würmern mehr als 10.

2.1.2 Abtöten

Die Regenwürmer wurden im Kühlraum 2 Tage bei 5° C in Wasser aufbewahrt, damit sie noch vor dem Wägen Kot absetzen konnten. In einem Vorversuch hatten wir die Würmer mit Aether betäubt und anschliessend in raumwarmem, 70%igem Alkohol getötet. Besonders die grossen Würmer krümmten sich, schieden Schleim aus und setzten Kot ab, wenn wir sie dem Aether aussetzten. Es dauerte 3-4 Minuten, bis sie sich nicht mehr bewegten.

Wir suchten daher nach einer Möglichkeit, die Tiere schneller zu töten. 70%iger Alkohol wurde in der Tiefkühltruhe auf -20°C abgekühlt und die Würmer einzeln in den Alkohol gegeben, wo sie nach wenigen Sekunden starben. Diese Methode schien uns besser zur Tötung geeignet.

2.1.3 Gewichtsveränderung

Um den Einfluss von Kotabgabe oder Wasseraufnahme auf das Gewicht feststellen zu können, wurde das Lebendgewicht von 10 Würmern pro Gattung am ersten, zweiten und dritten Tag nach dem Fangen bestimmt. Am vierten Tag wurden die Würmer getötet und direkt danach ein letztes Mal gewogen.

2.1.4 Volumen-Gewichts-Vergleich

Da uns interessierte, ob auch bei unseren Würmern das Verhältnis Gewicht/Volumen ungefähr 1 beträgt, bestimmten wir bei 15 Würmern pro Gattung mit der Analysenwaage das Gewicht und zusätzlich mit einem speziell angefertigten Volumenmessgerät das Volumen. Wir berechneten das Verhältnis von Gewicht/Volumen und verglichen die Mittelwerte mit den Korrelationskoeffizienten von Thielemann (1989).

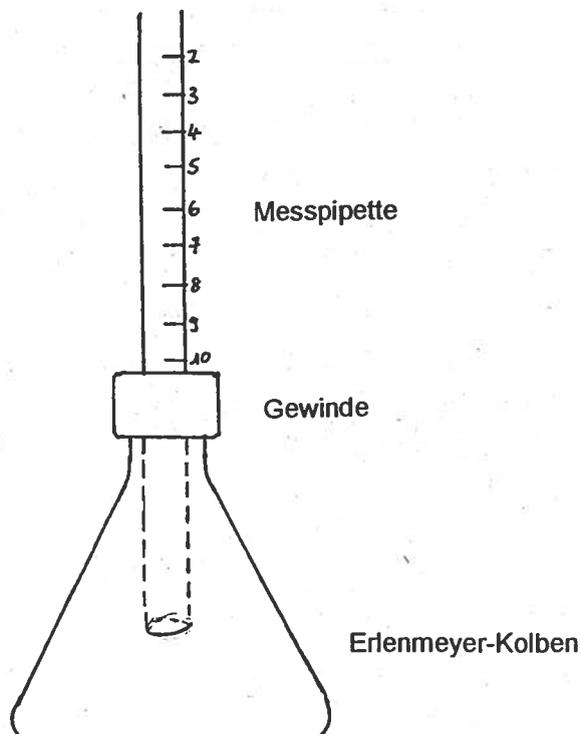


Abb. 2: Volumenmessgerät

Der Erlenmeyerkolben wird bis zum Rand mit Wasser gefüllt und die Messpipette aufgeschraubt. Je nach Wurmgröße wird die Pipette mit einer Spritzflasche bis zur Marke 4-6 ml aufgefüllt und dieser Wert notiert. Der (tote) Wurm wird mit einem schmalen Metallspatel vorsichtig in die Pipette und anschließend mit einem langem Glasstab bis unter die Wasseroberfläche gestossen. Der neue Wert wird abgelesen und die Differenz berechnet. Während dem Abschrauben der Messpipette wird die Öffnung zugehalten. Wenn die Öffnung der Pipette über einem Auffangbecken freigegeben wird, gleitet der Wurm mit dem Wasser aus der Pipette.

2.1.5 Enzymatische Auflösung der Würmer und messen der Kutikula des Muskelmagens

Zur Enzymlösung aus 1 l Wasser und 20 ml Amylase gaben wir Persil, bis die Lösung basisch wurde (ca. 1 Kaffeelöffel). Enzym und angesetzte Lösung wurden im Kühlraum aufbewahrt. Der Muskelmagen der Regenwürmer befindet sich im vorderen Drittel des Wurmkörpers. Bei den größeren Würmern, vor allem bei Lumbricus und Nicodrilus, konnten wir die Lage des Magens ertasten und das Schwanzende knapp dahinter abschneiden. So konnte die Auflösung beschleunigt und Enzymlösung gespart werden. Kleinere Würmer gaben wir ganz in die Lösung, weil deren Auflösung in Vorversuchen manchmal sehr schnell ging und die winzige Kutikula dann nicht mehr auffindbar war. Die Würmer (oder Wurmteile) wurden einzeln in kleine Probengläschen gelegt, mit auf 60° C erwärmter Enzymlösung übergossen und in den auf 90° vorgeheizten Wärmeschrank gestellt.

Würmer der Gattungen *Lumbricus* und *Nicodrilus* wurden 15 min, *Octolasion* nur ca. 10 min im Ofen gelassen. Um die Kutikula zu isolieren, wurden die anverdauten Teile auf eine Petrischale gelegt und unter dem Binokular bei 6,4facher Vergrößerung untersucht. Die durchsichtige, manchmal von einem weisslichen Belag bedeckte Kutikula liess sich mit einer Pinzette meist gut aus dem Muskelmagen ziehen. Sie wurde in 70%igem Alkohol aufbewahrt. Die Kutikularinge waren nach der Verdauung in sehr unterschiedlichem Zustand, bei sehr kleinen Würmern konnten wir sie teilweise nicht mehr finden. Die vordere Oeffnung war oft völlig ausgefranst, so dass man keinen klaren Messansatz definieren konnte (Abb. 3). Deshalb beschränkten wir uns darauf, statt Länge und Breite nur die Breite (Umfang/2) zu messen, da man dort eine klare Kante erkennen konnte. Die Kutikula war manchmal zylinderförmig, häufig wurde sie jedoch gegen vorne breiter (Abb. 6). Wir massen daher die Breite nicht an einer der Oeffnungen, sondern in der Mitte (halbe Länge) des Teilchens.

Um die Zuverlässigkeit der Messmethode zu untersuchen, wurde die Kutikula der Würmer der Gattung *Lumbricus* von beiden Autorinnen gemessen und die Daten verglichen.

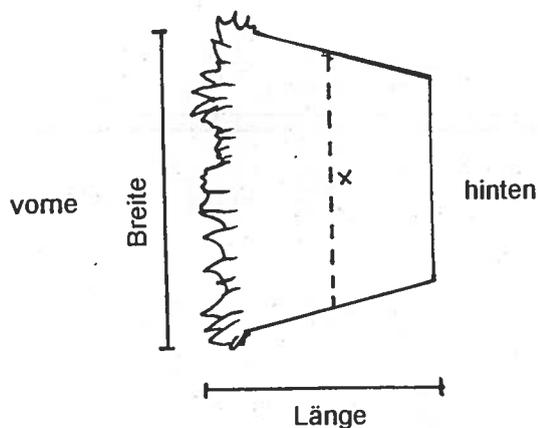


Abb. 3 : Muskelmagen, x kennzeichnet die Messstelle

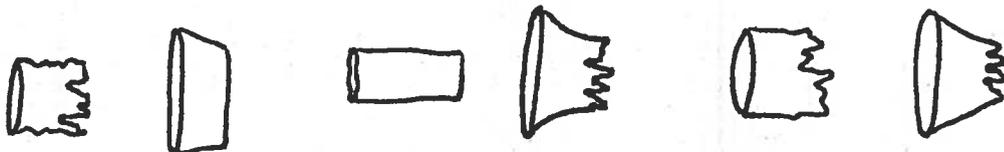


Abb. 4: Unterschiedliche Kutikula-Formen. Die Breite der Kutikula wurde mit einem Messokular unter dem Binokular bei 16facher Vergrößerung gemessen. Dazu wurde sie auf einen Objektträger gelegt und mit einem zweiten bedeckt. So entsprach die Breite des Rings dem halben Umfang.

2.1.6 Statistik

Zur Berechnung des Gewichts aus Kutikula-Umfang/2 erstellten wir Eichkurven für jede Gattung allein und für alle drei Gattungen gemeinsam. Weil man die Kutikularteilchen im Dachskot nicht einer bestimmten Art zuordnen kann, erstellten wir eine Regressionsanalyse für alle drei Gattungen gemeinsam. Wir beurteilten mit Lorenz Gyax (Statistische Beratungstelle) die Residuen grafisch auf Normalverteilung (Normal plot, Tukey-Anscombe plot, Leverage plot).

Aus Kutikula-Umfang/2 berechnet sich das Wurmgewicht wie folgt:

$$\hat{x} = (y - \hat{\alpha}) / \hat{\beta} \pm b / \hat{\beta} \quad b = q_{0,975}^{(n-2)} \cdot se \cdot \sqrt{1 + 1/n + (x_0 - \bar{x})^2 / ss_x} \quad ss_x = \sum_i (\bar{x} - x_i)^2$$

wobei x_0 = Gewicht (ohne Fehler), n = Anzahl Proben, y = Kutikula-Umfang/2, α = Konstante (Y-Achsenabschnitt), β = Regressionskoeffizient, b/β = Fehler (Gygax, mündlich), ss_x = Summe der quadratischen Abweichungen, q = Quantile der t-Verteilung (Weber, 1980), $(n-2)$ = Anzahl Freiheitsgrade, se = Standardfehler.

Die Zuverlässigkeit unserer Messmethode testeten wir mit einer multiplen Regressionsanalyse (unabhängige Variable Gewicht, abhängige Variablen Kutikula-Umfang/2, gemessen von beiden Autorinnen).

Die Gewichtsveränderungen an 4 aufeinanderfolgenden Tagen testeten wir mit dem Friedman-Test. Alle Auswertungen wurden mit dem Statistikpaket SPSS durchgeführt.

2.2 Resultate

2.2.1 Fangdaten

Es gelang uns nicht, für alle Gewichtsklassen Würmer zu fangen. Bei *Octolasion* lagen die meisten Würmer in der Gewichtsklasse zwischen 0 und 1g, bei *Nicodrilus* in der Klasse zwischen 1 und 2g. *Lumbricus* erreichte wie erwartet die höchsten Werte, über 4g kamen jedoch nur noch vereinzelt Würmer vor (Tabelle 2).

Tab.2: Anzahl der gemessenen Kutikularringe in den verschiedenen Gewichtsklassen und Gattungen

Klasse (g)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	Total
<i>Octolasion</i>	25	15	3							43
<i>Lumbricus</i>	10	9	8	13	5	3	2		1	51
<i>Nicodrilus</i>	10	24	13	2						49
										143

2.2.2 Gewicht-Volumen Vergleich

Gewicht und Volumen verhielten sich fast 1:1. Wir erhielten ähnliche Werte wie Thielemann (1989).

Tab. 3: Kennwerte der Korrelation zwischen Gewicht und Volumen

Gattung	n_1	Verhältnis Gewicht/Volumen Regenwürmer Sihlwald	n_2	Koeffizient (U. Thielemann)
<i>Lumbricus</i>	15	0.96	270	0.996
<i>Nicodrilus</i>	15	0.98	18	0.999
<i>Octolasion</i>	15	0.98	155	0.992

2.2.3 Gewichtsveränderung

10 Würmer pro Gattung wurden lebend an drei aufeinanderfolgenden Tagen gewogen (Tabelle 7.1, Anhang). Trotz Kotabgabe hatten am 2. Tag alle Würmer an Gewicht zugenommen. Am 3. Messtag gab es keine einheitliche Entwicklung mehr. Nach dem Töten am 4. Tag war das Gewicht bei fast allen Würmern niedriger als am 1. Tag. Der Gewichtsunterschied war an mindestens 2 Tagen signifikant (Chi-Square = 65.43, n = 30, p < 0,001, zweiseitig).

2.2.4 Beziehung zwischen Regenwurmgewicht und halbem Kutikula-Umfang

Für jede Gattung allein und für alle Gattungen gemeinsam wurde eine mehr oder weniger starke Beziehung zwischen Gewicht und halbem Kutikula-Umfang festgestellt (Lumbricus: $R^2 = 0,7304$, Nicodrilus $R^2 = 0,3343$, Octolasion $R^2 = 0,7705$. Regressionsanalyse alle Arten gemeinsam: $R^2 = 0.6992$, Standardfehler 0,6326, $F = 327,8085$, $p < 0,001$; $\beta = 0,6389$, Standardfehler von $\beta = 0,03529$, $T = 18,105$, $p < 0,001$; $\alpha = 2,6543$, Standardfehler von $\alpha = 0,0832$, $T = 31,886$ $p < 0,001$. Die Residuen waren normalverteilt.

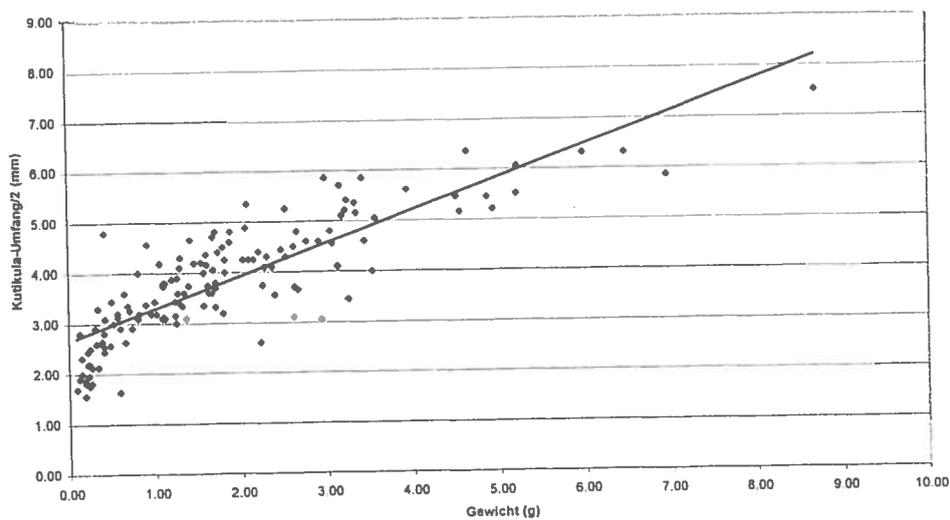


Abb. 5a, alle Gattungen

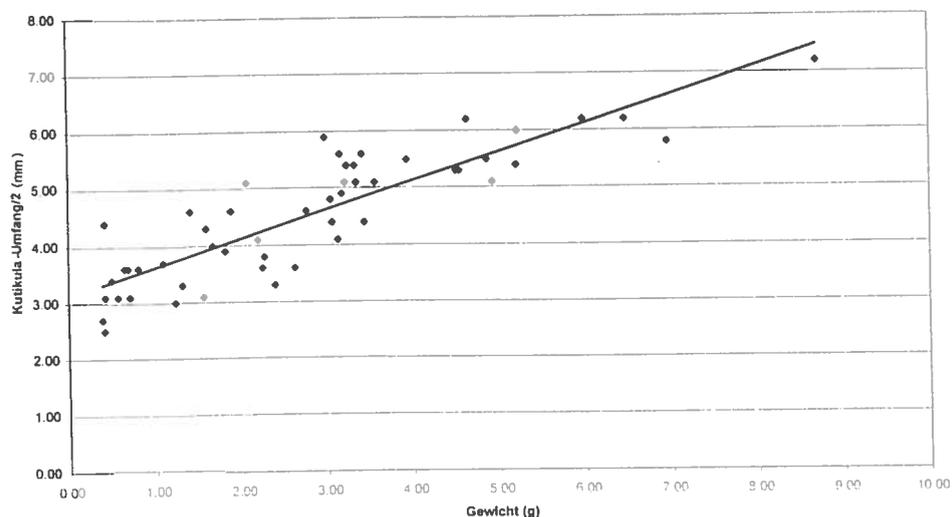


Abb. 5b, Lumbricus

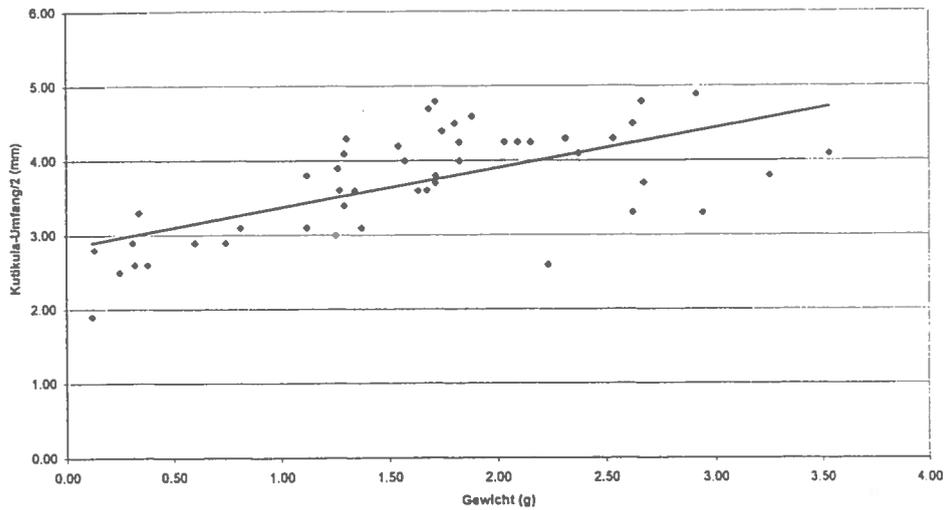


Abb. 5c, Nicodrilus

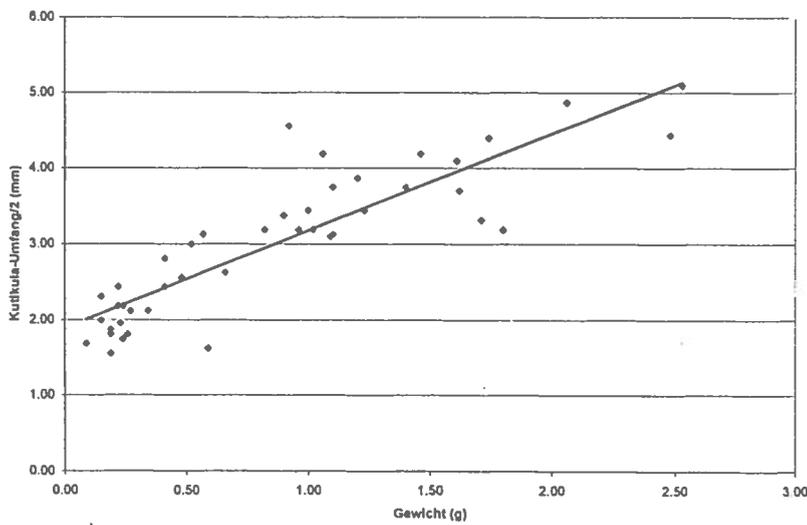


Abb. 5d, Octolasion

Abb. 5a-5d: Regression zwischen Gewicht und Kutikula-Umfang/2 für alle Gattungen gemeinsam und für jede Gattung einzeln.

Aus der Regressionsanalyse und der Angabe für den Fehler ergibt sich folgende Formel für die Schätzung des Regenwurmgewichts:

$$x = (y - 2.6543) / 0,6389 \pm \left(1.96 * 0,6326 * \sqrt{\frac{1 + (1/143) + (x - 1.8215)^2}{321.3586}} \right) / 0,6389$$

Der Fehler muss für jeden Wert neu bestimmt werden.

Tabelle 4: Beispiel für Fehler bei unterschiedlichem Gewicht

Gewicht(g)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8
Fehler	0,18	0,14	0,11	0,17	0,26	0,36	0,47	0,57	0,68

2.2.5 Zuverlässigkeit der Messmethode

Da an der Kutikula keine eindeutige Stelle für die Messung definiert werden konnte, traten Abweichungen in den Messwerten beider Autorinnen auf. Bei der Regressionsanalyse zeigte sich jedoch, dass die Messdifferenzen so klein waren, dass sie für das Gesamtergebnis keine Rolle spielten (Regressionsanalyse: $R^2 = 0,723$, $F = 88,06$, $p < 0.001$).

2.2.6 Veränderungen beim Bestimmtheitsmass

Der letzte Fang vom 12.10.97 hat die Ergebnisse bei *Nicodrilus* stark verändert. An diesem Tag fingen wir 6 *Nicodrilus*. Abbildung 6 zeigt, dass 5 dieser Würmer bei einem kleinen Wert für Kutikula-Umfang/2 eine im Vergleich zu den früheren Messungen grosses Gewicht hatten. Als Folge davon ist der Wert für das Bestimmtheitsmass R^2 erheblich kleiner geworden (Tabelle 5).

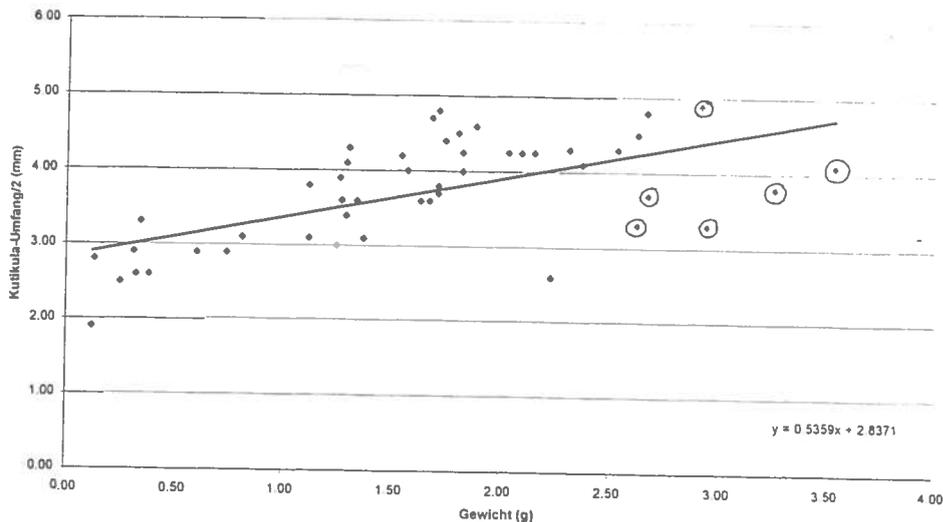


Abbildung 6: Die Markierung zeigt die am 12.10. gefangenen Würmer. Bei 5 dieser Würmer war bei einem kleinen Wert für Kutikula-Umfang/2 das Gewicht höher als bei früheren Fängen.

Tabelle 5: Veränderung von R^2

	Bestimmtheitsmass R^2 vor dem Fang am 12.10.	Bestimmtheitsmass R^2 nach dem Fang am 12.10.
Lumbricus	0,7415	0,7304
Nicodrilus	0,6013	0,3343
Octolasion	0,7655	0,7705

2.3 Diskussion

Wir konnten weder von allen Klassen Würmer fangen noch von jeder Gattung gleichviel. Der Anteil kleiner und sehr kleiner Würmer war an allen Fangtagen hoch. Zwischen dem 13.9. und 10.10. 97 hatte es nicht geregnet. Die lange Trockenheit könnte Ursache für das schlechte Fangergebnis sein. Bei ungünstiger Witterung ziehen sich vor allem adulte Tiere in tiefere Schichten zurück und sind dort mit den Elektroden nicht mehr erreichbar, kleinere Würmer fallen teilweise in eine Trockenstarre (siehe auch Diskussion in Teil 2 der Arbeit). Allerdings waren wir auch am letzten Fangtag trotz Regen nicht sehr erfolgreich.

Die Regenwürmer wurden bis zur Tötung 2 Tage ohne Nahrung in Wasser aufbewahrt, damit sie Kot absetzen konnten. Wir erwarteten daher eine Gewichtsabnahme. Tendenziell war aber eher das Gegenteil der Fall. Die Würmer nahmen vermutlich über die Körperoberfläche Wasser auf, d.h. sie nahmen nach dem ersten Tag je nach Grösse unterschiedlich stark an Gewicht zu. Die Frage, ob alle Würmer Kot absetzten und wie sich Kotabgabe auf das Gewicht auswirkt, können wir anhand unserer Versuchsanordnung nicht beantworten. Nach dem Abtöten lag das Gewicht unter dem Anfangswert. Vermutlich wurde den Würmern durch die Aufbewahrung in 70%igem Alkohol wieder Wasser entzogen. Nach den 3 Tagen im Wasser war der Darm der meisten Würmer noch mit Erde und Gras gefüllt; Aufbewahrung in Wasser ist also keine optimale Methode, den Darm zu entleeren.

Um vergleichbare Werte zu erhalten, muss man alle Regenwürmer gleich behandeln. Zweitägiges Aufbewahren in Wasser reicht zur Kotabgabe nicht aus. Wenn man Würmer mit leerem Darm untersuchen will, muss man andere Methoden der Darmentleerung ausprobieren.

Die Tiere reagierten unterschiedlich auf die Fangstrapazen. Einige bewegten sich zum Zeitpunkt des Tötens noch sehr lebhaft, andere waren bewegungslos, fühlten sich schlaff an und zeigten auf Berührungen keinerlei Reaktion mehr. Wir hatten die Tiere möglichst wenig mit Pinzetten angefasst, um ihnen keine Verletzungen zuzufügen. Trotzdem hatten einige Wunden, die zum Abstossen der beschädigten Körperteile führten. Diese Tiere kamen für die Gewichtsbestimmung nicht mehr in Frage.

Lumbricus, Nicodrilus und Octolasion zeigten getrennt eine Beziehung zwischen dem Gewicht und dem halben Umfang der Kutikula. Nach dem letzten Fang am 12.10. nahm das Bestimmtheitsmass R^2 bei Nicodrilus aber stark ab. Aus diesem Fang hatten wir nur Würmer mit einem Gewicht über 2,5g verwendet. Auffällig war, dass 5 der 6 Würmer im Verhältnis zu ihrem Kutikula-Umfang ein höheres Gewicht hatten als die früher gefangenen (Abb. 6). Wir hatten die Tiere in denselben Biotopen wie vorher gefangen. Auch bei den Gattungen Lumbricus und Nicodrilus verwendeten wir nur grössere Tiere. Hier zeigte sich kein solcher Trend. Es ist möglich, dass die Nicodrilus nach dem Regen am 10.10. aktiv wurden und viel feuchtes Material gefressen oder mit dem Körper Wasser aufgenommen hatten. Bei unserem Vergleich des Regenwurmgewichtes an 3 Tagen bei Aufbewahrung in Wasser konnten wir zeigen, dass die Würmer aller Gattungen zuerst an Gewicht zunahmen. Das könnte auch hier der Fall sein, es bleibt dann aber unklar, warum dieser Trend nur bei Nicodrilus auftrat. Zur Klärung dieser Fragen müsste man weitere Fangversuche unter verschiedenen Witterungsbedingungen machen.

Da man die Kutikula aus Kotproben keiner bestimmten Gattung zuordnen kann, behandelten wir die drei Gattungen statistisch gemeinsam. Daraus ergaben sich mehrere Fragen. Darf man die Daten gemeinsam behandeln, obwohl in verschiedenen Gattungen pro Klasse nicht gleich viele Würmer vorkommen? Haben Klassen mit vielen Würmern ein unverhältnismässig grosses Gewicht auf das

Ergebnis? Was macht man mit den Klassen, in denen es nur sehr wenig Würmer gibt? Diese Fragen stellten wir Lorenz Gygax von der Statistischen Beratungstelle. Mit seiner Hilfe erstellten wir eine Regressionsanalyse. Die Ergebnisse zeigten, dass es statistisch verantwortbar ist, die Messungen der 3 Gattungen gemeinsam zu verwenden. Die Werte für die Schätzung des Fehlers zeigen allerdings, dass dieser vor allem bei kleinen Werten sehr stark ins Gewicht fällt.

Bei einem Vergleich unserer Proben mit den Kutikularingen aus einer Dachskotprobe vom September 96 zeigte sich, dass kleine Kutikularinge in dieser Probe sehr viel seltener waren als in unseren Proben, dafür aber viele grosse Ringe vorkamen (Abb. 7). Das scheint bei den meisten Proben der Fall zu sein (Isabelle Minder, mündl.). Daher sollte man unbedingt versuchen, grosse Würmer zu fangen, wenn möglich auch bei feuchterer Witterung, um eine zuverlässigere Aussage über die Beziehung zwischen Kutikula und Gewicht machen zu können.

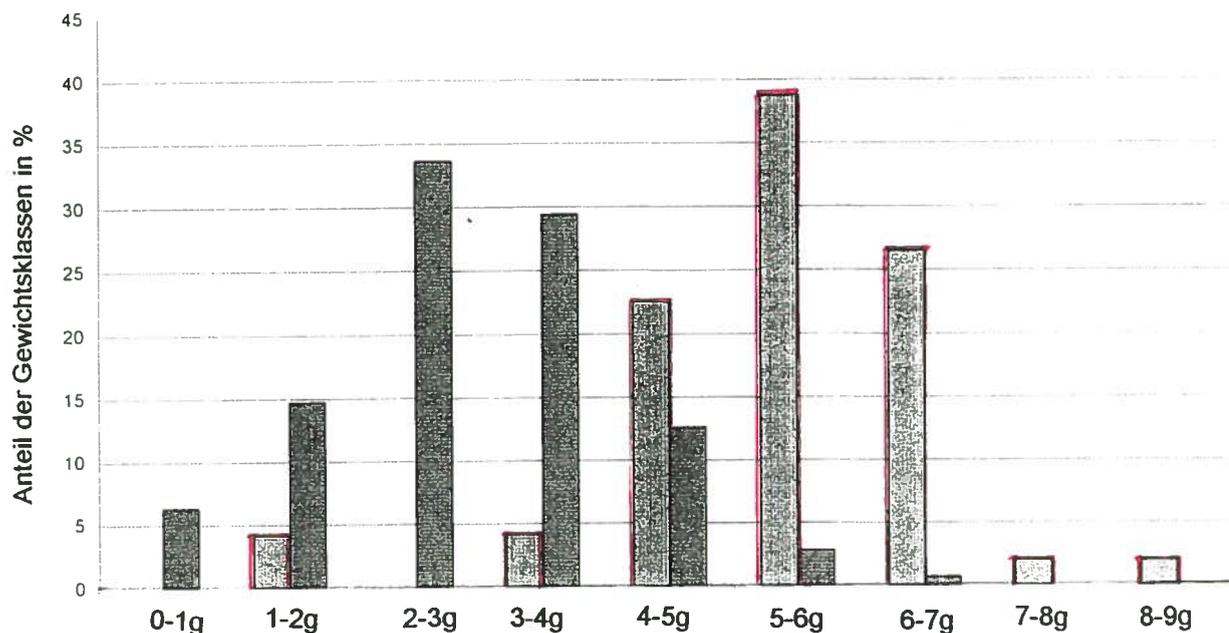


Abb. 7: Gewichtsverteilung in einer Dachskotprobe (n = 49) vom September 96 und in unseren Proben (n = 143)

Die Methode, die Anzahl der gefressenen Regenwürmer aus den gefundenen Kutikulateilchen zu berechnen, wird von Bradbury (1977) beschrieben. Wroot (1985) vermutet jedoch, dass bei trockenen Kotproben Kutikulastücke zerstört werden. In diesem Fall würde sich die Methode, aus der Grösse der Kutikula die Wurmbiomasse zu berechnen, nur eignen, wenn der zu untersuchende Dachskot noch frisch ist. Bei unseren Untersuchungen war die Kutikula kleiner Würmer nach dem enzymatischen Verdauen oft nicht mehr auffindbar. In den Kotproben vom Sihlwald scheinen kleine Kutikulateilchen selten zu sein. Es ist möglich, dass kleine Würmer weniger gefressen werden und daher nur wenige kleine Kutikulateilchen im Kot vorhanden sind. Es kann aber auch sein, dass sie verdaut, zerstört oder nicht gefunden wurden. Da die Teilchen glasklar und winzig sind (Umfang/2 der kleinsten Teilchen etwa 2mm), wäre das nicht erstaunlich. Wenn der Anteil verdauter oder nicht mehr gefundener Kutikulateilchen hoch ist, wird die Wurmbiomasse zu niedrig geschätzt. Es wäre daher interessant, Kotproben nach den Methoden von Bradbury und Wroot zu untersuchen, nach der von uns vorgeschlagenen Formel die Regenwurmgewichte zu berechnen und die Werte zu vergleichen.

3 Teil 2: Die Verfügbarkeit der Regenwürmer für den Sihlwalder Dachs

3.1 Feldarbeit

3.1.1 Material und Methoden

Regenwürmer gelten allgemein als nachtaktiv; unter den einheimischen Wümmern wird nur eine Art beschrieben, die bei trübem, nebligem Wetter auch tagsüber an die Erdoberfläche kommen soll: *Lumbricus terrestris* (Straass, 1991). Da wir uns hauptsächlich für nächtliche Aktivitäten interessierten, klärten wir in einem Vorversuch ab, ob Direktbeobachtungen von Wümmern im Sihlwald in der Nacht möglich sind. Wir wählten dazu eine Stelle mit vielen frischen Kothäufchen in einem Bestand mit Eschen, Buchen und Ahorn und einem Unterwuchs mit Brombeeren und Jungbäumen in der Nähe der Station Sihlwald. Hier beobachteten wir am 18.9.97 2 Flächen von je etwa 1,5m² von 20 bis 1 Uhr nachts bei Dauerbeleuchtung mit 2 Taschenlampen, sahen jedoch während dieser Zeit keinen Regenwurm (Nachtprotokoll mit Witterungsangaben im Anhang, 7.2). Uns fiel aber auf, dass an einer Stelle ein neues Kothäufchen entstand und ein anderes wuchs. Wir entschieden uns daher für indirekte Beobachtungen mit Hilfe der Kothäufchen. Wenn wir am Abend in den verschiedenen Habitattypen Flächen ausstecken, alte Kothäufchen abräumen und am Morgen nach neuen Kothäufchen suchen würden, sollten wir eine Aussage darüber machen können, ob irgendwann in der Nacht Regenwürmer in der Nähe der Erdoberfläche waren. Wenn wir ausserdem die neu entstandenen Kothäufchen einsammeln und das Trockengewicht bestimmen würden, bekämen wir zusätzlich Informationen über oberflächennahe Aktivitäten in den verschiedenen Waldbeständen (Aktivitätsquotient: Gewicht Kothäufchen pro Flächeneinheit).

Für die Beobachtung wählten wir in der Nähe der Station Sihlwald je 2 Fichten-, Buchen- und Mischbestände im Abstand von mindestens 100m aus. In diesen Beständen wählten wir zufällig je 8 Stellen. Diese definierten wir als Mittelpunkte von 1x1m grossen Stichprobenflächen. Im Bereich dieser Flächen bestimmten wir die häufigsten Pflanzenarten (Tabelle 7.3 im Anhang). Zwischen dem 3. und 14.10.97 wählten wir an 8 Nachmittagen zwischen 16 und 17 Uhr (Sommerzeit) zufällig je eine dieser Stellen aus und steckten eine 1m² grosse Fläche ab. In dieser Fläche vorhandene Kothäufchen räumten wir weg. Wenn der Bewuchs so dicht war, dass er das Abräumen alter und die Beobachtung neuer Kothäufchen verhindert hätte, entfernten wir ihn. Am nächsten Morgen kontrollierten wir die Flächen auf neue Kothäufchen. Aus dem Zustand dieser Häufchen (Definitionen beim Terrarienversuch) erhofften wir uns Informationen über den Zeitpunkt, zu dem sie vom Regenwurm abgesetzt worden waren.

Um den Einfluss von Feuchtigkeit auf das Oberflächenverhalten der Regenwürmer abschätzen zu können, begannen wir zur gleichen Zeit einen zweiten Feldversuch. Dazu wurde in Kriens (Kanton Luzern) eine etwa 5m² grosse Rasenfläche, umgeben von Mischwald, in 4 aufeinanderfolgenden Nächten zwischen 18 und 24 Uhr im Abstand von 1 Stunde je 10 Minuten lang mit einer Taschenlampe beleuchtet und beobachtet. Nach der zweiten Nacht wurde die Fläche an den folgenden 2 Nachmittagen bewässert (etwa 36 l pro Tag).

Während der Beobachtungszeit bestimmten wir jeden Morgen die Temperatur im Sihlwald.

3.1.2 Resultate

Auf keiner der insgesamt 48 Flächen im Sihlwald fanden wir am Morgen neue Kothäufchen. In 2 Beständen mit ursprünglich sehr dichtem, aber von uns abgeräumten Unterwuchs (Brombeeren)

fanden wir einige Tage nach dem Abräumen frische Kothäufchen, die in den nächsten Tagen wuchsen. Um die ausgesteckten Stellen herum fanden wir sehr selten neue Kothäufchen, und zwar immer an Stellen mit dichtem Bewuchs.

An Stellen, an denen der Hang angeschnitten war, in Mulden im Wald oder an Stellen mit sehr dichtem Unterwuchs war der Boden über die ganze Beobachtungszeit feuchter als an allen anderen Stellen. An diesen Stellen fanden wir auch am Nachmittag frische Häufchen (d.h., sie müssen am Tag entstanden sein). Einmal konnten wir das Wachsen eines Häufchens beobachten. Völlig unerwartet entdeckten wir an 2 Nachmittagen ganz frische Kothäufchen an einer völlig trockenen Stelle mitten auf dem Weg.

Bei der Beobachtung der Fläche in Kriens sahen wir in den ersten beiden Nächten keine Regenwürmer. Nach dem Bewässern waren in der dritten Nacht in den Beobachtungsphasen ab 20 Uhr jeweils 3-4 Regenwürmer, in der vierten Nacht 6-7 grosse Regenwürmer auf der Bodenoberfläche. Sie steckten mit den Hinterleibern in ihren Gängen. Wenn man versuchte, sie zu fangen, zogen sie sich blitzschnell in ihre Gänge zurück. Ein Wurm versuchte, ein Eschenblatt in seinen Gang zu ziehen. Kothäufchen fanden wir keine.

Während der ganzen Beobachtungszeit lag die Temperatur im Sihlwald über 6° C. Es regnete nie. Am 4. und 13.10., nach klaren, kühlen Nächten, war jedoch eine Wiese in der Nähe des Sihlwalds nass von Tau. Im Wald dagegen war keinerlei Taubildung festzustellen.

3.1.3 Diskussion

Bei Nachtbeobachtungen im Sihlwald und in Kriens (vor der Bewässerung) sahen wir von 20 Uhr bis Mitternacht keine Regenwürmer. Kruuk (1987) beschreibt „Wurnächte“, in denen Würmer zur Futtersuche an die Erdoberfläche kommen, wenn geeignete Nahrung vorhanden ist: „Nächte mit Temperaturen nie unter 2° und mindestens 2mm Niederschlag während der letzten 3 Tage.“ (Kruuk verweist auch auf die Bedeutung von Taubildung. Darauf kommen wir später zurück.) Die Temperatur lag während der ganzen Zeit deutlich über dem von ihm angegebenen Mindestwert. Anders verhielt es sich mit dem Niederschlag. Vor dem Beginn unserer Untersuchungsperiode hatte es in der Nordschweiz am 13.9.97 Gewitterregen gegeben. Wir wissen nicht, ob auch im Sihlwald Niederschläge gefallen waren. Bis zum 14.10.97 blieb es trocken. Während unserer ganzen Untersuchungsperiode gab es also keine „Wurnacht“ im Sinne von Kruuk. „Wurnächte“ konnten wir jedoch auf einer Fläche in Kriens simulieren. Nachdem gründlich bewässert wurde, erschienen in der folgenden Nacht tatsächlich Regenwürmer auf der Erdoberfläche.

In keiner der im Sihlwald ausgesteckten Flächen fanden wir am nächsten Morgen Kothäufchen. Es ist möglich, dass sich die grossen Regenwürmer, die die Kothäufchen bilden, wegen der Trockenheit tief im Boden aufhielten und gar nicht in die Nähe der Erdoberfläche kamen. Nach Kruuk sind auch die normalerweise laubfressenden Regenwürmer nicht auf Nahrung von der Erdoberfläche angewiesen. Sie können sich auch von in der Erde vorhandenen organischen Teilchen ernähren. Der Kot könnte dann in den Wohnröhren abgesetzt worden sein. Eine andere mögliche Erklärung für das Misslingen unseres Versuchs fanden wir im Zürichbergwald. Als wir dort Erde für den Terrarierversuch holten, fanden wir Regenwürmer im Ruhezustand, d.h. zusammengerollt in kleinen Erdhöhlen. Graff (1983) beschreibt diesen Zustand als Diapause, der entweder bei sommerlicher Hitze und Trockenheit oder in Kälteperioden auftritt. Während der Untersuchungsperiode war es nicht mehr heiss, vielleicht hat jedoch die Trockenheit ausgereicht, die Ruheperiode auszulösen.

An den Stellen im Wald, an denen der Boden während unserer Untersuchungszeit relativ feucht blieb, konnten wir täglich neue Häufchen beobachten und zwar vor allem dort, wo der Weg den Hang anschnitt. Dort müssen also Regenwürmer in der Nähe der Erdoberfläche gewesen sein (auf das Verhalten der Regenwürmer bei der Kotabgabe gehen wir im Zusammenhang mit unserem Terrarienversuch ein). Andere relativ feuchte Stellen waren erkennbar an dichtem Jung- und Brombeerunterwuchs. Solche Stellen kamen in 3 von den 8 untersuchten Beständen vor, waren jedoch ausser im Bestand E immer kleinräumig und wurden durch unser Zufallsverfahren nicht erfasst. Im Bestand E mit fast flächendeckend dichtem Unterwuchs entdeckten wir manchmal zufällig Kothäufchen an nicht freigeräumten Stellen, nie jedoch dort, wo wir am Abend vorher den Unterwuchs entfernt hatten. Es ist möglich, dass wir beim abräumen des Unterwuchses die mikroklimatischen Verhältnisse so verändert haben, dass die Regenwürmer sich in tiefere Bodenschichten zurückgezogen haben. Dem widerspricht, dass wir manchmal einige Tage später auch an den früher abgeräumten und jetzt sehr trockenen Stellen neue Kothäufchen fanden.

Denkbar ist auch, dass wir die Regenwürmer so störten, dass sie sich tief in den Boden zurückzogen und für längere Zeit nicht mehr in die Nähe der Oberfläche kamen. Falls dies der Grund für das Misslingen der Untersuchung auch in an sich günstigen Gebieten ist, wird es im Freiland in stark bewachsenen Flächen kaum möglich sein, anhand der Neubildung oder dem Wachstum von Kothäufchen abzuschätzen, ob sich Regenwürmer in einem bestimmten Zeitraum in der Nähe der Erdoberfläche aufgehalten haben.

Kruuk (1978) beschreibt, dass Dachse in Trockenperioden ihre Nahrung im Wald, in feuchten Perioden auf Weideland suchen. Im Sihlwald gab es über die ganze Untersuchungsperiode feuchte Stellen mit und ohne Kothäufchen, hier könnte es sich für den Dachs also auch in „Nicht-Wumnächten“ lohnen, nach Regenwürmern zu suchen. Auf der Fläche in Kriens fanden wir nach dem Bewässern Regenwürmer, aber keine Kothäufchen. Die Abwesenheit von Kothäufchen muss also nicht bedeuten, dass hier keine Regenwürmer zu finden sind. Mit der Methode, anhand von Kothäufchen die Verfügbarkeit von Regenwürmern in der Nähe der Erdoberfläche abzuschätzen, wird man also nicht alle Stellen erfassen, an denen tatsächlich Regenwürmer zu finden sind.

Falls es zu starker Taubildung kommt, kann man auch in Nächten ohne vorhergehenden Niederschlag Regenwurmaktivitäten an der Erdoberfläche erwarten (Kruuk, 1978). Starke Taubildung fanden wir an mindestens 2 Tagen, aber nur auf den Wiesen ausserhalb des Waldes (dies bestätigt Kruuks Hinweis, dass Tau lokal sehr begrenzt auftreten kann). Unter klimatischen Bedingungen, die Taubildung erlauben, sollte man also auch in Trockenzeiten auf Wiesen Regenwurmaktivität erwarten können.

Anhand unserer Ergebnisse können wir uns 2 Möglichkeiten vorstellen, oberflächennahe Regenwurmaktivität im Sihlwald zu untersuchen. Erstens könnte man versuchen, in „Wumnächten“ Direktbeobachtungen in den verschiedenen Waldbeständen machen. Zweitens könnte man ein Inventar der Stellen aufnehmen, die auch in Trockenzeiten lange feucht bleiben. Es wäre dann interessant zu untersuchen, ob Dachse in solchen Perioden bevorzugt diese Stellen aufsuchen.

3.2 Terrarienversuch

Von unserem Terrarienversuch erhofften wir uns Hinweise darauf, wie lange Kothäufchen als frisch erkennbar sind, wie sich Regenwürmer der Gattungen *Lumbricus*, *Octolasion* und *Nicodrilus* bei Kotabgabe und Futtersuche verhalten und ob sich mit Hilfe der Kothäufchen ein Aktivitätsquotient der einzelnen Gattungen bestimmen lässt.

3.2.1 Material und Methoden

3 Terrarien (Fläche 57,5 x 27,5cm, Höhe 30cm) füllten wir mit Erde aus dem Zürichbergwald. Der Boden war hier sehr lehmig (wie im Sihlwald) und mit einer 2-3cm dicken Schicht unverrotteten Laubs bedeckt. Die Erde war nicht siebbar. Sie wurde mit den Händen möglichst fein zerkrümelnd und alle Regenwürmer ausgelesen. In der Erde fanden wir unter anderem Würmer der Gattungen Octolasion und Nicodrilus, einen Teil davon verwendeten wir für unseren Versuch. Wir fanden keine Würmer der Gattung Lumbricus, diese mussten wir daher im Sihlwald fangen.

Tabelle 6: Anzahl und Gewicht der eingesetzten Regenwürmer

Gattung	Lumbricus	Nicodrilus	Octolasion
Anzahl	9	10	13
Gesamtgewicht (g)	21,6	25	14

Die Terrarien wurden am 2.10.97 im Kühlraum bei 10° C und einer Luftfeuchtigkeit zwischen 72 und 75% aufgestellt. Um die nachtaktiven Regenwürmer am Tag beobachten zu können, versuchten wir, den Tag/Nachtrhythmus der Würmer umzustellen. Alle 24 Stunden verschoben wir mit Hilfe eines Timers den Tagesanfang um 2 Stunden. Ab dem 8.10.97 begann für die Regenwürmer der Tag um 19 Uhr, die Nacht um 7 Uhr morgens (Tagbeleuchtung normale Leuchtröhren, Nachtbeleuchtung Rotlicht). Um zu starkes Austrocknen zu vermeiden, deckten wir die Terrarien nachts (für die Regenwürmer also am Tag) mit leeren Terrarien ab. Morgens wurde aufgedeckt und die Erde mit Wasser besprüht. Vom 9. bis 31.10. beobachteten wir die Terrarien täglich in unregelmässigen Zeitabständen (Tabellen 7.4 –7.6 im Anhang). Dabei konnten wir die Entstehung von Kothäufchen und das Wachstum vorhandener Kothäufchen verfolgen und Regenwürmer der Gattung Lumbricus auf der Erdoberfläche beobachten. Am 7.11. wurden die Kothäufchen entfernt und die Regenwürmer ausgelesen, gezählt und gewogen.

Tabelle 7: Gesamtbeobachtungsdauer der Terrarien pro Tag im Oktober

Tag	9.	10.	13.	14.	15.	16.	17.	20.	21.	23.	24.	27.	28.	29.	30.	31.
Dauer (min)	115	75	45	90	105	75	90	15	15	30	30	45	125	60	140	120

Den Zustand der Kothäufchen und das Verhalten der Regenwürmer definierten wir wie folgt:

Ganz frisches Kothäufchen (gfK) oder ganz frische Anteile eines alten Kothäufchens (gfA): wässrig glänzend, lässt sich mit Zahnstocher leicht anstechen, oft bleibt Material am Zahnstocher hängen.
 Nicht mehr ganz frisches Kothäufchen (ngfK) oder nicht mehr ganz frische Anteile eines alten Kothäufchens (ngfA): glänzend, lässt sich nicht mehr gut anstechen, fällt evtl. beim anstechen um.
 Altes Kothäufchen (aK): nicht mehr glänzend, nicht mehr mit Zahnstocher anzustechen.

Regenwurm- Ethogramm:

Suchbewegung (S): aus der Wohnröhre ragendes Wurm vorderteil bewegt sich kreisend auf der Erdoberfläche.

Blatteinziehen, Wurm sichtbar (BeWs): Wurm steckt mit hinterem Teil in der Röhre, Wurm vorderteil ist sichtbar. Blatt wird mit Mund in Richtung Röhre gezogen.

Blatteinziehen, Wurm nicht sichtbar (BeWns): Wurm steckt ganz in Röhre, röhrenförmig gebogenes Blatt verschwindet langsam in Boden.

Kotabgabe, Wurm sichtbar (KaWs): Wenige mm des Wurmschwanzes ragen aus der Erde oder altem Kothäufchen, Kot wird wie aus Zahnpastatube ausgepresst.

Kotabgabe, Wurm nicht sichtbar (KaWns): Wurmschwanz nicht sichtbar, Kothäufchen scheint aus der Erde oder altem Kothäufchen zu wachsen.

Bewegung auf Erdoberfläche (BO): Wurm kriecht scheinbar ziellos auf Erdoberfläche

3.2.2 Resultate

Die Tabellen 7.4 – 7.6 im Anhang zeigen die Entstehung und das Wachsen der Kothäufchen in den einzelnen Terrarien. Zwischen dem 8. und 31.10. entstanden in allen Terrarien täglich neue Kothäufchen, ein grosser Anteil davon jedoch erst nach dem 20.10.

Tabelle 8: Anzahl der Kothäufchen in den Terrarien und der Anteil, der erst nach dem 20.10. entstanden ist.

Terrarium	Anzahl Kothäufchen in den Terrarien	Anteil der nach dem 20.10. entstandenen Kothäufchen in %
Lumbricus	11	73
Nicodrilus	15	67
Octolasion	8	63

An fast allen Kothäufchen konnten wir über mehrere Tage hinweg immer wieder frische Anteile beobachten. In 9 Fällen konnten wir zufällig die Entstehung eines Kothäufchens bzw. frischer Kothäufchenanteile beobachten. Anhand dieser Beobachtungen versuchten wir, die Zeit zu bestimmen, die ein frisches Kothäufchen (bzw. Anteile) als frisch erkennbar bleibt. Wie Tabelle 9 zeigt, schwanken diese Zeiten zwischen 35 und 165 Minuten.

Tabelle 9: Kotabgabe und die Zeit, die ein Kothäufchen als frisch erkennbar bleibt

Datum	Anzahl	Kotabgabe oder gfA eines Kothäufchens	nicht mehr als frisch erkennbar	Dauer (min)
28.10.	1	9 Uhr 45	11 Uhr 50	125
28.10.	3	11 Uhr 00	12 Uhr 30	90
30.10.	1	9 Uhr 35	10 Uhr 10	35
30.10.	3	13 Uhr 35	15 Uhr 15	100
31.10.	1	12 Uhr 15	13 Uhr 30	75

Ab dem 28.10. (vorher nur vereinzelt) konnten wir Regenwürmer bei Kotabgabe oder Futtersuche beobachten (Tabellen 10a-c).

Tabellen 10a –c: Regenwurm- Direktbeobachtungen. S Suchbewegung; BeWs Blatteinziehen, Wurm sichtbar; BeWns Blatteinziehen, Wurm nicht sichtbar; KaWs Kotabgabe, Wurm sichtbar; KaWns Kotabgabe, Wurm nicht sichtbar; BO Bewegung auf Erdoberfläche; WØ Schätzung Wurmdurchmesser; W Wurmnummer; K Kothäufchennummer.

a) Lumbricus

Datum	Uhrzeit	Wurm- bzw. Kothäufch. Nr.	Tätigkeit	sichtbarer Wurmteil	WØ (mm)	Zeitdauer
13.10.	11 Uhr 15	W1	BO			35 sec
28.10.	9 Uhr 45	W1	S	10mm	3-4	10 sec
30.10.	9 Uhr 00	W2	BeWs	10mm	3-4	>6 min
30.10.	12 Uhr 30	W1	BeWs	15mm	3-4	12 min
30.10.	12 Uhr 45	W3	BeWs	10mm	3-4	2 min
31.10.	10 Uhr 00	W4	BeWs	10mm	3-4	30 sec
31.10.	11 Uhr 00	W3	BeWs	5mm	3-4	
31.10.	11 Uhr 15	W4	BeWs	5mm	3-4	
31.10.	11 Uhr 15	W2	BeWs	5cm	3-4	
31.10.	12 Uhr 00	W4	BeWns			
31.10.	12 Uhr	W3	S	10mm	3-4	8sec
31.10.	12 Uhr 15	K 31	KaWs	3mm		3 min
31.10.	12 Uhr 30	W3	S	15mm		20 sec

b) Nicodrilus

Datum	Uhrzeit	Wurm- bzw. Kothäuf. Nr.	Tätigkeit	sichtbarer Wurmteil	WØ (mm)	Zeitdauer
28.10.	9 Uhr 45	K30	KaWs	2 mm	1	30 sec
28.10.	13 Uhr 10	W1	S	30 mm	1	5 min
29.10.	9 Uhr 15	K15	KaWns			
29.10.	9 Uhr 15	K6	KaWs	2mm		50 sec

c) Octolasion

Datum	Uhrzeit	Wurm- bzw. Kothäufch. Nr.	Tätigkeit	sichtbarer Wurmteil	WØ (mm)	Zeitdauer
14.10.	10 Uhr 20	K5	KaWs	2 mm		1 sec
24.10.	12 Uhr 00		BO			
28.10.	11 Uhr 00	K1	KaWs	1 mm		30 sec
30.10.	13 Uhr 35	K5	KaWs	10mm		5 min
30.10.	16 Uhr 00	K1	KaWns			
31.10.	9 Uhr 00	K21	KaWns			

Lumbricus war die einzige Gattung (bis auf 1 Nicodrilus), von der wir 4 Würmer bei der Futtersuche oder beim Einziehen von Blättern in die Röhren beobachten konnten, und zwar immer an den gleichen Stellen zwischen 9 und 12 Uhr 30. Die Würmer blieben dabei mit einem grossen Teil ihres Körpers in den Röhren. Sobald sie sich zurückzogen, wurden die Röhren mit Erdteilchen oder Steinchen verschlossen. Es waren dann keine Oeffnungen mehr erkennbar. Die Würmer hielten sich zwischen 10 Sekunden und 12 Minuten auf der Erdoberfläche auf. Einmal wurde ein Lumbricus 3 Minuten lang bei der Kotabgabe beobachtet.

Bei allen Wümmern war 6 mal bei der Kotabgabe ein kurzes Schwanzstück sichtbar (zwischen 30 Sekunden und 5 Minuten), 3 mal steckten die Würmer ganz in den alten Kothäufchenanteilen. Zusätzlich zu den auf der Oberfläche beobachteten Wümmern konnten wir an den Terrarienscheiben, also unterhalb der Erdoberfläche, Würmer sehen, die Kot absetzten oder an Blattresten zogen.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Regenwürmer in den Terrarien beim Ausräumen.

Tabelle 11: Anzahl und Gewicht der Würmer in den Terrarien beim Einsetzen und Ausräumen.

	Terrarium Lumbricus		Terrarium Nicodrilus		Terrarium Octolasion	
Anzahl eingesetzte Würmer	9		10		13	
Gesamtgewicht	22g		25g		14g	
Anzahl ausgelesene Würmer	9 Lumbricus	5 andere sehr kleine, unbestimmbare Würmer	12 Nicodrilus	35 andere: Octolasion und weitere sehr kleine, unbestimmbare Würmer	12 Octolasion	20 andere: 3 adulte Nicodrilus und weitere sehr kleine, unbestimmbare Würmer
Gewicht	18g	3g	27g	7g	13g	4g
Gesamtgewicht	21g		34g		17g	

Auffallend war die grosse Anzahl zusätzlicher Würmer vor allem in den Terrarien bei Octolasion und Nicodrilus.

3.2.3 Diskussion

In allen Terrarien konnten wir die Entstehung von Kothäufchen beobachten, gehäuft allerdings erst ab dem 20.10. Es ist möglich, dass Regenwürmer unter Laborbedingungen erst nach einer gewissen Zeit wieder ein normales Verhalten zeigen. Kothäufchen werden an der Oberfläche gebildet, wenn der Boden wie im Zürichberg- oder Sihlwald sehr dicht ist und die Erde zum Röhrenbau nicht zur Seite gedrückt werden kann. Wir schichteten die lehmige Erde darum fest in die Terrarien. Trotzdem sahen wir durch die Seitenscheiben Regenwürmer, die ihren Kot in der Erde absetzten. Wenn man annimmt, dass die wenigen kleinen, beim ausräumen vom Lumbricus-Terrarium gefundenen Würmer noch keine Kothäufchen absetzten, stimmt die Anzahl der Kothäufchen und Würmer bei Lumbricus recht gut überein. Die 2 zusätzlichen Häufchen kann man damit erklären, dass nach einer Hauptröhre dicht unter der Erde zusätzlich Seitenausgänge angelegt werden. Am Ende der Beobachtungsperiode hatten also wahrscheinlich alle Würmer im Lumbricus -Terrarium wieder Wohnröhren angelegt.

Im Terrarium mit der Gattung *Lumbricus* konnten wir Regenwürmer bei der Futtersuche beobachten, allerdings erst in der letzten Woche des Versuchs. Futtersuche sahen wir immer in der ersten Nachthälfte. Weil die Beobachtungszeit in der ersten Nachthälfte länger war als in der zweiten (260 und 185 Minuten), kann man dieses Ergebnis nur als Tendenz bewerten. Die Würmer hielten sich jeweils zwischen wenigen Sekunden und mehreren Minuten auf der Oberfläche auf. Sie kamen nie ganz aus ihren Röhren. Es war nicht möglich sie zu greifen, da sie sich blitzschnell zurückzogen. Kruuk (1978) beschreibt das „Wurmaufleseverhalten“ des Dachses. Wie der Dachs es fertigbringt, Würmer zu fangen, die so schnell in ihren Röhren verschwinden können, bleibt uns ein Rätsel.

Lumbricus terrestris wird als einziger Wurm beschrieben, der bei Nebel und Regen auch tagsüber auf die Oberfläche kommt. Diese Bedingungen waren im Kühlraum nicht erfüllt. Wir können daher zumindest für die Gattung *Lumbricus* annehmen, dass die Tag/Nachtumstellung geglückt ist. Kruuk (1978) beschreibt unter anderem Taubildung als Voraussetzung, dass Regenwürmer nachts an die Erdoberfläche kommen. Durch das Befeuchten der Terrarien am Morgen könnten wir Taubildung simuliert haben.

Wenn man *Lumbricus* die oben beschriebenen Bedingungen bietet, sollten Laborbeobachtungen möglich sein. Man muss allerdings eine Eingewöhnungszeit von mindestens 3 Woche einplanen. Die Laborbeobachtungen gaben uns interessante Einblicke in das Verhalten der Regenwürmer. Es ist uns jedoch klar, dass man solche Ergebnisse nicht einfach aufs Freiland übertragen kann.

Regenwürmer in den Terrarien *Nicodrilus* und *Octolasion* sahen wir nur bei der Kotabgabe. Dabei ragten, wenn überhaupt, nur wenige Millimeter des Wurmchwanzes aus der Röhre oder Öffnung des alten Kothäufchens. Theoretisch könnten Würmer also auch bei der Kotabgabe für den Dachs erreichbar sein.

In den *Nicodrilus* und *Octolasion* Terrarien war die Anzahl Würmer zusätzlich zu den eingesetzten sehr gross (35 bzw. 20). Wahrscheinlich sind sehr kleine Würmer erst im Terrarium aus den Eihüllen geschlüpft. Grössere Würmer müssen wir beim Verlesen der Erde übersehen haben. Aussagen über unterschiedliches Verhalten der Gattungen sind hier also ebenso wenig möglich wie die Berechnung eines Aktivitätsquotienten. Wenn man diese Fehlerquelle ausschliessen will, muss man wahrscheinlich gedämpfte Erde verwenden.

In allen Terrarien blieben die einmal entstandenen Kothäufchen bis zum Ende der Beobachtungszeit bestehen. Sie wurden also nicht abgebaut. Einige im Freiland in Petrischalen aufgestellte Kothäufchen hielten lange Regengüsse aus, ohne zu zerfallen, und zwar um so besser, je älter sie waren. Ganz frische Häufchen waren nach starkem Regen fast nicht mehr zu erkennen. Die Beurteilung des Alters der Häufchen erwies sich als schwierig. Am einfachsten war es, ganz frische, noch wässrig aussehende Häufchen zu erkennen. Tabelle 9 zeigt bei einigen Proben die Zeitdauer, die dieser Zustand erhalten blieb. Die sehr unterschiedlichen Werte lassen sich einerseits durch die unterschiedliche Grösse der Häufchen erklären. Andererseits waren die Häufchen von Anfang an nicht gleich feucht, je nach dem Zustand der umgebenden Erde. Wenn ein Häufchen frisch war, musste vor höchstens 2 Stunden ein Wurm zumindest in der Nähe der Erdoberfläche gewesen sein. Im Freiland dürfte die Beurteilung des Alters der Kothäufchen noch schwieriger sein. Wahrscheinlich kann Regenwurmaktivität anhand von Kothäufchen nur durch gerade entstehende oder noch ziemlich neue Häufchen abgeschätzt werden. Dazu müsste man im Feld Dauerbeobachtungen durchführen.

4 Zusammenfassung

Unsere Semesterarbeit stand im Zusammenhang mit einem Nationalfondprojekt, das untersucht, wie Habitatstruktur bzw. Nahrungsverfügbarkeit die Raumnutzung und Sozialorganisation des Dachses *Meles meles* im Sihlwald (Kanton Zürich) beeinflussen. Thema unserer Arbeit war der Regenwurm als wichtiger Nahrungsbestandteil des Dachses. Kruuk (1978) berechnete die Regenwurmbiomasse, die ein Dachs gefressen hat, aus der Anzahl Muskelmagenteilchen im Dachskot. Wir untersuchten im ersten Teil unserer Arbeit, ob man aufgrund dieser Muskelmagenteilchen auf das Gewicht der gefressenen Regenwürmer schliessen kann. Wir konnten zeigen, dass eine Beziehung zwischen dem Umfang der Muskelmagen-Kutikula und dem Gewicht des Regenwurms besteht und eine Formel zur Berechnung des Gewichts aus Kutikula-Umfang/2 aufstellen. Die Zuverlässigkeit unserer Methode hängt unter anderem davon ab, wie hoch der Anteil Kutikulateilchen ist, den man unverdaut im Dachskot wiederfindet. Wroot (1985) bestimmte die Biomasse der Regenwürmer anhand von im Kot gefundenen Wurmborsten. Vergleichende Untersuchungen mit beiden Methoden könnten Hinweise auf die Zuverlässigkeit beider Methoden liefern.

Dachse fressen nur die Regenwürmer, die sich auf der Bodenoberfläche aufhalten. Im zweiten Teil unserer Arbeit geht es daher um Oberflächenaktivitäten der Regenwürmer. Nächtliche Beobachtungen im Wald waren wegen der trockenen Witterung nicht möglich. Daher versuchten wir, Regenwurmaktivität indirekt anhand von Kothäufchenbildung zu beurteilen. Auch diese Untersuchung scheiterte, wohl aus dem gleichen Grund. Bei unserer Arbeit im Wald fanden wir jedoch Stellen, die trotz der herrschenden Trockenheit während der ganzen Untersuchungsperiode feucht blieben. Es könnte sich lohnen, speziell solche Stellen auf Regenwurmaktivität zu untersuchen.

Um trotzdem das Verhalten der Regenwürmer auf der Erdoberfläche und die Entstehung von Kothäufchen beobachten zu können, untersuchten wir Regenwürmer der Gattungen *Lumbricus*, *Nicodrilus* und *Octolasion* im Labor. Regenwürmer der Gattung *Lumbricus* waren die einzigen, die wir bei Futtersuche und Kotabgabe auf der Erdoberfläche beobachten konnten. Von den Würmern der Gattungen *Nicodrilus* und *Octolasion* sahen wir manchmal bei der Kotabgabe ein kleines Stück des Schwanzteils. Regenwürmer könnten also beim Fressen und bei der Kotabgabe für den Dachs erreichbar sein. Die Beobachtungen im Labor beziehen sich auf wenige Würmer. Sie sind daher nur als Tendenzen anzusehen, könnten jedoch Hinweise für spätere Untersuchungen geben.

5 Verdankung

Isabelle Minder betreute uns während unseres Praktikums in der Abteilung für Verhaltensbiologie. Thomas Nabulon unterstützte uns vor allem bei der Bestimmung der Regenwürmer und gab Hilfestellung beim Wurmfang. Fredi Stätzler stellte uns das Enzym für die Auflösung der Würmer zur Verfügung und gab uns Tips zur Anwendung. Lorenz Gygax half massgeblich bei der Lösung unserer statistischen Probleme. Karin Hindenlang beriet uns bei der Arbeit im Feld und sorgte im Forsthaus im Sihlwald mitten in der Nacht für unser Wohl. Ihnen allen danken wir herzlich für ihre Hilfe.

6 Literaturnachweis

Bradbury, K. (1977) Identification of earthworms in mammalian scats. *J. Zool.* 183, 553-555

Daniel, O. (1991) Regenwurmfauna in Buchen- und Fichtenflächen im Wald des Kanton Zürich, *Revue suisse Zool.*, Volume 98

Dunger, W. (1974) Tiere im Boden, Neue Brehm Bücherei, Staatl. Museum für Naturkunde, Forschungsstelle Görnitz

Füller, H. (1954) Die Regenwürmer, Neue Brehm Bücherei, Heft 140, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg

Kruuk, H. (1978) Foraging and spatial organization of the European badger, *Meles meles* L. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 4, 75-81

Peters, W., Walldorf, V. (1986) Der Regenwurm *Lumbricus terrestris* L. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden

Straass, V. (1991) Der Regenwurm. Beilage zu Wildtiere 3/1991

Thielemann, U. (1986) Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. *Pedobiologia* 29, 296-302

Thielemann, U. (1989) Untersuchungen zur Lumbricidenfauna mit neu entwickelten Methoden in erosionsgefährdeten Gebieten des Kraichgaus. Diss. Ruprechts-Karls-Universität, Heidelberg

Weber, E. (1980) Grundriss der biologischen Statistik, Fischer-Verlag, Stuttgart

Wroot, A.J. (1985) A quantitative method for estimating the amount of earthworm (*Lumbricus terrestris*) in animal diets. *Oikos* 44, 239-242

7 Anhang

7.1 Gewichtsunterschiede bei lebenden Würmern bei Aufbewahrung in Wasser und nach dem Abtöten

Gattung	Lebendgewicht (g)			Totgewicht (g)
	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
Lumbricus	3,21	3,51	3,93	3,05
	1,59	1,65	1,67	1,42
	0,50	0,54	0,55	0,41
	3,04	3,30	3,65	3,35
	5,89	6,28	6,90	5,98
	2,02	2,16	2,17	1,82
	1,06	1,15	1,13	-
	0,20	0,21	0,16	-
	2,06	2,15	2,19	1,68
	2,03	2,15	2,05	1,60
Nicodrilus	2,68	2,87	2,76	2,53
	2,01	2,22	2,17	1,71
	2,24	2,32	2,31	1,68
	1,44	1,52	1,48	1,37
	1,08	1,12	1,11	0,92
	1,94	2,00	2,04	1,67
	1,30	1,41	1,40	1,12
	1,49	1,51	1,52	1,26
	1,34	1,48	1,41	1,12
	1,41	1,50	1,52	1,30
Octolasion	0,41	0,44	0,43	0,33
	0,06	0,07	0,08	0,06
	0,35	0,38	0,31	0,30
	0,16	0,20	0,21	0,19
	0,29	0,34	0,26	0,24
	0,30	0,32	0,28	0,29
	0,35	0,41	0,36	0,34
	1,39	1,49	1,55	1,10
	3,22	3,34	3,37	2,48
	2,00	2,09	2,14	1,71

7.2 Protokoll der Beobachtung im Sihlwald und Angaben zur Witterung

Letzte Niederschläge: Am 13.9.97 im Raum Nordschweiz lokal Gewitter mit Regenschauern, ob es auch im Sihlwald geregnet hatte, wissen wir nicht. Danach keine Niederschläge mehr.

18.9.97

Nachtbeobachtung, 18 – 1 Uhr. Dauerbeleuchtung (Taschenlampen) an 2 Stellen (ungefähr 1-1,5m²) im Abstand von 10m mit jeweils sehr vielen Kothäufchen.

Standort: Nähe Station Sihlwald. Mischbestand aus Eschen, Buchen, Ahorn und dichtem Brombeerunterwuchs.

20 Uhr 00	Luftfeuchtigkeit auf dem Boden 95%, Temperatur 12 Grad C, es wird dunkel.
20 Uhr 05	Licht eingeschaltet. Ganz frisches Kothäufchen im beleuchteten Bereich.
20 Uhr 30	Blätter rascheln, Spinne läuft über Laub.
21 Uhr 00	Luftfeuchtigkeit 93%. Kothäufchen gewachsen.
21 Uhr 15	Lampe ausgeschaltet, keine Geräusche.
22 Uhr 10	Lampe eingeschaltet. Himmel klar, leichter Wind, Blätter in Baumkronen rascheln.
22 Uhr 20	Luftfeuchtigkeit 90%. Neues frisches Kothäufchen weggeräumt bis Loch sichtbar.
23 Uhr 00	Luftfeuchtigkeit 90%. Keine Veränderung am weggeräumten Kothäufchen.
24 Uhr 00	Luftfeuchtigkeit 90%, Temperatur 10 Grad C.
1 Uhr 00	Beobachtung abgebrochen.

7.3 Die untersuchten Standorte im Sihlwald

Bestand A

Waldart: Ueberwiegend Buchen (*Fagus sylvatica*), wenig Fichten (*Picea abies*).
Unterwuchs Brombeeren (*Rubus sp.*), Hasel (*Corylus avellana*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), ungefähr 50 cm hoch.

Bestand B

Waldart: Ueberwiegend Fichten (*Picea abies*), reichlich Buchen-Jungwuchs.
Unterwuchs: vereinzelt Brombeeren . An manchen Stellen 2-3 cm dicke Nadelschicht auf dem Boden

Bestand C

Waldart: Reiner Fichtenbestand. Dünne Stämme, hohe Bäume, locker stehend.
Unterwuchs: sehr stark mit Waldfarn (*Athyrium filix-femina*), Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Hängende Segge (*Carex pendula*), Erdbeere (*Fragaria vesca*), Stechpalme (*Ilex aquifolium*) , Günsel (*Ajuga sp.*), Efeu (*Hedera helix*), Moose. 20-30 cm hohe Eschen und Ahorn. Viel eingewehtes Buchenlaub.

Bestand D

Waldart: Eschen und Buchen dominant, beide gleich gross. Teilweise dichter, bis 3 m hoher Ahorn-Jungwuchs.
Unterwuchs: Ungefähr 50 cm hohe Buchen, Eschen und Bergahorn, 10-20 cm hohe Fichten, Sauerklee, Waldmeister (*Asperula sp.*), Hängende Segge, Waldfarn, Goldnessel (*Lamium galeobdolon*). Wenig Brombeeren.

Bestand E

Waldart: Fast reiner Buchenbestand, 1 m hohe Buchen und Eschen.
Unterwuchs: Hängende Segge, Brombeeren fast deckend.

Bestand F

Waldart: Mischbestand aus Buchen, Eschen und Ahorn. Teilweise 1 m hoher Jungwuchs aus Buchen und Eschen.
Unterwuchs: wenig Brombeeren, Waldfarn, 20cm hohe Buchen, Eschen und Ahorn, Boden vorwiegend bedeckt mit Buchenlaub. Sehr harter Boden, dicke Schicht unverrottetes Buchenlaub.

7.4 Beobachtungszeit und Kothäufchen im Terrarium Lumbricus.

Die Zahl ist die Nummer des entsprechenden Häufchens. gFK ganz frisches Kothäufchen gfA ganz frische Anteile ngfK nicht ganz frisches Kothäufchen ngfA nicht ganz frische Anteile aK altes Kothäufchen

Datum	Beginn Beobachtung	Dauer (min)	Zeit total	GfK	GfA	ngfK	NgfA	AK
9.10.97	9 Uhr 20	40		2				
	10 Uhr 45	15						
	13 Uhr 30	15						
	14 Uhr 30	15						
	15 Uhr 30	15						
	16 Uhr 20	15	115					
10.10.	7 Uhr 50	15						
	10 Uhr 15	30						
	12 Uhr 45	15				4		
	14 Uhr 00	15	75					
13.10.	9 Uhr 30	15				9	2	
	10 Uhr 00	15						
	11 Uhr 15	15	45					
14.10.	9 Uhr 15	15			2			
	10 Uhr 20	25						
	12 Uhr 30	15						
	14 Uhr 30	10						
	15 Uhr 20	10						
	16 Uhr 30	15	90					
15.10	9 Uhr 00	15						
	10 Uhr 15	15			2			
	11 Uhr 30	15						
	13 Uhr 00	15						
	14 Uhr 30	15					2	
	15 Uhr 00	15				4		
	16 Uhr 35	15	105					
16.10.	9 Uhr 00	15					2	
	11 Uhr 30	15						
	12 Uhr 30	15						
	13 Uhr 30	15			2			
	15 Uhr 10	15	75					
17.10.	9 Uhr 00	15					4	
	9 Uhr 45	15			4;2;			
	10 Uhr 35	15						
	11 Uhr 45	15						

Beobachtungszeit und Anzahl Kothäufchen im Terrarium Lumbricus. Die Zahl ist die Nummer des entsprechenden Häufchens. gfK ganz frisches Kothäufchen gfA ganz frische Anteile ngfK nicht ganz frisches Kothäufchen ngfA nicht ganz frische Anteile aK altes Kothäufchen

Datum	Beginn Beobachtung	Dauer (min)	Zeit total	gfK	gfA	ngfK	ngfA	AK
	13 Uhr 00	15						
	14 Uhr 45	15	90					
20.10.	11 Uhr 45	15	15					
21.10.	14 Uhr 00	15	15					
23.10.	11 Uhr 00	30	30			22;23;		
24.10.	12 Uhr 00	30	30		22;23;			
27.10.	9 Uhr 15	30			24;28;		25;26;27;	24;25;26;27;28;
	17 Uhr 00	15	45					
28.10.	9 Uhr 15	15			28		24;25;26;27;28;	
	9 Uhr 45	15						
	10 Uhr 30	45			25;26;			
	11 Uhr 50	5						
	12 Uhr 30	15						
	13 Uhr 10	15						
	14 Uhr 20	15	125		25;			
29.10.	9 Uhr 15	15			25;		26;	
	10 Uhr 15	15		31;	23;			
	11 Uhr 15	15						
	12 Uhr 15	15	60					
30.10.	9 Uhr 00	50						
	10 Uhr 00	10						
	12 Uhr 30	15						
	12 Uhr 55	15						
	13 Uhr 25	25						
	15 Uhr 15	10						
	16 Uhr 00	15	140					
31.10.	8 Uhr 15	30			31;25;			
	9 Uhr 00	15			31;			
	9 Uhr 50	15						
	11 Uhr 00	15						
	12 Uhr 00	15			31;			
	13 Uhr 30	15						
	14 Uhr 15	15	120					

7.5 Beobachtungszeit und Kothäufchen im Terrarium Nicodrilus

Die Zahl ist die Nummer des entsprechenden Häufchens. gfK ganz frisches Kothäufchen gfA ganz frische Anteile ngfK nicht ganz frisches Kothäufchen ngfA nicht ganz frische Anteile aK altes Kothäufchen

Datum	Beginn Beobachtung	Dauer (min)	Zeit total	gfK	gfA	ngfK	ngfA	aK
9.10.97	9 Uhr 20	40						
	10 Uhr 45	15						
	13 Uhr 30	15						
	14 Uhr 30	15						
	15 Uhr 30	15						
	16 Uhr 20	15	115					
10.10.	7 Uhr 50	15						
	10 Uhr 15	30						
	12 Uhr 45	15				3;		
	14 Uhr 00	15	75			7;		6;8;
13.10.	9 Uhr 30	15				10;		
	10 Uhr 00	15		12;				
	11 Uhr 15	15	45					
14.10.	9 Uhr 15	15						
	10 Uhr 20	25						
	12 Uhr 30	15						
	14 Uhr 30	10						
	15 Uhr 20	10						
	16 Uhr 30	15	90					
15.10	9 Uhr 00	15						
	10 Uhr 15	15						
	11 Uhr 30	15						
	13 Uhr 00	15						
	14 Uhr 30	15						
	15 Uhr 00	15						
16.10.	9 Uhr 00	15					12;	
	11 Uhr 30	15						
	12 Uhr 30	15						
	13 Uhr 30	15			12;			
	15 Uhr 10	15	75					
17.10.	9 Uhr 00	15			12;			
	9 Uhr 45	15			7;			
	10 Uhr 35	15						
	11 Uhr 45	15						

Beobachtungszeit und Anzahl Kothäufchen im Terrarium Nicodrilus. Die Zahl ist die Nummer des entsprechenden Häufchens. gfK ganz frisches Kothäufchen gfA ganz frische Anteile ngfK nicht ganz frisches Kothäufchen ngfA nicht ganz frische Anteile aK altes Kothäufchen

Datum	Beginn Beobachtung	Dauer (min)	Zeit total	gfK	gfA	ngfK	ngfA	aK
	13 Uhr 00	15			12;			
	14 Uhr 45	15	90					
20.10.	11 Uhr 45	15	15					
21.10.	14 Uhr 00	15	15			13;		15;
23.10.	11 Uhr 00	30	30			17;18;19;20;	7;	
24.10.	12 Uhr 00	30	30		17;19;20;		15;13;	
27.10.	9 Uhr 15	30			15;			
	17 Uhr 00	15	45					
28.10.	9 Uhr 15	15		30;	15;			31;
	9 Uhr 45	15			30;			
	10 Uhr 30	45			17;15;19;			
	11 Uhr 50	5						
	12 Uhr 30	15						
	13 Uhr 10	15			30;			
	14 Uhr 20	15	125					
29.10.	9 Uhr 15	15			30;15;16;		19;	
	10 Uhr 15	15						
	11 Uhr 15	15						
	12 Uhr 15	15	60					
30.10.	9 Uhr 00	50			15;			
	10 Uhr 00	10						
	12 Uhr 30	15						
	12 Uhr 55	15		32;				
	13 Uhr 25	25			15;			
	15 Uhr 15	10						
	16 Uhr 00	15	140		17;			
31.10.	8 Uhr 15	30			15;		17;30;	
	9 Uhr 00	15			15;			
	9 Uhr 50	15						
	11 Uhr 00	15			17;			
	12 Uhr 00	15			32;15			
	13 Uhr 30	15			17;			
	14 Uhr 15	15	120					

7.6 Beobachtungszeit und Kothäufchen im Terrarium Octolasion.

Die Zahl ist die Nummer des entsprechenden Häufchens. gfK ganz frisches Kothäufchen gfA ganz frische Anteile ngfK nicht ganz frisches Kothäufchen ngfA nicht ganz frische Anteile aK altes Kothäufchen

Datum	Beginn Beobachtung	Dauer (min)	Zeit total	gfK	gfA	ngfK	ngfA	aK
9.10.97	9 Uhr 20	40					1;	1;
	10 Uhr 45	15						
	13 Uhr 30	15						
	14 Uhr 30	15						
	15 Uhr 30	15						
	16 Uhr 20	15	115					
10.10.	7 Uhr 50	15						
	10 Uhr 15	30					1;	
	12 Uhr 45	15						
	14 Uhr 00	15	75					
13.10.	9 Uhr 30	15				11;	1;	
	10 Uhr 00	15						
	11 Uhr 15	15	45					
14.10.	9 Uhr 15	15		5;	11;1;			
	10 Uhr 20	25			5;			
	12 Uhr 30	15						
	14 Uhr 30	10						
	15 Uhr 20	10						
	16 Uhr 30	15	90					
15.10	9 Uhr 00	15			5;			
	10 Uhr 15	15						
	11 Uhr 30	15						
	13 Uhr 00	15						
	14 Uhr 30	15						
	15 Uhr 00	15			11;			
	16 Uhr 35	15	105					
16.10.	9 Uhr 00	15			5;1;			
	11 Uhr 30	15			1;			
	12 Uhr 30	15						
	13 Uhr 30	15			1;			
	15 Uhr 10	15	75					
17.10.	9 Uhr 00	15			1;5;			
	9 Uhr 45	15						
	10 Uhr 35	15						
	11 Uhr 45	15						

Beobachtungszeit und Anzahl Kothäufchen im Terrarium Octolasion. Die Zahl ist die Nummer des entsprechenden Häufchens. gfK ganz frisches Kothäufchen gfA ganz frische Anteile ngfK nicht ganz frisches Kothäufchen ngfA nicht ganz frische Anteile aK altes Kothäufchen

Datum	Beginn Beobachtung	Dauer (min)	Zeit total	gfK	gfA	ngfK	ngfA	aK
	13 Uhr 00	15						
	14 Uhr 45	15	90					
20.10.	11 Uhr 45	15	15					
21.10.	14 Uhr 00	15	15			14;		
23.10.	11 Uhr 00	30	30		14;1;	21;		
24.10.	12 Uhr 00	30	30		1;14;5;11;			
27.10.	9 Uhr 15	30			1;14;5;11;21;			
	17 Uhr 00	15	45		11;5;			
28.10.	9 Uhr 15	15			5;14;11;		29;21;	
	9 Uhr 45	15						
	10 Uhr 30	45			5;			
	11 Uhr 50	5						
	12 Uhr 30	15						
	13 Uhr 10	15			1;			
	14 Uhr 20	15	125					
29.10.	9 Uhr 15	15			5;		11;	
	10 Uhr 15	15						
	11 Uhr 15	15						
	12 Uhr 15	15	60					
30.10.	9 Uhr 00	50			1;			
	10 Uhr 00	10						
	12 Uhr 30	15						
	12 Uhr 55	15						
	13 Uhr 25	25		33;	5;			
	15 Uhr 15	10						
	16 Uhr 00	15	140		1;21;			
31.10.	8 Uhr 15	30		34;	33;5;14;			
	9 Uhr 00	15			21;33;34;1;			
	9 Uhr 50	15						
	11 Uhr 00	15						
	12 Uhr 00	15						
	13 Uhr 30	15			33;			
	14 Uhr 15	15	120					