

# Regenwurmpopulation der Versuchsfläche des Systemvergleichs Bodenbearbeitung auf dem Stifterhof Grunduntersuchung



im Auftrag des  
**LTZ Augustenberg**

Dr. Otto Ehrmann  
Büro für Bodenmikromorphologie und Bodenbiologie  
97993 Creglingen - Münster  
Dezember 2013

# 1. Einleitung

Regenwürmer sind in vielen Böden Mitteleuropas die Tiergruppe mit der höchsten Biomasse (DUNGER 1983). Aufgrund ihrer Lebensweise können Regenwürmer den Boden wesentlich beeinflussen. Sie bringen organisches Material in den Boden ein und vermischen es mit dem Boden. Dies hat zur Folge, dass stabile Ton-Humus-Komplexe entstehen, die dem Boden zu einer stabileren Krümelstruktur verhelfen (Pulleman et al. 2005). Die tiefreichenden Röhren der anezischen Arten sorgen für einen schnellen Abfluss der Niederschläge in den Unterboden und verringern so die Erosionsgefahr (EDWARDS 1992, Ehlers 1975). Auch verbessern diese Röhren die Durchwurzelung und Durchlüftung des Unterbodens. Ein hoher Regenwurmbesatz wird in der Landwirtschaft daher positiv beurteilt.

Das Vorkommen der Regenwürmer wird zum einen von Boden und Klima (LEE 1985, Ehrmann et al. 2002), aber bei Ackerflächen in hohem Maße auch von der Nutzung bestimmt (Übersicht siehe Edwards 1980). Einen großen Einfluss hat dabei die Bodenbearbeitung, da sie die Regenwürmer direkt schädigen kann (KRÜGER 1952) und ihren Lebensraum verändert (LOW 1972).

Auf dem Stifterhof wurde im Spätsommer 2012 ein neuer Systemvergleich Boden angelegt. Dabei werden die Varianten Mulchsaat, Direktsaat und Streifenbearbeitung miteinander verglichen. Da die Regenwürmer insbesondere bei Systemen mit reduzierter Bodenbearbeitung einen großen Einfluss auf den Boden haben und auf dem Stifterhof aufgrund von unterschiedlichen Böden eine deutliche Heterogenität der Regenwurmpopulation zu erwarten war, wurde der Bestand an Regenwürmern im Frühjahr 2013 untersucht. Dabei wurden zwei verschiedene Methoden verwendet:

a) ab Mitte April – nachdem der Boden hinreichend warm für einen Regenwurmfang war - wurde in jeder Großparzelle ein klassischer Regenwurmfang mit jeweils 6 Wiederholungen durchgeführt und die Regenwürmer bis zur Art bestimmt und gewogen. Diese Methode erfasst alle Regenwürmern, sie ist aber sehr zeitaufwändig. Daher konnte nur eine Fläche in jeder Großparzelle untersucht werden.

b) ab Anfang März erfolgte eine Zählung der Spuren der wichtigen tiefgrabenden Regenwürmer an der Bodenoberfläche. Diese Methode erfordert nur einen geringen Zeitaufwand, daher konnte eine wesentlich größere Zahl an Probestellen mit einer größeren Fläche untersucht werden.

## **Beschreibung und Vorkommen der 3 ökologischen Gruppen der Regenwürmer**

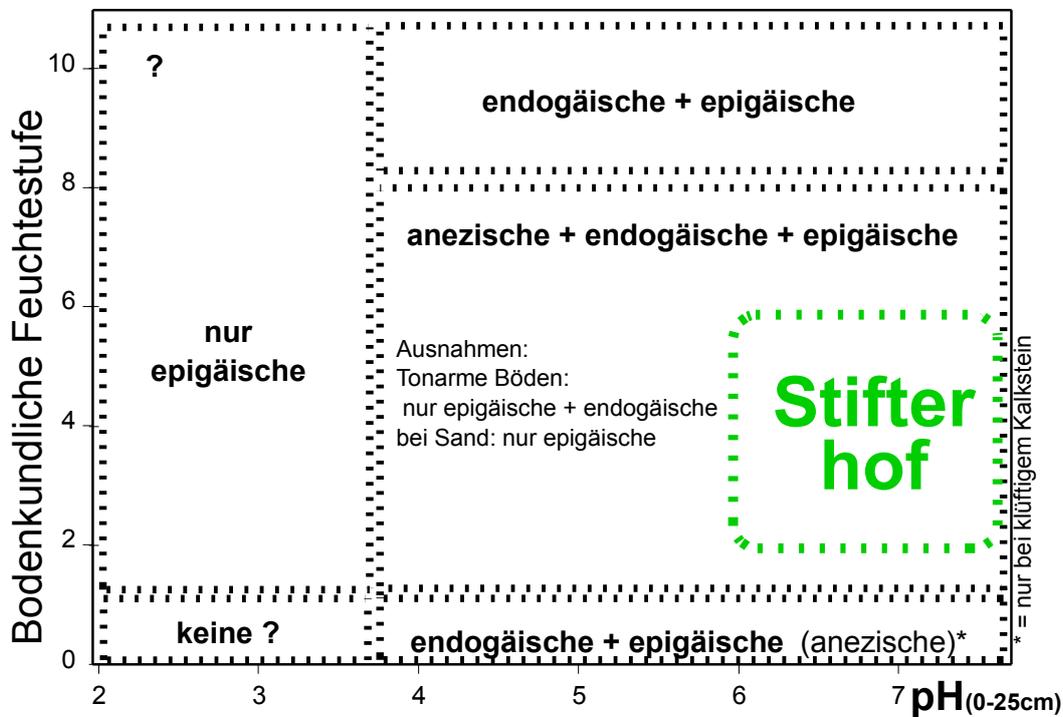
Die Regenwürmer können vereinfacht in drei ökologische Gruppen eingeteilt werden:

a) die meist kleinen epigäischen Arten leben nahe der Bodenoberfläche und in Streuauflagen von Wäldern. Dort habe sie auch ihren Verbreitungsschwerpunkt, im Äckern sind sie eher selten. Sie sind ± durchgehend dunkel pigmentiert.

b) die kleinen bis mittelgroßen endogäischen Arten leben normalerweise im Oberboden. Diese Regenwürmer haben in der Regel kein Röhrensystem mit einer Öffnung an der Bodenoberfläche. Die Nahrung wird im Boden aufgenommen und besteht vorwiegend aus humosem Mineralbodenmaterial. Da sie den Boden nur selten verlassen sind sie nicht oder nur wenig pigmentiert.

c) die tiefgrabenden anezischen Arten sind die größten einheimischen Regenwürmer. Sie sind immer am Vorderende dunkel pigmentiert, das Hinterende - mit dem sie in der Regel in ihrer Röhre bleiben - ist oft deutlich geringer pigmentiert. Sie haben tiefreichende Röhren mit einer Öffnung an der Bodenoberfläche. Sie können daher zur Nahrungsaufnahme an die Bodenoberfläche kommen, sich aber bei Gefahr oder Trockenheit in den Unterboden zurückziehen. Manche anezischen Regenwürmer (z.B. *Lumbricus terrestris*, selten aber *Aporrectodea longa*) sammeln Streu an der Bodenoberfläche und ziehen sie im Lauf der Zeit in den Boden. Sie tragen damit wesentlich zur Streueinarbeitung bei, dies ist besonders bei Direktsaat wichtig, weil bei dieser Variante die maschinelle Streueinarbeitung entfällt.

Die drei verschiedenen ökologischen Gruppen sind auf Bildtafel 1 im Anhang näher beschrieben. Das Vorkommen in Abhängigkeit von pH-Wert und Bodenfeuchte ist in Abb. 1 dargestellt.



**Abb. 1: Ökogramm des Vorkommens der verschiedenen ökologischen Gruppen von Regenwürmern** erarbeitet nach Untersuchungen in Wäldern Baden-Württembergs (Ehrmann et al. 2002). Die Ackerböden des Stifterhofes liegen hinsichtlich Bodenfeuchte und pH-Wert in einem günstigen Bereich, prinzipiell schränken Bodenfeuchte und pH-Wert das Vorkommen der Regenwürmer daher nicht ein. Einschränkungen des Vorkommens der Regenwürmern können aber aus der Bewirtschaftung und der Bodenart resultieren.

## 2. Methoden

### 2.1. Erfassung der Regenwürmer

Alle Regenwurmfänge wurden mit einer Kombination von drei Methoden durchgeführt. Nach einem Elektrofang (je  $1/8 \text{ m}^2$ ; Thielemann 1986) wurde von einer Teilfläche ( $1/30 \text{ m}^2$ ) eine Handauslese durchgeführt (siehe Bild 1). Die Handauslese erfolgte bis zur Untergrenze des Ap, mindestens aber einer Tiefe von 27 cm (Spatenlänge). Nach der Handauslese wurde das Loch der Handauslese auf  $1/8 \text{ m}^2$  erweitert und eine Austreibung mit AITC (Allylithiocyanat, 100 mg AITC je Liter Wasser, 20 l Lösung je  $\text{m}^2$ , Zaborski, 2003) durchgeführt. Jede Variante wurde mit 6 Wiederholungen beprobt. Die Regenwürmer werden auf feuchtem Fließpapier gehältert und bis zur Bestimmung gekühlt und anschließend wieder freigesetzt. Die Untersuchungen fanden von Mitte April 2013 bis Anfang Mai 2013 statt.

Seit 2007 gibt es eine neue DIN-Methode zum Regenwurmfang (DIN /ISO 23611-1). Dabei wird nach einer Handauslese von in der Regel  $1/4 \text{ m}^2$  eine Formalinaustreibung im Loch der Handauslese vorgenommen. Die DIN wurde aus folgenden Gründen nicht verwendet:

- Die DIN Methodenkombination Handauslese + Formalin erfasst kleine Regenwürmer oftmals nur unzureichend. Auch ist die Qualität der Handauslese deutlich von der Bodenfeuchte und dem Bearbeiter abhängig. Anmerkung: bei der auf dem Stifterhof verwendeten Methodenkombination wird zwar auch eine Handauslese verwendet, aber davor erfolgt im gleichen Boden schon der Elektrofang. Dieser erfasst schon deutlich über 50 % der Tiere, so dass eine unterschiedliche Effizienz der dann folgenden Handauslese einen viel geringeren Einfluss auf das Ergebnis hat. Bei den Untersuchungen auf dem Stifterhof wurden alle Handauslesen von einem Bearbeiter durchgeführt.
- Formalin und Handauslese schädigen die Regenwürmern. Ein kleinerer Teil der mit diesen Methoden erfassten Tiere stirbt daher sehr schnell ab. Aufgrund von Zersetzungsgiften sterben dann meist alle Tiere in der Probeschale in so kurzer Zeit ab dass eine Bestimmung oft nicht mehr möglich ist. Daher sollten größere Mengen an Regenwürmern, die mit Handauslese oder Formalin erfasst wurden, sofort bearbeitet werden – dies ist aber in der Praxis kaum machbar. Daher werden bei Regenwurmfängen nach DIN die Regenwürmer sofort in 70 % Alkohol abgetötet und fixiert. Dies hat aber zwei gravierende Nachteile für die Qualität der Ergebnisse: Zum einen können die Regenwürmern nicht mehr abkoten - die Biomasse wird dann mit einem ungewissen Anteil an Darminhalt ermittelt. Zum anderen können juvenile Tiere, welche in der Regel die Mehrheit der Population stellen (Stifterhof: 79,7%), nicht mehr genauer bestimmt werden. Durch die Fixierung in Alkohol verschwindet nämlich die charakteristische Färbung der Regenwürmer sehr schnell.

Die DIN-Methode erfordert allerdings einen wesentlich geringeren Geräteaufwand und kann auch von weniger geübten, kostengünstigen Arbeitskräften durchgeführt werden. Aufgrund der etwas geringeren Kosten kann daher eine etwas größere Probefläche bearbeitet werden, was die Standardabweichung der Mittelwerte etwas verringert. Bei der Entwicklung der DIN-Methode waren die meisten deutschen Regenwurmspezialisten nicht involviert, es dominierten die Interessen von Firmen, die viele Untersuchungen, z.B. im Rahmen der Zulassung von Pestiziden, durchführen.

## 2.2. Bestimmung der Regenwürmer

Ermittelt wurden Abundanzen und Biomassen (Frischgewicht, ausgekotet). Die Bestimmung der Regenwürmer erfolgte am lebenden Tier, adulte und juvenile Tiere wurden bis zur Art bestimmt. Nur bei einigen sehr kleinen juvenilen Regenwürmern und wenigen verletzten Tieren war dies nicht möglich.



Bild 1: **Elektrischer Regenwurmfang.** Energiequelle für den Elektrofänger ist eine 12V-Bleibatterie. Das Regenwurmfängergerät (links) wandelt den 12V Gleichstrom in Wechselstrom-Impulse von 100-600 V (regelbar) um. Diese werden von 8 kreisförmig angebrachten Metallstäben in den Boden geleitet. Rechts vorne ist ein Sammelgefäß. Hinten rechts sind Spaten und Eimer für die Handauslese. Der Spezialspaten neben dem Eimer wurde nicht verwendet, da der Boden zu dicht war)

## 2.3. Lage der Probestellen

Die Versuchsfläche wurde bis zum Sommer 2012 einheitlich bewirtschaftet, anschließend wurde sie in 16 Großparzellen unterteilt mit jeweils den 3 Varianten Mulchsaat, Direktsaat und Streifenbearbeitung. Da bei Mulchsaat und Streifenbearbeitung eine Bodenbearbeitung erfolgte, bot sich die Direktsaatvariante an, um den Ausgangszustand zu erfassen. Daher lagen alle Probestellen (kleine Kreise in **Abb. 2**) immer in der Direktsaatfläche. Wenn die Direktsaatfläche am Rand der Großparzelle lag (10 von 16 Fälle) dann erfolgte die Beprobung der Regenwürmer auf der Innenseite der Kleinparzelle (Grund: der Wert ist dann repräsentativer für die Großparzelle).

Die Probestellen lagen 12-20 m vom südwestlichen Rand der Direktsaatfläche entfernt. Die 6 Wiederholungen waren so zu einander versetzt, dass jede Wiederholung einen etwas anderen Abstand zu den Rändern der Parzelle hatte (Bild 2). Zur angrenzenden Variante wurde ein Abstand von 2-4 Metern eingehalten. Dadurch wurde der Kern der Parzelle - wo die Ertragerhebungen stattfinden - nicht tangiert. Bei späteren Untersuchungen wird man allerdings den Abstand zum Rand auf 8-10 m vergrößern müssen, da dann die Regenwurmwanderung eine Rolle spielt. Infolge der Regenwurmwanderung werden dann die Ränder der Parzelle eine etwas andere Population als der Kern der Parzelle aufweisen.

Daten zur Lage der Probestellen (Rechts- und Hochwerte) sind in Tab. 5 im Anhang zusammengestellt. Dort sind auch Bodenart, Humusgehalt, Kalkgehalt, pH-Wert und die angebaute Kultur aufgeführt.

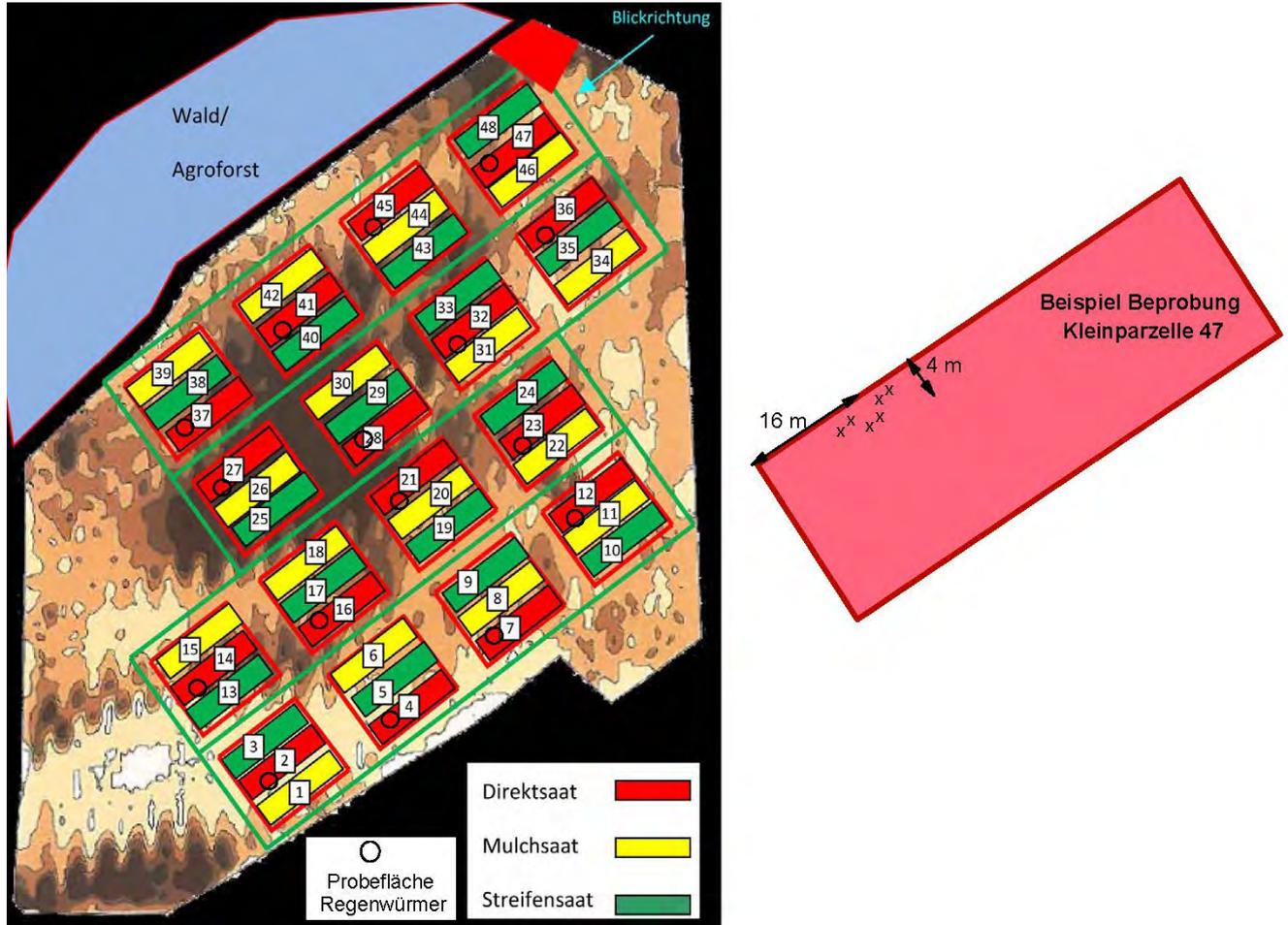


Abb. 2: **Skizze Probeschema:** Auf der linken Seite sind mit kleinen Kreisen die 16 beprobten Parzellen markiert. Die Probestellen (kleine Kreise) lagen immer in der Direktsaatfläche (rot), weil in dieser seit Versuchsbeginn keine Bodenbearbeitung erfolgte. Wenn die Direktsaatfläche am Rand der Großparzelle lag (10 von 16 Fälle) dann erfolgte die Beprobung der Regenwürmer auf der Innenseite der Parzelle (Grund: der Wert ist dann repräsentativer für die Großparzelle). Auf der rechten Seite ist die genaue Lage der Probestellen in einer Parzelle zu sehen. Die Probestellen lagen 12-20 m vom südwestlichen Rand der Parzelle entfernt (Mitte bei 16 m). Sie waren 2-4 m von der Nachbarparzelle entfernt.



Bild 2: Beispiel für die Lage der Probestellen auf einer Parzelle. Jede Probestelle ist mit einem Eimer markiert.

## 2.4. Bodenfeuchte und Bodentemperatur

Eine hinreichende Aktivität von Regenwürmern ist wichtig für den Regenwurmfang. Bei trockenem, zu kaltem oder zu warmem Boden ist die Aktivität der Regenwürmer deutlich geringer, manche Arten sind im Hochsommer und Winter auch im Ruhestadium. Regenwurmfänge sollten außerdem nur bei feuchtem Boden durchgeführt werden. Die Bodentemperatur sollte nach eigenen Erfahrungen im Oberboden zwischen ca. 7 und 15 °C liegen.

Der Winter vor dem Regenwurmfang im Frühjahr 2013 war für die Regenwürmer nicht ungünstig, es war weder trocken noch sehr kalt. Das Frühjahr war zu Beginn zwar relativ kühl aber hinreichend feucht – im Gegensatz z.B. zum sehr trockenen Frühjahr 2011 – und daher auch nicht ungünstig für die Regenwürmer (Abb. 3).

Kurz vor dem Regenwurmfang stiegen die bis dahin eher kühlen Frühjahrstemperaturen deutlich an und es fielen ca. 30 mm Niederschlag. Während des Regenwurmfangs war es mild und meist niederschlagsfrei, zum Ende der Fangperiode fielen dann ca. 20 mm Niederschlag.

Beim Regenwurmfang lag die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe bei 11-13 °C, die Bodenfeuchte lag um pF 2,5. Lediglich die obersten 2 cm waren trockener. Tendenziell war die unbedeckte Maisparzelle an der Oberfläche etwas trockener und wärmer als die Winterraps- und Winterweizenparzelle.

Insgesamt waren im Untersuchungszeitraum die Bedingungen für den Regenwurmfang sehr günstig. Daher konnten die Geländearbeiten sehr zügig durchgeführt werden.

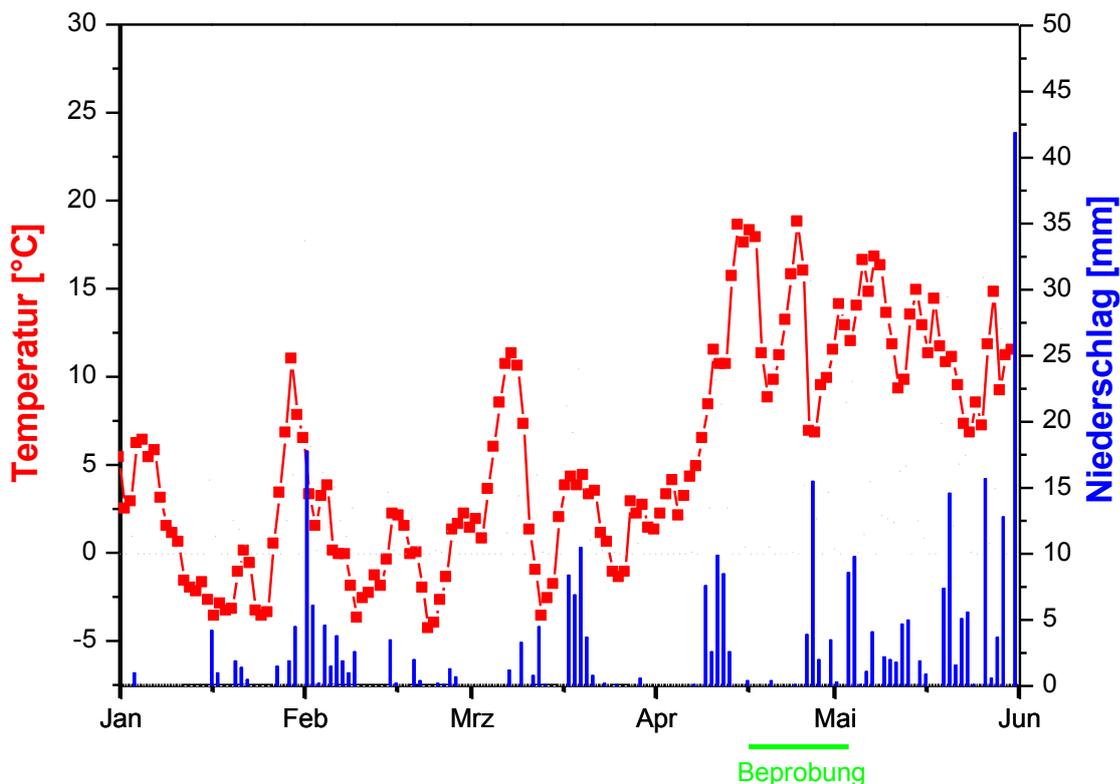
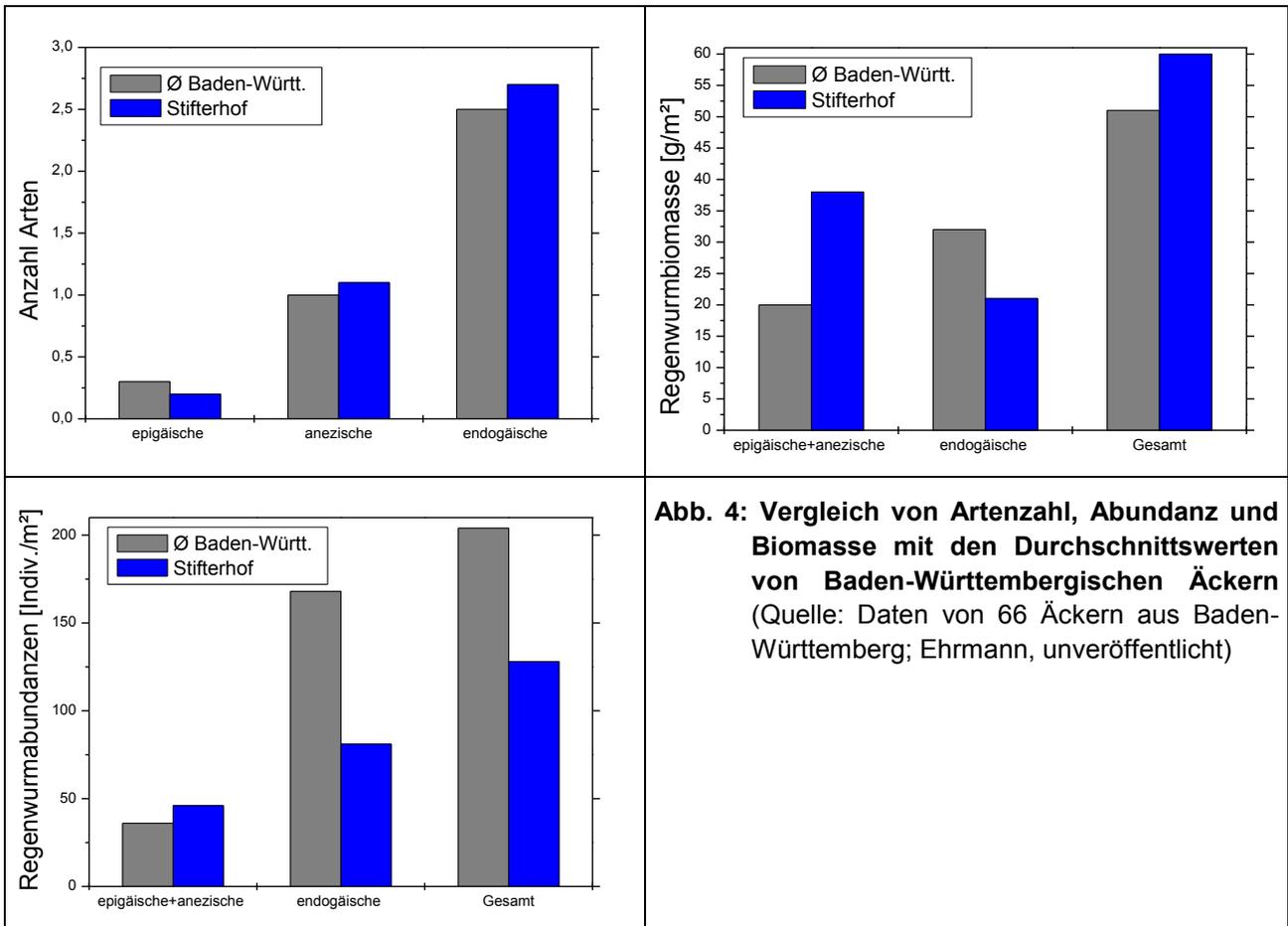


Abb. 3: Lufttemperatur ( $\varnothing$  2m) und Niederschläge gemessen von der LUBW-Station auf dem Stifterhof vom 1.1.2013 bis zum 31.5.2013. Der grüne Balken markiert den Beprobungszeitraum.

### 3. Ergebnisse der Regenwurmfänge

#### 3.1. Vergleich der Mittelwerte aller Parzellen mit anderen Standorten in Baden-Württemberg



Im Mittel wurden ca. 4 Arten je Parzelle gefunden. Dies sind durchschnittliche Werte für Äcker in Baden-Württemberg (Abb. 4).

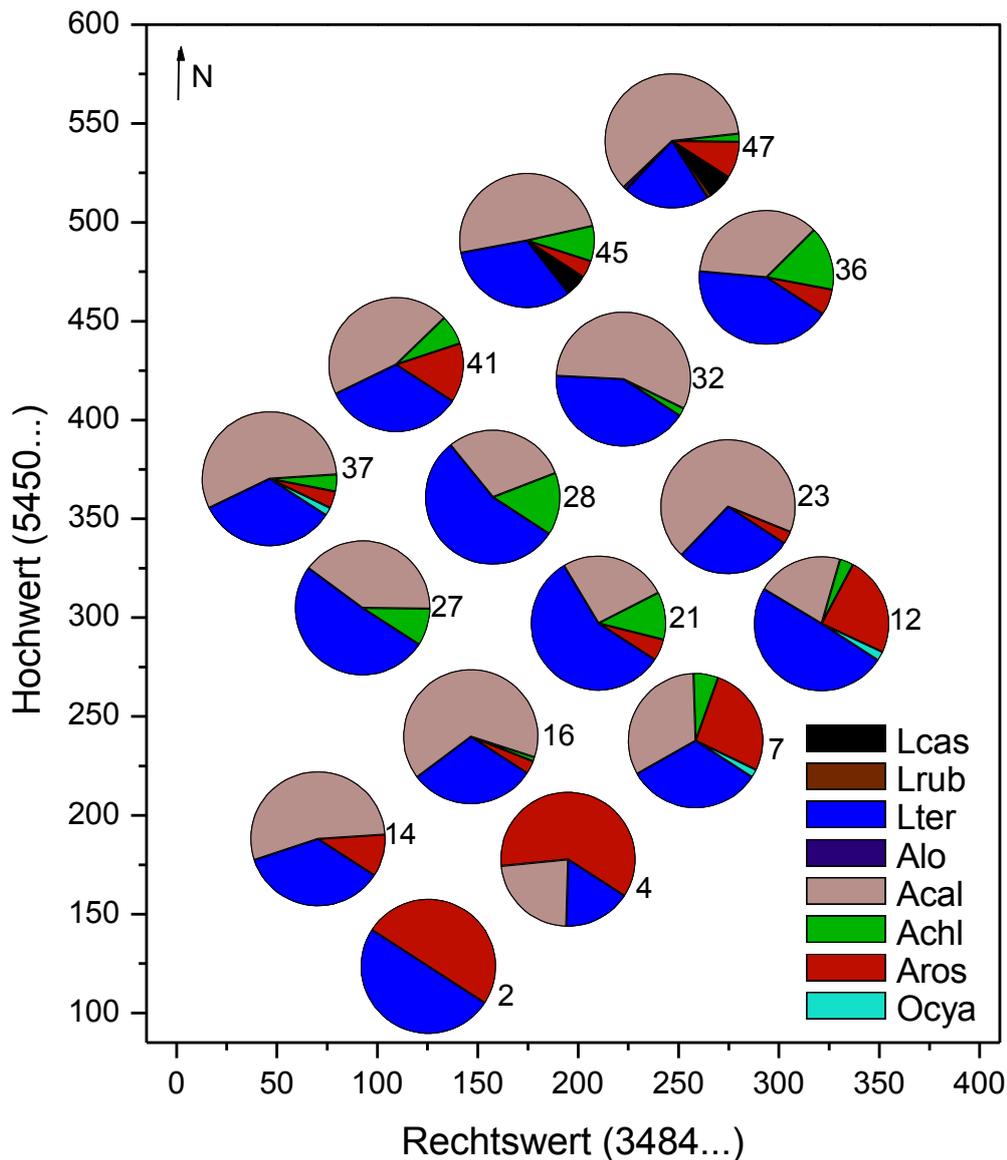
Die Biomassen liegen mit Ø 60 Gramm je m<sup>2</sup> etwas über dem Landesdurchschnitt (Abb. 4, Tab. 1) Deutlich über dem Landesmittel liegt aber die Biomasse der anezischen Arten (es handelt sich fast ausschließlich um die Art *Lumbricus terrestris*). Unterdurchschnittlich ist hingegen die Biomasse der endogäischen Arten.

Die Anzahl der Regenwürmer liegt wegen der Dominanz der großen tiefgrabenden Arten mit 129 Tieren je m<sup>2</sup> unter dem Durchschnitt von Baden-Württemberg. Es gibt zwar etwas mehr tiefgrabende Regenwürmern, aber nur ca. ½ so viele endogäische Regenwürmer wie im Landesmittel.

**Tab. 1: Biomassen (Gramm/m<sup>2</sup>) und Abundanzen (Indiv./m<sup>2</sup>) der 16 Parzellen differenziert nach Arten und ökologischen Gruppen.** Noch ausführlichere Mittelwerte und die Standardabweichung sind im Anhang zu finden (Tab. 6, Tab. 7).

	Lumbricus castaneus	Lumbricus rubellus	Lumbricus terrestris	Aporrectodea longa	Aporrectodea caliginosa	Allolobophora chlorotica	Aporrectodea rosea	Octolasion cyaneum	nicht bestimmbare	Summe epigäische	Summe anezische	Summe endogäische	Gesamtsumme	Artenzahl
ökolog. Gruppe	epigäische		anezische	endogäische										
<b>Biomassen</b>														
P 2	..	..	3	..	..	..	0	..	..	..	3	0	3	2
P 4	..	..	12	..	5	..	7	..	4	..	12	16	28	3
P 7	..	..	16	..	18	2	7	0	..	..	16	28	43	5
P 12	..	..	58	..	10	1	6	6	2	..	58	26	84	5
P 14	..	..	94	..	30	..	2	..	2	..	94	34	128	3
P 16	..	..	35	..	37	1	3	..	1	..	35	42	76	4
P 21	..	..	42	..	8	2	1	..	1	..	42	12	53	4
P 23	..	..	6	..	7	..	0	..	..	..	6	8	13	3
P 27	..	..	35	..	17	3	..	..	..	..	35	21	56	3
P 28	..	..	31	..	7	3	..	..	..	..	31	10	41	3
P 32	..	..	61	..	11	0	..	..	..	..	61	11	72	3
P 36	..	..	42	..	13	4	1	..	1	..	42	19	60	4
P 37	..	..	40	..	25	1	1	1	1	..	40	28	68	5
P 41	..	..	58	..	21	3	4	..	1	..	58	28	87	4
P 45	3	..	59	..	28	4	2	..	1	3	59	35	97	5
P 47	3	1	20	1	19	1	3	..	..	4	21	23	47	7
<b>Mittel</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>60</b>	<b>3,9</b>
<b>Abundanzen</b>														
P 2	..	..	1	..	..	..	1	..	..	..	1	1	3	2
P 4	..	..	7	..	9	..	24	..	14	..	7	47	54	3
P 7	..	..	37	..	37	6	30	3	..	..	37	76	114	5
P 12	..	..	39	..	16	3	19	1	8	..	39	47	85	5
P 14	..	..	68	..	104	..	19	..	4	..	68	127	194	3
P 16	..	..	67	..	145	3	6	..	12	..	67	166	233	4
P 21	..	..	76	..	35	15	6	..	5	..	76	62	138	4
P 23	..	..	12	..	29	..	1	..	..	..	12	30	42	3
P 27	..	..	80	..	62	15	..	..	..	..	80	77	157	3
P 28	..	..	37	..	21	10	..	..	..	..	37	31	68	3
P 32	..	..	36	..	48	1	..	..	..	..	36	50	85	3
P 36	..	..	41	..	35	14	6	..	3	..	41	58	99	4
P 37	..	..	47	..	78	5	5	3	3	..	47	94	142	5
P 41	..	..	71	..	94	15	31	..	3	..	71	141	213	4
P 45	14	..	81	..	124	22	11	..	11	14	81	169	265	5
P 47	9	1	34	1	100	4	14	..	..	11	35	118	164	7
<b>Mittel</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>51</b>	<b>84</b>	<b>129</b>	<b>3,9</b>

### 3.2. Arteninventar der einzelnen Parzellen

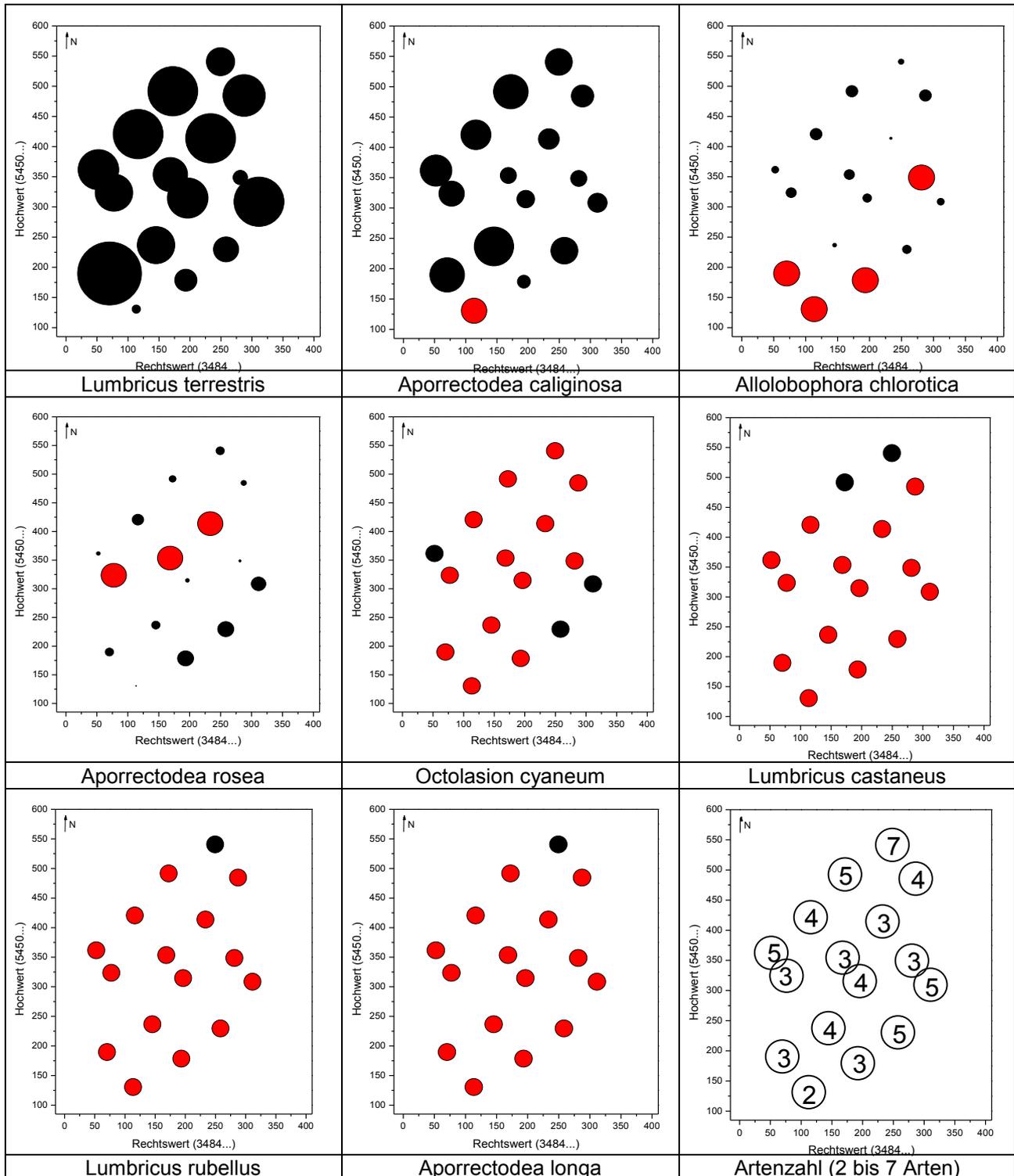


**Abb. 5: Anteil der Regenwurmart an der Abundanz einer Parzelle.** Die Parzellennummer steht rechts neben dem Kreisdiagramm. Die Grafik für die Biomassen ist im Anhang (**Abb. 16**).

Auf den Stifterhof wurden 8 verschiedene Regenwurmart gefunden. *Lumbricus rubellus* und *Lumbricus castaneus* weisen eine epigäische Lebensweise auf. *Lumbricus terrestris* und *Aporrectodea longa* sind Tiefgräber (anezische) und 4 Arten (*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica* und *Octolasion cyaneum*) gehören zur Gruppe der endogäischen Arten. Eine Übersicht über die drei ökologischen Gruppen ist in Anhang 1 zu finden, Fotos der verschiedenen Regenwürmer sind im Anhang zusammengestellt (Bilder 5-13). Die 8 Arten haben allerdings unterschiedliche Vorkommen (Abb. 5, Abb. 6):

- Nur eine Art (*L. terrestris*) wurde auf allen 16 untersuchten Parzellen gefunden, *A. caliginosa* fehlte nur in Parzelle 2. Zwei weitere Arten (*A. rosea* und *A. chlorotica*) kamen noch relativ häufig vor, die anderen 4 Arten waren selten.
- Drei Arten (*L. castaneus*, *L. rubellus* & *A. longa*) kamen nur auf Parzellen im Nordosten der Versuchsfläche vor. Sie sind vermutlich "Zaungäste" aus umgebendem Grünland/Wald und fehlen in den allermeisten Ackerparzellen. Vielleicht können sie sich bei günstigerer Bewirtschaftung auch auf den anderen Parzellen etablieren.

- Die kleine endogäische Art *A. rosea* dominiert im Südwesten (Parzelle 2, 4, 7, 12) - alles Pararendzinen mit z.T: (2, 4) sehr tonarmen Böden). Die große endogäische Art *O. cyaneum* kommt auch nur auf Pararendzinen vor (7, 12, 37), sie fehlt aber bei den besonders tonarmen Böden. Die am Vorderende grün gefärbte Art *A. chlorotica* (Bild 11) fehlt im Südwesten und in Parzelle 23.
- Im Vergleich zum Landesdurchschnitt kommen *L. terrestris* und *A. chlorotica* mit einer wesentlich höheren Stetigkeit vor (Tab. 2). Deutlich geringer ist die Stetigkeit von *A. longa*. Von den im Land häufigeren Arten fehlt vor allem *Octolasion lacteum*.



**Abb. 6: Vorkommen der Regenwurmart in verschiedenen Parzellen.** Bei den ersten 4 Arten ist der Kreisdurchmesser proportional zur Biomasse, bei den folgenden 4 Arten wurde – weil die Biomasse zu klein war – ein einheitlicher Durchmesser gewählt. Bei einem roten Kreis wurde die Art in der Parzelle nicht gefunden. Unten rechts ist die Anzahl der Arten pro Parzelle aufgeführt.

**Tab. 2: Stetigkeit von verschiedenen Regenwurmarten auf dem Stifterhof im Vergleich zu anderen Äckern in Baden-Württemberg**

	Lumbricus castaneus	Lumbricus rubellus	Lumbricus terrestris	Aporrectodea longa	Aporrectodea caliginosa	Allobophora chlorotica	Aporrectodea rosea	Octolasion cyaneum
Stetigkeit Versuch Stifterhof	13	6	100	6	94	75	81	19
Stetigkeit in Äckern Baden-Württembergs	3	27	66	36	90	32	69	5
Ø Gewicht adulter Tiere auf dem Stifterhof	0,26	0,87	5,10	keine adulten	0,55	0,31	0,35	4,86

### 3.3. Biomassen, Abundanzen und Artenzahl der 16 Parzellen

Erstaunlich ist auf den ersten Blick die große Heterogenität des Regenwurmbesatzes der Versuchsfläche:

- Eine Parzellen (Nr. 2) wies nur 2 Arten auf, auf der nördöstlichsten Parzelle (Nr. 47) wurden hingegen 7 Arten gefunden (Abb. 6)
- Die Biomasse lag zwischen 3 (Parz. 2) und 128 Gramm (Parz. 14), die Anzahl zwischen 3 (Parz. 2) und 265 Tieren (Parz. 45) je m<sup>2</sup> (Abb. 7). Relativ wenige Regenwürmern gab es auch in den Parzellen 4 und 23. Die Unterschiede zwischen den Parzellen sind teilweise statistisch gesichert (Tab. 4 im Anhang).
- endogäische und anezische Arten reagieren ähnlich. Wenn die Anzahl der anezischen Art niedrig ist dann gibt es meist auch weniger endogäische Regenwürmer (Abb. 10).

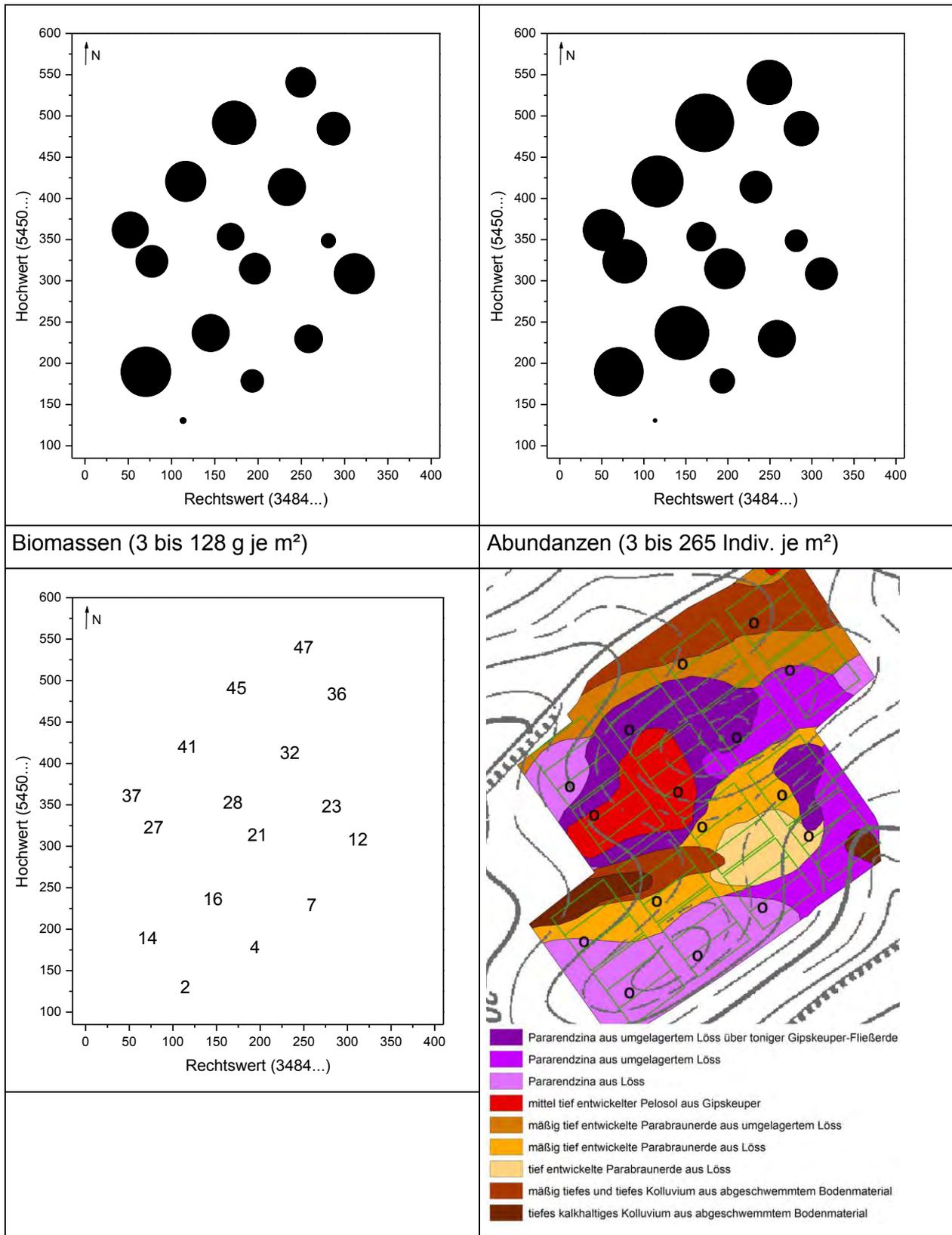
Dies sind große Unterschiede für eine bis vor kurzem einheitlich bewirtschaftete Fläche. Die Ursachen sind aufgrund der vorher einheitlichen Bewirtschaftung daher bei den Bodeneigenschaften zu suchen.

#### 3.3.1. Korrelation zu Humus- und Kalkgehalt und zum pH-Werte

Zwischen der Regenwurmbiomasse und dem pH-Wert gibt es keine Korrelation ( $R^2= 0,01$ ), kaum besser ist die Korrelation zur Kalkgehalt und Bodenfeuchte ( $R^2 = 0,02/0,08$ ) sowie zum Humusgehalt ( $R^2= 0,11$ ).

**In Wäldern Baden-Württembergs ist das Vorkommen von Regenwürmern vor allem mit dem pH-Wert und der Bodenkundlichen Feuchtestufe korreliert. (Ehrmann et al. 2002; siehe**

Abb. 1). Wobei es aber keine lineare Korrelation gibt, vielmehr sind Schwellenwerte wichtig. So kommen z.B. anezische und endogäische Arten erst ab einem pH-Wert von  $>3,8$  vor und ab einem etwas höheren Wert hat der pH-Wert kaum noch einen Einfluss auf das Vorkommen der Regenwürmer. Der pH-Wert der Böden der Versuchsfläche liegt im Oberboden aufgrund der Düngung und der Erosion zwischen pH 5,9 und 7,8. Daher ist er nicht limitierend. Die Bodenfeuchte ist im Äckern prinzipiell aufgrund der viel geringeren Variabilität im Vergleich zu Wald (sehr trockene und nasse Standorte werden nicht beackert und oft ist der Wasserhaushalt durch Drainagen nivelliert) selten wirklich limitierend auch nur wenig differenzierend. Auf dem Stifterhof korreliert die Bodenkundliche Feuchtestufe nicht mit der Regenwurmbiomasse (Abb. 9), möglicherweise könnte aber die Bodenfeuchte dennoch einen Einfluss haben (→ Kapitel 5).



**Abb. 7: Regenwurmbiomassen und - abundanzen der 16 untersuchten Parzellen.** Unten sind zur Information die Parzellennummern und die vom LGRB erstellte Bodenkarte aufgeführt. Die Probestelle ist mit einem kleinen Kreis markiert. Eine Darstellung der Regenwurmbiomassen und Abundanzen mit Standardabweichung ist im Anhang zu finden (**Abb. 17**).

### 3.3.2. Korrelation zur Bodenart

Da weder Bodenreaktion noch Bodenfeuchte am Stifterhof ungünstig für Regenwürmern sind, könnte die Bodenart zumindest einen Teil der Heterogenität erklären. Von früheren Untersuchungen im Kraichgau ist bekannt dass sehr schluffreiche Böden (= auch tonarme Böden) nicht günstig für Regenwürmern sind (Ehrmann 2003).

**Tab. 3: Bodenart im Oberboden: Vergleich der Untersuchungen von LTZ, LGRB und Ehrmann**

LTZ: Beprobung aller Parzellen, 3x wiederholt in 3 Tiefen (0-10, 10-20, 20-30)			LGRB: Oberboden von 21 Leitprofilen Ehrmann: Beprobung des Oberbodens der 16 Probestellen				
Bodenarten (% Ton)	LTZ		Bodenarten (% Ton)	LGRB		Ehrmann	
(nach VDLUFA)	Anzahl	%	(nach KA5)	Anzahl	%	Anzahl	%
	-	0	Ut2 (8-12)	3	14	2	13
sL (12-17)	1	0,2	Ut3 (12-17)	4	19	3	19
	-	0	Ut4 (17-25)	1	5	-	0
uL (17-25)	316	73	Lu (17-30)	8	38	4,5	28
t'L (25-35)	38	9	Tu4 (25-35)	-	0	2	13
tL (35-45)	76	18	Tu3 (30-45)	3	14	4,5	28
	-	0	Tu2 (45-65)	2	10	0	0

Leider wurde bisher nur an einem Profil eine Laboruntersuchung der Bodenart durchgeführt, alle anderen Daten beruhen auf der subjektiveren Fingerprobe. Auch sind die Daten aus den verschiedenen Fingerproben nicht 1:1 miteinander vergleichbar weil die Art der Ansprache und das Kartierschema verschieden war, es zeigen sich aber unabhängig von den etwas unterschiedlichen Methoden Unterschiede in den Ergebnissen der Bodenartbestimmung (Tab. 3):

- Die LTZ hat mit Abstand die meisten Proben untersucht (9 Proben aus dem Oberboden jeder Parzelle = 432 Proben). Dabei wurde vorwiegend die Bodenart uL festgestellt (73 %). Ein tonärmerer Boden als uL (< 17 % Ton) wurde nur ein einziges Mal gefunden (nur in 0,2% der Proben).
- Das LGRB (21 Oberböden) fand zwar auch am häufigsten den schluffigen Lehm (uL, 38 %), aber in 33 %! der Fälle auch tonärmere Böden als uL. Außerdem wurde zweimal ein Boden mit einem Tongehalt von über 45 % gefunden.
- Die Laboruntersuchung (ohne Kalkzerstörung) von Profil 13 beim LGRB bestätigt die mit der Fingerprobe durch das LGRB ermittelten Bodenarten weitgehend. Im Oberboden wurde dabei die Bodenart Tu3 ermittelt, nach LUFA wäre dies ein utL.
- Der Autor fand bei der Untersuchung seiner 16 Probestellen in 31 % der Fälle einen tonärmeren Boden als uL. Er fand aber keinen Boden mit einem Tongehalt von über 45 %. (er hat aber auch nicht gezielt tonigere Bereiche aufgesucht).

Jede Bodenart erstreckt sich über einen gewissen Bereich. Daher können bei ungünstigen Konstellationen geringe subjektive Unterschiede in der Bodenartansprache mit der Fingerprobe zu verschiedenen Ergebnissen führen. Leider lassen sich die Unterschiede in den Ansprachen nur bedingt mit Laboranalysen aufklären. Die unterschiedlich beurteilten Böden enthalten in der Regel nämlich viel Kalk. Wenn bei der Laboranalyse (was meist der Fall ist) aus methodischen Gründen eine Kalkzerstörung durchgeführt wird, dann können die Ergebnisse von Fingerprobe und Laboranalyse nur bedingt miteinander verglichen werden.

Als Basis für die folgende Auswertung "Regenwürmer vs. Bodenart" dient die eigene Untersuchung der Bodenart weil sie punktgenau an den Regenwurmfangstellen erfolgte. Es zeigt sich:

- Geringe Regenwurmbiomassen wurden vor allem in tonarmen Böden gefunden (Bodenart Ut2; Abb. 8), aber auch eine Parzelle mit der Bodenart Tu3 lieferte niedrigere Werte.
- Bei fast allen anderen Bodenarten wurden mittlere Werte, meist zwischen 50 und 100 g Regenwurmbiomasse je m<sup>2</sup> gefunden. Nur eine Probestelle (Parzelle 14, Bodenart Tu4) hatte deutlich höhere Werte.

Eine lineare Korrelation Tongehalt/Regenwürmer wurde nicht berechnet, sie ist sinnlos weil sowohl bei tonarmen Böden (mögliche Ursache: geringe Stabilität der Röhren) als auch bei sehr tonreichen Böden (mögliche Ursache geringere nFk) die Regenwurmfauuna beeinträchtigt ist. Wobei sich ein geringer Tongehalt wesentlich deutlicher auswirkt als ein sehr hoher. Bei einem mittleren Tongehalt (ca. 17-45 %Ton) sind die Bedingungen am geeignetsten für Regenwürmer.

Krück et al. (2006) fanden bei Untersuchungen in Brandenburgischen Ackerböden (23 Dauerbeobachtungsflächen) in Abhängigkeit von der Bodenart deutlich verschiedene Regenwurmpopulationen. Sie unterteilten die Böden mit einem Tongehalt von <17 % Ton in 4 Gruppen, alle Böden mit > 17 % Ton wurden in einer einzigen Gruppe zusammengeführt! Zwar wird diese Differenzierung auch durch den hohen Anteil an sandigen Böden in Brandenburg bestimmt, aber auch bei Untersuchungen in Baden-Württembergischen Wäldern (43 Standorte, Ehrmann et al. 2002) zeigte sich dass in Böden mit einem niedrigen Tongehalt (< 17 %) das Vorkommen von tiefgrabenden Regenwurmartarten beeinträchtigt ist.

Vermutlich sind zwar tief entwickelte Parabraunerden aus Löss ein besserer Lebensraum für Regenwürmern als tonige Böden (die weltweit größte dem Autor bekannte Regenwurmbiomasse wurde mit 413 g/m<sup>2</sup> in einer Parabraunerde bei Hohenheim nach 3 Jahren Luzernegrass gefunden) aber die Bewirtschaftung hat vermutlich bei Böden mit einem Tongehalt von ca. > 17 % den deutlich größeren Einfluss als die Bodenart. Selbst der für Regenwürmer scheinbar sehr ungünstige Standort Grünsfeldhausen (hoher Tongehalt und flachgründig) wies in der Direktsaatvariante noch die relativ große Regenwurmbiomasse von 157 g/m<sup>2</sup> auf und liegt damit noch 2,6-mal über dem Durchschnittswert des Stifterhofes.

### **3.3.3. Wie gut ist die Korrelation der Regenwurmpopulation mit dem Bodentyp?**

Die deutsche Bodensystematik korreliert nur zum Teil mit den aktuellen Eigenschaften der Böden, wichtiger für die Einstufung ist oft die Entstehungsgeschichte der Böden. Daher können die Bodentypen mit den Standortseigenschaften korrelieren - sie müssen dies aber nicht zwangsläufig.

Auf dem Versuchsfeld weist sicherlich die Pararendzina aus Löss andere (ungünstigere) Eigenschaften auf als z.B. die Parabraunerde oder der Pelosol. Aber schon die Pararendzina aus umgelagerten Löss über Gipskeuper ist vermutlich der mäßig tief entwickelten Parabraunerde ähnlicher als der vom Namen her ähnlicheren Pararendzina aus Löss. Letztere weist z.B. eine andere Bodenkundliche Feuchtestufe als die beiden anderen Profile auf. Insgesamt ist es hinsichtlich Regenwürmern meist sinnvoller ihr Vorkommen mit dem verschiedenen Standortseigenschaften zu korrelieren statt mit dem Bodentyp.

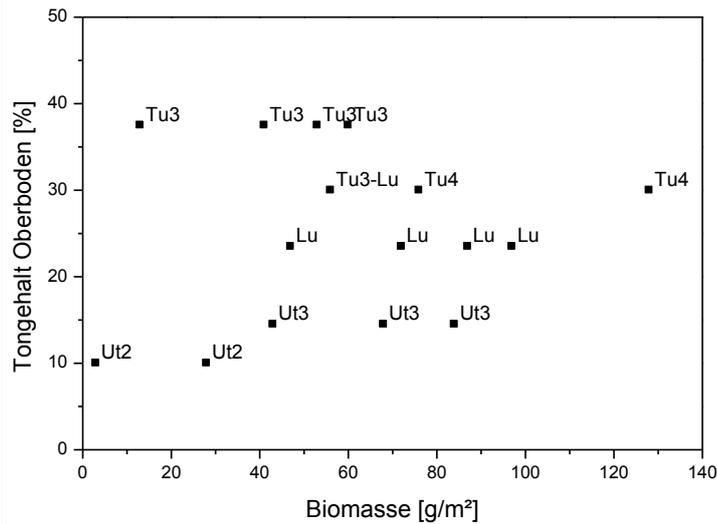


Abb. 8: Vergleich von Bodenart und Regenwurmbiomasse.

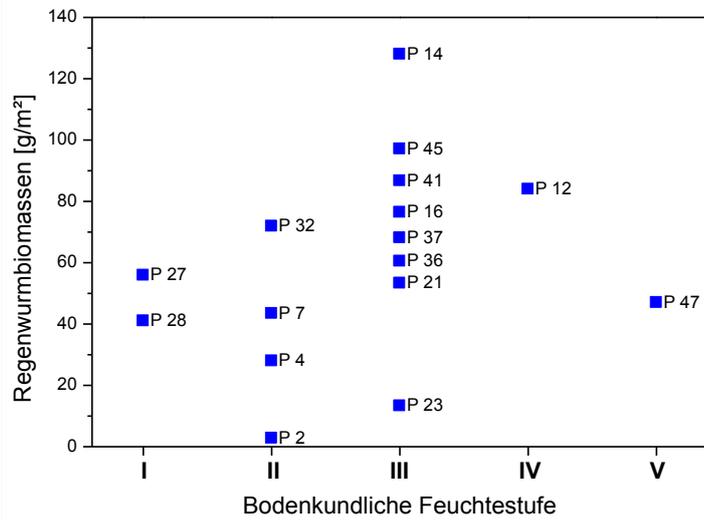


Abb. 9: Vergleich von Regenwurmbiomasse mit der Bodenkundlichen Feuchtestufe.

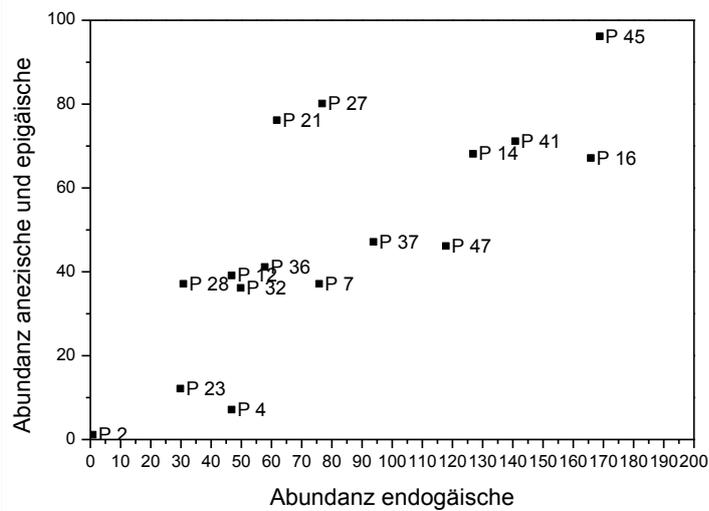


Abb. 10: Vergleich des Vorkommens von endogäischen und anezischen Regenwürmern (epigäische spielen keine Rolle). Das  $R^2$  liegt bei 0,60.

## **4. Spuren tiefgrabender Regenwürmer an der Bodenoberfläche**

Tiefgrabende Regenwürmer hinterlassen charakteristische Spuren an der Bodenoberfläche (siehe Bild 3). Diese Spuren können kartiert werden, dadurch kann man mit mäßigem Aufwand eine Karte der Verbreitung der für Systeme mit reduzierter Bodenbearbeitung so wichtigen tiefgrabenden Regenwürmern erstellen. Zu beachten ist allerdings, dass die Spuren nur an geeigneten Terminen erfasst werden können und dass eine genaue Kenntnis der Spuren für diese Methode notwendig ist. An manchen Standorten können endogäische oder epigäische Arten ähnliche Spuren an der Bodenoberfläche hinterlassen. Der Untersuchungstermin ist abhängig von der Kultur und der Witterung.

### **Methode**

#### **a) Durchführung der Kartierung**

Auf dem Stifterhof wurden im März/April 2013 (=nach dem Einsetzen der Aktivität anezischer Regenwürmer an der Bodenoberfläche) 168 Flächen mit je 1/3 m<sup>2</sup> untersucht (siehe Bild 3 u. 4). Gezählt wurde jeweils die Anzahl der Spuren von subadulten und adulten *Lumbricus terrestris*. Da die Parzellen seit Herbst 2012 unterschiedlich bewirtschaftet wurden, war eine flächige Untersuchung in den Parzellen nicht sinnvoll. Die Untersuchungen fanden daher am Rand der Parzellen und zwischen den Parzellen statt. Auf diesen Flächen fand seit der Getreideernte im Sommer 2012 keine Bodenbearbeitung mehr statt. Allerdings mussten stark befahrene Bereiche gemieden werden, daher sind die Abstände der Zählflächen zu den Parzellen manchmal etwas unterschiedlich in der Karte .

#### **b) Korrelation mit den Bodentypen**

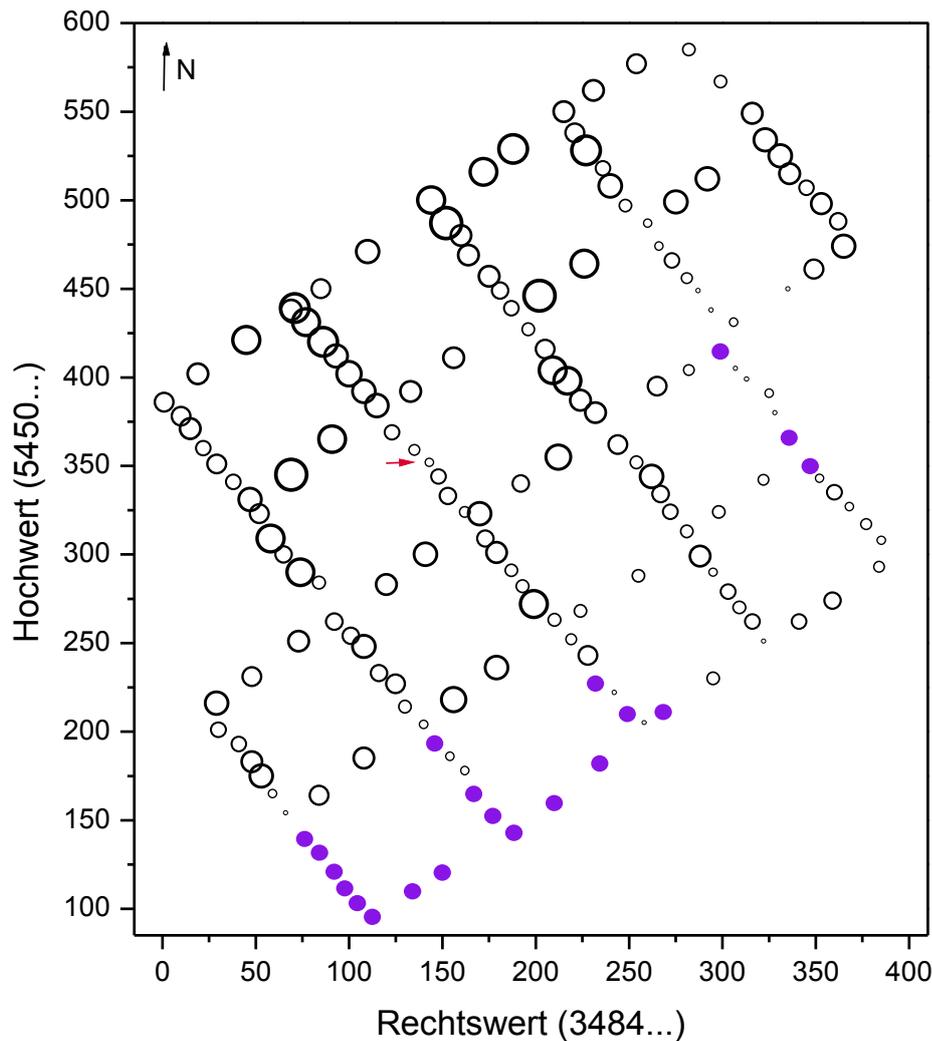
Das LGRB Feiburg führte im Sommer 2013 eine Bodenkartierung der Versuchsfläche durch. Daher bot es sich an, die Ergebnisse der Kartierung mit den Bodentypen zu vergleichen. Dazu wurden die Regenwurmspuren getrennt nach Bodentyp ausgewertet. Dabei wurden Aufnahmepunkte, die weniger als 12 m von einem anderen Bodentyp entfernt waren, wegen möglicher Randeffekte und -unschärfen nicht berücksichtigt.



**Bild 3:** Das Stroh wurde von tiefgrabenden Regenwürmern zu zahlreichen kleinen Häufchen zusammengezogen. Auf dieser Fläche kommen zahlreiche tiefgrabende Regenwürmer vor. Sie liegt auf der Südwestseite von Parzelle 26.



**Bild 4:** Das Stroh bedeckt noch die Bodenoberfläche. Auf dieser Fläche kommen keine tiefgrabenden Regenwürmer vor. Sie liegt auf der Südostseite von Parzelle 1 im Bereich der Pararendzina aus Löss.



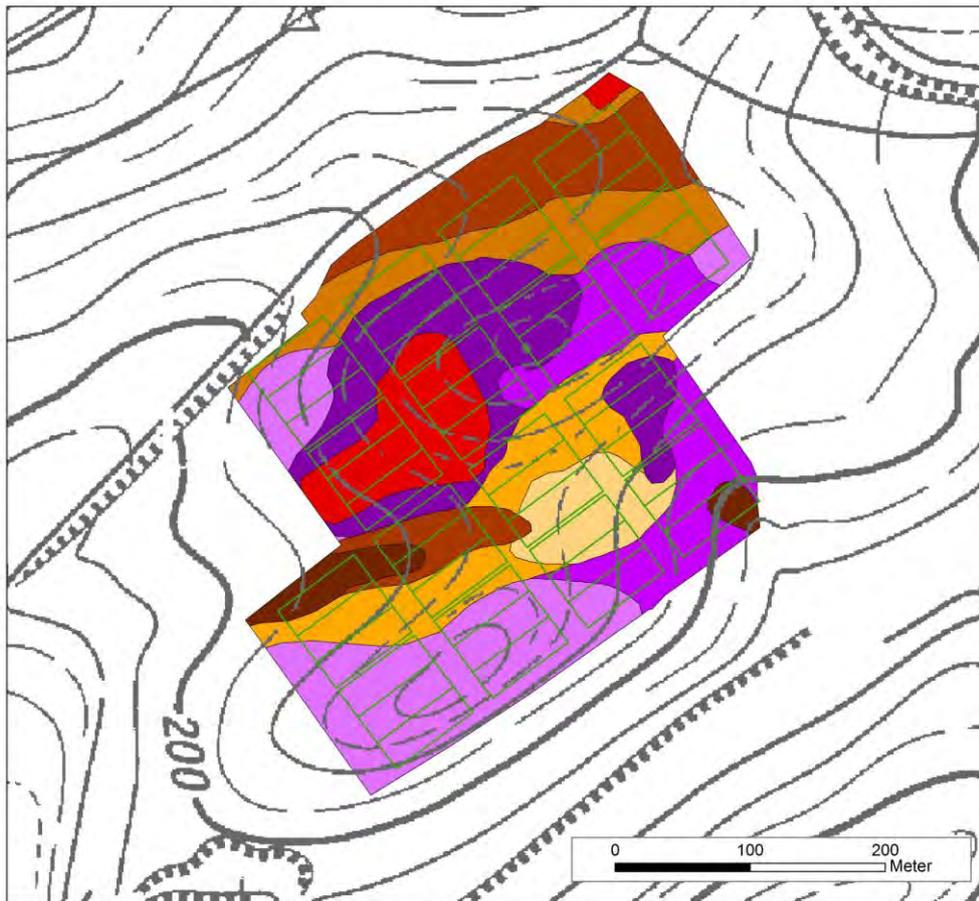
**Abb. 11: Spuren tiefgrabender (anezischer) Regenwürmer an der Bodenoberfläche. Der Kreisdurchmesser ist proportional zur Anzahl der Spuren. An den lila markierten Stellen fehlten tiefgrabende Regenwürmer.**

## Ergebnisse

Tiefgrabende Regenwürmern sind auf der Versuchsfläche nicht gleichmäßig verteilt:

- Am südlichen und teilweise auch am östlichen Rand der Versuchsfläche fehlen tiefgrabende Regenwürmer vollständig (markiert mit lila Punkten in Abb. 11) oder sind deutlich reduziert (kleine Kreise)
- Zwischen Parzelle 26 u. 29 (roter Pfeil in Abb. 11) gibt es etwas weniger Spuren von tiefgrabenden Regenwürmern.

Vergleicht man das Vorkommen von tiefgrabenden Regenwürmern mit der Bodenkarte vom LGRB so zeigen sich eindeutige Zusammenhänge zwischen Bodentyp und Regenwurm-vorkommen (siehe Abb. 12 und Abb. 13):



### Bodenkarte

	Pararendzina aus umgelagertem Löss über toniger Gipskeuper-Fließerde		Parzellen_SVBoden
	Pararendzina aus umgelagertem Löss		
	Pararendzina aus Löss		
	mittel tief entwickelter Pelosol aus Gipskeuper		
	mäßig tief entwickelte Parabraunerde aus umgelagertem Löss		
	mäßig tief entwickelte Parabraunerde aus Löss		
	tief entwickelte Parabraunerde aus Löss		
	mäßig tiefes und tiefes Kolluvium aus abgeschwemmtem Bodenmaterial		
	tiefes kalkhaltiges Kolluvium aus abgeschwemmtem Bodenmaterial		

Quelle:  
Die Bodenkarte wurde vom  
LGRB Freiburg im Sommer 2013 erstellt.  
Bearbeitung: Dr. Werner Weinzierl

Quellen:  
- Geoelektrik (EC 25)  
- Bodenschätzung  
- Bodensondierungen LGRB 2013

**Abb. 12: Bodenkarte der Versuchsfläche (erstellt vom LGRB im RP Freiburg im Sommer 2013)**

Die meisten Spuren von tiefgrabenden Regenwürmer gibt es bei folgenden Bodentypen:

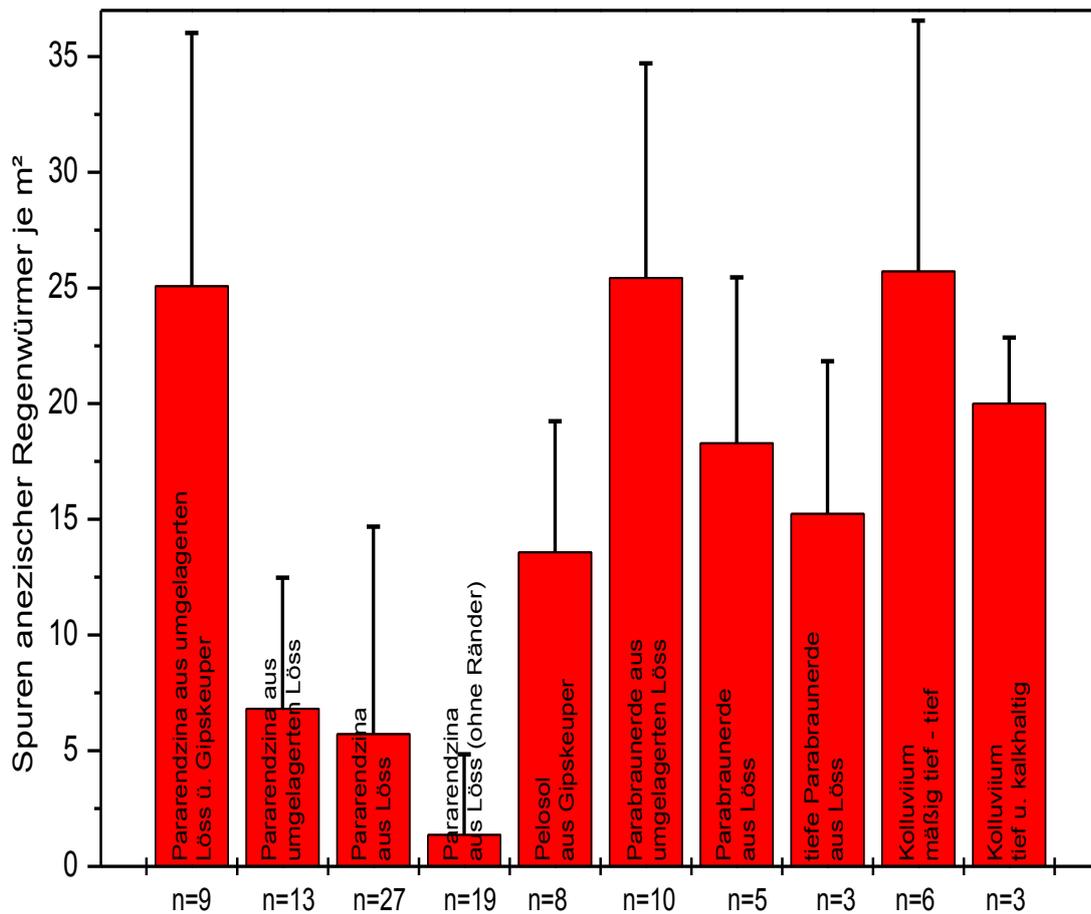
- Pararendzina aus umgelagerten Löss über Gipskeuper (Abb. 13)
- Parabraunerde aus umgelagerten Löss • kalkfreies Kolluvium

etwas weniger Spuren gab es bei folgenden Bodentypen (es erfolgte aber keine statistische Prüfung):

- Pelosol aus Gipskeuper • Parabraunerde aus Löss
- tief entwickelte Parabraunerde aus Löss • kalkhaltiges Kolluvium

Deutlich weniger Spuren gab es bei der • Pararendzina aus umgelagerten Löss.

Die mit Abstand wenigsten Spuren gab es bei der • Pararendzina aus Löss



**Abb. 13: Anzahl der Spuren von tiefgrabenden Regenwürmern an der Bodenoberfläche in Abhängigkeit vom Bodentyp** (Aufnahmepunkte, die weniger als 12 m von einem anderen Bodentyp entfernt waren wurden nicht berücksichtigt).

Wenn man bei der Pararendzina aus Löss nur solche Punkte betrachtet die mindestens 24 m von der Grenze zu anderen Bodentypen entfernt sind dann sinken die Werte nochmals sehr deutlich (von 5,7 auf 1,4 je m<sup>2</sup>; siehe Abb. 13). Nur bei der Pararendzina aus Löss wurden in der Regel keine tiefgrabenden Regenwürmer gefunden. Die möglichen Ursachen werden im folgenden Abschnitt diskutiert.

## 5. Pararendzina aus Löss – warum hat dieser Bodentyp so wenig Regenwürmer?

Auf dem Stifterhof wurden bei der Pararendzina aus Löss nur wenige Regenwürmer insgesamt und nur wenige Spuren tiefgrabender Regenwürmer gefunden. Dies deckt sich mit anderen Untersuchungen (Abb. 14). Eine Langzeituntersuchung von Ehrmann auf einer Pararendzina aus Löss bei Münzesheim ergab eine stark fluktuierende Population (Abb. 15). In einigen wenigen Jahren war die Population sehr hoch und war dann nach einigen Jahren im Acker bei Null. Dies galt nicht nur bei der schon seit über 25 Jahren in Mulchsaat praktizierten Ackernutzung sondern in etwas abgeschwächter Form auch für die Dauerbrache.

Eigentlich verwundert es erst einmal, dass die Pararendzina aus Löss so ungünstig für Regenwürmer ist, denn der pH-Wert ist nicht im sauren Bereich und diese Lössprofile haben normalerweise auch eine nicht unerhebliche nFk.

### Mögliche Ursachen könnten sein:

- die geringe Stabilität des Bodens aufgrund des geringen Tongehaltes. Bauten tiefgrabender Arten sind daher möglicherweise vor allem im Acker nicht stabil.
- Ein möglicherweise für Regenwürmer ungünstiger Chemismus aufgrund des sehr hohen Gehaltes an feinverteilten Kalk.
- Ein für Regenwürmern ungünstiger Wasserhaushalt trotz mittlerer nFk. Pararendzinen sind eigentlich nicht die trockensten Standorte einer Landschaft, Pelosole aus Gipskeuper weisen z.B. auf dem Stifterhof eine deutlich niedrigere Bodenkundliche Feuchtestufe auf (LGRB 2013) und Muschelkalkrendzinen im Tauberland sind noch trockener. Das Problem für Regenwürmer in den Pararendzinen könnte sein dass die Pararendzinen sehr homogen sind, es also im Gegensatz zu z.B. flachgründigen Böden aus Muschelkalk keine kleinräumige Variabilität der Bodenfeuchte gibt und daher Regenwürmer nicht in feuchtere Bereiche wandern können. Auch brauchen sie nach einer Austrocknung sehr lange bis sie wieder feucht werden, weil das Wasser durch die fehlende Sekundärstruktur schnell gleichmäßig im Boden verteilt wird.
- Da außerdem praktisch keine tiefgrabenden Arten vorkommen und die epigäische und anezische Arten den Unterboden kaum erschließen, sind die Regenwurmpopulationen in Pararendzinen sehr empfindlich gegenüber Trockenheit. In Jahren mit längeren Trockenperioden (1991, 2003, 2011) kollabierte die Regenwurmpopulation im Acker praktisch vollständig (Abb. 15). Die Regenwürmern brauchen dann mehrere Jahre bis zum Wiederaufbau der Population. Nach dem extremsten Jahr (2003) dauerte der Wiederaufbau genauso lange wie die Wanderung der Regenwurmpopulation vom Feldrain her dauern würde.

Bei hoher Erosion in einer Landschaft kann der schluffige Boden der Pararendzinen auch den oberen Boden der Kolluvien bilden. Dann verschlechtern sich für Regenwürmer nicht nur die Bedingungen auf der Kuppe und am Oberhang sondern auch in der Senke (siehe dazu Ehrmann 2003).

### Schlussfolgerungen:

Stark erodierte Pararendzinen haben eine im Vergleich zu andern Bodentypen stark verminderte Regenwurmfauna:

- Der Einfluss der Regenwürmer ist geringer und er ist stark von der Witterung abhängig. Da keine tiefreichenden Röhren vorkommen, ist der Boden auch für Pflanzen schlechter erschließbar. Die Ertragsfähigkeit der Pararendzinen ist auch aus diesem Grund deutlich geringer als die von nicht oder weniger erodierten Böden.

- Bei einem möglichen Klimawandel ist häufig ein Ausfall der Regenwürmer auf den Pararendzinen aus Löss zu erwarten. Große Schläge werden dann über lange Zeit regenwurmfrei sein, da die durchschnittliche Wanderung der Regenwurmpopulationen nur bei 5-10m pro Jahr liegt (Marinissen & van den Bosch, 1992).

Daher sollte auch aus bodenbiologischer Sicht die Erosion in Lösslandschaften wie dem Kraichgau mit allen praktikablen Mitteln minimiert werden. Diese Maßnahmen sind meist auch für Regenwürmern günstiger. Leider sind auch jetzt noch viel zu viele Bewirtschaftungsfehler zu beobachten.

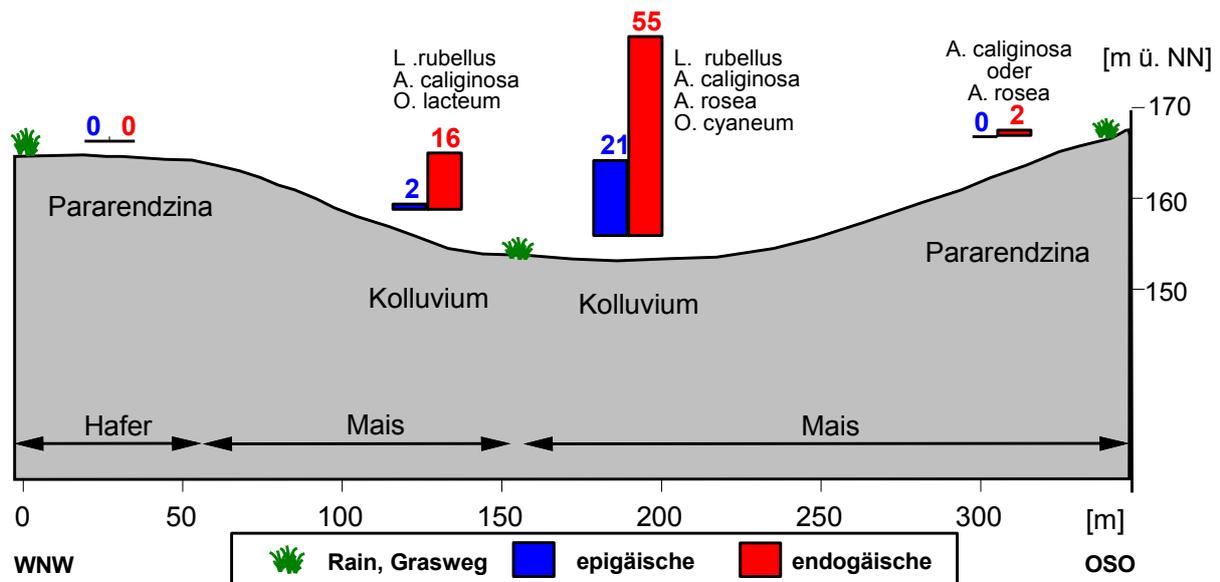


Abb. 14: Transekt durch eine Lößlandschaft bei Münzesheim im Kraichgau. Dargestellt sind mit Säulen die Regenwurmbiomassen. Die jeweils vorkommenden Arten stehen neben den Säulen. Aneziische Arten fehlten vollständig, es kam eine epigäische Art und 4 endogäische Arten in der Landschaft vor (Quelle: Ehrmann 1996).

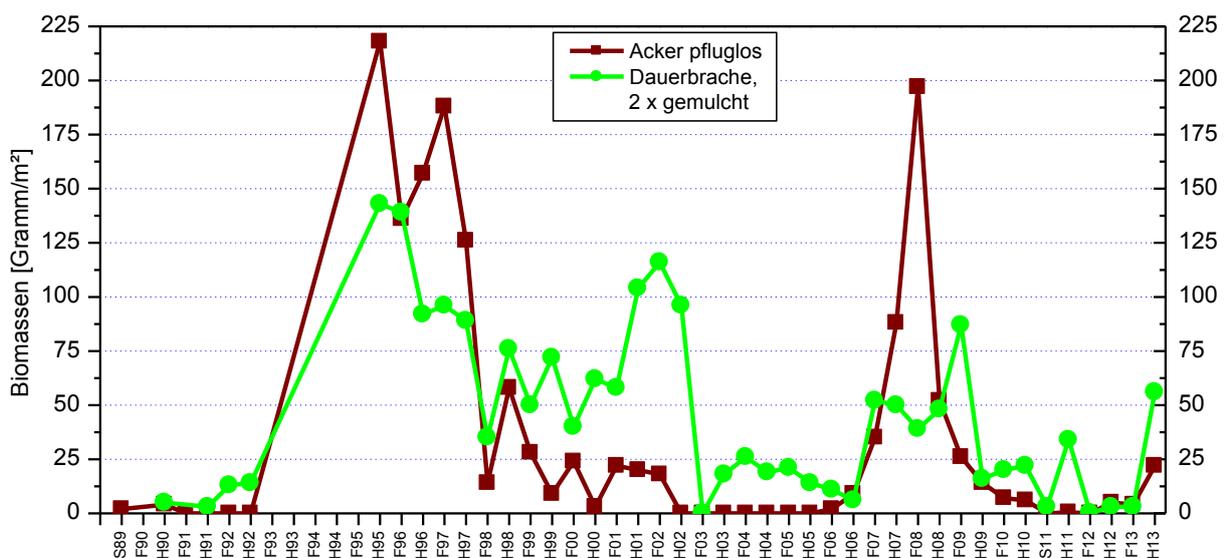


Abb. 15 Entwicklung der Regenwurmpopulation in einer Pararendzina aus Löss bei Dauerbrache und in einem unmittelbar angrenzenden pfluglos bewirtschafteten Acker von 1989 bis 2013 (Quelle: Ehrmann unveröffentlicht; die Untersuchungen wurden bis 1992 im Rahmen der Begleitforschung zur Flächenstilllegung vom Land Baden-Württemberg finanziert, anschließend wurden sie in ohne öffentliche Förderung weitergeführt).

## 6. Ausblick: zukünftige Untersuchung von Regenwürmern auf dem Stifterhof

Die Bodenunterschiede werden auch langfristig eine räumliche Heterogenität der Regenwurmpopulationen auf dem Stifterhof bedingen. Daher wird der relative Aufwand um gesicherte Unterschiede zwischen Varianten zu erhalten manchmal größer sein als bei einer Versuchsfläche mit einem einheitlicheren Boden. Daher ist es zukünftig ratsam, nach Möglichkeit Methoden zu verwenden, deren zeitlicher Aufwand relativ geringer ist und mit denen trotzdem die Fläche abgedeckt werden kann. Daher sollte bei zukünftigen Untersuchungen auf dem Stifterhof – sofern es die Fragestellung zulässt – zuerst die wenig aufwändige Zählung der Spuren von anezischen Regenwürmern an der Bodenoberfläche durchgeführt werden.

Wenn genügend Mittel vorhanden sind, dann könnte man mit geringen Modifikationen natürlich wieder eine flächige Beprobung durchführen. Der Aufwand wird aber vermutlich größer sein, da man zukünftig vermutlich auch die Unterschiede in der Bewirtschaftung berücksichtigen wird (16x3= 48 Parzelle!). Sollten die Mittel aber begrenzt sein, dann wäre es sinnvoll, die aufwändigen klassischen Regenwurmfänge auf einige sorgfältig ausgewählte Parzellen zu konzentrieren. Nach derzeitigem Stand bieten sich dafür die folgenden Parzellen an:

- a) das Gebiet der Pararendzina aus nicht umgelagerten Löss. Dieses Areal muss auf jeden Fall getrennt von den anderen Böden betrachtet werden. Hierfür sind Probestellen auf der Südwestseite der Parzellen 1,2 und 3 am besten geeignetsten.

Die anderen Parzellen unterscheiden sich nicht so deutlich voneinander. Plausibel wäre eine Untersuchung von:

- b) Probestellen im Bereich des Pelosols. Hierfür böte sich die Südwestseite der Parzellen 25, 26 und 27 an.
- c) Probestellen im Bereich der Parabraunerde. Hierfür böte sich die Nordostseite der Parzellen 19, 20 und 21 an.
- d) möglicherweise könnte man das Kolluvium auf der Nordostseite der Parzellen 46, 47 und 48 untersuchen.

Einige Großparzellen sind so heterogen dass sie für einige Untersuchungen nicht in Frage kommen (z.B. Parzellen 7-9, 22-24).

Aber die räumliche Heterogenität der Böden auf dem Stifterhof eröffnet auch die Chance der Beobachtung der Reaktion der Regenwürmer auf die verschiedenen Bewirtschaftungsverfahren bei unterschiedlichen Böden. So wird es z.B. sehr interessant sein zu untersuchen, ob die tiefgrabenden Regenwürmer bei günstigen Bewirtschaftungsverfahren (Direktsaat) in größerem Umfang die Pararendzina-Böden besiedeln können.

Die Streifenbearbeitung könnte zu kleinräumigen Unterschieden in der Besiedlung mit tiefgrabenden Regenwürmern führen. Dies könnte man durch genaue Kartierung der Spuren von tiefgrabenden Regenwürmern an der Bodenoberfläche untersuchen. Diese Methode ist nicht sehr zeitaufwändig.

Im Gebiet der Pararendzina aus nicht umgelagertem Löss (vor allem bei den Parzellen 1 bis 5) bleibt aufgrund der geringeren Präsenz von tiefgrabenden Regenwürmern Streu an der Bodenoberfläche wesentlich länger liegen (vor allem bei Direktsaat). Unter Umständen könnte dies das Risiko für Pilzinfektionen möglicherweise verändern.

Die Regenwurmröhren tiefgrabender Arten sind wichtige Wege für Wasser, Wurzeln und Luft in den Unterboden. Daher sollte auf ausgewählten Flächen eine Zählung dieser Röhren in der nächsten Zeit erfolgen. Langfristig ist eine unterschiedliche Entwicklung dieses Parameters bei den verschiedenen Bewirtschaftungsverfahren zu erwarten. Diese Präparation ist etwas zeitaufwändig aber die präparierten Bodenschnitte sind sehr informativ. Man könnte einige daher auch im Rahmen einer Tagung präsentieren.

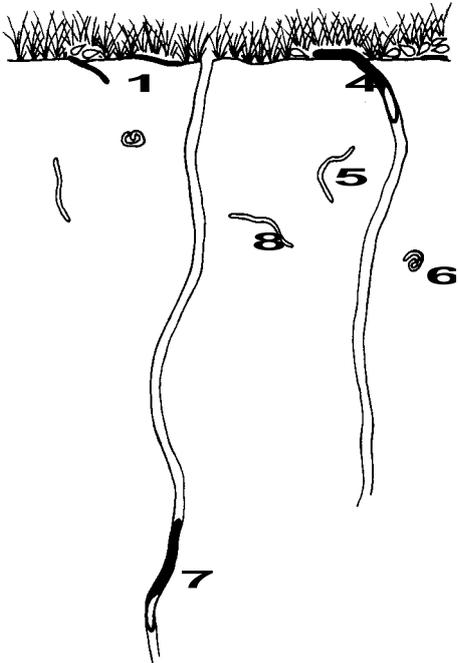
### **Stifterhof als Dauerbeobachtungsfläche für Regenwürmer?**

Baden-Württemberg hat bisher keine einzige landwirtschaftlich genutzte Fläche, wo eine offizielle Dauerbeobachtung von Regenwurmpopulationen stattfindet (die Untersuchungen auf der Pararendzina bei Münzesheim wird von Ehrmann privat finanziert). Das Bundesland Bayern hat schon im Jahr 1985 auf landwirtschaftlichen Flächen 132 Bodendauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Die untersuchte Versuchsfläche auf dem Stifterhof böte sich als Bodendauerbeobachtungsfläche für Baden-Württemberg an. Zum einen gibt es dort auf kleinem Raum verschiedene Böden und zum anderen weist die Fläche ein warm-trockenes Klimaregime auf, sie wird also bei einem möglichen Klimawandel wesentlich eher reagieren als z.B. Flächen auf der Schwäbischen Alb oder in Oberschwaben.

## 7. Literatur

- DIN /ISO 23611-1 (2007): Bodenbeschaffenheit – Probenahme von Wirbellosen im Boden - Teil 1: Handauslese und Formalinextraktion von Regenwürmern.
- Dunger, W. (1983): Tiere im Boden. Die Neue Brehm Bücherei 327, Ziemsen Verlag, Wittenberg.
- Edwards, C.A. (1980): Interactions between agricultural practice and earthworms. - In: Dindal, D.L.(ed.): Soil biology as related to land use practice. - Proc. VII. Int. Coll. Soil Zool., Syracuse, 3-12.
- Edwards, W.M.; Shipitalo, M.J.; Traina, S.J.; Edwards, C.A. und L.B. Owens (1992): Role of *Lumbricus terrestris* (L.) burrows on the quality of infiltrating water. In: Kretzschmar, A. (ed.): 4th International Symposium on Earthworm Ecology - Soil Biol. & Biochem. 24, 1555-1462.
- Ehlers, W. (1975): Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soils. Soil Sci. 119, 242-249.
- Ehrmann, O. (1996): Regenwürmer in einigen südwestdeutschen Agrarlandschaften: Vorkommen, Entwicklung bei Nutzungsänderungen und Auswirkungen auf das Bodengefüge. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 35, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Ehrmann, O., Sommer, M. und T. Vollmer (2002): Regenwürmer in Wäldern Baden-Württembergs: In: Sommer, M., Ehrmann, O., Friedel, J.K., Martin, K., Vollmer, T. und G. Turian: Böden als Lebensraum für Organismen – Regenwürmer, Gehäuselandschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 63, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Ehrmann, O. und A. Schwarz (2002): Regenwurmrohren in Äckern Südwestdeutschlands - Vorkommen und Bedeutung für Stofftransporte. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 99, 175-176.
- Ehrmann, O (2003): Vorkommen von anezischen Regenwürmern in zwei unterschiedlich strukturierten Kleinlandschaften Südwestdeutschlands. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 102, 271-272.
- Krück, S., Joschko, M., Schultz-Sternberg, R., Kroschewski, B. and J. Tessmann (2006): A classification scheme for earthworm populations (Lumbricidae) in cultivated agricultural soils in Brandenburg, German. Plant Nutr. Soil Sci. 2006, 169, 651–660.
- Krüger, W. (1952): Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder. Z. Acker u. Pflanzenbau 95, 261-302.
- Lee, K.E. (1985): Earthworms - their ecology and relationships with soils and land use. - Academic Press, London.
- LGRB (2013, unveröffentlicht): Bodenkarte & Karte der Bodenkundlichen Feuchtestufe vom Stifterhof. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg.
- Low, A.J. (1972): The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils. J. Soil Science 23, 263-280
- Marinissen, J.C.Y. und F. van den Bosch (1992): Colonization of new habitats by earthworms. Oecologia 91, 371-376.
- Pulleman, M.M., Six, J., van Breemen, N., u. A.G.Jongmans (2005): Soil organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agriculturalmanagement and earthworm activity M. M. European Journal of Soil Science 56, 453–467
- Thielemann, U., 1986: Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. - Pedobiologia 29: 296-302.
- Zaborski, E.R. (2003): Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms. Applied Soil Ecology 22, 87–95

8. Anhang 1: Bildtafel ökologische Gruppen von Regenwürmern



## Beschreibung zu Bildtafel 1

**Bild 1:** *Lumbricus rubellus* in einem Hohlraum unter einem (entfernten) Stein.

Dieser epigäische Wurm ist aufgrund seiner oberflächennahen Lebensweise durchgehend dunkel pigmentiert. Das Vorhandensein eines Clitellums (rötliche Stelle am Ende des ersten Drittels) weist auf ein geschlechtsreifes Tier hin.

**Bild 3:** Schematische Darstellung der Lebensbereiche verschiedener ökologischer Gruppen.

Das Bild wurde aufgrund eigener Erfahrungen und Kenntnissen aus der Literatur gezeichnet. Epigäische Arten (1) sind durchgehend dunkel gezeichnet, bei anezischen (4, 7) ist nur das Hinterteil hell, wohingegen von den endogäischen Regenwürmern (5, 6, 8) nur die Umrisslinien gezeichnet sind. Epigäische Regenwürmer leben meist an der Bodenoberfläche, die endogäischen im Oberboden. Anezische Regenwürmer kommen zur Paarung und Nahrungsaufnahme an die Bodenoberfläche, sie können sich aber tief in den Unterboden zurückziehen. Die Zahlen neben den Regenwürmern weisen auch darauf hin, dass ein Bild mit der gleichen Nr. vorhanden ist.

**Bild 7:** *Lumbricus terrestris* am unteren Ende seiner Wohnröhre in 130 cm Tiefe.

Vom Tier ist nur die Kopfspitze zu sehen, der Körper ist noch in der Röhre, deren Ende bis ins Stauwasser reicht. Das Tier kann sich lange im Wasser aufhalten, wenn ausreichend Sauerstoff darin gelöst ist. Die Röhre hebt sich aufgrund der dunklen Humustapete deutlich von der umgebenden Bodenmatrix ab.

**Bild 2:** Zwei anezische *Lumbricus terrestris* bei der Paarung an der Bodenoberfläche.

Die Regenwürmer tauschen bei der Paarung Sperma aus. Die Befruchtung der Eizelle erfolgt erst bei der Kokonbildung. Die Tiere bleiben bei der Paarung mit dem Hinterende in der Röhre, bei Störungen können sie sich schnell zurückziehen.

**Bild 4:** *Lumbricus terrestris* beim Einziehen eines Laubblattes.

Anezische Regenwürmer legen eine dauerhafte, ± senkrecht orientierte Wohnröhre mit Mündung zur Bodenoberfläche an. Dorthin kommen sie zur Nahrungsaufnahme, verlassen dabei aber in der Regel ihre Wohnröhre nur mit dem Vorderteil, so dass die Fläche, von der sie Nahrung sammeln können, begrenzt ist.

Die **Bilder 5 und 6** zeigen endogäische Regenwürmer.

Auf Bild 5 ist *Aporrectodea rosea* im Ruhestadium zu sehen. Das Tier hat eine kleine Höhle gebildet und sie mit Schleim ausgekleidet. Darin kann es Trockenperioden überdauern.

*Aporrectodea icterica* (Bild 6) wurde in natürlicher Lage im Oberboden aufgenommen. Dieses Exemplar hat kein Röhrensystem und konnte deshalb auch seine Position nicht verlassen. *A. icterica* frißt sich durch den Boden und verfüllt die Röhre am Hinterende wieder.

**Bild 8:** *Octolasion lacteum*, ein großer endogäischer Wurm (Länge ca. 15 cm).

Typisch für die meisten Exemplare von *O. lacteum* ist das fast völlige Fehlen einer Pigmentierung und die gelbe Schwanzspitze. Normalerweise lebt diese Art im Boden. Das Foto wurde in der Nacht nach einem Starkregen aufgenommen. Der Regenwurm nutzt die feuchten Bedingungen an der Bodenoberfläche zur Wanderung und Besiedelung neuer Habitats.

## Anhang 2: Fotos von Regenwürmern

### a) epigäische Arten



Bild 5: Lumbricus castaneus (Länge ca. 5 cm, Gewicht adult: Stifterhof Ø 0,26g)



Bild 6: Lumbricus rubellus (Länge ca. 10 cm, Gewicht adult: Stifterhof Ø 0,87g)

### b) anezische Arten



Bild 7: Aporrectodea longa (Länge ca. 15-20 cm, kein adultes Exemplar gefunden)



Bild 8: *Lumbricus terrestris* auf der Suche nach Nahrung an der Bodenoberfläche



Bild 9: Detail *Lumbricus terrestris*, Exemplar vom Stifterhof (Länge ca. 15-20cm, Gewicht adult: Stifterhof Ø 5,10g)

### c) endogäische Arten



Bild 10: *Octolasion cyaneum* vom Stifterhof. Mit dem Vorderende ist der Regenwurm im Boden. Länge ca. 15-20 cm, Gewicht adult: Stifterhof 4,80 g)



Bild 11: *Allolobophora chlorotica* (von Grünsfeldhausen). Von dieser Art gibt es 2 verschiedene Varianten, die sich durch die Färbung am Vorderende unterscheiden. Auf dem Stifterhof wurde 2013 die grüne Variante gefunden. Länge ca. 5 cm, Gewicht adult: Stifterhof Ø 0,31g.



Bild 12: *Aporrectodea rosea* vom Stifterhof (Länge ca. 5 cm, Gewicht adult: Stifterhof Ø 0,35g)



Bild 13: *Aporrectodea caliginosa* vom Stifterhof (Länge ca. 10 cm, Gewicht adult: Stifterhof Ø 0,55g)

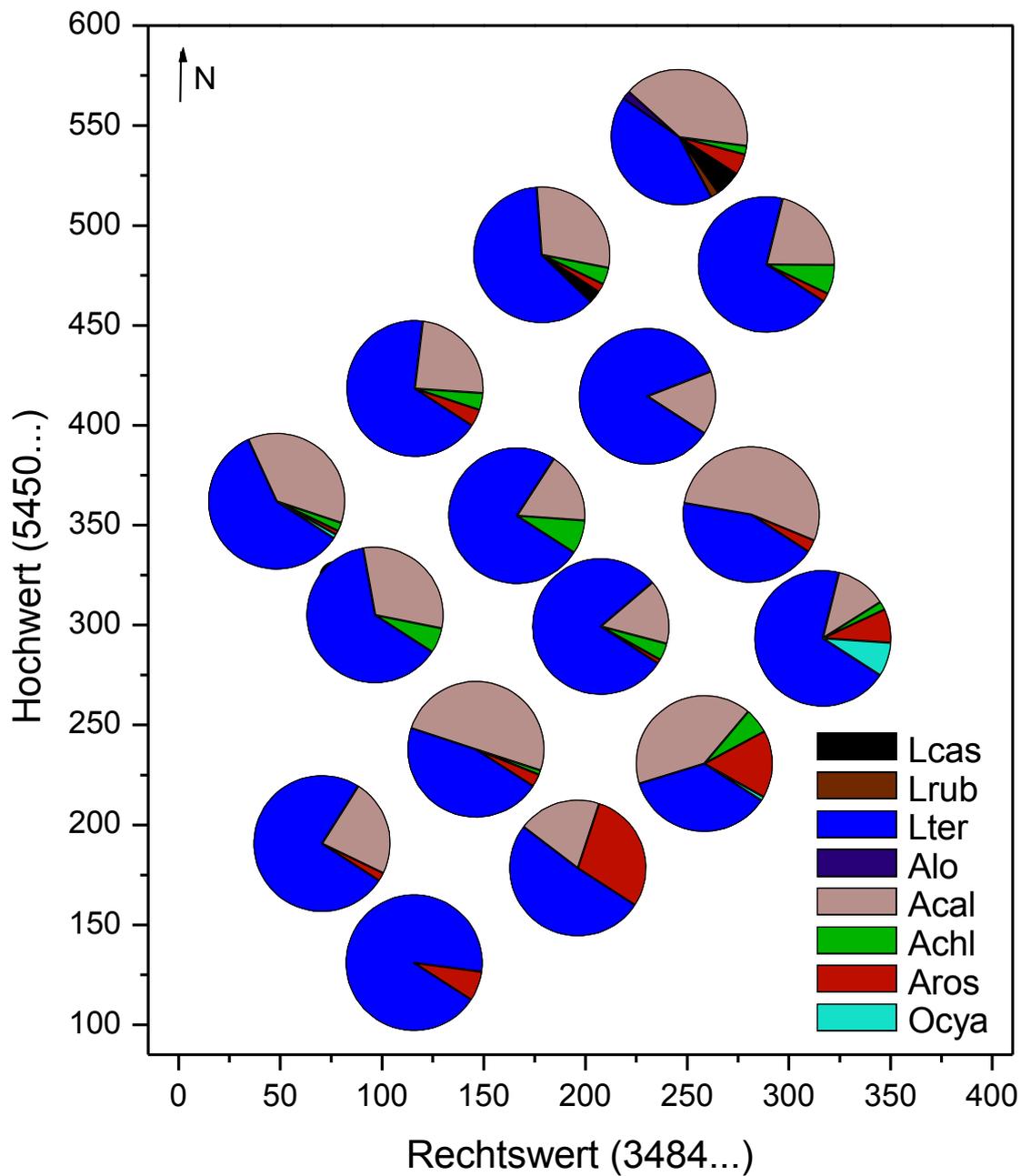


Abb. 16: Anteil der Regenwurmart an der Biomasse einer Parzelle. Die Grafik für die Abundanzen befindet in Kapitel 3.2.

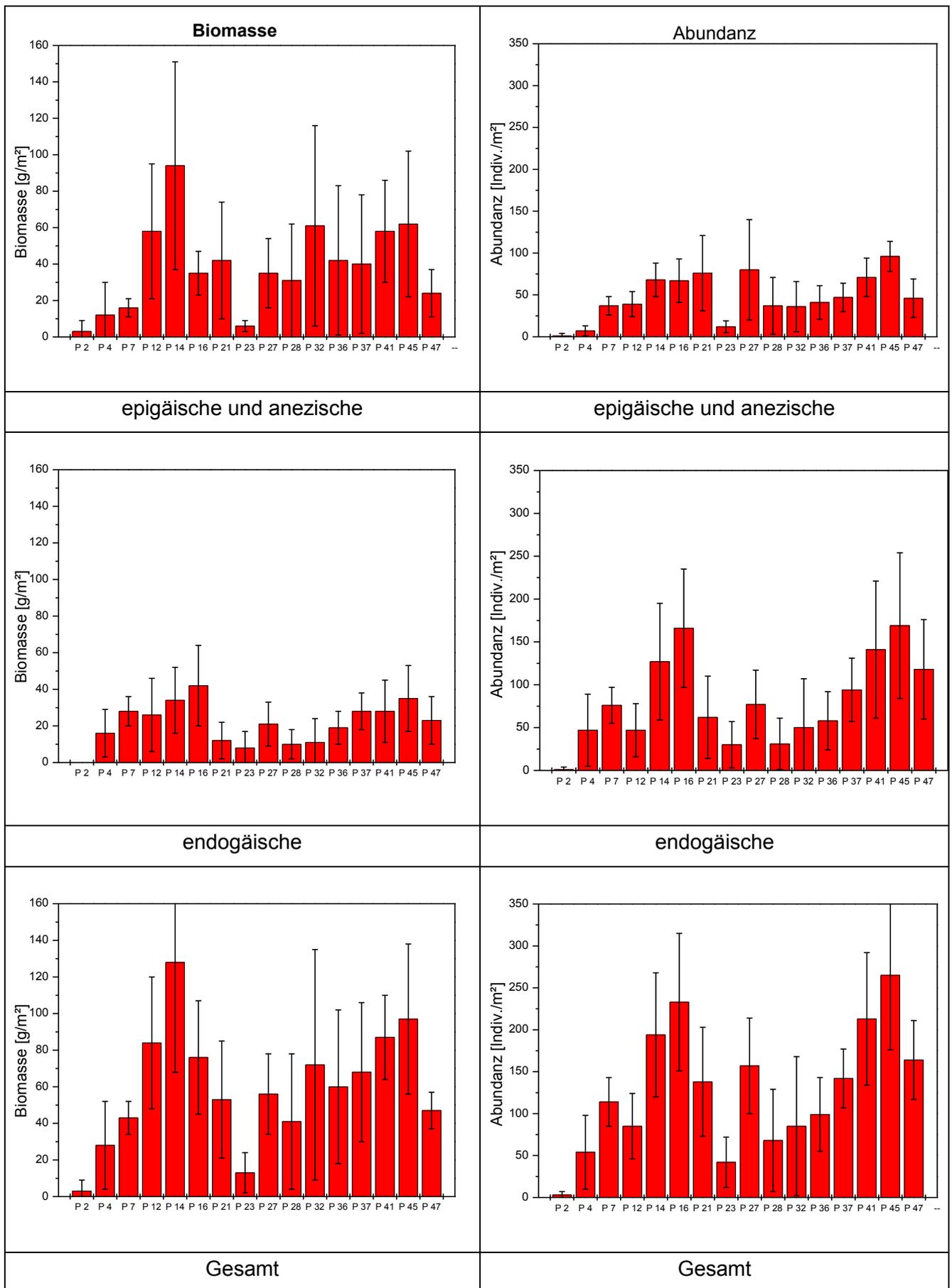


Abb. 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Regenwurmbiomasse und der Regenwurm-abundanz der 16 Parzellen.

**Tab. 4: statistische Sicherung der Unterschiede für den Parameter Gesamtbiomasse ( $\alpha=0,05$ ).  
Die Parzellen sind nach der Gesamtbiomasse geordnet (j= gesichert, n= nicht gesichert).**

	2	23	4	28	7	47	21	27	36	32	37	16	12	41	45
2															
23	j														
4	j	n													
28	j	n	n												
7	j	j	n	n											
47	j	j	n	n	n										
21	j	j	n	n	n	n									
27	j	j	n	n	n	n	n								
36	j	j	n	n	n	n	n	n							
32	j	j	n	n	n	n	n	n	n						
37	j	j	n	n	n	n	n	n	n	n					
16	j	j	j	n	j	n	n	n	n	n	n				
12	j	j	j	n	j	n	n	n	n	n	n	n			
41	j	j	j	j	j	j	n	j	n	n	n	n	n		
45	j	j	j	j	j	j	n	n	n	n	n	n	n	n	
14	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n	n	n	n	n

**Tab. 5: ergänzende Daten von den 16 Probestellen (Rechts- und Hochwert, Bodenart, Vorkommen von Kalk, pH-Wert und Humusgehalt)**

Parz.	Kultur	Rechtswert	Hochwert	Bodenart			Kalkstufe	pH CaCl2	Humusgehalt
				LTZ	LGRB*	Ehrmann			
		348....	545....				10 % HCl	(LTZ)	%(LTZ)
2	WR	4114	0130	uL	Ut2	Ut2	4	7,5	2,1
4	WW	4194	0178	uL	Ut2	Ut2	4	7,5	2,1
7	WW	4259	0229	uL	Ut2	Ut3	4	7,4	2,1
12	KM	4312	0308	uL	Ut3	Ut3	1	6,9	2,5
14	WW	4071	0189	uL	Lu/Ut2	Tu4	4	7,4	2,8
16	KM	4146	0236	uL	Lu	Tu4	3	7,6	2,8
21	WR	4197	0314	uL	Tu3	Tu3	0	7,1	2,7
23	WW	4282	0348	tL	Tu3	Tu3	1	7,2	2,6
27	WW	4078	0323	tL	Tu2	Tu3-Lu	2	7,4	2,5
28	WW	4169	0353	tL	Tu2	Tu3	1	7,2	2,6
32	WR	4234	0413	tL	Lu?	Lu	2	7,4	2,4
36	KM	4288	0484	uL	Lu/Tu3	Tu3	3	7,3	2,5
37	WR	4053	0361	uL	Ut3	Ut3	4	7,4	2,3
41	KM	4117	0420	uL	Lu	Lu	4	7,3	1,9
45	WW	4173	0491	uL	Lu	Lu	2	7,2	2,6
47	WW	4250	0540	uL	Lu	Lu	0	7,0	2,6

\* nach dem an nächsten liegenden Profil des gleichen Bodentypsa

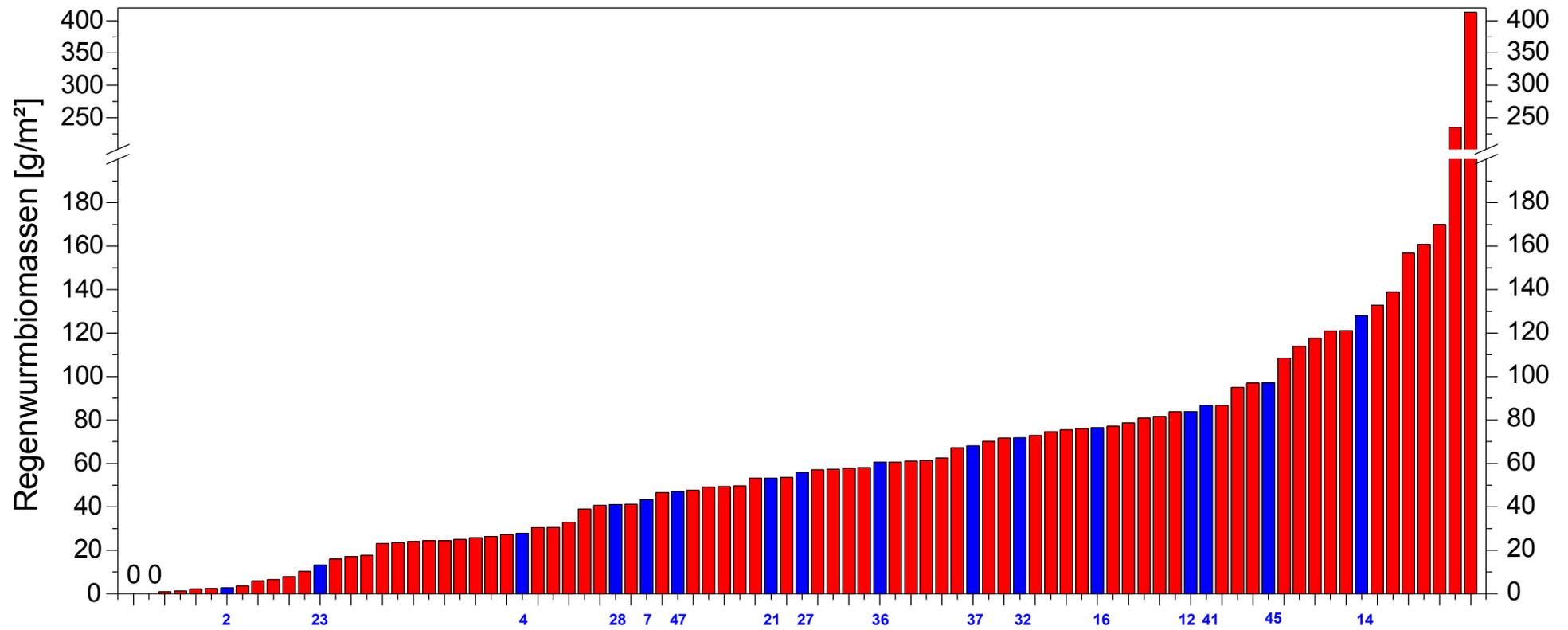


Abb. 18: Vergleich der Regenwurmbiomassen des Versuchfeldes Bodenbearbeitung auf dem Stifterhof (blau) mit anderen Ackerstandorten in BaWü. Die Parzellennummer wird jeweils unter dem Balken angegeben.

Tab. 6: Mittelwerte der Abundanzen und Biomassen der 16 untersuchten Parzellen

	juv. xy		juvenile							adulte							juvenile + adulte							Summen Lebensf.				
	epig./anez	endog.	L. castan.	L. terrestris	A. longa	A. caligin.	A. chloro.	A. rosea	Octolasion	L. castan.	L. rubellus	L. terrestris	A. caligin.	A. chloro.	A. rosea	O. cyan.	L. castan.	L. rubellus	L. terrestris	A. longa	A. caligin.	A. chloro.	A. rosea	O. cyan.	epigäische	anezische	endog.	Summe
<b>Biomassen</b>																												
P 2	-	-	-	3	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	0	-	-	3	0	3
P 4	-	4	-	4	-	4	-	3	-	-	-	8	1	-	4	-	-	-	12	-	5	-	7	-	-	12	16	28
P 7	-	-	-	16	-	5	-	7	0	-	-	-	13	2	-	-	-	-	16	-	18	2	7	0	-	16	28	43
P 12	-	2	-	40	-	1	-	1	-	-	-	18	9	1	5	6	-	-	58	-	10	1	6	6	-	58	26	84
P 14	0	2	-	26	-	13	-	1	-	-	-	68	17	-	1	-	-	-	94	-	30	-	2	-	-	94	34	128
P 16	0	1	-	35	-	26	-	-	-	-	-	-	11	1	3	-	-	-	35	-	37	1	3	-	-	35	42	76
P 21	-	1	-	29	-	3	2	1	-	-	-	13	5	1	-	-	-	-	42	-	8	2	1	-	-	42	12	53
P 23	-	-	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	0	-	-	-	6	-	7	-	0	-	-	6	8	13
P 27	-	-	-	24	-	6	1	-	-	-	-	11	11	3	-	-	-	-	35	-	17	3	-	-	-	35	21	56
P 28	-	-	-	23	-	4	-	-	-	-	-	8	4	3	-	-	-	-	31	-	7	3	-	-	-	31	10	41
P 32	-	-	-	17	-	7	0	-	-	-	-	43	4	-	-	-	-	-	61	-	11	0	-	-	-	61	11	72
P 36	-	1	-	28	-	6	1	1	-	-	-	14	7	3	1	-	-	-	42	-	13	4	1	-	-	42	19	60
P 37	-	1	-	12	-	11	-	1	1	-	-	28	15	1	-	-	-	-	40	-	25	1	1	1	-	40	28	68
P 41	0	1	-	44	-	16	-	3	-	-	-	14	5	3	0	-	-	-	58	-	21	3	4	-	-	58	28	87
P 45	-	1	-	34	-	12	1	1	-	3	-	25	16	3	0	-	3	-	59	-	28	4	2	-	3	59	35	97
P 47	0	-	0	12	1	17	0	1	-	2	1	8	2	1	1	-	3	1	20	1	19	1	3	-	4	21	23	47
<b>Mittel</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>60</b>
<b>Abundanzen</b>																												
P 2	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	1	3
P 4	-	14	-	5	-	8	-	15	-	-	-	1	1	-	9	-	-	-	7	-	9	-	24	-	-	7	47	54
P 7	-	-	-	37	-	21	-	30	3	-	-	-	16	6	-	-	-	-	37	-	37	6	30	3	-	37	76	114
P 12	-	8	-	36	-	4	-	6	-	-	-	3	12	3	13	1	-	-	39	-	16	3	19	1	-	39	47	85
P 14	1	4	-	54	-	71	-	11	-	-	-	13	33	-	8	-	-	-	68	-	104	-	19	-	-	68	127	194
P 16	1	12	-	66	-	125	-	-	-	-	-	-	20	3	6	-	-	-	67	-	145	3	6	-	-	67	166	233
P 21	-	5	-	73	-	25	13	6	-	-	-	3	10	3	-	-	-	-	76	-	35	15	6	-	-	76	62	138
P 23	-	-	-	12	-	18	-	-	-	-	-	-	11	-	1	-	-	-	12	-	29	-	1	-	-	12	30	42
P 27	-	-	-	78	-	41	8	-	-	-	-	3	22	7	-	-	-	-	80	-	62	15	-	-	-	80	77	157
P 28	-	-	-	36	-	15	-	-	-	-	-	1	6	10	-	-	-	-	37	-	21	10	-	-	-	37	31	68
P 32	-	-	-	28	-	39	1	-	-	-	-	8	9	-	-	-	-	-	36	-	48	1	-	-	-	36	50	85
P 36	-	3	-	38	-	24	6	5	-	-	-	3	11	8	1	-	-	-	41	-	35	14	6	-	-	41	58	99
P 37	-	3	-	41	-	50	-	5	3	-	-	7	28	5	-	-	-	-	47	-	78	5	5	3	-	47	94	142
P 41	2	3	-	67	-	83	-	29	-	-	-	3	11	15	1	-	-	-	71	-	94	15	31	-	-	71	141	213
P 45	-	11	-	76	-	90	10	10	-	14	-	5	35	12	1	-	14	-	81	-	124	22	11	-	14	81	169	265
P 47	3	-	1	30	1	96	1	9	-	8	1	1	4	3	5	-	9	1	34	1	100	4	14	-	11	35	118	164
<b>Mittel</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>59</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>46</b>	<b>81</b>	<b>128</b>

Tab. 7: Standardabweichungen der Abundanzen und Biomassen der 16 untersuchten Parzellen

	juv. xy		juvenile							adulte							juvenile + adulte							Summen Lebensf.				
	epig./anez	endog.	L. castan.	L. terrestris	A. longa	A. caligin.	A. chloro.	A. rosea	Octolasion	L. castan.	L. rubellus	L. terrestris	A. caligin.	A. chloro.	A. rosea	O. cyan.	L. castan.	L. rubellus	L. terrestris	A. longa	A. caligin.	A. chloro.	A. rosea	O. cyan.	epigäische	anezische	endog.	Summe
<b>Biomassen</b>																												
P 2	-	-	-	6	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	0	-	-	6	0	6	
P 4	-	5	-	6	-	3	-	6	-	-	-	20	3	-	10	-	-	18	-	5	-	15	-	-	18	15	24	
P 7	-	-	-	5	-	4	-	8	1	-	-	-	11	4	-	-	-	5	-	11	4	8	1	-	5	8	9	
P 12	-	3	-	18	-	2	-	3	-	-	-	28	14	4	6	16	-	-	37	-	14	4	8	16	-	37	22	36
P 14	0	4	-	11	-	10	-	2	-	-	-	57	14	-	1	-	-	57	-	17	-	1	-	-	57	18	60	
P 16	0	1	-	12	-	14	-	-	-	-	-	10	2	6	-	-	-	12	-	22	2	6	-	-	12	22	31	
P 21	-	2	-	20	-	2	2	2	-	-	-	32	8	1	-	-	-	32	-	9	2	2	-	-	32	10	32	
P 23	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	9	-	1	-	-	-	3	-	9	-	1	-	-	3	9	11
P 27	-	-	-	15	-	5	1	-	-	-	-	18	12	3	-	-	-	19	-	11	3	-	-	-	19	12	22	
P 28	-	-	-	17	-	5	-	-	-	-	-	19	3	4	-	-	-	31	-	5	4	-	-	-	31	8	37	
P 32	-	-	-	18	-	8	1	-	-	-	-	41	5	-	-	-	-	55	-	12	1	-	-	-	55	13	63	
P 36	-	1	-	11	-	7	2	2	-	-	-	35	8	3	1	-	-	41	-	9	3	3	-	-	41	9	42	
P 37	-	1	-	7	-	5	-	1	1	-	-	35	7	2	-	-	-	38	-	9	2	1	1	-	38	10	38	
P 41	0	1	-	26	-	8	-	4	-	-	-	22	6	5	1	-	-	28	-	12	5	3	-	-	28	16	23	
P 45	-	2	-	21	-	9	1	2	-	3	-	39	10	4	1	-	3	-	39	-	17	4	2	-	3	39	17	41
P 47	1	-	1	8	2	15	1	1	-	3	3	19	5	1	4	-	4	3	16	2	14	1	3	-	6	15	13	10
<b>Abundanzen</b>																												
P 2	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	3	3	4	
P 4	-	15	-	7	-	5	-	25	-	-	-	3	3	-	22	-	-	6	-	8	-	46	-	-	6	46	44	
P 7	-	-	-	11	-	14	-	28	4	-	-	-	13	12	-	-	-	11	-	21	12	28	4	-	11	21	29	
P 12	-	13	-	12	-	10	-	12	-	-	-	4	14	7	15	3	-	-	15	-	16	7	23	3	-	15	31	39
P 14	2	6	-	18	-	49	-	15	-	-	-	10	29	-	12	-	-	19	-	57	-	13	-	-	19	67	74	
P 16	3	15	-	27	-	57	-	-	-	-	-	-	17	7	12	-	-	27	-	71	7	12	-	-	27	70	82	
P 21	-	12	-	45	-	22	15	16	-	-	-	7	15	4	-	-	-	45	-	35	14	16	-	-	45	42	65	
P 23	-	-	-	7	-	17	-	-	-	-	-	-	18	-	3	-	-	-	7	-	26	-	3	-	-	7	27	30
P 27	-	-	-	60	-	38	12	-	-	-	-	4	22	8	-	-	-	60	-	39	11	-	-	-	60	40	57	
P 28	-	-	-	32	-	20	-	-	-	-	-	3	5	14	-	-	-	34	-	20	14	-	-	-	34	30	61	
P 32	-	-	-	24	-	46	3	-	-	-	-	7	12	-	-	-	-	30	-	54	3	-	-	-	30	57	83	
P 36	-	6	-	15	-	25	12	12	-	-	-	7	11	7	3	-	-	20	-	21	13	16	-	-	20	34	44	
P 37	-	6	-	12	-	21	-	10	7	-	-	8	15	7	-	-	-	17	-	30	7	10	7	-	17	36	35	
P 41	3	6	-	24	-	47	-	36	-	-	-	4	11	20	3	-	-	23	-	51	20	35	-	-	23	80	79	
P 45	-	15	-	13	-	43	11	15	-	13	-	7	20	14	3	-	13	-	15	-	55	16	15	-	13	15	75	89
P 47	7	-	3	12	3	65	3	9	-	10	3	3	10	4	12	-	13	3	10	3	60	4	11	-	16	11	58	47