

# Umwelt

## Die Regenwürmer zweier Ackerböden

Werner Jäggi, Peter Weisskopf, Hans-Rudolf Oberholzer und Urs Zihlmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Auskünfte: Peter Weisskopf, e-mail: peter.weisskopf @fal.admin.ch, Fax +41 0(1) 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 73 27

### Zusammenfassung

**I**n einem Braunerde-Gley und in einer Kalkbraunerde wurde untersucht, welche Beziehungen zwischen der Regenwurmpopulation und den Standortverhältnissen bestehen. Der feuchtnasse Braunerde-Gley enthielt 54 % mehr Regenwurmbiomasse als die trockenere Kalkbraunerde. Eine bessere Durchlüftung sowie eine intensive Durchmischung organischer und mineralischer Bodenbestandteile durch die Regenwürmer fördert zwar grundsätzlich die Aktivität der Bodenmikroorganismen. Da sich beide Organismengruppen von abgestorbener organischer Substanz ernähren, konkurrenzieren sie sich aber auch gegenseitig. Je nach Standortverhältnissen können deshalb die Regenwürmer durch starke Vermehrung und intensive Nährstoffmineralisierung die Entwicklung mikrobieller Biomasse eines Bodens einschränken. Um den Nährstoffumsatz der Böden zu verstehen, müssen darum auch die Populationsdynamik und die Stoffwechselaktivität der Regenwürmer berücksichtigt werden.

Regenwürmer beeinflussen den Zustand und die biochemischen Umsetzungen des Bodens. Welche und wie viele Regenwürmer in einem Boden vorkommen, ist von den Standortverhältnissen und den artspezifischen Ansprüchen abhängig. Das Projekt «Charakterisierung von Ackerstandorten» der FAL bot die Gelegenheit, einen Einblick in diese Beziehungen zu gewinnen.

Die beiden untersuchten Böden liegen 1100 m voneinander entfernt auf dem Areal der FAL Reckenholz. Der Höhenunterschied beträgt 55 m. Der eine ist ein grundwasserbeeinflusster Braunerde-Gley in Muldenlage, der andere eine grundwasserferne Kalkbraunerde in Kuppenlage. Beide sind mittelschwere, schwach humose lehmige Böden (Weisskopf und Zihlmann 1994). Das Gefüge der Kalkbraunerde ist im Oberboden deutlich durchlässiger als jenes des Braunerde-Gleys. In der Schicht unter der Ackerkrume unterscheiden sich die Gefügestrukturen der beiden Böden hingegen nur wenig. Die Hauptunter-

schiede dieser beiden Böden liegen im Luft- und Wasserhaushalt, bedingt durch den Zufluss beziehungsweise das Fehlen von Grundwasser infolge unterschiedlicher Lage im Relief. Einige Standort- und Bodeneigenschaften sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Beide Böden wurden gleich bewirtschaftet: Hauptkultur war 1992 Sommerhafer und 1993 Kartoffeln.

### Bestimmung der Regenwürmer

Am 7. Oktober 1993 wurden die Regenwürmer auf pro Standort je sechs Flächen von 0,25 m<sup>2</sup> mit 0,1 prozentiger Formalinlösung ausgetrieben. Anschliessend wurde mit einem Spaten 20 cm tief nachgegraben und der ausgehobene Boden von Hand nach Regenwürmern durchsucht. Wir bestimmten die Anzahl der Individuen, ihre Biomasse durch das Frischgewicht sowie die Artzugehörigkeit (Stähli *et al.* 1997). Zur ökologischen Beurteilung einer Regenwurmpopulation eignet sich die Biomasse besser als die Individuenzahl, Werte zur Häufigkeit der Arten geben je-

doch Hinweise auf die Populationsdynamik.

### Ökomorphologische Gruppen

Die gefundenen Regenwurmarten wurden auf Grund ihrer Grösse, Färbung und ihres Verhaltens in vier ökomorphologische Gruppen unterteilt:

**Epigäische Arten:** Kleine, rotbraun pigmentierte Regenwürmer, welche in den obersten Schichten des Bodens und in Anhäufungen von organischem Material leben. Sie ernähren sich von wenig zersetzten Pflanzenresten.

**Endogäische Arten:** Kleine bis grosse Regenwürmer, welche sich in den oberen, humushaltigen Bodenschichten aufhalten. Sie sind kaum pigmentiert und hell rosa bis graublau gefärbt. Sie ernähren sich von organischer Bodensubstanz, indem sie sich durch den Boden hindurchfressen. Dadurch entsteht ein Netz wenig dauerhafter Gänge. Diese Arten kommen nicht oder nur selten an die Bodenoberfläche.

### Anözische Arten der Gattung

**Nicodrilus:** Grosse, braunschwarz pigmentierte Regenwürmer, welche dauerhafte, vertikale Gänge graben. Ihre Nahrung holen sie sich von der Bodenoberfläche. Sie sind es, die den grössten Teil der oberirdischen Kothaufen produzieren. Sie sind wenig empfindlich gegenüber Bodenverdichtungen. Einen grossen Teil des Sommers verbringen sie – zu einer Kugel zusammengerollt – in 10 bis 40 cm Bodentiefe

Tab. 1. Bodeneigenschaften der untersuchten Standorte in 10 bis 15 cm Tiefe

Bodentyp und Topographie	Braunerde-Gley in Muldenlage, Grundwassereinfluss, unter 80 cm Reduktionszeichen	Kalkbraunerde in Kuppenlage, unter 90 cm mergeliger Sandstein
Skelett Volumen - %	4	< 6
Sand Gewichts - %	46	> 43
Schluff Gewichts - %	29	< 33
Ton Gewichts - %	25	> 24
organ. C Gewichts - %	1,8	< 2,0
pH H <sub>2</sub> O	5,7	< 6,8
pH CaCl <sub>2</sub>	5,1	< 6,3
Lagerungsdichte g / cm <sup>3</sup>	1,35	> 1,29
<b>Grobporen Volumen - %</b>	<b>13,3</b>	<b>&lt; 18,1</b>
<b>grobe Mittelporen</b>		
Volumen - %	2,3	< 2,7
<b>feine Mittelporen + Feinporen</b>		
Volumen - %	33,0	> 30,6
<b>Poren gesamt Volumen - %</b>	<b>48,6</b>	<b>&lt; 51,4</b>
<b>Luftgefüllte Poren</b>		
Volumen - %	<b>11,3</b>	<b>&lt; 17,7</b>
<b>Bodentemperatur: (°C)</b>		
- min. Tagesmittel	-1,0	-2,1
- Jahresmittel	10,8	10,3
- max. Tagesmittel	27,1	> 26,0
Erläuterungen:		
Grobporen > 30 µm	Skelett > 2 mm	
grobe Mittelporen 3 bis 30 µm		
feine Mittelporen 0,2 bis 3 µm	luftgefüllte Poren: Feldmessung	
Feinporen < 0,2 µm	Jahresmittel	

in einem Ruhestadium. Die Juvenilen verhalten sich endogäisch.

**Anözische Arten der Gattung**

**Lumbricus:** Grosse, rotbraun pigmentierte Regenwürmer, welche in senkrechten, dauerhaften, über einen Meter tiefen Wohnröhren leben. Auch sie holen sich die Nahrung von der Bodenoberfläche und ziehen sie in ihre Röhren. Ihren Kot deponieren sie grösstenteils im Boden. Sie reagieren empfindlich gegenüber häufigem Pflügen. Sie bleiben den ganzen Sommer über aktiv, da sie sich während Trockenperioden in tiefer gelegene, feuchte Bodenhorizonte zurückziehen können. Sie

haben eine lange Jugendentwicklung und deshalb eine geringe Vermehrungsquote. Die Juvenilen verhalten sich epigäisch.

Für das Funktionieren eines Ökosystems ist ein ausgewogenes Verhältnis der ökomorphologischen Gruppen wichtig. Durch welche Arten diese Gruppen repräsentiert werden, ist von den Standortverhältnissen abhängig.

In der Kalkbraunerde entspricht die Regenwurmbiomasse etwa dem Mittel der schweizerischen Ackerböden, die in den letzten 22 Jahren untersucht wurden (Stähli *et al.* 1997). Jene des Braunerde-Gleys

ist dagegen um etwa die Hälfte höher (Abb. 1). Die Anteile anözischer Arten an der Gesamtpopulation sind mit je ca. 60 % in beiden Böden etwa gleich gross.

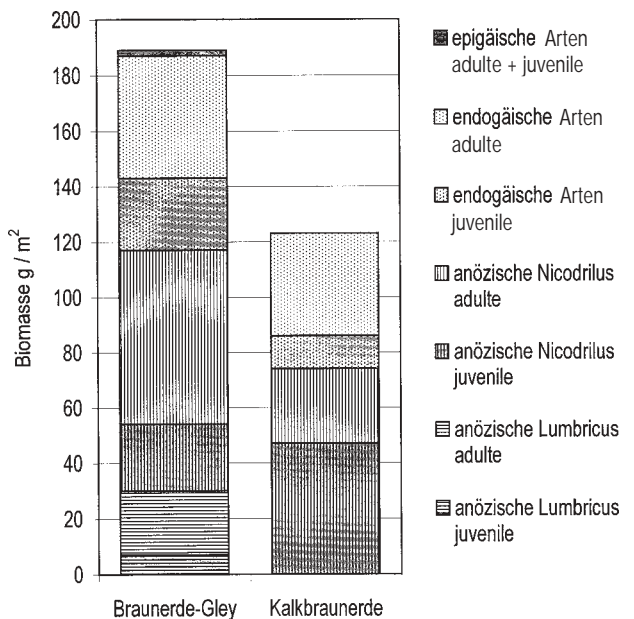
**Viele Regenwürmer im Braunerde-Gley**

Der Braunerde-Gley ist nach Niederschlägen rasch bis zur Oberfläche vernässt und trocknet nur sehr langsam ab. Im Frühjahr entwässern sich nur die oberflächennahen Schichten. Tiefere Schichten bleiben dagegen auch im Sommer und Herbst meistens nass. Die Durchlüftung ist deshalb unterhalb von 60 cm stark eingeschränkt, nach kräftigeren Niederschlägen ist sie profillumfassend unterbunden.

Im ersten Moment ist es erstaunlich, dass dieser Boden mehr Regenwürmer enthält als die lockerere Kalkbraunerde. Eigentlich würde man vermuten, dass diese Tiere hier zu wenig Sauerstoff zum Leben finden. Im Allgemeinen weisen jedoch feuchte und öfters überflutete Böden mehr Regenwürmer in Zahl und Biomasse sowie eine grössere Artenvielfalt auf als trockene Böden (Kämmerer 1993).

Im Braunerde-Gley wurden nur einige wenige epigäische Regen-

Abb. 1. Biomasse und ökomorphologische Gruppen der Regenwürmer.



würmer gefunden. Sie gehören zu den beiden Arten *Lumbricus rubellus* und *Eiseniella tetraedra*, wobei letztere charakteristisch für vernässte Standorte ist (Tab. 2). Am stärksten vertreten waren anözische Arten: *Nicodrilus nocturnus* dominierte, aber auch *Nicodrilus longus longus* war vorhanden sowie der grosse Regenwurm *Lumbricus terrestris*. Des Weiteren waren fünf endogäische Arten zugegen: *Octolasion tyrtaeum tyrtaeum*, der fast ausschliesslich in sehr nassen Böden vorkommt, sowie *Nicodrilus caliginosus caliginosus*, *Allolobophora rosea*, *Allolobophora icterica* und *Allolobophora chlorotica*, die man fast überall findet.

### Wenige Arten in der Kalkbraunerde

In der Kalkbraunerde entstehen keine vollständig wassergesättigten Bereiche. Im Frühjahr trocknen zwar ebenfalls nur die oberflächennahen Schichten ab, wobei das Ausmass stark vom Wind abhängig ist. Nach dem Monat Juni trocknet dieser Boden jedoch kontinuierlich aus, nur kurzfristig unterbrochen durch Niederschläge und oft bis zur mergeligen Sandsteinunterlage in 90 cm Tiefe.

Die Kalkbraunerde enthielt lediglich vier Regenwurmartentypen, was auf teilweise einschränkende Lebensbedingungen zurückzuführen

ist: Epigäische Arten fehlen, was auf Trockenheit hinweist (Ehrmann *et al.* 1999). Aber auch *Lumbricus terrestris*, welcher sonst in den meisten landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz anzutreffen ist, wurde nicht gefunden. Auf Grund ihrer Lebensweise benötigt diese Regenwurmart eine durchwühlbare Bodenmächtigkeit von mindestens einem Meter, was hier nicht gegeben ist. Zudem macht die windoffene Kuppenlage diesen Standort auch sehr trockenheitsanfällig. In der Kalkbraunerde dominierte ebenfalls *Nicodrilus nocturnus*. Als endogäische Arten kamen *Nicodrilus caliginosus caliginosus*, *Allolobophora chlo-*

Tab. 2. Anzahl und Biomasse der Regenwürmer

Ökomorphologische Gruppe	Altersstadium und Regenwurmart	Abundanz		mittleres Individualgewicht		Biomasse Frischgewicht	
		[Individuenzahl / m <sup>2</sup> ]		[g / Individuum]		[g / m <sup>2</sup> ]	
		Braunerde-Gley	Kalkbraun-Erde	Braunerde-Gley	Kalkbraun-Erde	Braunerde-Gley	Kalkbraun-Erde
<b>Epigäische Arten</b>	<b>Adulte:</b>						
	<i>Eiseniella tetraedra</i>	3	0	0,10		0,3	0
	<i>Lumbricus rubellus</i>	2	0	0,75		1,5	0
	<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0,36</b>		<b>1,8</b>	<b>0</b>
	<b>Juvenile Total</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,20</b>		<b>0,2</b>	<b>0</b>
	<b>Gruppe gesamt</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0,33</b>		<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Endogäische Arten</b>	<b>Adulte:</b>						
	<i>Nicodrilus caliginosus caliginosus</i>	55	45	0,38	0,51	21	23
	<i>Allolobophora rosea</i>	20	0	0,40		8	0
	<i>Allolobophora icterica</i>	13	0	0,62		8	0
	<i>Allolobophora chlorotica</i>	7	7	0,57	0,29	4	2
	<i>Octolasion cyaneum</i>	0	6		2,00	0	12
	<i>Octolasion tyrtaeum tyrtaeum</i>	5	0	0,40		2	0
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>58</b>	<b>0,43</b>	<b>0,64</b>	<b>44</b>	<b>37</b>
	<b>Juvenile Total</b>	<b>177</b>	<b>67</b>	<b>0,38</b>	<b>0,18</b>	<b>26</b>	<b>12</b>
	<b>Gruppe gesamt</b>	<b>277</b>	<b>125</b>	<b>0,25</b>	<b>0,39</b>	<b>70</b>	<b>49</b>
<b>Anözische Nicodrilus</b>	<b>Adulte:</b>						
	<i>Nicodrilus nocturnus</i>	23	16	2,39	1,75	55	27
	<i>Nicodrilus longus longus</i>	3	0	2,67		8	0
	<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>16</b>	<b>2,42</b>	<b>1,75</b>	<b>63</b>	<b>27</b>
	<b>Juvenile Total</b>	<b>38</b>	<b>88</b>	<b>0,63</b>	<b>0,53</b>	<b>24</b>	<b>47</b>
	<b>Gruppe gesamt</b>	<b>64</b>	<b>104</b>	<b>1,36</b>	<b>0,72</b>	<b>87</b>	<b>74</b>
<b>Anözische Lumbricus</b>	<b>Adulte</b> <i>Lumbricus terrestris</i>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>3,83</b>		<b>23</b>	<b>0</b>
	<b>Juvenile</b> <i>Lumbricus terrestris</i>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0,88</b>		<b>7</b>	<b>0</b>
	<b>Gruppe gesamt</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>2,14</b>		<b>30</b>	<b>0</b>
<b>Regenwurmpopulation gesamt</b>		<b>361</b>	<b>229</b>	<b>0,52</b>	<b>0,54</b>	<b>189</b>	<b>123</b>

*rotica* sowie auffallend grosse Exemplare von *Octolasion cyaneum* vor (Abb. 2e).

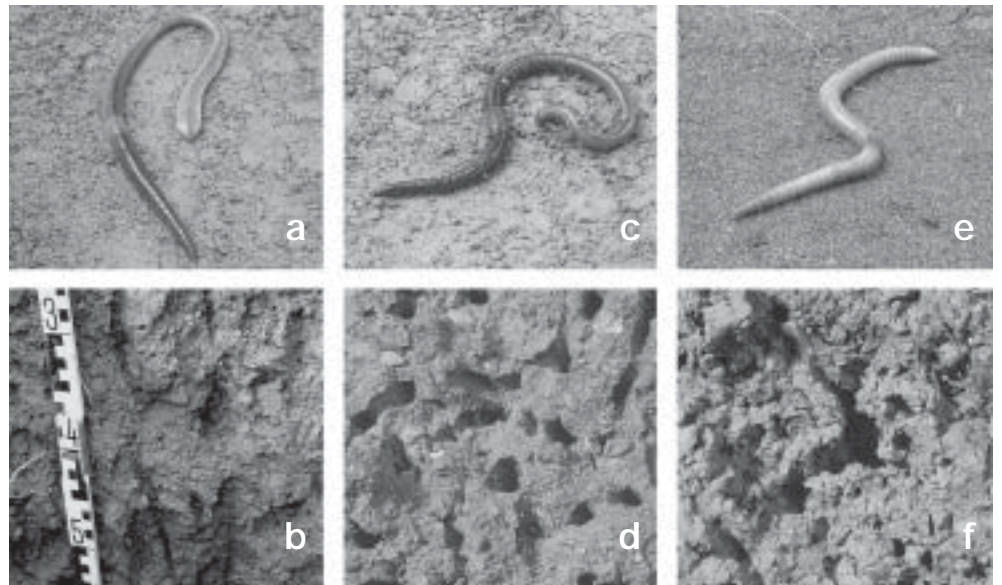
### Populationsdynamik der Regenwürmer

Bei den Ergebnissen der Kalkbraunerde fällt auf, dass bei *Nicodrilus nocturnus* der Anteil der Juvenilen mit 63 % gegenüber dem Anteil der Adulten mit 37 % sehr gross war. Dies weist sowohl auf eine hohe Sterblichkeit als auch auf eine hohe Reproduktionsrate hin. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, dass infolge der starken, profilumfassenden Austrocknung dieses Bodens viele Individuen von *Nicodrilus nocturnus* zugrunde gehen. Dagegen überdauern die Cocons die Trockenheit, so dass bei Wiederbefeuchtung des Bodens junge Würmer schlüpfen können. Sowohl bei den Juvenilen als auch besonders bei den Adulten war das Individualgewicht dieser Regenwurmart in der Kalkbraunerde wesentlich niedriger als im Braunerde-Gley. Dies zeigt, dass die Lebensbedingungen für diesen Regenwurm in der Kalkbraunerde weniger günstig sind, so dass hier kaum ältere, grosse Tiere dieser Art vorkommen. Endogäische Arten scheinen die Trockenheit besser zu ertragen.

Im Braunerde-Gley war ein erhöhter Anteil an Juvenilen bei den endogäischen Arten festzustellen. In diesem Boden dürfte die zeitweise Vernässung, verbunden mit Sauerstoffmangel, für ein erhöhtes Absterben endogäischer adulter Regenwürmer verantwortlich sein. Die anözischen Arten scheinen durch diese vorübergehenden Vernässungen nicht beeinträchtigt zu werden, da sie dem Sauerstoffmangel dank grösserer Beweglichkeit ausweichen können.

### Einfluss auf das Bodengefüge

Die tief in den Unterboden reichenden Gänge von *Lumbricus*



*terrestris* (Abb. 2a und 2b) können entscheidend sein für den Wasserabfluss und die Durchlüftung von Böden, weil diese Gänge gegen die Oberfläche hin immer offen bleiben. Im Gegensatz dazu sind jene der anözischen Arten der Gattung *Nicodrilus* immer geschlossen. Obschon der Braunerde-Gley mehr Regenwürmer enthält, weist er im Oberboden ein kompakteres Gefüge auf als die Kalkbraunerde. Es wäre aber zu erwarten, dass das Gefüge eines Bodens mit mehr Regenwürmern lockerer ist und mehr Krümel enthält. In der Regel weisen jedoch nasse Standorte weniger Krümel auf als trockene, obschon an nassen Standorten nicht weniger Regenwurmlösungen gebildet werden. Diese liegen aber im Gegensatz zu trockeneren Standorten selten als einzelne Krümel vor. Mit zunehmender Feuchtigkeit nimmt die Stabilität der Krümel ab, so dass sie unter nassen Verhältnissen zusammenfliessen und keine eigenständigen Gefügeelemente mehr darstellen (Ehrmann und Vollmert 1997).

Die zahlreichen senkrechten Gänge der anözischen *Nicodrilus*arten gewährleisten die Durchlässigkeit dieser Böden (Abb. 2c und 2d). Aber auch die Gänge von endogäischen Arten

können sehr wirksame Wasser- und Luftkanäle darstellen (Kretzschmar und Monestiez 1992). An trockeneren Standorten ist die Stabilität der Bodenkrümel und damit auch der Regenwurmlösungen grösser, was zu einem lockeren Bodengefüge führt. Grosse endogäische Arten, wie *Octolasion cyaneum*, können dazu einen wesentlichen Beitrag leisten (Abb. 2e und 2f).

### Beziehungen zu den Bodenmikroorganismen

Zusammen mit den Bodenmikroorganismen tragen die Regenwürmer wesentlich zum Abbau der Ernterückstände bei. Ein Vergleich der Regenwurmdaten mit bodenmikrobiologischen Kennwerten (Jäggi *et al.* 2000) soll zeigen, welche Beziehungen zwischen diesen beiden Organismengruppen bestehen.

Während der Braunerde-Gley mehr Regenwürmer enthielt als die Kalkbraunerde, verhielt es sich bezüglich der mikrobiellen Biomasse und der hier gemessenen Enzymaktivitäten genau umgekehrt (Tab. 3). Dies lässt auf unterschiedliche Stoffwechselforgänge in diesen beiden Böden schliessen.

Wie erwähnt, weisen feuchte Böden im Allgemeinen mehr

Abb. 2. Regenwurmart und ihr Einfluss auf das Bodengefüge (Fotos: G. Brändle, FAL):

- a) *Lumbricus terrestris*, rot-braun pigmentiert, Vertikalbohrer.
- b) Senkrechte Gänge von *Lumbricus terrestris* reichen tief in den Unterboden.
- c) *Nicodrilus nocturnus*, schwarz-braun pigmentiert, Vertikalbohrer.
- d) Gefüge des Braunerde-Gleys, horizontaler Schnitt in 5 cm Tiefe: Es sind keine Einzelkrümel zu erkennen. Der kompakte Boden wird von Regenwurmgängen, vorwiegend von Arten der Gattung *Nicodrilus*, durchzogen.
- e) *Octolasion cyaneum*, unpigmentiert, Horizontalbohrer.
- f) Gefüge der Kalkbraunerde, horizontaler Schnitt in 5 cm Tiefe: Stabile Einzelkrümel, zum Teil Lösungen von horizontal bohrenden Regenwürmern, bilden ein lockeres Gefüge.



Regenwürmer auf als trockene Böden (Schmidt und Curry 2001). Ein höherer pH-Wert, ein lockereres, trockeneres und dadurch besser durchlüftetes Bodengefüge sowie ein etwas höherer Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff begünstigen hingegen die Bodenmikroorganismen der Kalkbraunerde. Da die Bodenenzyme hauptsächlich mikrobiellen Ursprungs sind, korrelieren sie mit der mikrobiellen Biomasse.

### Nährstoff-Konkurrenten

Neben den chemisch-physikalischen Bodenverhältnissen können jedoch auch noch weitere Faktoren eine unterschiedliche Besiedlung der Böden bewirken: Mehrere Untersuchungen zeigen, dass Regenwürmer die N-Mineralisierung verstärken und zu einer Verminderung der mikrobiellen Biomasse führen können (Wolters und Joergensen 1993). Deshalb muss die allgemeine Aussage, dass die Regenwürmer die Bodenmikroorganismen günstig beeinflussen, relativiert werden. Einerseits fördert die Wühltätigkeit der Regenwürmer zwar die Aktivität der Bodenmikroorganismen, indem sie die Bodendurchlüf-

tung verbessert sowie organische und mineralische Bodenteilchen intensiv miteinander vermischt. Andererseits gewinnen jedoch beide Organismengruppen ihre Energie und Aufbau-stoffe durch die Zersetzung toter organischer Substanz, so dass sie sich gegenseitig konkurrenzieren. Das bedeutet, dass bei gleichem Nährstoffangebot umso weniger mikrobielle Biomasse gebildet werden kann, je mehr Regenwürmer sich entwickeln und je mehr Nährstoffe diese durch ihren eigenen Stoffwechsel direkt mineralisieren und umgekehrt (Potthoff und Beese 1997).

Nach Ruz-Jerez *et al.* (1992) können bis zu 50 % der Bodenatmung auf Regenwürmer zurückgeführt werden. In Versuchen von Binet und Trehen (1992) ist beim Abbau von Raigras die N-Mineralisierung dreimal grösser, wenn Regenwürmer daran beteiligt sind, als wenn diese fehlen. Des Weiteren können Regenwürmer auch Bodenmikroorganismen, vor allem Pilze, in erheblichem Umfang verzehren und dadurch die Mikroorganismenpopulation eines Bodens vermindern (Bonkowski *et al.* 2000).

### Deutlicher Einfluss der Bodenfeuchtigkeit

Die Regenwurmpopulationen der beiden Böden unterschieden sich bezüglich Individuenzahl, Biomasse, Artenspektrum und Altersstruktur. Ursache dafür ist vor allem der unterschiedliche Luft- und Wasserhaushalt. Dies wirkt sich auf die Gefügebildung aus und beeinflusst die Bodenmikroorganismen sowie wahrscheinlich auch den Stickstoffumsatz.

Die Kalkbraunerde wies wegen periodischer Trockenheit und begrenzter durchwühlbarer Mächtigkeit weniger Regenwürmer auf. Trotzdem hatte sie im Oberboden ein lockereres, krümeliges Gefüge. Bei genügend hohem Tongehalt ist das Gefügebildungspotenzial in trockenen Böden allein durch das Quellen und Schrumpfen grösser als in feuchten Böden, und die Schädigungsgefahr durch die mechanisierte Bewirtschaftung ist geringer. In trockeneren Böden liegt die Bedeutung der Regenwürmer deshalb vor allem in der Stabilisierung der Kotkrümel und der Gangwände durch Schleimstoffe.

Im feuchteren Braunerde-Gley lebten erheblich mehr Regenwürmer. Dennoch war das Gefüge dieses Bodens kompakter und ohne deutlich abgegrenzte Krümel. Bei zunehmender Bodenfeuchtigkeit werden die Lebensbedingungen für die Regenwürmer günstiger und damit steigt auch das Gefügebildungspotenzial. Gleichzeitig steigt aber auch das Risiko der Gefügeschädigung durch das Befahren und Bearbeiten des Bodens sowie die Gefahr des Gefügezerfalls durch Stabilitätsverlust und Zerfließen der Aggregate. Der Gefügestand ergibt sich deshalb aus dem Wechselspiel zwischen gefügebildenden und -zerstörenden Vorgängen. Eine grosse Regenwurmpopulation bietet deshalb keine Gewähr für ein an-

Tab. 3. Regenwurmbiomasse und bodenmikrobiologische Kennwerte<sup>1)</sup>

Kennwerte	A Braunerde-Gley		B Kalkbraunerde		A in % von B
	Mittel	STABW <sup>2)</sup>	Mittel	STABW <sup>2)</sup>	
<b>Regenwurmbiomasse</b> g Frischgewicht / m <sup>2</sup>	189	45	123	64	154
<b>Mikrobielle Biomasse</b> ppm Biomasse-C in Feinerde	269	40	387	52	70
<b>Katalaseaktivität</b> Katalasezahl	10	1,6	15	3,1	67
<b>β-Glucosidaseaktivität</b> ppm Saligenin in Feinerde 3 h	61	9,4	76	8,7	80
<b>Proteaseaktivität</b> ppm Amino-N in Feinerde in 15 h	108	37,0	239	41,0	45

<sup>1)</sup> Mittelwerte aus 14 Bestimmungen, gleichmässig verteilt über die Jahre 1992 und 1993

<sup>2)</sup> Standardabweichung

dauernd lockeres Bodengefüge. Trotzdem sind diese Tiere gerade in feuchten Böden ein wichtiger Faktor der Gefügeregeneration.

Durch die Verstärkung der N-Mineralisierung können Regenwurmpopulationen die Nährstoffkonkurrenz zwischen Pflanzen und Bodenmikroorganismen beeinflussen, indem sie den Gehalt an frei verfügbarem Stickstoff erhöhen und die mikrobielle Biomasse des Bodens verringern. Um den Nährstoffumsatz der Böden zu verstehen, ist es deshalb unerlässlich, auch die Populationsdynamik und die Stoffwechselaktivitäten der Regenwürmer in die Untersuchung mit einzubeziehen.

#### Literatur

- Binet F. and Trehen P., 1992. Experimental microcosm study of the role of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta: Lumbricidae) on nitrogen dynamics in cultivated soils. *Soil Biol. Biochem.* **24**(12), 1501-1506.
- Bonkowski M., Griffiths B. S. and Ritz K., 2000. Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia* **44**, 666-676.
- Ehrmann O., Friedel J.K., Martin K., Sommer M. und Vollmer T., 1999. Böden als Lebensraum für Organismen – II. Funktionelle Analyse am Beispiel von pH und Bodenfeuchte. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **91**(2), 593-596.
- Ehrmann O. und Vollmer T., 1997. Regenwürmer im Hegau – Vorkommen und Wirkungen auf das Bodengefüge. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **85**, II, 489-492.
- Jäggi W., Weisskopf P., Oberholzer H.-R. und Zihlmann U., 2000. Mikrobielle Biomasse zweier Ackerböden. *Agrarforschung* **7**(6), 274-279.
- Kämmerer A., 1993. Regenwurmzönosen in niedermoorartigen Grünlandböden des Drömling (SO Niedersachsen). *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **72**, 555-558.
- Kretschmar A. and Monestiez P., 1992. Physical control of soil biological activity due to endogeic earthworm behavior. *Soil Biol. Biochem.* **24**(12), 1609-1614.
- Potthoff M. und Beese F.R., 1997. Extensivierte Bodenbearbeitung in integrierten Ackerbausystemen – Untersuchungen zum Abbau von Ernterückständen und zu Regenwurmpopulationen. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **85**, II, 579-582.
- Ruz-Jerez B. E., Ball P. R. and Tillman R. W., 1992. Laboratory assessment of nutrient release from a pasture soil receiving grass or clover residues, in the presence or absence of *Lumbricus rubellus* or *Eisenia foetida*. *Soil Biol. Biochem.* **24**(12), 1529-1534.
- Schmitt O. and Curry J.P., 2001. Population dynamics of earthworms (Lumbricidae) and their role in nitrogen turnover in wheat and wheat-clover cropping systems. *Pedobiologia* **45**, 174-187.
- Stähli R., Suter E. und Cuendet G., 1997. Die Regenwurm-Fauna von Dauergrünland des Schweizerischen Mittellandes. Synthesebericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 291. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 91 S.
- Weisskopf P. und Zihlmann U., 1994. Wasserhaushalt zweier ackerbaulich genutzter Böden. *Agrarforschung* **1**(5), 225-228.
- Wolters V. und Joergensen R. G., 1993. Wirkung von *Lumbricus terrestris* auf den mikrobiellen N-Umsatz in der Sukzessionsreihe Acker-Brache - Wald. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **69**, 147-150.

#### RÉSUMÉ

##### Les vers de terre de deux sols de grandes cultures

La relation entre les populations de vers de terre et les particularités du site a été étudiée sur un sol brun gleyifié et un sol brun calcaire. Le sol gleyifié, humide à mouillé, contenait une biomasse de vers de terre de 54 % supérieure par rapport à celle du sol brun calcaire. L'activité des vers améliore l'aération et provoque un mélange intime des particules minérales et organiques du sol, ce qui favorise notablement l'activité des micro-organismes. Comme les deux groupes d'organismes se nourrissent de déchets organiques, ils peuvent entrer en concurrence. Par conséquent, la multiplication des vers et l'accroissement de la minéralisation des éléments nutritifs qui en découle peuvent, selon les particularités du site, limiter le développement de la biomasse microbienne. Pour mieux comprendre les flux d'éléments nutritifs dans le sol, il est important de prendre également en compte la dynamique des populations de vers et leur activité métabolique.

#### SUMMARY

##### The earthworm populations in two soils

The relation between earthworm populations and site properties was studied in a gleyic and in a calcaric cambisol. In the wet gleyic cambisol the earthworm biomass was 54 % higher than in the drier calcaric cambisol. By increasing the aeration of the soil and a more intense mixing of organic and mineral soil constituents, earthworms generally enhance the activity of soil micro-organisms. On the other hand both groups of organisms are feeding on dead soil organic matter, thereby competing with each other. A strong reproductive and intensive nutrient mineralizing activity of earthworm populations may therefore – depending on the site conditions – reduce the development of microbial biomass in soil. In order to understand nutrient cycling in soil, population dynamics and metabolic activity of earthworms have to be considered.

**Key words:** Earthworms, site conditions, air and water regime, soil structure, soil microorganisms.