Vergleichende Untersuchungen zur Funktion der Kalkdrüse verschiedener Regenwurmarten bei unterschiedlicher CO₂-Atmosphäre

Jürgen C. Kühle

Studies were made with the help of special gassing apparatus, in which dead as well as living earthworms of the five species Lumbricus terrestris (= L.t.), Lumbricus rubellus (= L.r.), Octolasium lacteum (= 0.1.), Allolobophora caliginosa (= A.c.) and Eisenia foetida (= E.f.) were exposed to a determined amount of $^{14}\mathrm{CO}_2$. A certain amount of tracer-gas was added to the radioactive carbon dioxide so that the gassings, which lasted 12 hours each, were made with a carbon dioxide content of 0.2 and 5 Vol-%. The distribution of radioactivity in the different organs of the dead animals showed relatively constant values in all species, which can be explained by passive diffusion. In the living animals, the califerous glands of L.t. and L.r. showed a 4 (L.t.) resp. 22 (L.r.) times higher activity than in the three remaining species when 0.2 Vol-% CO₂ was used. When using 5 Vol-% CO₂ A.c. showed no significant difference to the use of 0.2 Vol-% CO₂. The calciferous glands of the other species howevers showed an activity which was higher by a factor of 57.6 (L.t.), 33 (L.r.), 12 (E.f.) and 3.2 (0.1). The results are discussed in accordance with the ecological conditions and systematic relation—ships of the different species.

Carbon dioxide, earthworms, calciferous glands, Lumbricidae, Oligochaeta.

1. Problemstellung

Von den abiotischen Faktoren, die auf edaphische Organismen wirken, fand die Bodenluftzusammensetzung bisher relativ wenig Beachtung. Dies ist um so erstaunlicher,
wenn man bedenkt, daß die Bodenorganismen gerade hier sehr spezifischen physiologischen Belastungen ausgesetzt sind, die im atmosphärischen Bereich normalerweise
nicht vorkommen. So liegt der CO2-Gehalt der Atmosphäre relativ gleichbleibend bei
einem Durchschnittswert von 0.03 Vol-%: Die Konzentration in einer Höhe von 21 000 m
unterscheidet sich mit 0.029 Vol-% nur geringfügig von derjenigen auf Meereshöhe
mit 0.033 Vol-% (TWIERSKOJ, 1962 zit. in EK et al., 1969). Im Gegensatz hierzu kommt
es bei der Bodenluft zu relativ starken Schwankungen. MIOTKE (1974) gibt eine Übersicht und diskutiert nicht nur die komplexen Wechselbeziehungen zwischen Temperatur,
Bodenfeuchte und CO2-Gehalt der Bodenluft, sondern geht auch auf die allgemeinen
Schwierigkeiten der Meßmethoden ein, die sicherlich auch ein Grund dafür sind, daß
man die Beziehung Organismus – Bodenluft wenig beachtete.

Der $\mathrm{CO_2}$ -Gehalt der Bodenluft unterliegt nicht nur jahreszeitlichen, sondern vielfach auch tageszeitlichen Schwankungen, wobei er zwischen 0.2 und 5 Vol-\$ variiert und in Einzelfällen sogar bis über 10 Vol-\$ (in überfluteten Reisanbauböden auf 60 Vol-\$!! nach PONNAMPERUMA, 1966) ansteigen kann. Gegenüber der freien Atmosphäre liegt im Boden also eine Erhöhung um das 7 - 200-fache vor. Einer solch starken Belastung kann ein Organismus auf unterschiedliche Weise begegnen, u. a. durch Verhaltensänderungen, durch Verlassen des Lebensraumes oder durch eine spezielle physiologische Anpassung.

Wieweit bei Regenwürmern, den bedeutendsten Vertretern des Makroedaphons, physiologische Anpassungsmechanismen existieren, wurde schon von VOIGT (1933) diskutiert. Er wies nach, daß Lumbricus terrestris L. noch nach 5 Tagen bei 14 Vol-% CO₂ bzw. noch nach 3 Tagen bei 25 Vol-% CO₂ überlebte. SHIRAISHI (1954) zeigte, daß die Art Eisenia foetida erst bei extrem hohen CO₂-Konzentrationen von 25 - 100 Vol-% CO₂ deutliche Verhaltensänderungen zeigt, während bei Konzentrationen von 6 - 12.5 Vol-% keine Reaktionen zu beobachten waren. Eine Beteiligung der Kalkdrüsen (= Morrensche Drüsen) bei der Eliminierung von überschüssigem CO₂ als Carbonat wurde bereits von VOIGT (1933) diskutiert. KÜHLE (1978) gibt eine ausführliche Darstellung der Hypothesen über die Funktion der Kalkdrüsen. Ziel der hier dargestellten Untersuchungen war es, durch eine Begasung mit ¹⁴CO₂ bei einer CO₂-Atmosphäre von 0.2 und 5 Vol-% an fünf verschiedenen Lumbricidenarten die Verteilung der Radioaktivität in bestimmten Organen zu überprüfen und die Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

2. Material und Methoden

Für die CO.-Begasung der Regenwürmer wurde eine Begasungsanlage konstruiert, die in Abb. 1 schematisch dargestellt ist und die im folgenden beschrieben wird.

2.1 Beschreibung der Begasungsanlage

Um Begasungsversuche mit 14 CO. durchzuführen, muß man eine geschlossene Versuchsapparatur verwenden. die es ermöglicht, daß nicht nur unterschiedliche CO2-Konzentrationen bei gleichen Druckverhältnissen vorliegen, sondern auch eine problemlose Beseitigung des radioaktiven Gases nach dem Versuch erfolgen kann.

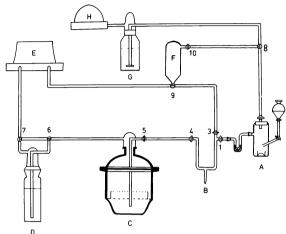


Abb. 1: Begasungsanlage zur 14CO2-Begasung (Beschreibung siehe Text)

A = Gasentwicklungsgefäß

F = Volumenausgleichsgefäß

B = Kühlfalle C = Begasungskammer G = Waschflasche H = Hochvakuumpumpe

D = Waschflasche

1,3,4,5,10 = Absperrhähne

E = Gasumwälzpumpe

6,7,8,9 = Dreiwegehähne

Die Begasungsanlage (Abb. 1) besteht aus einem Gasentwicklungsgefäß (A), das über ein u-förmiges Rohr, in dem sich als Trocknungsmittel Silicagel befindet, mit einem Gaskreislaufsystem verbunden ist. Dieses Gaskreislaufsystem besteht aus einer Kühlfalle (B), einer Begasungskammer (C) und einer Gasumwälzpumpe (E), die miteinander verbunden sind. Zwischen der Begasungskammer (C) und der Umwälzpumpe (E) kann der Gasstrom durch Verstellen der Dreiweghähne 6 und 7 durch eine Waschflasche (D) qeleitet werden, um das Gas nach dem Versuch zu eliminieren. Am Dreiwegehahn 9 ist das Gaskreislaufsystem mit einem Volumenausgleichgefäß (F) verbunden, welches wiederum über die Hähne 10 und 8 mit einer Hochvakuumpumpe (H) verbunden ist. Das Ausgleichsgefäß (F) ist auswechselbar und enthält ein Volumen, das dem Volumen des jeweils zugesetzten CO2 entspricht. Das Reaktionsgefäß (A) ist ebenfalls über den Dreiwegehahn 8 mit der Hochvakuumpumpe (H) verbunden, wobei zwischen Hahn 8 und der Pumpe wiederum eine Waschflasche (G) geschaltet ist.

2.2 Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen wurden an folgenden Lumbricidenarten durchgeführt: Lumbricus terrestris L., Lumbricus rubellus Hoffm., Octolasium lacteum Oerl., Allolobophora caliginosa Sav. f. typica und Eisenia fotida Sav. Die Versuchstiere stammten von einem natürlichen Standort, lediglich Eisenia foetida wurde aus einer Laborzucht verwendet. Für die Begasung wurden nur adulte Tiere verwendet, die zwei Wochen vorher unter gleichen Bedingungen gehalten wurden. Die Begasung erfolgte in gemischten Gruppen zu je 3 Tieren pro Art und Versuch. Die Begasung von abgetöteten und lebenden Tieren wurde getrennt durchgeführt. Insgesamt wurden die Begasungsversuche viermal wiederholt, Wobei stets andere Tiere verwendet wurden und wobei darauf geachtet wurde, bei den Exemplaren der einzelnen Arten Tiere gleicher Gewichtsklassen zu verwenden.

Nach Einsetzen der Versuchstiere in Gefäß (C) wurden die Gefäße (A), (B) und (F) evakuiert. Zur Gasentwicklung wurde BaCO, mit 1-molarer HCl versetzt, wobei für die 5 Vol-%-Versuche 1503.5 mg BaCO3, für die O.2 Vol-%-Versuche 60 mg BaCO3 verwendet wurden (Gaskreislaufvolumen 3420 ml). Die Baco, verwendet wirden die 0.2 vor-*-versuche ob ing Baco, verwendet wurden (daskreisianivorimen 34.2 mir). Die aufgeführte Menge BaCO, enthielt jeweils 6.0 mg Ba¹⁴CO, mit einer spezifischen Aktivität von 3.552 mCi (= 13.142 x 10⁷ Bq = 7.885 x 10⁹ dpm). Vor der Gasentwicklung wurden alle Hähne geschlossen, die Kühlfalle in flüssigen Stickstoff getaucht und durch Öffnen von Hahn 1 das Reaktionsgefäß (A) mit der Kühlfalle (B) verbunden. Beim 5 Vol-%-CO2-Versuch wurde durch Betätigung des Hahnes 9 dem Gaskreislaufsystem 5 Vol-% Luft entzogen, was das Vakuum in Gefäß (F) ausglich. Nach Schließen des Hahnes 1 und Öffnen der Hähne 3,4,5,6,7 und 9 wurde die Umwälzpumpe betätigt und die Würmer jeweils 12 Stunden begast. Zur Beendigung des Versuches wurde der Luftstrom durch die Waschflasche (D), die mit 200 ml 1-molarer NaOH gefüllt war, geleitet.

pie Würmer wurden in absolutem Alkohol abgetötet. Anschließend wurden folgende Organteile herausprapariert: Pharynx (I), Kalkdrüsen (II), Samenblasen (III), Magenwand (IV), Mageninhalt (V), Vorderdarm (VI) vor dem Clitellum, Mitteldarm (VII) 15-20 Segmente hinter dem Clitellum, Hinterdarm (VIII), Blut (IX) aus den Lateralherzen und Integument (X) aus Kalkdrüsen, Vorderdarm-, Mitteldarmund Hinterdarmregion.

Die Proben wurden getrocknet, gewogen und anschließend im Packard-Oxydizer Modell B-306 (Carbosorb/ Permafluor V) verbrannt. Die Messung der Radioaktivität erfolgte in einem Packard Tricarb 3380 szintillationsspektrometer auf dem C-14-Kanal.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abb. 2 dargestellt. Die Werte sind jeweils Mittelwerte, die logarithmisch aufgezeichnet sind (in cpm/mg Trockengewicht). Um der übersichtlichkeit willen werden hier den Kalkdrüsenwerten (obere Reihe) die Werte der anderen Organe mit Ausnahme des Blutes zusammengefaßt gegenübergestellt. pies war nur deshalb möglich, weil sich herausstellte, daß die Unterschiede der einzelnen Organteile nur geringfügig variierten (relativer Variationskoeffizient v_r (%) = 3.2 bei 0.2 Vol-% CO_2 und 3.6 bei 5 Vol-% CO_2). Lediglich bei den Werten von Vorder-, Mittel- und Hinterdarm erschienen stärkere Unterschiede (Vr (%): 8.7 - 11.2), die auf abgegebene Kalkkonkremente zurückzuführen sind. In Abb. 2 geben die nach oben gerichteten Kolumnen die Werte der lebenden Tiere wieder, die nach unten gerichteten die der toten Tiere. Die jeweils linke (punktierte) Kolumne zeigt den Wert bei einer 0.2 Vol-% CO2-Begasung, die rechte (schräg schraffierte) Kolumne den Wert bei 5.0 Vol-% CO2.

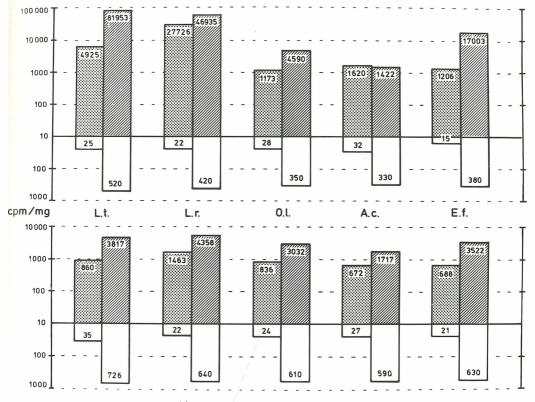


Abb. 2: Ergebnisse der 14CO₂-Begasungen

(logarithmisch). Obere Reihe: Radioaktivität der Kalkdrüsen, untere Reihe: Radioaktivität der anderen Organe;

nach oben gerichtete Kolumnen: lebende Tiere; nach unten gerichtete Kolumnen: tote Tiere; linke (punktierte) Kolumnen: 0.2 Vol-% CO2, rechts (schraffierte) Kolumnen: 5 Vol-% CO2.

L.t. = Lumbricus terrestris L.r. = Lumbricus rubellus

A.c. = Allolobophora caliginosa

E.f. = Eisenia foetida

0.1. = Octolasium lacteum

Die toten Versuchstiere zeigen hinsichtlich der spezifischen Aktivität weitgehende Übereinstimmung zwischen den Arten. Die nachweisbare Radioaktivität liegt bei einer Begasung mit 5 Vol-% CO₂ deutlich höher als bei 0.2 Vol-%, was durch den höheren CO₂-Partialdruck und dessen Auswirkung auf die Diffusion zu erklären ist. Anders verhält es sich jedoch bei den lebenden Tieren. Lumbricus terrestris (L.t.) läßt erkennen, daß sich die Kalkdrüsen deutlich von den anderen Organen unterscheiden. Die Werte liegen bei der 0.2 Vol-% CO₂-Begasung 5.7-fach, bei der 5 Vol-% CO₂-Begasung sogar 21.5-fach höher. Vergleicht man die Kalkdrüsenwerte der beiden Begasungen miteinander, so zeigt sich bei der 5 Vol-% CO₂-Begasung ein um den Faktor 16.6 höherer Wert. Demnach sind die Kalkdrüsen bei dieser Art schon bei geringen CO₂-Konzentrationen tätig; bei hohen Konzentrationen verstärkt sich die Drüsentätigkeit erheblich.

Lumbricus rubellus (L.r.) zeigt bereits bei niedrigen CO₂-Werten eine starke Drüsen-aktivität. Die nachweisbare Radioaktivität liegt um das 19-fache höher als in den anderen Organen und um das 5.6-fache höher als bei Lumbricus terrestris. Bei 5 Vol-% CO₂ verstärkt sich die Drüsentätigkeit ebenfalls, wobei sich die Werte der spezifischen Aktivität beinahe verdoppeln (10.7-faches der anderen Organe); absolut gesehen liegt aber gegenüber Lumbricus terrestris eine geringere Aktivität vor.

Octolasium lacteum (O.1.) und Allolobophora caliginosa (A.c.) zeigen gegenüber den Lumbricus-Arten nur eine geringe Drüsentätigkeit. Gegenüber den anderen Organen sind die Werte der Kalkdrüsen bei Octolasium lacteum nur um 1.4- (0.2 Vol-% $\rm CO_2$) bzw. 1.5-mal (5 Vol-% $\rm CO_2$) höher, bei Allolobophora caliginosa nur um das 2.4-fache (0.2 Vol-% $\rm CO_2$) bzw. 0.8-fache (5 Vol-% $\rm CO_2$) bow. 0.8-fache (5 Vol-% $\rm CO_2$) höher.

Eisenia foetida (E.f.) zeigt bei geringen CO_2 -Werten ebenfalls nur eine schwache Drüsentätigkeit (1.7-faches der anderen Organe). Bei den hohen CO_2 -Konzentrationen steigt die spezifische Aktivität gegenüber den anderen Organen um das 4.8-fache, gegenüber den Kalkdrüsen bei 0.2 Vol-% CO_2 um das 14-fache.

Vergleicht man die Kalkdrüsenaktivität der einzelnen Arten bei den unterschiedlichen Konzentrationen miteinander, so läßt sich also sagen, daß bei der geringen CO₂-Konzentration von 0.2 Vol-% CO₂ die Kalkdrüsen von Lumbricus terrestris und Lumbricus rubellus eine um das 4- bzw. 22-fach höhere Aktivität aufweisen als die drei anderen Arten. Bei einer Begasung mit 5 Vol-% CO₂ liegt die Drüsenaktivität bei Lumbricus terrestris um das 57.6-fache, bei Lumbricus rubellus um das 33-fache, bei Eisenia foetida um das 12-fache und bei Octolasium lacteum um das 3.2-fache höher als bei der Art Allolobophora ealiginosa.

Die neueren Diskussionen über die Funktion der Kalkdrüsen (LAVERACK 1963, KÜHLE 1978) zeigen deutlich, daß es sich um ein multifunktionelles Organ handelt. KÜHLE (1978) konnte zeigen, welch zentrale Rolle die Drüsen im Calciumstoffwechsel von Lumbricus terrestris spielen. Danach kommt den Drüsen wohl primär eine Bedeutung zur Eliminierung von Calcium zu, das durch Ca-reiche Nahrung aufgenommen wurde. Es ist weiterhin festzustellen, daß die Anatomie der Kalkdrüsen bei den verschiedenen Arten nicht einheitlich ist. Eine vergleichend-anatomische Untersuchung der Kalkdrüsen, die KREUTZ (1936) an verschiedenen Arten durchführte, zeigt aus histologischanatomischer Sicht eine fortlaufende Entwicklungsreihe auf, die sich einmal auf eine quantitativ faßbare Vergrößerung der Drüsenschichtoberfläche und eine Zunahme, der Drüsenlamellen, zum anderen vor allem aber auf die Entwicklung und den Verlauf der Blutqefäße im Drüsenbereich stützt. Hiernach besitzt Eisenia foetida den einfachsten Drüsentyp, während die Lumbricus-Arten den komplexesten Typ aufweisen. Die Drüsen von Octolasium lacteum sind wiederum differenzierter als die der Allolobophora-Arten. Betrachten wir die Abb. 2, so läßt sich feststellen, daß die Komplexität der Drüsen von rechts nach links zunimmt. Dies stimmt mit den Ergebnissen bei einer 0.2 Vol-% CO₂-Begasung der Tiere überein, denn nur die Lumbricus-Arten zeigen eine hohe Drüsentätigkeit. Diese beiden Arten zeichnen sich auch noch dadurch aus, daß beide sich von Ca-reicher Nahrung (Streu, Laub) ernähren. Lumbricus terrestris ist aber gleichzeitig auch eine typische Mineralbodenform und dringt in Tiefen bis zu über 3 Meter vor, also in Bereiche mit eventuell relativ hohen CO2-Werten. Lumbricus rubellus gilt dagegen als reiner Streuzersetzer, der in der obersten Humusschicht lebt. Als Streuzersetzer zeigt er unter normalen Bedingungen (0.2 Vol-% CO2) die höchste Drüsenaktivität der untersuchten Arten. Anders verhält es sich bei hohen CO2-Konzentrationen, wo er durch Lumbricus terrestris weit übertroffen wird, da sich hier parallel zur Primärfunktion, der Beseitigung überschüssiger Ca-Ionen, auf Grund der Lebensweise der Mechanismus der Carbonatisierung stärker durchsetzt. Die schwache Drüsentätigkeit von Octolasium lacteum und Allolobophora caliginosa, zweier pigmentloser Arten des minera-lischen Oberbodens, kann auch, wie dies von PIEARCE (1969) diskutiert wurde, auf eine verminderte Ca-Aufnahme im Magen-Darmtrakt zurückzuführen sein. Wenn man wie SATCHELL (1955) die Regenwurmarten in die ökophysiologischen Gruppen der säuretoleranten, ubiquitären und meist pigmentierten Streuzersetzer einteilt sowie die der säureintoleranten, unpigmentierten Mineralbodenformen (u. a. alle Allolobophora-Arten, dann bleibt bis jetzt nach wie vor offen, ob diese Zweiteilung in gleicher Weise auch für die Kalkdrüsenaktivität der einzelnen Arten gilt. Nicht nur die Frage, wieweit alle säureintoleranten, unpigmentierten Mineralbodenformen auch schwach aktive Drüsen haben, ist von weiterem Interesse, sondern auch die Frage, wie diese Arten höhere CO2-Konzentrationen im mineralischen Oberboden bewältigen. Eisenia foetida, eine an Kompost- und Misthaufen gebundene Art, besitzt zwar den primitivsten Drüsentyp, hat aber gleichzeitig die Fähigkeit, bei hohen ${\rm CO_2}$ -Konzentrationen mit Hilfe der Kalkdrüsen überschüssiges ${\rm CO_2}$ als ${\rm CaCO_3}$ zu eliminieren. Wieweit dies mit den Lebensbedingungen in Kompost- und Misthaufen bzw. den ursprünglichen Lebensräumen zusammenhängt, bleibt noch ungeklärt.

Literatur

- EK C. et al., 1969: Some analyses of the CO, content of the air of five Polish caves. Z. Geomorph. 13: 267-286.
- KREUTZ H.J., 1936: Studien an einheimischen Lumbriciden. Z. Morph. Oekol. Tiere 30: 786-810.
- KÜHLE J.C., 1978: Radiotraceruntersuchungen zum Calciumstoffwechsel von Lumbricus terrestris L. (Inst. f. Angew. Zoologie) Diplomarb. Univ. Bonn.
- LAVERACK M.S., 1963: The Physiology of Earthworms. London/New York (Pergamon): 206 p.
- MIOTKE F.-D., 1974: Carbon dioxide and the soil atmosphere. Abh. Karst.- u. Höhlenk. A 9: 49 p.
- PIEARCE T.G., 1969: A study of the activity and function of calciferous glands in selected Lumbricidae. PhD-Thesis Bangor (University of Wales): 213 p.
- PONNAMPERUMA F.N. et al., 1966: Influence of redox potential and partial pressure of carbon dioxide on pH values and the suspension effect of flooded soils. Soil Sc. 101: 421-431.
- SATCHELL J.E., 1955: Some aspects of earthworm ecology. In: (Ed. KEVAN D.K. Mc E.) Soil Zoology. London (Butterworths): 180-201.
- SHIRAISHI K., 1954: On the chemotaxis of the earthworm to carbon dioxide. Sci. Rep. Tôhoku Univ. 20: 356-361.
- TWIERSKOJ P.N., 1962: Kurs meteorologii. Leningrad.
- VOIGT O., 1933: Die Funktion der Regenwurm-Kalkdrüsen. Zool. Jb. Abt. Allg. Zool. Physiol. Tiere 52: 677-708.

Adresse

Jürgen C. Kühle Institut für Angewandte Zoologie Universität Bonn An der Immenburg 1

D-5300 Bonn 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: <u>8_1980</u>

Autor(en)/Author(s): Kühle Jürgen Christian

Artikel/Article: <u>Vergleichende Untersuchungen zur Funktion der Kalkdrüse</u> <u>verschiedener Regenwurmarten bei unterschiedlicher C02-Atmosphäre</u>

<u>411-415</u>