

Vergleichende Untersuchungen zur Funktion der Kalkdrüse verschiedener Regenwurmart 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.), *Octolasion lacteum* (= O.l.), *Allolobophora caliginosa* (= A.c.) and *Eisenia foetida* (= E.f.) were exposed to a determined amount of ¹⁴CO₂. 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 calciferous 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 however showed an activity which was higher by a factor of 57.6 (L.t.), 33 (L.r.), 12 (E.f.) and 3.2 (O.l.). The results are discussed in accordance with the ecological conditions and systematic relationships of the different species.

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

1. Problemstellung

Von den abiotischen Faktoren, die auf edaphische Organismen wirken, fand die Bodenvollgaszusammensetzung 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 Verhältnisse der Meßmethoden ein, die sicherlich auch ein Grund dafür sind, daß man die Beziehung Organismus - Bodenluft wenig beachtete.

Der CO₂-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. SHIRAIISHI (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.

Die Würmer wurden in absolutem Alkohol abgetötet. Anschließend wurden folgende Organteile herauspräpariert: 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-, Mitteldarm- und 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. Dies 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 (V_r (%): 8.7 - 11.2), die auf abgegebene Kalkkonzentrate 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 (punktierete) Kolumne zeigt den Wert bei einer 0.2 Vol-% CO_2 -Begasung, die rechte (schräg schraffierte) Kolumne den Wert bei 5.0 Vol-% CO_2 .

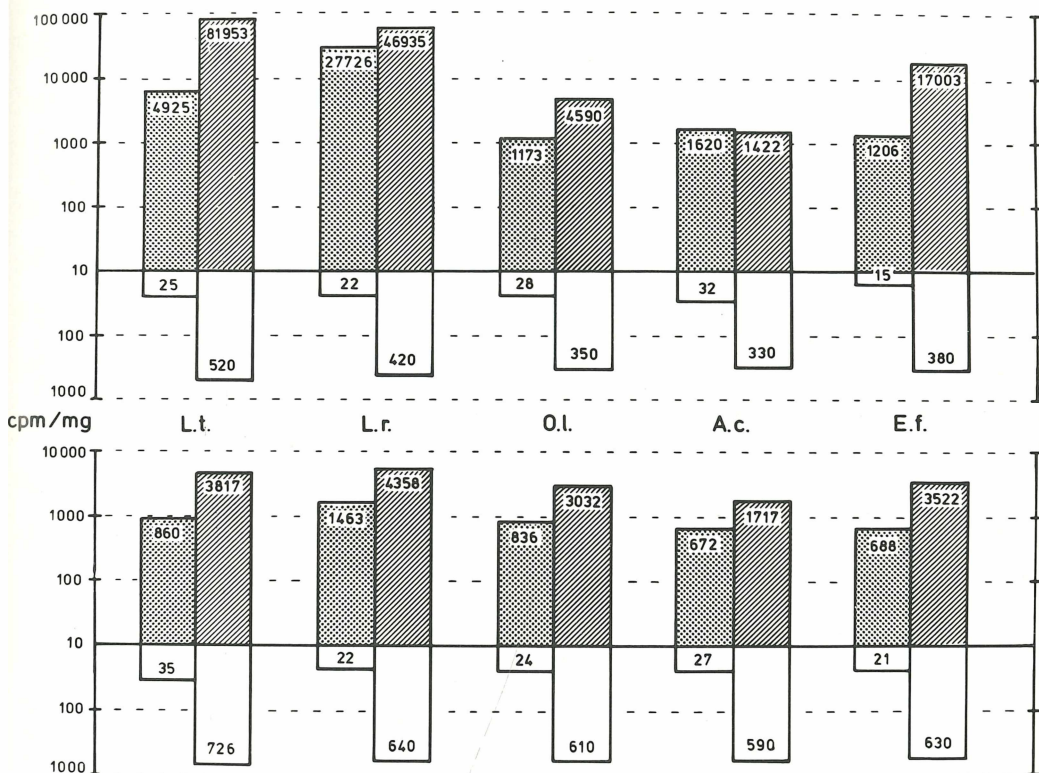


Abb. 2: Ergebnisse der $^{14}CO_2$ -Begasungen

(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 (punktierete) Kolumnen: 0.2 Vol-% CO_2 , rechts (schräffierte) Kolumnen: 5 Vol-% CO_2 .

L.t. = *Lumbricus terrestris*

A.c. = *Allolobophora caliginosa*

L.r. = *Lumbricus rubellus*

E.f. = *Eisenia foetida*

O.l. = *Octolasion 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 Drüsenaktivität. 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.

Ocotolasilum lacteum (O.l.) und *Allolobophora caliginosa* (A.c.) zeigen gegenüber den *Lumbricus*-Arten nur eine geringe Drüsentätigkeit. Gegenüber den anderen Organen sind die Werte der Kalkdrüsen bei *Ocotolasilum lacteum* nur um 1.4- (0.2 Vol-% CO₂) bzw. 1.5-mal (5 Vol-% CO₂) höher, bei *Allolobophora caliginosa* nur um das 2.4-fache (0.2 Vol-% CO₂) bzw. 0.8-fache (5 Vol-% CO₂) höher.

Eisenia foetida (E.f.) zeigt bei geringen CO₂-Werten ebenfalls nur eine schwache Drüsentätigkeit (1.7-faches der anderen Organe). Bei den hohen CO₂-Konzentrationen steigt die spezifische Aktivität gegenüber den anderen Organen um das 4.8-fache, gegenüber den Kalkdrüsen bei 0.2 Vol-% CO₂ 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 *Ocotolasilum lacteum* um das 3.2-fache höher als bei der Art *Allolobophora caliginosa*.

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 histologisch-anatomischer 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 Blutgefäße im Drüsenbereich stützt. Hiernach besitzt *Eisenia foetida* den einfachsten Drüsentyp, während die *Lumbricus*-Arten den komplexesten Typ aufweisen. Die Drüsen von *Ocotolasilum 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 *Ocotolasilum lacteum* und *Allolobophora caliginosa*, zweier pigmentloser Arten des mineralischen Oberbodens, kann auch, wie dies von PEARCE (1969) diskutiert wurde, auf eine verminderte Ca-Aufnahme im Magen-Darmtrakt zurückzuführen sein. Wenn man wie SATCHELL (1955) die Regenwurmart 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 noch 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 CO_2 -Konzentrationen mit Hilfe der Kalkdrüsen überschüssiges CO_2 als 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_2 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. Tōhoku 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: [8_1980](#)

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

Artikel/Article: [Vergleichende Untersuchungen zur Funktion der Kalkdrüse verschiedener Regenwurmarten bei unterschiedlicher CO₂-Atmosphäre 411-415](#)