

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Aus der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg

Experimentelle Untersuchungen zur ökologischen Physiologie von *Arenicola marina*

Von FR. KRÜGER

Zusammenfassung: Eine exakte Untersuchung der Lebensweise von *Arenicola* kann nur unter kontrollierten Bedingungen im Laboratorium erfolgen. Durch einen aus Glas bestehenden Kunstbau, der dem Wurm die Möglichkeit gibt, Sand zu fressen und in normaler Weise Kotstränge abzuwerfen, ist jetzt die Voraussetzung für derartige Untersuchungen gegeben. In den mit Sand gefüllten Röhren ist normalerweise die Pumpfähigkeit fast kontinuierlich. Zur Ernährung der Würmer können Suspensionen von Chlorellen und Algendetritus dienen. Bei der Sandaufnahme scheint eine Auslese nach chemischen und mechanischen Eigenschaften zu erfolgen.

Summary: The exact study of the biology of *Arenicola* will only be possible under corresponding conditions of control in the laboratory. By means of an artificial habitat, an observation tube of glass, enabling the worm to consume sand and to cast off faecal cylinders, it is now possible to conduct research to this end. Normally, the irrigative activity of the worms in the tubes filled with sand is continual, i. e. without quiescent spells. The worms may be fed with *Chlorella* or detritus of algae. Sand seems to be taken selectively according to its chemical and mechanical properties.

Angesichts der ungeheuren Individuenzahl, in der der Wattwurm die Sandküsten des Atlantik bewohnt, ist es überraschend, wie wenig wir bis in die neueste Zeit hinein über seine Biologie wissen. Dabei müssen wir annehmen, daß der Wurm im Stoffhaushalt des von ihm besiedelten Wattes eine wesentliche Rolle spielt. Diese läßt sich aber nur beurteilen, wenn wir seine Lebensweise kennen.

Der unterirdische Aufenthalt des Wurmes entzieht die Mehrzahl seiner Lebensäußerungen direkten Beobachtungen im Biotop. Daher ist deren Beitrag zur Kenntnis des Wurmes gering und hat zu stark auseinanderweichenden und zum Teil falschen Vorstellungen geführt.

Unter diesen Umständen können wir nur hoffen, durch das Laboratoriumsexperiment gesicherte Kenntnisse zu gewinnen, wenn es uns glückt, den Wurm im Laboratorium unter möglichst den natürlichen Verhältnissen angepaßten Bedingungen zu halten.

Es bereitet zwar keine Schwierigkeiten, *Arenicola* in mit Sand gefüllten Aquarien anzusiedeln, aber auch in ihnen läßt sich der Wurm kaum beobachten, da er normalerweise mit seinen Bauten nicht die Glaswandungen berührt und sich auch hier einer genaueren Untersuchung entzieht. Bessere Beobachtungsbedingungen bietet die Haltung der Würmer in Glasröhren, wie sie erstmalig wohl BOHN (1901) vornahm. In neuester Zeit hat vor allem WELLS in solchen Glasröhren zahlreiche wichtige Beobachtungen über das Verhalten von *Arenicola* gesammelt. Er benutzte bei seinen Untersuchungen einfache U-förmige Glasrohre, in denen sich die Würmer über mehrere Wochen halten und beobachten lassen. Durch Kombination von Freilanduntersuchungen und Laboratoriumsexperimenten konnte WELLS (1945) die Konstruktion des Wohnbaues von *Arenicola* und die darin herrschenden Strömungsverhältnisse aufklären. Seine Untersuchungen bildeten Ausgangspunkt und Grundlage meiner Arbeiten.

Nach seiner Beschreibung besteht der Wohnbau von *Arenicola* aus einem L-förmigen Wohngang, der unter dem Kothaufen senkrecht in den Boden eindringt, um dann in

einen horizontal verlaufenden Endabschnitt überzugehen. In diesem Wohngang liegt der Wurm, das Kopfende im horizontalen Endabschnitt, das Schwanzende im senkrecht aufsteigenden Teil.

Kontraktionswellen, die über den Rumpfabschnitt des Wurmes in der Richtung vom Schwanzansatz zum Kopf verlaufen, saugen durch Poren im Kothaufen Wasser von der Oberfläche an. Am blinden Ende des Wohnganges wird das angesaugte Wasser in den Schlick des Wattbodens gedrückt und gelangt durch ihn hindurch wieder an die Oberfläche.

Dieser Teil des Weges des Wasserstromes ist im dunklen Schlickboden dadurch gekennzeichnet, daß er aus hellem Oberflächensand besteht. Die Bildung des Sandstranges kommt dadurch zustande, daß durch die Freßtätigkeit des Wurmes im Boden Hohlräume entstehen, die durch nachfließenden Oberflächensand aufgefüllt werden. An der Wattoberfläche ist die Lage des Sandstranges durch den Trichter gekennzeichnet. Solange der Wurm frißt, erfolgt in dem Sandstrang eine Wanderung von Oberflächensand in die Tiefe.

Arenicola frißt also nicht den Schlick, in dem er lebt, sondern den Oberflächensand. Es ist kaum anzunehmen, daß dieser Oberflächensand genügend organische Substanz für die Ernährung des Wurmes enthält. Diese Vermutung konnte durch chemische Analysen bestätigt werden (KRÜGER, 1958). In dieser Arbeit hatte ich darauf hingewiesen, daß der Sandstrang für den Wasserstrom, den der Wurm durch ihn treibt, als Filter wirkt, daß also in ihm enthaltene Partikel im Sand zurückgehalten und mit ihm gefressen werden.

Mit Hilfe einer Karminsuspension, die bei einem im Aquarium gehaltenen Wurm in einem Glaszylinder über den Kothaufen gesetzt wird, konnte die Filterwirkung mit einfachsten Mitteln demonstriert werden. Die rote Farbe der anschließend ausgeworfenen Kotstränge beweist, daß tatsächlich der Wurm das im Sandstrang abfiltrierte Material auch frißt.

Arenicola gehört nach dieser Anschauung also zu der im Meer so häufig vertretenen Gruppe der Filtrierer, die den reichen Gehalt des Seewassers an feinst verteilten Nährstoffen ausnutzen.

Mit dieser grundsätzlich neuen Erkenntnis über die Ernährungsweise von Arenicola erhoben sich zahlreiche Fragen, die einer Untersuchung im Biotop nur in beschränktem Umfange zugänglich sind; sie erfordern eindeutige und exakte Untersuchungen im Laboratorium.

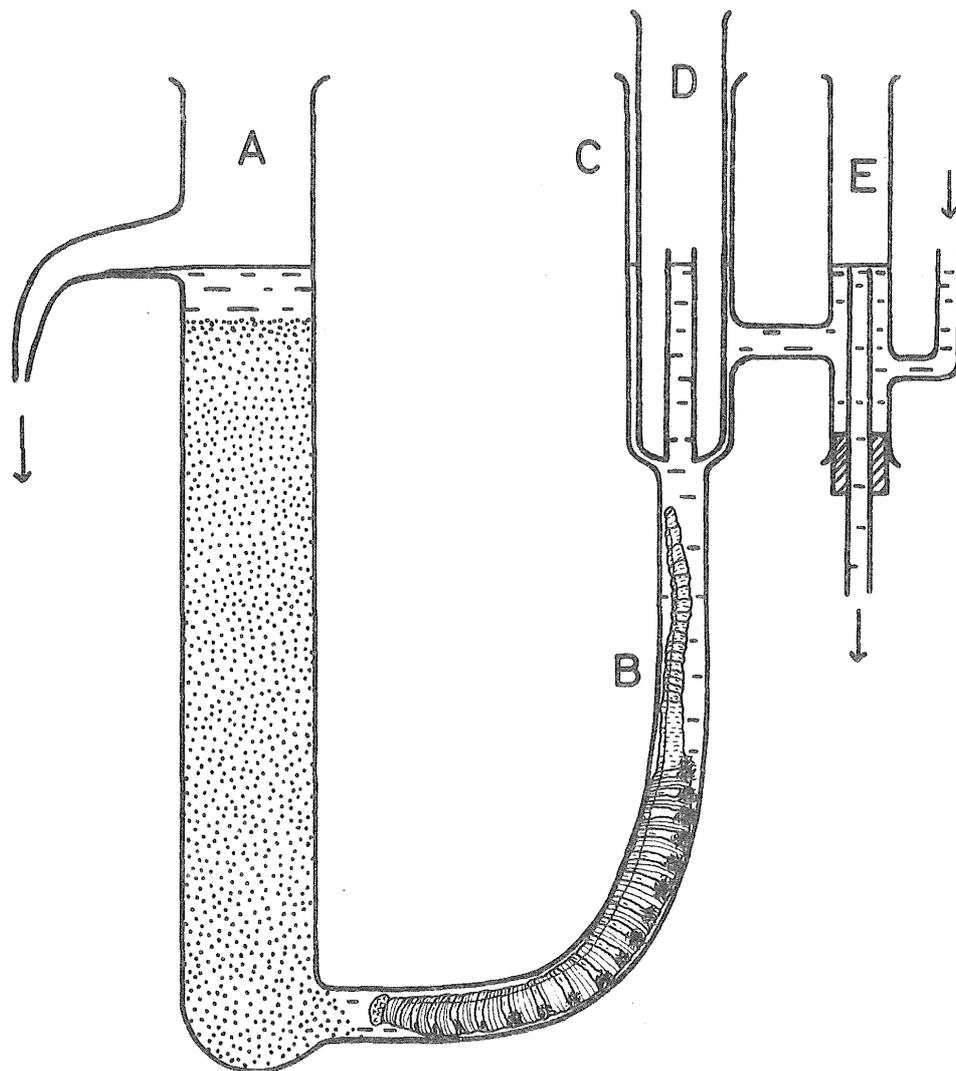
Die von WELLS angewandten Rohre enthalten keinen Sand. Um die Funktion des Sandstranges zu studieren, der mich besonders interessierte, füllte ich den einen Schenkel der WELLS'schen Rohre mit Sand. Schon bei den ersten Versuchen ergab sich, daß die Würmer begannen, den vorgelegten Sand zu fressen. Aber die von den Würmern anschließend ausgeworfenen Kotstränge verstopften sehr schnell die Rohre in dem Maße, daß die Würmer nicht mehr ihre Pumptätigkeit aufrecht erhalten konnten.

Diese Schwierigkeit wurde in einfachster Weise dadurch behoben, daß der erweiterte Anfangsteil des Wohnrohres einen Einsatz aufnimmt, in den die Würmer ihren Kot abwerfen, wenn sie zur Kotabgabe hochkriechen. Aus dem Einsatz kann dann der Kot leicht entnommen werden. (Abb. 1)

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 1)

Abb. 1: Schematische Darstellung des Kunstbaues für Arenicola.

A. Sandrohr mit Überlauf, B. Wohnrohr, C. Erweiterter Teil des Wohnrohres zur Aufnahme des Einsatzes, D. Einsatz zur Aufnahme des abgeworfenen Kotes, E. Niveaugler für den Seewasserzufluß. Die Richtung des Wasserstromes ist durch Pfeile gekennzeichnet.



Tafel 1 (zu F. Krüger)

Außerdem wurde der den Sand aufnehmende Teil des Rohres erweitert, um den Filtrationswiderstand des Sandstranges herabzusetzen. Oberhalb des Sandstranges trägt das Rohr einen Überlauf, aus dem das vom Wurm gepumpte Wasser ausfließt und hier quantitativ bestimmt werden kann.

Mit solchen Kunstbauten ist jetzt die Möglichkeit gegeben, an *Arenicola* unter annähernd natürlichen Bedingungen alle interessierenden Fragen im Laboratorium zu untersuchen. Von den zahlreichen, jetzt anstehenden Fragen wurden zunächst folgende in Angriff genommen:

1. Die Pumptätigkeit der Würmer

Die an den Kunstbauten angebrachte Niveauregulierung für den Wasserzufluß verhindert, daß ohne Zutun der Würmer Wasser durch die Rohre fließt. Das von den Würmern gepumpte Wasser tropft aus dem Stutzen oberhalb des Sandstranges. Die einzelnen Tropfen fallen zwischen zwei Elektroden und lösen hierbei Stromstöße aus, die — nach Verstärkung — auf einem Kymographion jeden Tropfen durch einen Strich markieren. Parallel hierzu wird die Zahl der Tropfen mit einem elektrischen Zählwerk gezählt. Als wichtigstes Ergebnis zeigte sich hierbei, daß die allgemein in der Literatur als intermittierend beschriebene Pumptätigkeit in den mit Sand gefüllten Rohren normalerweise kontinuierlich und nur von kurzen Pausen unterbrochen ist. Die von den früheren Autoren beschriebene unterbrochene Pumptätigkeit der Würmer beobachtete auch ich in Rohren, die nicht mit Sand gefüllt waren. Die oft sehr regelmäßigen Unterbrechungen in der Pumptätigkeit scheinen durch das Fehlen des Sandes ausgelöst zu werden und dürften ein Kunstprodukt sein. Hiermit werden die von LINDROTH (1943) und WELLS (1949) gegebenen Deutungen für die intermittierende Tätigkeit hinfällig.

2. Die Ernährung der Würmer im Kunstbau

Bislang zeigten die Würmer in den Kunstbauten in den über Wochen sich hinziehenden Versuchen erhebliche Gewichtsverluste. Offensichtlich war die Nährstoffzufuhr mit dem Seewasser aus der Leitung der Helgoländer Station nicht ausreichend. Auf eine Reihe geprüfter Substanzen, die ich dem Seewasserzufluß beifügte, antworteten die Würmer mit der Einstellung der Pumptätigkeit. Chlorellen scheinen ein geeignetes Futtermaterial zu sein, ebenso Algendetritus. Die Freßtätigkeit der Würmer wird im Gegensatz zur Pumptätigkeit durch Licht eindeutig gehemmt. Bislang arbeitete ich, um bessere Beobachtungsmöglichkeiten zu haben, bei Tageslicht. Wenn man auch unter diesen Bedingungen die wesentlichen Lebensäußerungen studieren kann, empfiehlt es sich doch, die Würmer unter Lichtabschluß zu halten.

3. Die Auswahl des gefressenen Sandes

Im Verlauf der Versuche ergab der mikroskopische Vergleich der Sand-Korn-Größen in den Kotsträngen und in dem im Rohr vorgelegten Sand Unterschiede. Der Wurm scheint beim Fressen eine Auswahl zu treffen, jedoch bereitet vorläufig die Durchführung dieser Versuche noch technische Schwierigkeiten.

Der Wurm frißt offensichtlich nicht wahllos den vor ihm liegenden Sand. Da er aber in den Kunstbauten mit seinem Kopf immer in den Sand eindringt, kann man leider seine Freßtätigkeit nur gelegentlich beobachten. In allen Fällen, in denen der Freßvorgang sichtbar war, ergab sich übereinstimmend, daß der Wurm mit Hilfe der Papillen auf seinem Pharynx die Sandkörner abraspelt. Von den erfaßten Sandkörnern wird aber immer nur ein Teil in den Mund aufgenommen, die übrigen läßt der Wurm fallen.

Die Auslese scheint einmal nach chemischen Gesichtspunkten, also Geschmack zu erfolgen, zum anderen nach der Korngröße, also nach taktilen Reizen. Sandkörner über 2 mm Größe nahmen die bisher untersuchten Würmer nur selten auf.

Eine solche Begrenzung des vom Wurm gefressenen Materiales nach oben hin ist verständlich, da er im Sandstrang mitwandernde Muschelschalen z. B. sicher nicht fressen kann.

Durch die von den Würmern erzeugte Strömung von Sand in die Tiefe gelangen auch sicher solche groben Partikel in den Untergrund. Da nur das feinere Material wieder durch die Freßtätigkeit der Würmer an die Oberfläche zurückbefördert wird, ist damit zu rechnen, daß in den von *Arenicola* besiedelten Gebieten eine Anreicherung grober Bestandteile in der Tiefe, also eine Verfestigung des Wattbodens erfolgt. In seiner Diskussionsbemerkung wies Herr Dr. W. GUTTMANN (Wilhelmshaven) darauf hin, daß in der Tat Dr. REINECK (Wilhelmshaven) eine Anreicherung groben Materials in der Tiefe als charakteristisch für die Siedlungsgebiete von *Arenicola* gefunden hat. Ob auch hinsichtlich der kleinsten Sandkorngrößen eine Auswahl getroffen wird, kann ich auf Grund meiner bisherigen Messungen noch nicht mit Sicherheit sagen, halte es aber für wahrscheinlich. In diesem Falle wäre eine Erklärung für die Schlickbildung im *Arenicola*-Watt gegeben, da auch die feinsten Partikel in der Tiefe abgelagert und damit dem Abtransport durch die Brandung entzogen würden.

Der zur Verfügung stehende Raum gestattet nicht, auf die Fülle der Einzelbeobachtungen einzugehen, die an anderer Stelle publiziert werden sollen.

Das Studium der Biologie von *Arenicola* darf sich aber nicht nur auf Laboratoriumsuntersuchungen beschränken, sondern muß nach Ausarbeitung geeigneter Verfahren auch auf Experimente im Biotop unter natürlichen Verhältnissen ausgedehnt werden.

Den Vortrag ergänzte ein Film, den Herr Dr. E. ZIEGELMEIER aufgenommen hatte und der Bilder aus dem Biotop, einige Laboratoriumsexperimente und das Verhalten im Kunstbau zeigte. Vorgeführt wurden Aufnahmen vom Eingraben des Wurmes, der experimentelle Nachweis der Filtration, sowie im Kunstbau: Pumpfähigkeit, Kotabgabe und Fressen.

Literaturverzeichnis

- BOHN, M. G., 1901: Les intoxications marines et la vie fousseuse. Compt. rend. Acad. Sc., Paris, 133, 593. — KRÜGER, FR. 1958: Zur Ernährungsphysiologie von *Arenicola marina* L. Verh. D. Zool. Ges., Frankfurt a. M., 115—120. — LINDROTH, A., 1943: Die biologische Bedeutung des „Hämoglobins“ der Wirbellosen. Erg. Biol., 19, 324—374. — WELLS, G. P., 1945: The mode of life of *Arenicola marina* L. J. Mar. Biol. Assoc., 26, 170—207. — WELLS, G. P., 1949: The behaviour of *Arenicola marina* L. in sand, and the role of spontaneous activity cycles. J. Mar. Biol. Assoc., 28, 456—478.