

Identifying body parameters of *Arenicola marina* based on the diameter of fecal strings

Darius Becker; bekerdar@hu-berlin.de
Diana Steinkampf; steinkad@hu-berlin.de

Abstract

The lugworm *Arenicola marina* is a widely distributed inhabitant of the Wadden Sea along North European coasts. The worm resides inside a u-shaped tube, subsisting sand from one opening and leaving fecal strings of digested sand on the other one. We investigated a possible correlation between the diameter of fecal strings and body parameters of the lugworm: length, diameter and weight. These findings could be useful for fishermen and other biologists investigating the lugworm. Specimens collected in the field were examined in the lab or studied in a custom made aquarium for analysis of the diameter of fecal strings under laboratory conditions. A linear correlation between all three parameters and the diameter of fecal strings could be determined, whether data was acquired in the lab or out in the field. Nonetheless, length and weight are variable and uncertain values, thus, the diameter of fecal strings leads utmost to an accurate conclusion about the diameter of the lugworm. These findings complement other investigations of height and abundance of fecal mounds.

Einleitung

Das Wattenmeer ist ein besonderes Ökosystem, da es aufgrund des flachen Anstieges während den Gezeiten großflächig trocken fällt. Durch das zweimal tägliche Fluten und Trockenfallen des Meeresbodens bilden sich je nach Lage und Strömung verschiedene Zonierungen. Diese werden nach Korngröße des Sediments in Sandwatt, Mischwatt und Schlickwatt eingeteilt (Bartholdy et al. 2002). Aufgrund der unterschiedlichen Korngrößen kann Sauerstoff unterschiedlich tief in den Boden eindringen. Somit bildet sich eine vertikale Schichtung mit einer oberen Oxidationsschicht und einer darunterliegenden Reduktionsschicht, die größtenteils sauerstofffrei ist.

Der Wattwurm *Arenicola marina* LINNAEUS, 1758 dringt mit seiner U-förmigen Wohnröhre in beide Schichten ein (Retraubun et al. 1996). Durch diese Röhre gelangt sauerstoffreiches Wasser in die Reduktionsschicht, (Volkenborn et al. 2007) wodurch andere aerobe Lebewesen in der Reduktionsschicht leben können. *A. marina* ist ein Sedimentfresser der das an den Sedimentkörnern anhaftende organische Material verdaut. Über die Afteröffnung wird der unverdaute Sand wieder ausgeschieden. Dadurch gelangen Mineralien und Nährstoffe an die Oberfläche und dienen als Nahrungsgrundlage für das Mikrophytobenthos

(Chennu et al. 2015). Bei etwa 30 Würmern pro Quadratmeter werden so pro Jahr die obersten 20 cm Wattboden komplett umgeschichtet (Volkenborn & Reise 2006).

Für wissenschaftliche Untersuchungen lässt sich *A. marina* anhand dieser Kotschnüre leicht ausfindig machen. Auch lässt sich vom Standort auf das Alter der Tiere schließen. So leben Jungtiere im küstennahen Schlickwatt, ältere Tiere im küstenferneren Sandwatt (Beukema & De Vlas 1979). Im folgenden Versuch haben wir untersucht, ob die Kotschnur Aufschluss über das Gewicht, die Länge und den Durchmesser des in der Wohnröhre befindlichen Wurmes geben kann. Durch so einen Zusammenhang könnten für weitere Bestimmungen und Versuche, in denen die Maße der Tiere benötigt werden, schon Aussagen über und gezielte Ausgrabungen nach Wattwürmern unternommen werden.

Material und Methoden

Versuchstier

Der Wattwurm *Arenicola marina* LINNEAUS, 1758 lebt in bis zu 60cm tiefen U-förmigen Röhren. Für den Versuch wurden die Tiere bei morgendlicher Ebbe aus dem Mischwatt nördlich von List auf Sylt und im Zeitraum vom 5.10. bis 9.10.2017 entnommen.

Bestimmung der Körpermaße

Von jedem untersuchten Wurm wurden drei Körperparameter untersucht: Gewicht, Länge und Durchmesser. Das Gewicht wurde mit einer Waage bestimmt, nachdem die Tiere von jeglichem außen befindlichen Sand befreit wurden. Die Länge wurde mit Hilfe eines Maßstabes bestimmt. Dazu wurde der Wurm mittig mit einer Pinzette aufgenommen und die längsten Ausdehnungen nach einer Kontraktion des Vorderkörpers und Schwanzendes gemessen und addiert. Diese Methode erwies sich als am effektivsten, da der Wattwurm durch die Gravitation beim Strecken seine maximale Ausdehnung erreichte. Für die Messung des Wurmdurchmessers wurde das erste Borstensegment verwendet. Der Wurmdurchmesser beschreibt den Durchmesser des Wattwurmes auf Höhe des ersten Borstenpaares vom Vorderende bei größter Streckbewegung des Tieres. Die dazu zu vergleichende Kotschnur wurde mit einem Maßstab fotografiert und deren Breite am Computer bestimmt.

Probenentnahme im Feld

Zum Sammeln von Messwerten im Feld wurde nach einzelnen Kothaufen gesucht, um eine klare Zuordnung zwischen Wurm und Kothaufen zu ermöglichen. Nach der Identifizierung einer möglichen Probe wurde ein Foto vom Kothaufen und dem Maßstab gemacht. Anschließend wurde der Wurm ausgegraben und in ein Probengefäß überführt. Die Messung der Körpermaße erfolgte danach im Labor. Anschließend wurden die Würmer zurück ins Watt gebracht.

Probenentnahme im Labor

Zur Haltung der Wattwürmer im Labor wurde ein Aquarium mit geschichtetem Sand und einem Wasseraustausch vorbereitet. Dieses Aquarium wurde mit Plexiglasscheiben in drei Bereiche geteilt, die über eine Lücke zwischen Aquariwand und Trennscheibe miteinander verbunden waren. Es wurde Sand aus der Reduktionsschicht und der Oxidationsschicht verwendet, um den Würmern eine möglichst natürliche Umgebung zu bieten. Zudem wurde mit Hilfe des Wasserzuflusses die Flutphase simuliert und konstanter Sauerstoffzufluss ermöglicht. Verwendet wurden im Feld gefangene Würmer die vor dem Einsetzen in das Aquarium vermessen wurden. Diese befanden sich dann über Nacht im Aquarium. Nach einer Akklimatisationszeit von 4 - 8 h wurde die Kotschnur in jedem Bereich gemessen und die Tiere anschließend wieder ausgegraben und ins Watt zurückgeführt.



Abb. 1. Versuchsaufbau zur gesonderten Haltung von Wattwürmern im Labor (>30 cm tiefes Becken mit Zu- und Abfluss und zwei Plexiglasscheiben, welche Wasser durchlassen, aber das Becken effektiv in drei Habitattteile aufteilen)

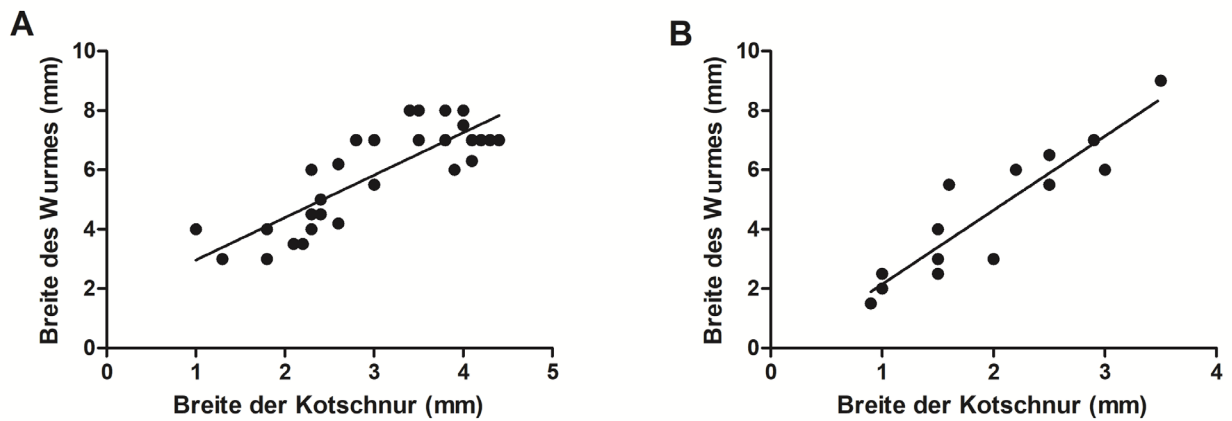


Abb. 2. Vergleich von Messwerten aus Feld- (A) und Laborversuch (B). Aufgetragen sind Wurmdurchmesser im Labor und Feld gegen die Breite der gemessenen Kotschnur. Ein linearer Zusammenhang für beide Datenmengen ergibt die Funktionen $y = 1,43 (\pm 0,18) x + 1,53 (\pm 0,56)$ (A) und $y = 2,49 (\pm 0,32) x - 0,34 (\pm 0,68)$ (B) mit den Bestimmtheitsmaßen (R^2) 0,6958 (A) und 0,835 (B).

Ergebnisse

Die Körperparameter Länge, Breite und Gewicht der Wattwürmer wurden zur Auswertung jeweils graphisch gegen den Durchmesser der Kotschnüre aufgetragen. Dafür wurde ein Graph pro Parameter erstellt und Laborwerte und Werte von Versuchstieren aus dem Feld zunächst separat betrachtet. Um genauere Aussagen über die Beziehung der Parameter zum Kotschnurdurchmesser zu treffen, wurden zusätzlich lineare Abhängigkeiten berechnet. Der Vergleich der Werte aus dem Labor und dem Feld zeigt ähnliche Ergebnisse und lineare Abhängigkeiten mit den Funktionen $y = 1,43 (\pm 0,18) x + 1,53 (\pm 0,56)$ (Feld) und $y = 2,49 (\pm 0,32) x - 0,34 (\pm 0,68)$ (Labor) und den Bestimmtheitsmaßen (R^2) 0,6958 (Feld) und 0,835 (Labor).

Dieser Aspekt konnte dafür genutzt werden, alle Datenpunkte von beiden Messreihen eines Parameters in einem Graphen zusammen dem Durchmesser der Kotschnüre entgegenzustellen. Dabei zeigt sich allgemein eine deutliche lineare Abhängigkeit aller separat betrachteten Parameter zum Kotschnurdurchmesser mit den Funktionen von $y = 58,15 (\pm 6,7) x - 4,33 (\pm 19,04)$ (Länge), $y = 1,59 (\pm 0,15) x + 1,17 (\pm 0,43)$ (Breite) und $y = 3,04 (\pm 0,35) x - 3,71 (\pm 0,99)$ (Gewicht) und Bestimmtheitsmaßen (R^2) von 0,642 (Länge), 0,7224 (Breite) und 0,6468 (Gewicht).

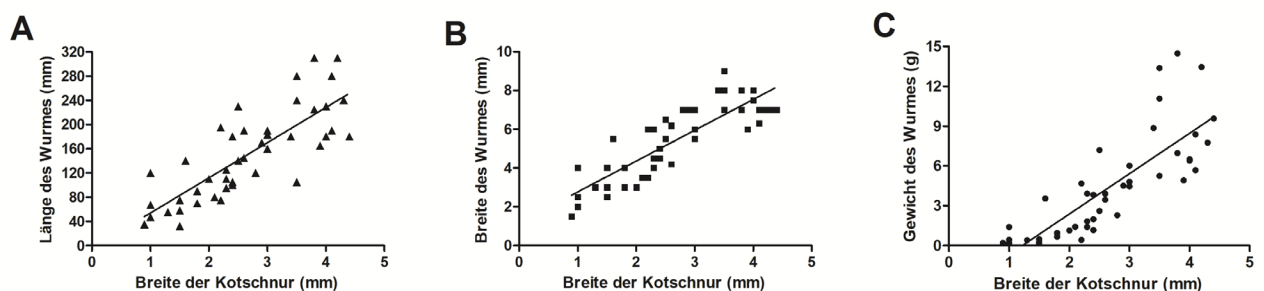


Abb. 3. Auftragung aller Werte aus Feld- und Laborversuchen von Länge (A), Breite (B) und Gewicht (C) der Wattwürmer gegen den Kotschnurdurchmesser. Lineare Abhängigkeiten zeigten Funktionen von $y = 58,15 (\pm 6,7) x - 4,33 (\pm 19,04)$ (A), $y = 1,59 (\pm 0,15) x + 1,17 (\pm 0,43)$ (B) und $y = 3,04 (\pm 0,35) x - 3,71 (\pm 0,99)$ (C) mit Bestimmtheitsmaßen (R^2) von 0,642 (A), 0,7224 (B) und 0,6468 (C).

Diskussion

Wie erwartet, zeigen die vorliegenden Ergebnisse eine lineare Abhängigkeit zwischen allen untersuchten Körpermaßen des Wattwurms *A. marina* und dem Durchmesser der von ihm abgegebenen Kotschnüre. Bei der Datenaufnahme kann das Abwerfen bzw. versehentliche Abtrennen des hintersten, nachwachsenden Teils des Schwanzes der Würmer allerdings zu starken Abweichungen der Längen führen. Dadurch wird auch zusätzlich das Gewicht verfälscht, weshalb sich über diese beiden Parameter, basierend auf dem Kotschnurdurchmesser, keine sicheren Schlüsse ziehen lassen. Gut erhaltene Einzelteile wurden allerdings auch gemessen und mit einberechnet. Einzig der Durchmesser des Wurmes als Parameter lässt sich am genauesten vom Durchmesser der Kotschnur ableiten. Dies wurde schon während der Messungen deutlich und lässt sich leicht mit dem größeren Darmdurchmesser älterer und größerer Tiere im Vergleich zu dem der jüngeren und kleineren Tiere erklären. Somit könnte mit einer genaueren Methode zur Bestimmung des Wurmdurchmessers ein noch genauerer Zusammenhang zwischen Wurmgröße und Kotschnurdurchmesser ermittelt werden.

Des Weiteren wurden schon Versuche mit Wattwürmern durchgeführt, die zeigten, dass sich die Tiere auch in Behältern im Labor wie im Feld verhalten, was den Bau der Tunnel und ihr damit einhergehendes Fressverhalten einschließt (Hüttel 1990; Chennu et al. 2015). Diese Beobachtungen konnten wir bestätigen. Im Feld wurden die Kothaufen eher als Indikator zur Bestimmung der Besiedlungsdichte der Würmer oder der Dauer ihres Aufenthalts in der Wohnröhre genutzt (McLusky 1983, Valdemarsen et al. 2011). Der Kotschnurdurchmesser lässt also relativ genau auf die Parameter Länge, Gewicht und Breite des Wurmes schließen, jedoch nicht für weitere morphologische und verhaltenstechnische Erkenntnisse, da diese schon mit anderen Analysen des Kotes (u.a. Gewicht) (Kermack 1955; Davison 1891) ermittelt wurden.

Literatur

- Bartholdy, J., Bartholomae, A., & Flemming, B. W. (2002). Grain-size control of large compound flow-transverse bedforms in a tidal inlet of the Danish Wadden Sea. *Marine Geology*, 188(3), 391-413.
- Beukema, J. J., & De Vlas, J. (1979). Population parameters of the lugworm, *Arenicola marina*, living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands journal of sea research*, 13(3-4), 331-353.
- Chennu, A., Volkenborn, N., De Beer, D., Wetthey, D. S., Woodin, S. A., & Polerecky, L. (2015). Effects of bioadvection by *Arenicola marina* on microphytobenthos in permeable sediments. *PloS one*, 10(7), e0134236.
- Davison, C. (1891). On the amount of sand brought up by lobworms to the surface. *Geol. Mag.* 8, 489-493.
- Hüttel, M. (1990). Influence of the lugworm *Arenicola marina* on porewater nutrient profiles of sand flat sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 241-248.
- Kermeck, D. M. (1955). The anatomy and physiology of the gut of the polychaete *Arenicola marina*. *Proc. zool. Soc. Lond.* 125, 347-381.
- McLusky, D. S., Anderson, F. E., & Wolfe-Murphy, S. (1983). Distribution and population recovery of *Arenicola marina* and other benthic fauna after bait digging. *Marine Ecology Progress Series*, 173-179.
- Retraubun, A. S. W., Dawson, M., & Evans, S. M. (1996). The role of the burrow funnel in feeding processes in the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 202(2), 107-118.
- Riisgård, H.U. & Banta, G. (1998). Irrigation and deposit feeding by the lugworm *Arenicola mari-*

na, characteristics and secondary effects on the environment. A review of current knowledge. *Vie et Milieu* 48 (4):243-257

Valdemarsen, T., Wendelboe, K., Egelund, J. T., Kristensen, E., & Flindt, M. R. (2011). Burial of seeds and seedlings by the lugworm *Arenicola marina* hampers eelgrass (*Zostera marina*) recovery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 410, 45-52.

Volkenborn, N. & Reise, K. (2006). Lugworm exclusion experiment: responses by deposit feeding worms to biogenic habitat transformations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 330(1), 169-179.

Appendix

Tabelle 1. Maße der Wattwürmer im Vergleich zum Kotschnurdurchmesser im Feld über den Zeitraum 7.10. - 9.10.

Datum - Nr.	Länge (mm)	Breite (mm)	Gewicht (g)	Kotdurc. (mm)
7.10. - 1	75	3,5	0,42	2,2
2	100	5,0	1,17	2,4
3	120	7,0	2,30	2,8
4	95	4,0	1,40	2,3
5	180 (getrennt)	8,0	6,40	4,0
6	230	7,5	6,50	4,0
7	280	8,0	13,38	3,5
8	183	7,0	6,02	3,0
8.10. - 1	105	4,5	1,98	2,4
2	145	6,2	3,91	2,6
3	125	6,0	3,92	2,3
4	190	6,3	5,68	4,1
5	165	6,0	4,90	3,9
6	190	4,2	3,45	2,6
7	180	5,0	3,82	2,4
8	240	7,0	7,76	4,3
9	225	7,0	6,97	3,8
10	110	4,5	1,83	2,3
9.10. - 1	240	7,0	11,08	3,5
2	80	3,5	1,42	2,1
3	160	5,5	4,47	3,0
4	180	8,0	8,85	3,4
5	120	4,0	1,40	1,0
6	310	7,0	13,46	4,2
7	70	3,0	0,67	1,8
8	180	7,0	9,57	4,4
9	55	3,0	0,40	1,3
10	90	4,0	0,96	1,8
11	310	8,0	14,48	3,8
12	280	7,0	8,38	4,1

Tabelle 2. Maße der Wattwürmer im Vergleich zum Kotschnurdurchmesser im Aquarium über den Zeitraum 5.10. - 9.10.

Datum - Nr.	Länge (mm)	Breite (mm)	Gewicht (g)	Kotdure. (mm)
5.10. - 1	105	9	5,24	3,5
6.10. - 1	47	2,0	0,19	1,0
2	58	2,5	0,17	1,5
7.10. - 1	170	7,0	4,5	2,9
2	140	5,5	2,61	2,5
3	32	4,0	0,27	1,5
8.10. - 1	190	6,0	4,80	3,0
2	110	3,0	1,15	2,0
3	67	2,5	0,43	1,0
9.10. - 1	230	6,5	7,19	2,5
3	75	3,0	0,48	1,5
Teil 2 - 1	195	6,0	4,68	2,2
2	140	5,5	3,55	1,6
3	35	1,5	0,2	0,7