

D.Voges / A. Altmann / K. Carl / D. Kruspe /J. Rosenhahn

# Zur Biologie der peristaltischen Bewegungen

## Propädeutik

### Herkunft des Begriffes „Peristaltik“:

Griechisch *peristaltikós*, umfassend und zusammendrückend

### Definition des Begriffes „Peristaltik“:

Wellenartig fortschreitende Bewegungsform (zu Details vgl. [1]).

Die wellenartigen Bewegungen der muskulären Wände des Verdauungsapparates werden Peristaltik genannt. Grundlage ist eine wellenförmige Verdünnung- und Verdickung von Muskulatur, also zyklisch sich wiederholende Muskelkontraktionen. So findet man zirkulär einschnürende Kontraktionswellen, die sich in normaler Transportrichtung (orthograde oder anterograde P.) weiterbewegen und so dem Weitertransport des Inhalts dienen. Im Verdauungstrakt und den Harnleitern finden sich auch gegenläufige Kontraktionswellen (retrograde P. oder Antiperistaltik). Peristaltik beruht auf Eigenrhythmen der glatten Muskulatur, auf lokal-nervalen Reflexen oder auf zentral-nervöser Steuerung. Analog zu dieser dem Stofftransport dienenden „inneren“ Peristaltik benennt man auch die auf zyklischer Verlagerung von Flüssigkeit im Körperinneren beruhenden Mechanismen der äußeren Fortbewegung des Individuums (Lokomotion) mit dem Begriff Peristaltik.

Die Physiologie der „inneren“ Peristaltik ist umfangreich in der Literatur dokumentiert. Hinsichtlich der Nutzung der Peristaltik für Zwecke der Lokomotion bestehen erhebliche Wissensdefizite (vgl. [2]-[4]). Beim Versuch der Entwicklung einer „biologisch inspirierten“ Sonde für die medizinische Diagnostik und Therapie sehen wir uns vor die Notwendigkeit gestellt, hierzu in Zusammenarbeit von Biologen und Ingenieuren eigene parametrierbare Modelle zu entwickeln.

## Nur ein einfacher Regenwurm

In Ergänzung der Vorträge zur rechnerischen Modellierung seien an einem Beispiel die Unsicherheit der biologischen Datenbasis und der Umfang der scheinbar so einfachen („Beobachten!“) noch erforderlichen biologischen Grundlagenarbeit veranschaulicht: Eine Prämisse zur Lokomotion von Würmern ist generell, dass Volumenverlagerung durch wechselweise Längen- und symmetrische Querausdehnung hervorgerufen wird.

Kontrahieren sich Regenwürmer in den Querachsen tatsächlich symmetrisch?

Beispielhaftes Untersuchungsobjekt soll hier der Regenwurm (*Lumbricus* sp.) sein.

Versuchsaufbau: Zwei Digital-Kameras wurden so positioniert, dass die Regenwürmer bei ihrer Fortbewegung von beiden Lateralseiten in einem 45°-Winkel gefilmt werden konnten.

Auswertung: Bildvermessung mit IMAGE TOOL<sup>®</sup> 3.0 (UTHSCSA). Bestimmung der Gesamtlänge des Tieres und der Projektion der Körperoberfläche. Berechnung der mittleren projizierten Breite des Tieres als Quotient aus Fläche und Länge.

Ergebnisse: Die Breiten des untersuchten Regenwurms ändern sich beim Kriechen in einer Rinne in beiden Projektionsrichtungen synchron periodisch um +/- 5..10 % (Abb. 1).

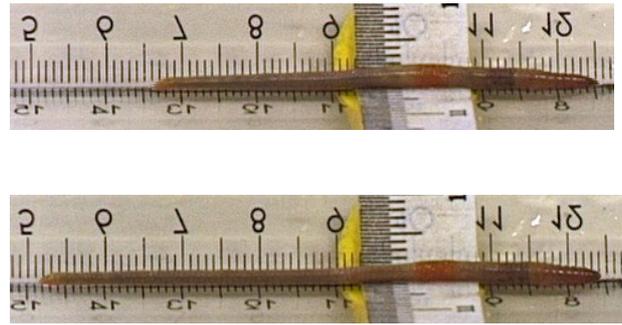
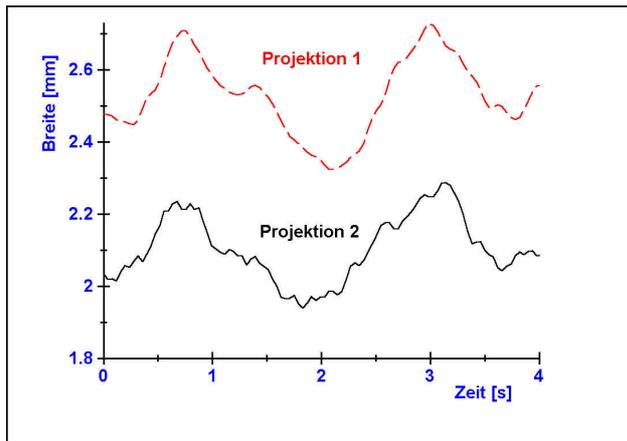


Abb. 1: Kriechender Regenwurm. Zeitverlauf der projizierten Breiten des kriechenden Tieres. Rechts Extremsituationen (minimale Länge  $\leftrightarrow$  maximale Breite und vice versa)

#### Interpretationsmöglichkeiten:

- Das Tier verformt sich zwischen querovaler und hochovaler Querschnittsform (einfache Frequenz).
- Das Tier verformt sich von zylindrischer Querschnittsform zu elliptischer Querschnittsform (queroval oder hochoval; doppelte Frequenz). Mögliche Anpassung an die Anisotropie der Belastung (Gravitation!).

Nächster Iterationsschritt zur Überprüfung dieser Hypothesen: Filmen mit mindestens drei Kameras oder synchrone EMG-Ableitung. Damit sind noch keine Aussagen zu den segmentalen Abläufen (die üblicherweise modelliert werden) oder den funktionstragenden Strukturen gemacht.

Schlußfolgerung: In nahezu klassischer Weise steigert Auseinandersetzung mit scheinbar einfachen Problemen die Zahl der Fragen schneller als jene der Antworten. Der Sach- und Zeitaufwand zur Beantwortung der Fragen steigt progressiv.

Für biomechatronisches Arbeiten sind aber Kenntnisse über die natürlichen Vorbilder der Modell- und Produktentwicklung unabdingbar. Falls die Naturwissenschaften die erforderlichen Informationen nicht beistellen, müssen die Ingenieurwissenschaften sich die Kenntnisse selber erarbeiten. Inspiration durch naturferne Abstrakta hat vorrangig künstlerischen Wert.

#### **Literatur- bzw- Quellenhinweise:**

- Bögelsack, G. & Schilling, C. (2002): Terminologie zur Biomechanik der Bewegung (Nomenklatur-Katalog - Begriffe und Definitionen d. IFToMM-Kommission "Standards of Terminology" der "Int. Federation for the Promotion of Mechanisms and Machine Science", 30 pp.
- Chapman, G. (1950): Of the movements of worms. *J Exp Biol* 27, 29-39.
- Full, R. J. (1997). Invertebrate locomotor systems. In: *The Handbook of Comparative Physiology*, (ed. W. Dantzler) Oxford: OxfordUniversity Press, pp. 853-930.
- Quillin, K. J. (1999): Kinematic scaling of locomotion by hydrostatic animals: Ontogeny of peristaltic crawling by the earthworm *Lumbricus terrestris*. *J Exp Biol* 202(6), 661-674.

#### **Autorenangabe(n):**

Dipl.-Biol. Danja Voges  
Forscherguppe „Peristaltische Sonde“  
Fakultät für Maschinenbau  
TU Ilmenau  
Pf 10 05 65  
D-98684 Ilmenau  
[Danja.Voges@tu-ilmenau.de](mailto:Danja.Voges@tu-ilmenau.de)

Candd. biol. Simone Altmann, Kathrin Carl,  
Dagmar Kruspe, Julia Rosenhahn  
Institut für Spezielle Zoologie und Evolutionsbiologie  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Erbertstraße 1  
D-07743 Jena