

Atmung von Regenwürmern

Peter Bützer

„Was wir zum Verständnis des rationalen menschlichen Verhaltens - und auch des Tierverhaltens - brauchen, ist ein Zwischending, das in seinem Charakter zwischen reinem Zufall und reinem Determinismus liegt - ein Zwischending zwischen vollkommenen Wolken und vollkommenen Uhren.“

Karl R. Popper, Objektive Erkenntnis, campe, 1993, 238



Abbildung 1: Erdhaufen eines Regenwurms

Inhalt

1	Einleitung/Theorie.....	1
2	Aufgabenstellung	1
2.1	Durchführung	1
2.2	Beobachtungen/Messungen.....	2
2.3	Reaktionsgleichungen/Berechnungen	2
2.4	Folgerungen.....	2
3	Aufgabe	2
3.1	Simulation	3
3.2	Simulationsdiagramm (Typ 1)	3
3.3	Zeitdiagramm	3
3.4	Gleichungen	3
3.5	Vergleich	4
3.6	Interpretation	4

1 Einleitung/Theorie

Regenwürmer atmen, sie wandeln Edukte (Brennstoffe: Kohlenhydrate, Fette, Proteine) in Produkte um (körpereigene Stoffe, CO₂, H₂O etc.). Sie setzen mit dem Sauerstoff Energie frei, die sie einerseits für den eigenen Stoffwechsel benötigen, aber auch in Wärme umwandeln. Die Atmung der Regenwürmer ist somit mit der Wärmeabgabe verbunden und kann über diese verfolgt werden.

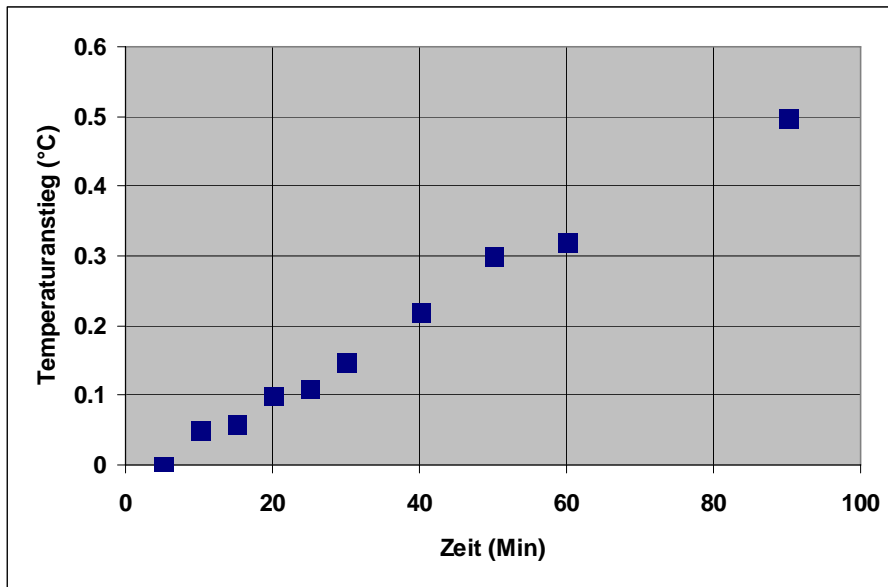
2 Aufgabenstellung

Die Wärmeabgabe von Regenwürmern durch Atmung soll über die Temperatur verfolgt werden.

2.1 Durchführung

10 g Regenwürmer werden in ein Dewar-Gefäß mit feuchtem Sand gegeben, welches kleine Öffnung für Gasaustausch aufweist. Die thermische Isolation eines Dewar ist notwendig, da die Wärmeabgabe der Regenwürmer sehr gering ist.

2.2 Beobachtungen/Messungen



Zeit (min)	Tempdiff. (°C)
5	2.1
10	2.15
15	2.16
20	2.2
25	2.21
30	2.25
40	2.32
50	2.4
60	2.42
90	2.6

Abbildung 2: Temperatur von einem Gefäß mit Regenwürmern in Funktion der Zeit

2.3 Reaktionsgleichungen/Berechnungen

Der Stoffwechsel der Regenwürmer produziert Wärme. An diesem Stoffwechsel sind sehr viele Prozesse beteiligt, weshalb wir nur eine „Summenreaktion“ verfolgen können. Bei konstanter durchschnittlicher Aktivität einer Vielzahl von Würmern ist die Wärmeproduktion konstant. Die Luftmenge im Gefäß, die aufgeheizt werden muss ist bis auf die Wärmeausdehnung konstant. Ist die Temperaturdifferenz des Gefäßes zur Umgebung klein, dann kann auch die Wärmeabstrahlung oder die Wärmezufuhr vernachlässigt werden.

Der Wärmeinhalt eines Körpers ist nach dieser Definition eine eindeutige Funktion seiner Temperatur. Die Proportionalitätskonstante zwischen Wärmemengen-Änderung ΔQ und Temperatur-Änderung ΔT heisst 'Wärmekapazität' und ist eine Eigenschaft des Materials:

$$C = \Delta Q / \Delta T \quad (\text{Einheit: J/K}) \rightarrow \Delta Q = C \cdot \Delta T \quad [\text{J}]$$

Die Geschwindigkeit mit der die Wärme ΔQ freigesetzt wird, entspricht der Reaktionsgeschwindigkeit. Das heisst, die Temperaturdifferenz ΔT entspricht $\Delta Q / C$. Anders ausgedrückt, die Temperatur-Änderung ist proportional der Wärmemengen-Änderung.

2.4 Folgerungen

Der beobachtete Temperaturverlauf scheint ziemlich linear zu sein.

3 Aufgabe

Man erstelle ein Modell der Energiefreisetzung von Regenwürmern, simuliere die gemessenen Daten und interpretiere die Resultate.

3.1 Simulation

Annahme:

- Die Energiefreisetzung ist proportional der Zeit.
- Die Temperatur im Gefäß ist proportional der Energiefreisetzung.

3.2 Simulationsdiagramm (Typ 1)¹

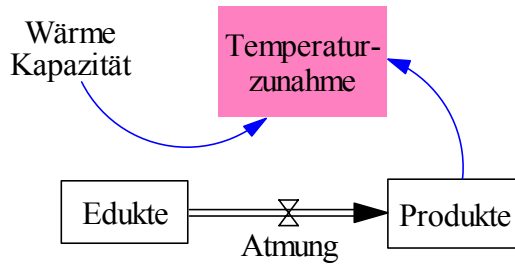


Abbildung 3: Simulationsdiagramm der Energiefreisetzung und der Temperatur von Regenwürmern

3.3 Zeitdiagramm

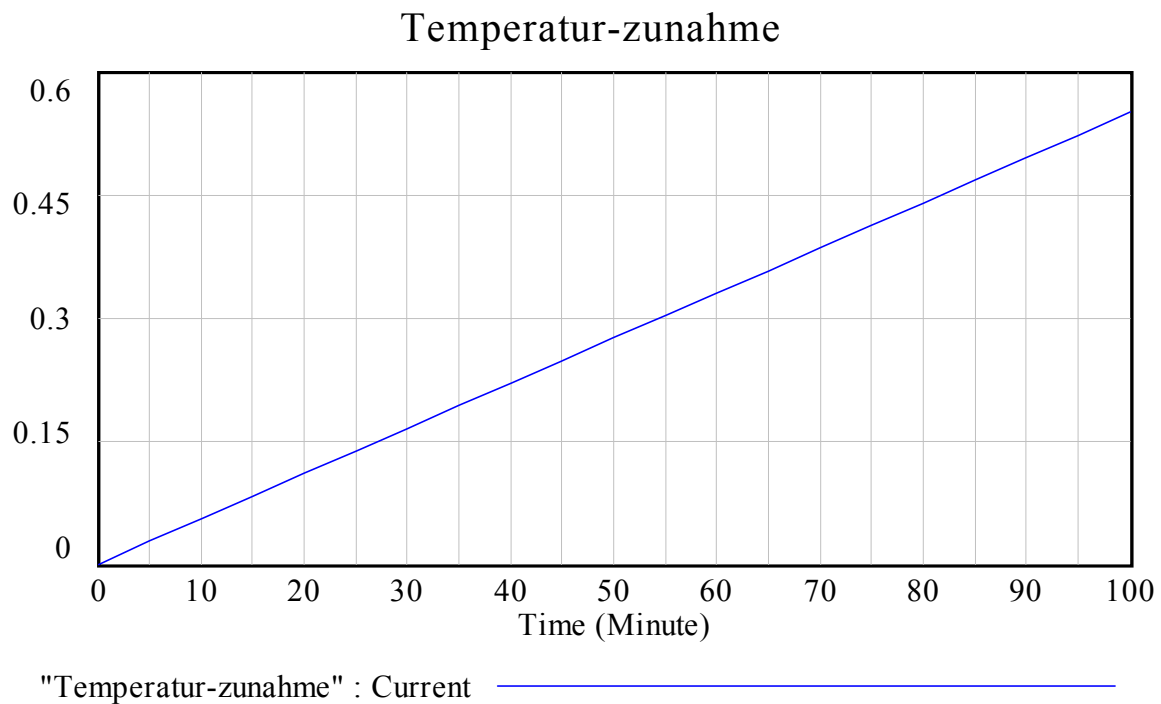


Abbildung 4: Zeitdiagramm der Temperatur von Regenwürmern

3.4 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) $\text{Atmung} = 0.0055$
Units: Joule/Minute [0,?]
- (02) $\text{Edukte} = \text{INTEG} (-\text{Atmung}, 1)$
Units: Joule [0,?]
- (03) $\text{FINAL TIME} = 100$

¹ Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S. 37ff

- Units: Minute
The final time for the simulation.
- (04) INITIAL TIME = 0
Units: Minute
The initial time for the simulation.
- (05) Produkte= INTEG (+Atmung, 0)
Units: Joule [0,?]
- (06) SAVEPER = TIME STEP
Units: Minute [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (07) "Temperatur-zunahme"= Produkte*Wärme Kapazität
Units: °C [0,?]
- (08) TIME STEP = 5
Units: Minute [0,?]
The time step for the simulation.
- (09) Wärme Kapazität= 1
Units: °C/Joule [0,?]
 $C = Q/T$ (Einheit: J/K) ' $Q = C \cdot T$ [J] Die Geschwindigkeit mit der die Wärme Q freigesetzt wird, entspricht der Reaktionsgeschwindigkeit. Das heisst, die Temperaturdifferenz ΔT entspricht $\Delta Q/C$. Anders ausgedrückt, die Temperatur-Änderung ist proportional der Wärmemengen-Änderung.

3.5 Vergleich von Messungen und Simulation

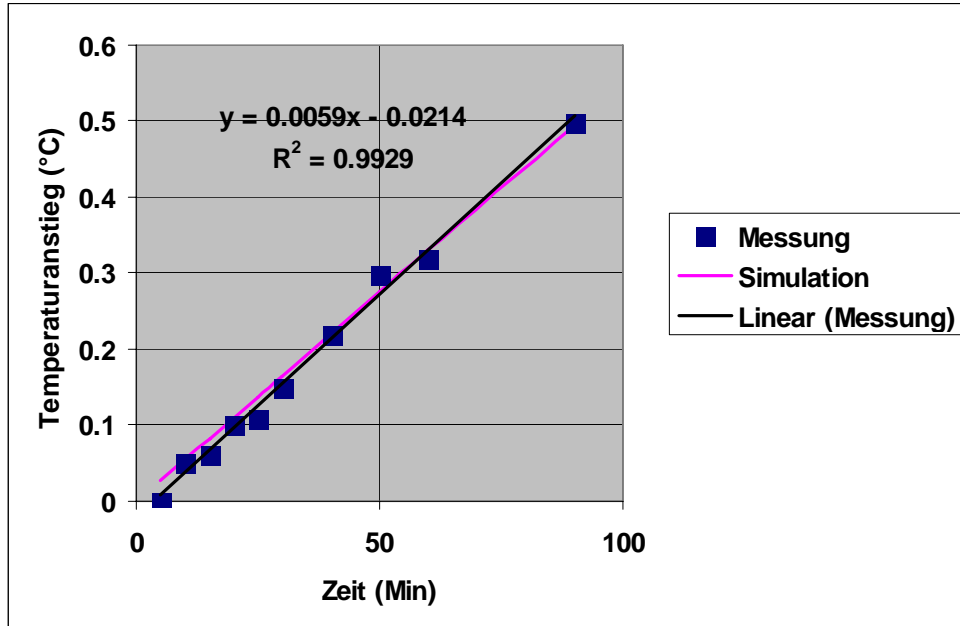


Abbildung 5: Vergleich von Messungen und Simulation

3.6 Interpretation

Die Atmung der Regenwürmer ist gleichmässig, der Temperaturverlauf linear (siehe Trendlinie mit $R^2 > 0.99$). Somit ist die Energiefreisetzung in Funktion der Zeit konstant mit einer Geschwindigkeitskonstante von $0.0059 \text{ °C pro Minute}$. Bei gleicher Wärmekapazität (Würmer, Gefäss, Sand, Luft) führt das zu einem konstanten Temperaturanstieg.