

Ist es nur Zufall, dass Eisbären größer als Braunbären, die Galapagospinguine eine durchschnittliche Körpergröße von 53 cm und Kaiserpinguine von 114 cm besitzen ?

Mit Hilfe eines einfachen Modellexperimentes und mathematischen Modellierungen soll dieses Phänomen untersucht und Erklärungsansätze gefunden werden.

Modellexperiment

Zwei deutlich unterschiedlich große Knetkugeln werden im Wärmeofen auf mindestens 50°C erwärmt und mit Temperatursensoren so versehen, dass die Temperatur ungefähr in der Mitte der „Körper“ gemessen wird.



Abb. 1

Über einen Zeitraum von 30 Minuten wird mit Hilfe des CBL 2™ in Verbindung mit einem Voyage™ 200 die Temperatur der „Körper“ erfasst.

Stehen die oben genannten Materialien nicht zur Verfügung, so können auch unterschiedlich große Glasgefäße (Rund- oder Erlenmeyerkolben), die mit heißem Wasser befüllt werden, zum Einsatz kommen.

Das CBL 2™ bietet die Möglichkeit, die Temperaturänderung der zwei „Körper“ in Abhängigkeit von der Zeit gleichzeitig zu erfassen. Die nachfolgenden Graphiken zeigen die Temperaturänderungen von „Knetkugeln“ über einen Zeitraum von 30 Minuten. Die Experimente wurden mit unterschiedlichen Ausgangstemperaturen der „Körper“ begonnen.

Bei einer ersten Versuchsdurchführung (dargestellt in Abbildung 2) hatte die größere Kugel eine höhere Starttemperatur. In der zweiten Versuchsdurchführung (dargestellt in Abbildung 3) hatte die kleinere Kugel eine höhere Starttemperatur.

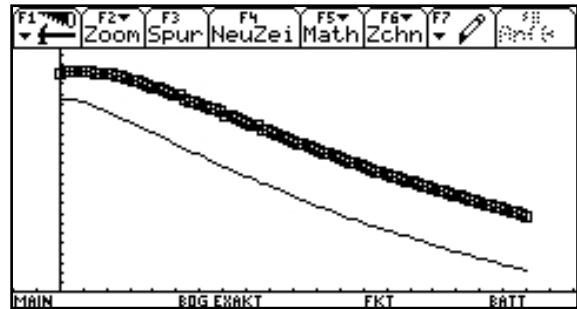


Abb. 2

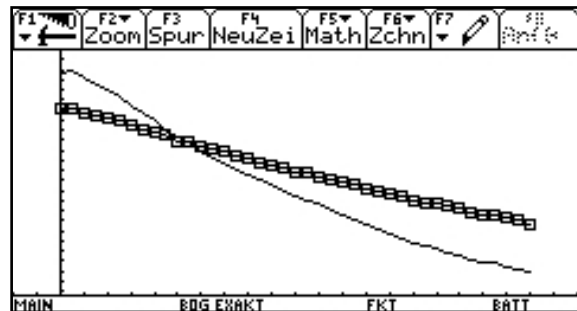


Abb. 3

Die Graphen fallen unterschiedlich stark, d.h. die Temperaturabnahme erfolgt in dem kleineren „Körper“ schneller. Daraus lässt sich ableiten, dass der Wärmeverlust von der Körpergröße abhängig ist.

Mathematische Modellierung

Es wird angenommen, dass Volumen und Oberflächeninhalt der Pinguine durch einen geraden Kreiszyylinder mit dem Durchmesser $d = 26\text{cm}$ ausreichend angenähert werden können.

Im Data/Matrix-Editor des Voyage™ 200 werden der Oberflächeninhalt und das Volumen für verschiedene „Körperhöhen“ berechnet und anschließend graphisch dargestellt.

DATE	Volum...	Oberfl		
	c2	c3	c4	c5
1	50.	26546.5145.9		
2	60.	31856.5962.7		
3	70.	37165.6779.6		
4	80.	42474.7596.4		
5	90.	47784.8413.2		
6	100.	53093.9230.		
7	110.	58402.10047.		

$c2 = \pi/4 * 26^2 * c1$

Abb. 4

Bereits in der graphischen Darstellung kann man erkennen, dass bei gleichem Durchmesser das Volumen der „Körper“ wesentlich schneller anwächst als die Oberfläche.

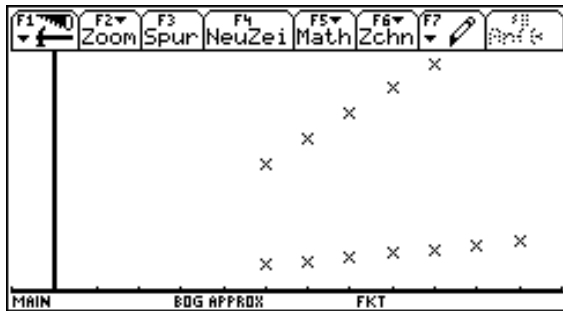


Abb. 5

FN	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	EinSt	Zell	ÜbSchr	Calc	Div	Stat
DATN	hoehe	volum...	oberfl	verh		
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	50.	26546.	5145.9	.19385		
2	60.	31856.	5962.7	.18718		
3	70.	37165.	6779.6	.18242		
4	80.	42474.	7596.4	.17885		
5	90.	47784.	8413.2	.17607		
6	100.	53093.	9230.	.17385		
7	110.	58402.	10047.	.17203		

c4=c3/c2

Abb. 6

Eine weitere Möglichkeit diese Veränderungen darzustellen ist die Berechnung des Verhältnisses von Volumen und Oberfläche. Aus den experimentellen Untersuchungen und mathematischen Modellierungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Gleichwarme Tiere weisen bei geometrisch ähnlichem Körperbau einen umso geringeren Wärmeverlust auf, je größer ihr Körpervolumen ist.
- Größere Organismen haben bei gleicher Gestalt eine relativ kleinere Oberfläche und somit einen geringeren Wärmeverlust.

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen die bekannte Bergmannsche Klimaregel (Größenregel):

„Warmblüter verwandter Arten sind in kälteren Klimazonen größer als in wärmeren.“

Die Galapagospinguine mit einer durchschnittlichen Körpergröße von 53 cm leben in wärmeren Regionen als die Kaiserpinguine mit einer durchschnittlichen Körpergröße von 114 cm. Die Wärmeabgabe über die Oberfläche bei den am Südpol lebenden Pinguinen ist relativ geringer als bei den kleineren Arten in wärmeren Gebieten. Durch den geringeren Energieverlust ist ihr Nahrungsbedarf bezogen auf das Körpergewicht ebenfalls geringer.

Die graphische Darstellung aufgenommenen Messwerte bietet Möglichkeiten, Experimente umfassend auszuwerten und Zusammenhänge abzuleiten. Wie am Beispiel der Bergmannschen Klimaregel dargestellt, kann sich dem experimentellen Teil eine mathematische Modellierung anschließen. Experimentell abgeleitete Erkenntnisse werden somit zusätzlich veranschaulicht und bestätigt.

Anmerkung des Autorenteams

Im September 2007 hat T3 Deutschland weiteres Material der T3 Arbeitsgruppe Chemie veröffentlicht. In „*Experimenteller Chemieunterricht – Datenerfassung mit dem CBL 2™*“ (1. Ergänzung)“ wurden Experimente aus der Chemie und auch Themen aus der Biologie wie z.B. „*Wirkung eines Magensäuresenkens*“ und „*Bergmannsche – Klimaregel*“ aufgenommen. Neben einer genauen Versuchsbeschreibung und fachwissenschaftlichen Informationen enthält jede Experimentieranleitung wiederum Kopiervorlagen für Schüler.

Die Untersuchungen zur Bergmannschen Klimaregel wurden von Ute Assmann (Hannover) und Dr. Kathrin Becker (Hannover) für das oben genannte Material bearbeitet.

Kontakt zur T3 Arbeitsgruppe Chemie:

Frank Liebner, Herrnhut (D)

Frank.Liebner@t-online.de