

Klapperschlangen und Erdhörnchen

„Der einzige Mensch, der sich vernünftig benimmt, ist mein Schneider. Er nimmt jedes Mal neu Mass, wenn er mich trifft, während alle anderen immer wieder die alten Massstäbe anlegen in der Meinung, sie passten auch heute noch.“

George Bernard Shaw, irischer Dramatiker (1856 – 1950)

Inhalt

1	Einleitung	1
2	RGT-Regel (van't Hoff'sche Regel)	2
3	Simulation	2
3.1	Simulationsdiagramm für die RGT-Regel	2
3.2	Gleichungen	3
3.3	Zeitdiagramm	4
4	Vergleich von Messungen und Simulation	4
4.1	Folgerung	4
4.2	Eine erweiterte Auswertung	5
5	Folgerung	5

1 Einleitung

Die Klapperschlangen sind ektotherm, das heisst, die Körpertemperatur ist vollständig von der Umwelt abhängig – sie sind wechselwarm (poikilotherm). Darum stossen sie doppelt so rasch auf die Beute zu, wenn ihre Körpertemperatur von 10°C auf 35°C ansteigt¹.



Abbildung 1: Klapperschlange (Kopf in der Mitte, Klappern links oben)

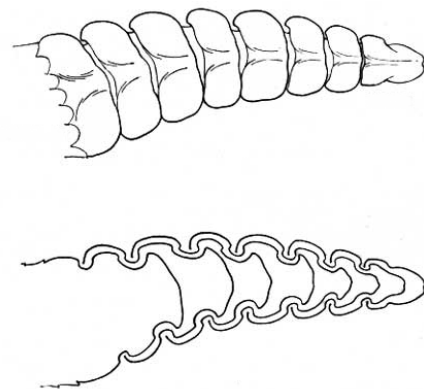


Abbildung 2: Klappern schematisch

¹ Pain Stephanie, Ssss is for danger, New Scientist, 11 December 1999, 36

Die Klapperschlangen (Rattlesnake) rasseln mit ihren Hornschalen am Schwanz bei 10°C mit 50, bei 18°C mit 80, bei 27°C mit 135, bei 35 °C mit 190 "Klacks" pro Sekunde. Je wärmer eine Klapperschlange, desto gefährlicher.

Je grösser eine Klapperschlange, desto gefährlicher.

Das Erdhörnchen (Ground squirrel), Ziesel (*Spermophilus beecheyi*), passt seine Verteidigung der Grösse der Schlange an. Die ausgewachsenen Nager greifen Klapperschlangen sogar an, wenn sie eine Chance auf Erfolg haben. Dazu reizen sie eine Schlange in der Nähe bis sie rasselt, weil sie dann deren Gefährlichkeit abschätzen und eine besser angepasste Abwehrstrategie aufbauen können.

Warme, also rasche Schlangen rasseln rasch. Grosse Schlangen haben grössere Hornringe am Schwanz und damit einen tieferen Ton – das wird von den Erdhörnchen beurteilt.



Abbildung 3: Erdhörnchen

2 RGT-Regel (van't Hoff'sche Regel)

Die RGT-Regel (Q10-Regel) sagt aus, dass bei einer Temperaturerhöhung um 10°C die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion um den Faktor 2-3 zunimmt.

Es stellt sich nun die Frage, ob diese Regel auch für die wechselwarmen Klapperschlangen zutrifft.

Temp. °C	Klappern 1/s
10	50
18	80
27	135
35	190

3 Simulation

Die Zeitachse wird als Variable für die Temperatur verwendet.

3.1 Simulationsdiagramm für die RGT-Regel

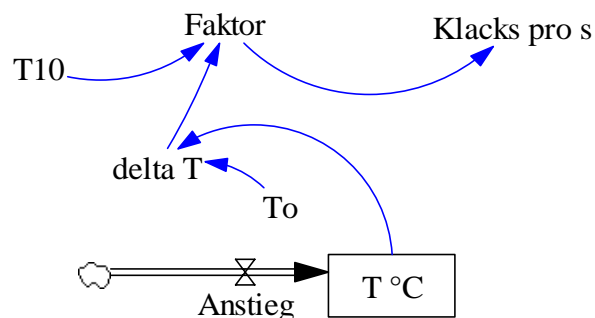


Abbildung 4: Simulationsdiagramm der RGT-Regel (van't Hoff-sche Regel)

3.2 Gleichungen

- (01) Anstieg= 1
Units: K/°Celsius [0,?]
- (02) delta T= T °C-To
Units: K
- (03) **Faktor= 1.7^(delta T/T10)**
Units: Dmnl [0,?]
- (04) FINAL TIME = 35
Units: °Celsius
The final time for the simulation.
- (05) INITIAL TIME = 10
Units: °Celsius
The initial time for the simulation.
- (06) Klacks pro s= Faktor*50 (Faktor 50 ist eine Anpassung)
Units: Dmnl [0,?]
- (07) SAVEPER = TIME STEP
Units: °Celsius [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (08) T °C= INTEG (Anstieg, 10)
Units: K [0,?]
- (09) T10= 10
Units: K [0,?]
- (10) TIME STEP = 1
Units: °Celsius [0,?]
The time step for the simulation.
- (11) To= 10
Units: K [0,?]

3.3 Zeitdiagramm

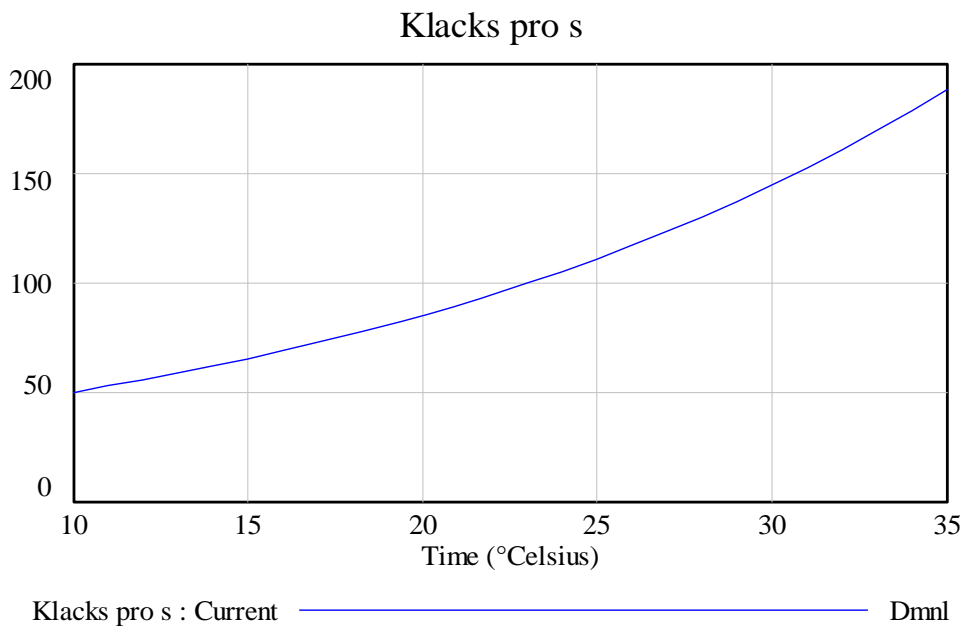


Abbildung 5: Zeitdiagramm der Klappergeschwindigkeit in Abhängigkeit der Temperatur

4 Vergleich von Messungen und Simulation

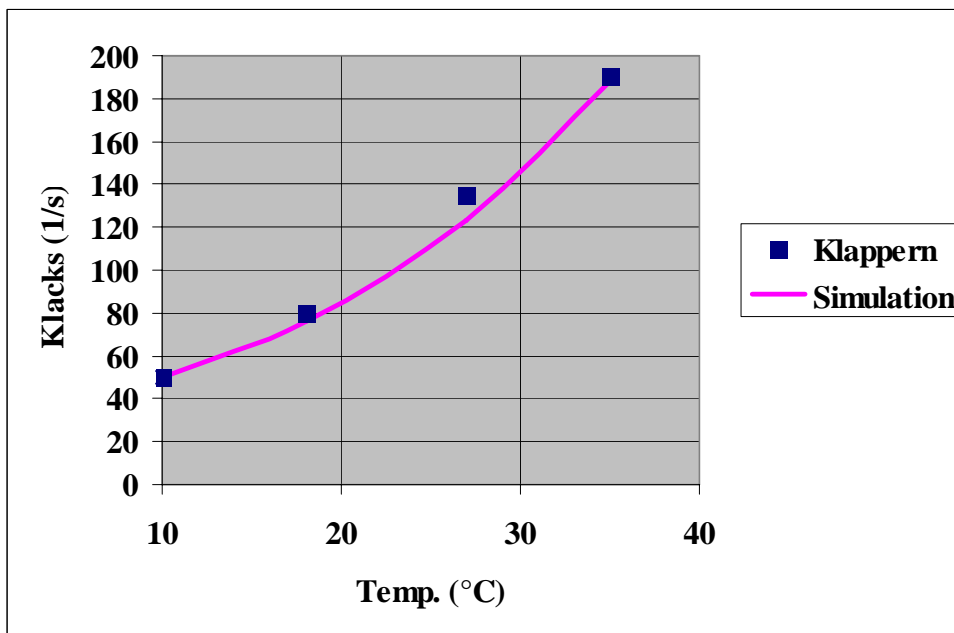


Abbildung 6: Vergleich von Messungen und Simulation der Klappergeschwindigkeit

4.1 Folgerung

- Der exponentielle Anstieg der Messdaten kann sehr gut simuliert werden.
- Der Faktor der RGT-Regel ist für das Klappern der Klapperschlangen ungefähr 1.7. Das heisst, dass hier die Faustregel mit $Q_{10} = 2-3$ nicht ganz zutrifft.

4.2 Eine erweiterte Auswertung

Diese verfügbaren Daten erlauben die Berechnung der Aktivierungsenergie des Klapperns der Klapperschlange mit der Gleichung von Arrhenius:

$$k(T) = A \cdot e^{(-E_a / (R \cdot T))}$$

k: Reaktionsgeschwindigkeitskonstante,
 A: präexponentieller Faktor oder Frequenzfaktor,
 E_a: Arrhenius'sche Aktivierungsenergie,
 R: allg. Gaskonstante [8.3144 J · K⁻¹ · mol⁻¹]
 T: absolute Temperatur [Kelvin]

In der logarithmierten Form ist:

$$\ln k = -E_a \cdot \left(\frac{1}{R \cdot T}\right) + \ln A$$

Somit lässt sich die Aktivierungsenergie in kJ/mol als Steigung der Geraden von 1000/(R x T) auf der x-Achse und ln(k) auf der y-Achse bestimmen.

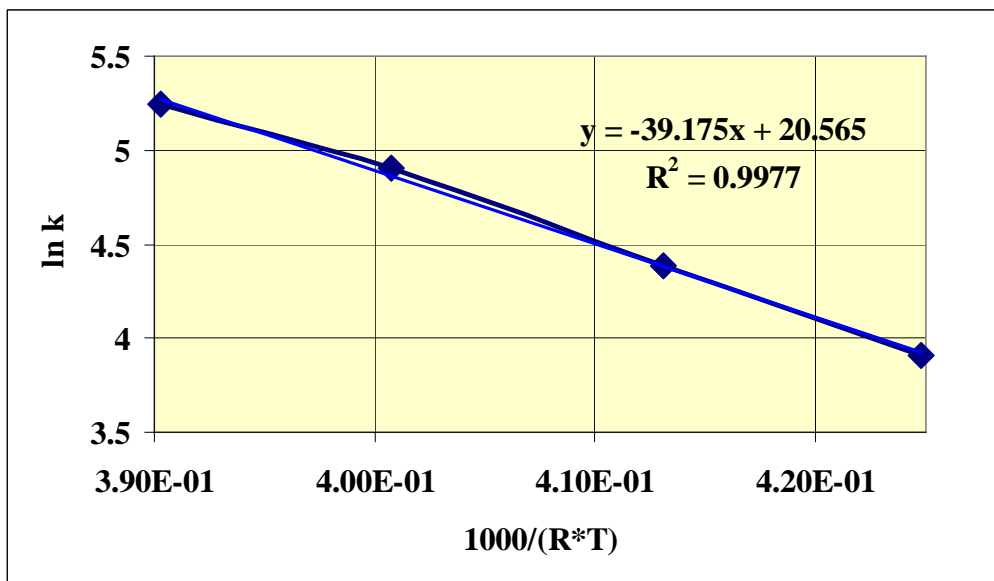


Abbildung 7: Modifizierter Arrhenius-Plot der Klappergeschwindigkeit. Der negative Wert der Steigung entspricht der Aktivierungsenergie in kJ/mol.

5 Folgerung

Die Aktivierungsenergie des „Klapperns“ beträgt 39 kJ/mol und ist damit etwa in der Größenordnung von vielen enzymatischen Reaktionen.