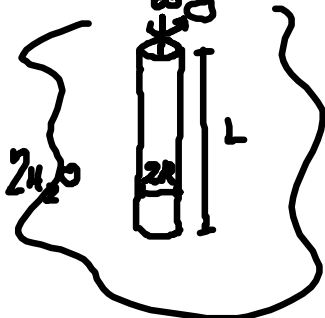


5.3.3 DNS-Replikation

• Trennung der DNS-Stränge? \longleftrightarrow große viskose Reibung bei Rotation?

• Abschätzung:



\Rightarrow viskoses Drehmoment: (o.B.)

$$T = -4\pi\eta R^2 L \omega \quad (5.3.2)$$

[zur Erinnerung: Kugel: $8\pi\eta R^2 \omega$]

Reibungsarbeit pro Drehung:

$$W_{\text{frict}} = -T \omega \frac{2\pi}{\omega} = 8\pi^2 \eta R^2 \omega L \quad (5.3.3)$$

(1) E. coli: $\omega = 2\pi \frac{1000 \frac{\text{Umschritte}}{\text{s}}}{10,5 \frac{\text{Kamp. Drehung}}{\text{Drehung}}} \approx 600 \frac{1}{\text{s}} \xrightarrow{(5.3.3)} W_{\text{frict}} = 4,7 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{m}} L$

(2) DNA-Helicase: $W_{\text{sup}} = \frac{1 \text{ ATP}}{\text{Drehung}} = \frac{20 k_B T = 8,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}}{\text{Drehung}}$

\rightarrow $W_{\text{sup}} \gg W_{\text{frict}}$ für $L \ll 2 \text{ mm}$ ✓

6. Statistische Mechanik - Thermodynamik

6.1. Entropie - Unordnung

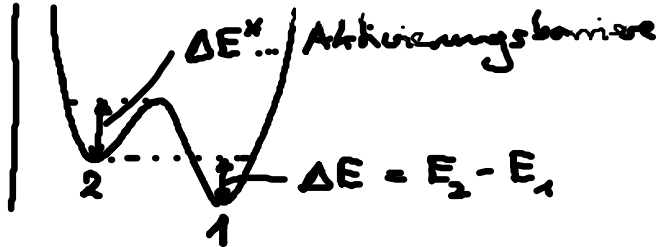
6.2. Offene Systeme: makro-/mikroskopisch

6.3. Zwei-Zustands-Systeme

• zentral in der Physik

6.3.1 Mikroskopisch & Kinetik

• 2 isomere Zustände eines Moleküls:



• therm. GG: Boltzmann: $\frac{P_1}{P_2} = e^{-(E_1 - E_2)/k_B T} = e^{\Delta E/k_B T}$ & $P_1 + P_2 = 1$

$$\rightarrow P_1 = \frac{1}{1 + e^{-\Delta E/k_B T}}, P_2 = \frac{1}{1 + e^{\Delta E/k_B T}} \quad (6.15)$$

$$\Delta E/k_B T \ll 1 \rightarrow P_1 \approx P_2 = \frac{1}{2}; \quad \Delta E/k_B T \gg 1 \rightarrow P_1 = 1, P_2 = 0$$

• Kinetik: "Reaktionsgl." $2 \xrightleftharpoons[k_-]{k_+} 1$

Ratenkonstanten:
(Wahrscheinlichkeiten pro Zeiteinheit)

$$\left. \begin{aligned} k_+ &= C_+ e^{-\Delta E^*/k_B T} \\ k_- &= C_- e^{-(\Delta E + \Delta E^*)/k_B T} \end{aligned} \right\} (6.16) \quad [\text{vgl. 3.3}]$$

(1) therm. GG: $N_{20} k_+ = N_{10} k_- \rightarrow \frac{N_{20}}{N_{10}} = \frac{k_-}{k_+} = \frac{C_-}{C_+} e^{-\Delta E/k_B T} \stackrel{!}{=} e^{-\Delta E/k_B T}$
Boltzmann

$$\rightarrow \boxed{\begin{aligned} C_- &= C_+ = C \\ \frac{k_+}{k_-} &= e^{\Delta E/k_B T} \end{aligned}} \quad (6.17)$$

... kein ΔE^* in GG!

(2) Rategl. für Populationen: $N_1(t), N_2(t)$

$$\dot{N}_{1/2}(t) = \pm k_+ N_2(t) \mp k_- N_1(t) \xrightarrow{N_{1st} = N_{2st} = N_1} \dot{N}_1 = k_+(N_{1st} - N_1) - k_- N_1 \quad (6.18)$$

therm GG: $\dot{N}_1 = 0 \rightarrow N_{10} = \frac{k_+ N_{1st}}{k_+ + k_-} \quad (6.18)$

Relaxat. ins GG:

$$\boxed{\begin{aligned} N_1(t) - N_{10} &= (N_1(0) - N_{10}) e^{-(k_+ + k_-)t} \\ \text{Zerfallskonstante: } \tau &= (k_+ + k_-)^{-1} \\ k_+ + k_- &= C e^{-\Delta E^*/k_B T} (1 + e^{-\Delta E/k_B T}) \end{aligned}} \quad (6.19)$$

Biologie: ändere durch Enzyme/Katalysatoren

• Wartezeit: Wahrscheinlichkeitsverteilung: $P_{2 \rightarrow 1}(t)$

Wahrscheinlichkeit für Zustand: $\dot{P}_2(t) = -k_+ P_2(t) \rightarrow P_2(t) = e^{-k_+ t}, P_2(0) = 1$



$P_{2 \rightarrow 1}(t) dt$... Wahrscheinlichkeit für Übergang nach Wartezeit t
im Intervall dt (620)

$$P_{2 \rightarrow 1}(t) = k_+ P_2(t) = k_+ e^{-k_+ t}$$