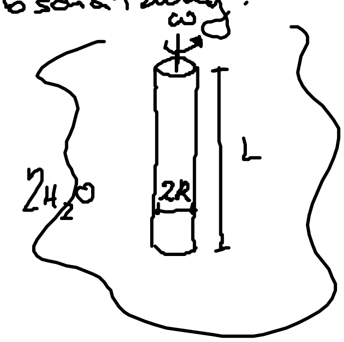
5.3.3 DNS-Replikation

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

- Abschätzung:



$\Longrightarrow$ viskoses Drehmoment: (o.B.)

$$T' = -4\pi\eta R^2 L \omega \quad (5.3.2)$$

[zur Erinnerung: Kugel: $8\pi\eta R^3\omega$]

Reibungsarbeit pro Drehung:

$$W_{frict} = -T'\omega \underbrace{\frac{2\pi}{\omega}}_{T} = 8\pi^2\eta R^2 \omega L \quad (5.33)$$

(1) E. coli: $\omega = 2\pi \dfrac{1000 \frac{\text{Basenpaare}}{s}}{10{,}5 \frac{\text{Basenp.}}{\text{Drehung}}} \approx 600 \frac{1}{s} \overset{(5.33)}{\Longrightarrow} W_{frict} = 4{,}7 \cdot 10^{-17} \frac{J}{m} L$

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

$\Longrightarrow$ $\boxed{W_{sup} \gg W_{frict} \text{ für } L \ll 2\,\text{mm}}$ ✓

6. Statistische Mechanik – Thermodynamik

6.1. Entropie – Unordnung

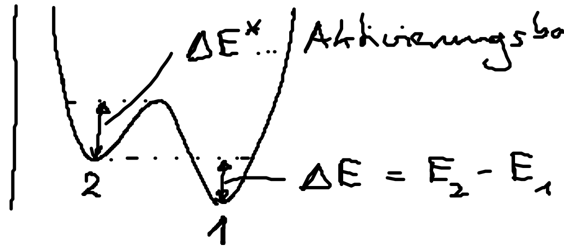
6.2. Offene Systeme: makro-/mikroskopisch

6.3. Zwei-Zustands-System

- zentral in der Physik

6.3.1 Mikroskopisch & Kinetik

- 2 isomere Zustände eines Moleküls:



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

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

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

- Kinetik: "Reaktionsgl." $\quad 2 \underset{k_-}{\overset{k_+}{\rightleftharpoons}} 1$

Ratenkonstanten: (Wahrscheinlichkeiten pro Zeiteinheit)

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

(1) therm. GG: $N_{2G} k_+ = N_{1G} k_- \longrightarrow \frac{N_{2G}}{N_{1G}} = \frac{k_-}{k_+} = \frac{C_-}{C_+} e^{-\Delta E/k_B T} \overset{!}{=} \underbrace{e^{-\Delta E/k_B T}}_{\text{Boltzmann}}$

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

... kein ΔE^* in GG!

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

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

therm GG: $\dot{N}_1 = 0 \longrightarrow N_{1G} = \frac{k_+ N_{tot}}{k_+ + k_-}$ (6.18)

Relaxat. ins GG:

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

Biologie: ändere durch Enzyme/Katalysatoren

- Wartezeit: Wahrscheinlichkeitsverteilung: $P_{2\to1}(t)$

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

$$\Longrightarrow \boxed{\begin{array}{l} p_{2\to 1}(t)\,dt \; \ldots \text{ Wahrscheinlichkeit für Übergang nach Wartezeit } t \\ \qquad\qquad\qquad\quad \text{im Intervall } dt \\ \qquad\qquad\qquad\quad p_{2\to 1}(t) = k_+\, P_2(t) = k_+ e^{-k_+ t} \end{array}} \qquad (6.20)$$