

Biologische Physik

- Inhalt: Biologische Phänomene / „Leben“
↔ physikal. Konzepte
- Literatur:
Buch: Philip Nelson, Biological Physics, Freeman 2004
- Termin: Mo 10¹⁵ - 12⁰⁰ EW 203
Di 14¹⁵ - 16⁰⁰ EW 203
- Übungen: A. Zöttl
Termin: Di 10¹⁵ - 11⁴⁵, EW 731
- Voraussetzung: TD + Statistische Physik bzw. s. Buch
- Zuhörer:
(i) Master- / Diplomstudenten:
Vertiefungsfach TP
vollständiges WP: Biophysik + Seminar AG Statik (3233 L604)
+ Vorlesung GRK 1558 [Mai, Juni: 6 Wochen à 4 Stk] (L500)
∴ ∴
(ii) Bachelorstudenten: 6 Sem.: Anw. von TD & Statistik
- Webseite: www.itp.tu-berlin.de/stark → Lehre → SS10
→ Materialien:

1. Einleitung

- Woher kommt die ausgeprägte Ordnung lebender Organismen?
↔ Ständiger Fluß von Energie erzeugt Ordnung
(Wegweis.: Ilya Prigogine, Systeme fernab vom Gleichgewicht GG)
- Energiequelle: Sonne

- offenes System:
Sonneneinstrahlung \rightarrow Ordnung (Leben) + Wärme

1.1 Grundlagen der Thermodynamik (TD)

- 1. Hauptsatz (1. HS) der TD $\hat{=}$ Energieerhaltung

$$\underbrace{dE}_{\substack{\text{Energie-} \\ \text{Änderung} \\ \text{im System}}} = \underbrace{dQ}_{\substack{\text{Wärmezufuhr} \\ \text{Bsp: Reibung} \\ \text{erzeugt wertlose/} \\ \text{chemische Energie} \\ \text{"ungeordnete"} \\ \text{molekulare} \\ \text{Bewegung}}} + \underbrace{dW_{\text{mech}}}_{\substack{\text{mechan.} \\ \text{Arbeit}}} + \underbrace{dW_{\text{chem}}}_{\substack{\text{chem.} \\ \text{Arbeit}}} \quad (1.1)$$

aus nutzlicher (wertvoller) Energie

a) pot. Energie } Wasserkraftwerk
 b) kinet. " }
 c) chem. " : $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
 d) Ordnung + Wärme! (s.u.)

NB: zugeführte Energien, etc. sind $> 0!$ irreversibel

- 2. HS der TD:

Entropie S ,
 („Maß für Unordnung“)

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (1.2)$$

↙ reversibel

in geschl. Systemen: $dS \geq 0$.. Unordnung nimmt zu

\Rightarrow Erzeugung von Ordnung benötigt offene Systeme!

- Systeme bei konst. T :

freie Energie: $F = E - TS \quad (1.3)$

mögliche spontane Prozess:

$F \rightarrow$ Minimum: $\Delta F = \Delta E - T \Delta S < 0 \quad (1.4)$

(a) $\Delta E < 0$, $S = \text{konst.}$ oder T klein (\rightarrow Mechanik)

(b) $\Delta S > 0$, T groß (TD)

(c) Kombination

insbesondere: $\Delta E < T \Delta S < 0$

„Erzeugung von Ordnung bei $\Delta E < 0$ “

$F \equiv$ „Arbeitspotential“:
 mit $\Delta E = T\Delta S + \Delta W_{\text{mech}}^{\text{chem}}$ (in 1.4)

(1.5) $\rightarrow -\Delta F = -\Delta W_{\text{mech}}^{\text{chem}}$... maximale Arbeitsleistung bei reversible Prozesse
 $-\Delta F > -\Delta W_{\text{mech}}^{\text{chem}}$... irreversible Prozesse

1.2. Biologische Ordnung

1.2.1. Osmotische Maschine

• Abbildung 1.3

• Näherung: Zuckertlösung als „ideales Gas“ $\hat{=}$ vernachlässige W_{chem} der Zuckermoleküle untereinander

\rightarrow $p_{\text{osm}} = c k_B T$ (1.6)

Druck durch Z. moleküle auf Gefäßwand
 Konzentration: $c = \frac{N}{V}$

(vgl. $pV = Nk_B T = n R T$)
 Molzahl ideale Gas konstante

• Spontaner Prozess für $F_G < p_{\text{osm}} A$ Kolbenguerschnitt

Grund: (1) $\Delta F = -T\Delta S < 0 \rightarrow \Delta S > 0$
 $\Delta E = 0$
 (ideales Gas)

(2) $\Delta F \leq \Delta W_{\text{mech}} < 0$

• Rechnung: $N = \text{konst}$, reversible Prozessführung: passe $F_G = p_{\text{osm}} A$ an

(1) $\Delta W_{\text{mech}} = - \int_{V_a}^{V_e} p_{\text{osm}} dV = - Nk_B T \ln \frac{V_e}{V_a}$ (1.7)
 $c = \frac{N}{V}$

(2) ideales Gas: $\Delta E = \frac{3}{2} Nk_B \Delta T = 0$ (1.8)

$= \Delta Q + \Delta W_{\text{mech}}$ (1.2)
 $= T\Delta S$

$\rightarrow \Delta S = - \frac{1}{T} \Delta W_{\text{mech}} = k_B \ln \left(\frac{V_e}{V_a} \right)^N$ (1.9) sinnvoll!

Arbeitsleistung $\longleftrightarrow \Delta Q = T\Delta S > 0$ & Verlust von Ordnung

- osmotische Maschinen } verwenden freie Energie!
 biomolekulare " }