

Grundlagen der biologischen Physik

- Inhalt: Biologische Phänomene / „Leben“
↔ physikal. Konzepte
- Literatur:
Buch: Philip Nelson, Biological Physics, Freeman 2004
- Termine: Di 10¹⁵ - 12⁰⁰ EW 202
Do 14¹⁵ - 16⁰⁰ EW 202
- Übungen: Max Schmitt
Termin: Mi 10¹⁵ - 11⁴⁵, EW 733
Beginn: 16.10.13
- Voraussetzung: TU + Statistik bzw. s. Buch

- Zuhörer: (i) Masterstudenten: Vertiefungsfach TP VI
Wahlpflichtmodul mit Seminar (AG Stark)
(Mi 14¹⁵,
Begl. Nr. 1610)
- (ii) Bachelorstudenten: Anwendung von TD & Statistik
- Webseite: www.itp.tu-berlin.de/stark → Lehre → WS 13/14
→ Materialien

1. Einleitung

- Woher kommt die ausgeprägte Ordnung lebender Organismen? ↔ Ständiger Fluß von Energie erzeugt Ordnung
- Energiequelle: Sonne
- offenes System:
Sonnenenergie → Ordnung (Leben) + Wärme

1.1 Grundlagen der Thermodynamik (TD)

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

$$\underbrace{dE}_{\substack{\text{Energie-} \\ \text{änderung im} \\ \text{System}}} = \underbrace{dQ}_{\substack{\text{Wärme-} \\ \text{zufuhr} \\ \text{Bsp: Reibung}}} + \underbrace{dW_{\text{mech}}}_{\substack{\text{mechan.} \\ \text{Arbeit}}} + \underbrace{dW_{\text{chem}}}_{\substack{\text{chem. Arbeit}}} \quad (1.1)$$

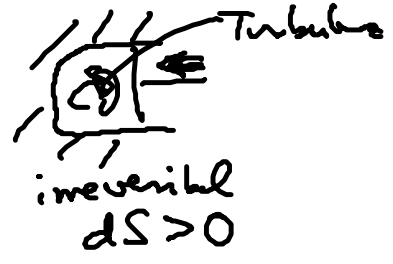
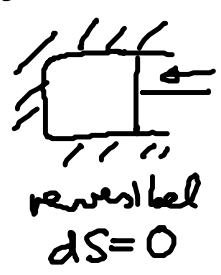
erzeugt wertlose / chemische Energie
 "ungeordnete, molekulare Bewegung"

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

NB. zugeführte Energien, etc sind $> 0!$ Invariabel

2. H.S. der TD, Entropie S , $dS \geq \frac{dQ}{T}$ (1.2)
 reversibel

In geschlossenen Systemen: $dS \geq 0$... Unordnung nimmt zu



\Rightarrow Erzeugung von Ordnung benötigt offene Systeme!

Systeme bei konst. T ,

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

mögliche spontane Prozesse:

$F \rightarrow$ Minimum

$\Delta F = \Delta E - T \Delta S < 0$ (1.4)

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

(b) $\Delta S > 0$, T groß (TD)

(c) Kombination

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

$\rightarrow -\Delta F = -\Delta W_{\text{mech/chem}}$.. maximale Arbeitsleistung bei reversiblen Prozesse

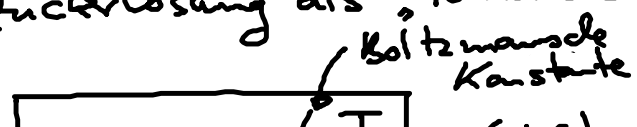
$-\Delta F > -\Delta W_{\text{mech/chem}}$.. irreversible Prozesse

1.2 Biologische Ordnung

1.2.1 Osmotische Maschine

• Fig. 1.3, \rightarrow Kopie

• Näherung, Zuckerlösung als „ideales Gas“ $\hat{=}$ vernachlässige W_w der Zuckermoleküle untereinander



$p_{osm} = c k_B T$ (1.6)
 ... van't Hoff Relation
 Konzentration:
 $c = \frac{N}{V}$

Druck durch
z. molekul. auf
Gefäßwand

(vgl. $pV = N k_B T = n R T$)
 ↑ Molzahl ↑ ideale Gas konstante

• Spontane Prozeß: für $F_G < p_{osm} A$
 Kolbenquerschnitt

Gnd: (1) $\Delta F = -T \Delta S < 0 \rightarrow \Delta S > 0$

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

• Rechnung: $N = konst$, reversible Prozeßführung: passe $F_G = p_{osm} A$

(1) $\Delta W_{med} = - \int_{V_a}^{V_e} p_{osm} dV \stackrel{(1.6)}{=} - N k_B T \ln \frac{V_e}{V_a}$ (1.7)
 $p_{osm} = c k_B T$
 $c = \frac{N}{V}$

(2) Ideales Gas: $\Delta E = \frac{3}{2} N k_B \Delta T = 0 = \underbrace{\Delta Q}_{T \Delta S} + \Delta W_{med}$

$\rightarrow \Delta S = - \frac{1}{T} \Delta W_{med} = k_B \ln \left(\frac{V_e}{V_a} \right)^N$ (1.8)

sinnvoll!

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

• osmotische Maschinen } verwerte freie Energie!
 biomolekulare " }

1.2.2. Umgekehrte Osmose (Wassereinigung)

• Fig 1.3b

Aufnahme wertvoller Energie: $\Delta W_{med} > 0$
 \rightarrow Erzeugung von Ordnung: $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} < 0$
 \rightarrow Abgabe von Wärme: $\Delta Q < 0$

$\hat{=}$ Prinzip der Biosphäre: $\Delta W_{med} \hat{=} \Delta W_{sonne}$

Fig. 1.2