

# Biologische Physik

- Inhalt: Biologische Phänomene / „Leben“  
↔ physikal. Konzepte
- Literatur:  
Buch: Philip Nelson, Biological Physics, Freeman 2004
- Termin: Mo 10<sup>15</sup> - 12<sup>00</sup> EW 203  
Di 14<sup>15</sup> - 16<sup>00</sup> EW 203
- Übungen: A. Zöttl  
Termin: Di 10<sup>15</sup> - 11<sup>45</sup>, EW 731
- Voraussetzung: TD + Statistische Physik bzw. s. Buch
- Zuhörer:  
(i) Master- / Diplomstudenten:  
Vertiefungsfach TP  
vollständiges WP: Biophysik + Seminar AG Stark  
(3233 L604)  
+ Vorlesung GRK 1558  
[Mai, Juni: 6 Wochen à 4 Std]  
(L500)
- (ii) Bachelorstudenten: 6 Sem.: Anw. von TD & Statistik
- Webseite: [www.itp.tu-berlin.de/stark](http://www.itp.tu-berlin.de/stark) → Lehre → SS10  
→ Materialien:

## 1. Einleitung

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

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

## 1.1 Grundlagen der Thermodynamik (TD)

- 1. Hauptsatz (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 nützlicher (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: Zuckerlösung als „ideales Gas“  $\hat{=}$  vernachlässige  $W_{\text{w}}$  der Zuckermoleküle untereinander  
 Boltzmannsche Konstante

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

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

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

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

Grund: (1)  $\Delta F \stackrel{\Delta E=0}{=} -T\Delta S < 0 \rightarrow \Delta S > 0$   
 (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)  $\Delta W_{\text{mech}} = - \int_{V_a}^{V_e} p_{\text{osm}} dV \stackrel{c = \frac{N}{V}}{=} - Nk_B T \ln \frac{V_e}{V_a}$  (1.7)

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

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

$\rightarrow \Delta S = - \frac{1}{T} \Delta W_{\text{mech}} \stackrel{(1.7)}{=} k_B \ln \left( \frac{V_e}{V_a} \right)^N$  (1.9) sinnvoll!

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

- osmotische Maschinen } verwenden freie Energie!  
biomolekulare " }