

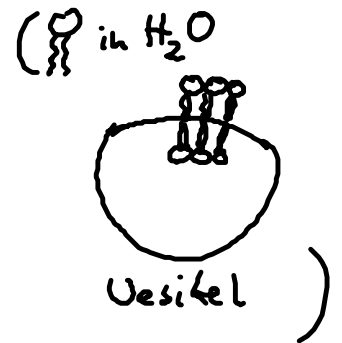
## 2.3 Molekulare Maschinen

- Bildung von Zellstrukturen? Zellaktivität?  $\longleftrightarrow$  mol. Maschinen
- starke Übereinstimmung aller Zellen auf mol. Ebene

### 2.3.1. Plasmamembran

- eine Hülle für Zelle  
  Organellen  
  Vesikel } Doppelschichtmembran aus Phospholipiden
  - Dicke 4nm
  - Fläche  $\rightarrow 10^3 \text{ nm}^2$
  - reißfest!
  - flüssig  $\rightarrow$  Zellfrieden, Endocytose, Teilung, ...
  - Bildung durch Selbstorganisation

analog: Mikrotubuli  
          F-Aktin



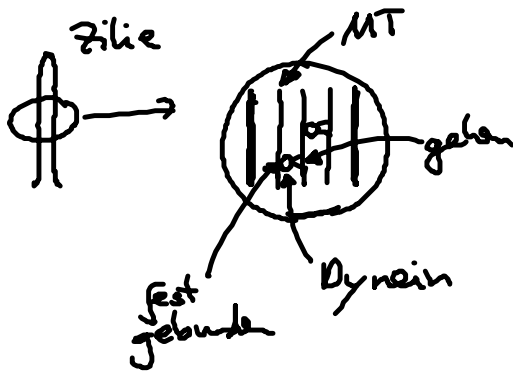
- Membranproteine:

Klassifikation:

- Transmembranproteine } integral Membranproteine
- über Lipide verankert }
- an TM-Proteine gebunden: periphere " "

## 2.3.2 Molekulare Motoren

- Muskelkontraktion = F-Aktin + „gedehnte“ Motoren (Myosin)
- Mikrotubulus + Kinesin → Transport
  - a) Proteine, Neurotransmitter → Axonende
  - b) von Chromosomen in 2-Zellhälften



koordinierte Wellen von Dynein-Aktivität  
→ Wellenbewegung der Zilien

- Rotationsmotoren:
    - a) bakterielles Flagellum
    - b) Synthese von ATP in Mitochondrien
- „Brennstoff“:  
den. Ungleichgewicht  
(z.B.  $H^+$ -Gradient)

## 2.3.3 Enzyme & Regulator-Proteine

- Enzyme (...ase) (Art von Protein) katalysieren chem. Veränderungen
  - zerlegt große Moleküle
  - Molekülaufbau

implizite, charakteristische Gestalt

- „Schalten“ von Genen ↔ aktive, inaktive Gene  
↔ spezifische Funktion von Zellen

Regulatorproteine erkennen und binden sich an spezifische Gene

- Repressoren: verhindern Gen-Kopie
  - Aktivatoren: unterstützen Gen-Kopie
- Bakterien  
(bei Eukaryoten replizierte)

- Kanäle, Pumpen

## 2.3.4. Informationsfluß in der Zelle

- Zellen-Genom = enthält Algorithmen zur Schaffung und Erhaltung eines Organismus
- Zentraler Mechanismus des Informationsflusses

### 3. Thermische Bewegung

- Biolog. Frage: Unterschied: Nanowelt (Zelle etc.)  $\leftrightarrow$  Makrowelt
- Physikalische Idee: Ungeordnete thermische Bewegung
- Lit.: E. Schrödinger, "Was ist Leben?", Piper-Verlag

#### 3.1 "Wahrscheinlichkeitslehre"

- stochastische Variable  $x \hat{=}$  Wertebereich & Wahrscheinlichkeitsverteilung  $P(x)$  (Zufalls-)

diskrete Verteilung:  $x = x_1, \dots, x_N$ ;  $P(x_i)$ ; Normierung:  $\sum_{i=1}^N P(x_i) = 1$  (3.1)

kontinuierliche Verteilung:  $x \in [x_1, x_2]$ ;  $P(x)dx \dots$  Wahrscheinlichkeit für  $[x, x+dx]$  } (3.2)  
 $\int_{x_1}^{x_2} P(x)dx = 1$

i.f.:  $\int \dots dx \leftrightarrow \sum_i$  (3.3)

• Mittel-/Erwartungswert einer Observable  $f(x)$ :  $\langle f \rangle = \int f(x) P(x) dx$

• n-tes Moment von  $P(x)$ :  $\langle x^n \rangle = \int x^n P(x) dx$  (3.4)

Mittelwert:  $\langle x \rangle$

Varianz:  $\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle = \langle x^2 - 2x\langle x \rangle + \langle x \rangle^2 \rangle = \text{Var}(x)$

↑  
"mittlere quadratische Abweichung"

↑  
 $\langle x^2 - 2x\langle x \rangle + \langle x \rangle^2 \rangle$

→ Standardabweichung:  $\sqrt{\text{Var}(x)}$  ... "Breite" von  $P(x)$

• "volle Info":  $\langle x^n \rangle \leftrightarrow P(x)$

Beweis: Charakt. Funktion:  $G(k) := \langle e^{ikx} \rangle = \int e^{ikx} P(x) dx$  (3.5)

→  $\langle x^n \rangle = \frac{1}{i^n} \left. \frac{d^n G(k)}{dk^n} \right|_{k=0}$  (3.5a)

$G(k) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(ik)^n}{n!} \langle x^n \rangle_{\text{ged}}$  (3.5b)

• Bsp. 1: Gaußsche Verteilung:  $P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}$  (3.6)

n ungerade:  $\langle (x-x_0)^n \rangle = 0$ , insb.  $\langle x \rangle = x_0$   
 n gerade:  $\langle (x-x_0)^n \rangle = \frac{(n-1)!!}{(n-1)(n-3)\dots 1} \sigma^n$ , insbes.  $\langle (x-x_0)^2 \rangle = \sigma^2$  (3.7)

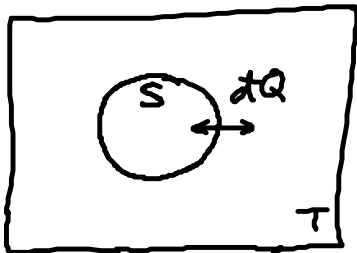
Bsp. 2: Rechteckverteilung:

$$P(x) = \begin{cases} \frac{1}{2a} & |x| \leq a \\ 0 & |x| > a \end{cases} \quad (3.8)$$

Bsp. 3: Poissonverteilung (diskret):  $P(n) = \frac{a^n}{n!} e^{-a}$  (3.9)

• mehrdim. Verteilung:  $x, y$ .. unabhängige stochast. Variable  
 $\longleftrightarrow P(x, y) dx dy = P(x) P(y) dx dy$  ... Multiplikationsregel (3.10)

### 3.2 Boltzmann Verteilung



kanonisches Ensemble

freie Energie  $F(T, \dots)$

S: viele mikroskopische Realisierungen mit

$$E_m = E_m(x_1, p_1, x_2, p_2, \dots, x_N, p_N)$$

$$P(E_m) = \frac{1}{Z} e^{-E_m/k_B T}$$

... Boltzmannverteilung

$$Z = \sum_m e^{-E_m/k_B T} \quad (3.12)$$

... Zustandssumme

• Bsp: ideales Gas:  $E_m = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m v_i^2$

⇒ Maxwellverteilung:

$$P(v_1, \dots, v_N) d^3v_1 \dots d^3v_N = \left( \frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3N/2} e^{-E_m/k_B T} d^3v_1 \dots d^3v_N$$

ein Teilchen:  $P(v) d^3v = \int (N-1) \text{Teilchen} = \left( \frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}} d^3v$

⇒ Gleichverteilungssatz:  $\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$  (3.15) (3.14)

mit  $pV = Nk_B T \Rightarrow p = \rho \langle v^2 \rangle / 3$  (3.16)  
 $\rho = \frac{Nm}{V}$   
 $p = \rho \frac{k_B T}{m}$   
... kinet. Interpretation  
des Druckes