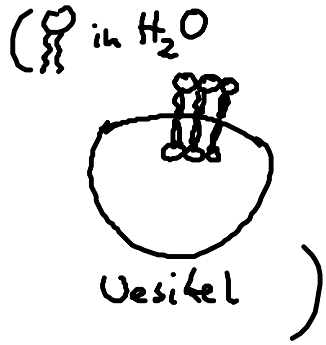
2.3 Molekulare Maschinen

- Bildung von Zellstrukturen? Zellaktivität? ⟷ mol. Maschinen
- starke Übereinstimmung aller Zellen auf mol. Ebene

2.3.1. Plasmamembran

- eine Hülle für Zelle, Organelle, Vesikel } Doppelschichtmembran aus Phospholiden
  - Dicke 4nm
  - Fläche → $10^3\,nm^2$
  - reißfest!
  - flüssig → Zellkriechen, Endocytose, Teilung, ...
  - Bildung durch Selbstorganisation

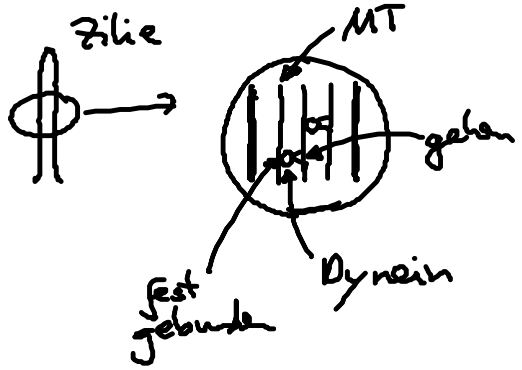


analog: Mikrotubuli, F-Aktin

- Membranproteine:

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

2.3.2 Molekulare Motoren

- Muskelkontraktion = F-Aktin + „gehende" 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:" dom. Ungleichgewicht (z.B. H^+-Gradient)

2.3.3 Enzyme & Regulator-Proteine

- Enzyme (....ase) (Art von Protein) katalisieren dom. Veränderungen → zerlegt große Moleküle / → Molekülaufbau
  - ↑ komplizierte, 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 komplizierte)

- Kanäle, Pumpen

2.3.4. Informationsfluß in der Zelle

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

3. Thermische Bewegung

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

3.1 „Wahrscheinlichkeitstheorie"

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

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

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

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

- Mittel-/Erwartungswerte 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: $\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle = \langle x^2 - \langle x \rangle^2 \rangle = Var(x)$

  „mittlere quadratische Abweichung"

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

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

- „volle Info": $\langle x^n \rangle \longleftrightarrow P(x)$

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

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

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

  qed

- **Bsp. 1:** Gaußsche Verteilung:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}\, e^{-(x-x_0)^2/2\sigma^2} \qquad (3.6)$$

$$\left.\begin{array}{lll} n \text{ ungrade:} & \langle (x-x_0)^n \rangle = 0, & \text{insb. } \langle x \rangle = x_0 \\ n \text{ grade:} & \langle (x-x_0)^n \rangle = \underbrace{(n-1)!!}_{(n-1)(n-3)\ldots 1}\, \sigma^n, & \text{insbes. } \langle (x-x_0)^2 \rangle = \sigma^2 \end{array}\right\} \qquad (3.7)$$

Bsp 2: Rechteckverteilung:

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

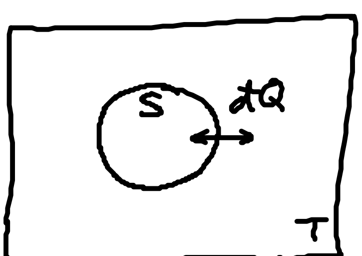
Bsp 3. Poissonverteilung (diskret): $P(n) = \frac{a^n}{n!} e^{-a}$ (3.9)

- mehrdim. Verteilungen: x, y .. unabhängige stochast. Variable

$$\longleftrightarrow \quad P(x,y)\,dx\,dy = P(x)\,P(y)\,dx\,dy \qquad (3.10)$$

... Multiplikations-Regel

3.2 Boltzmann Verteilung

- 

kanonisches Ensemble

freie Energie $F(T, \ldots)$

S: viele mikroskopische Realisierungen mit

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

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

... Boltzmannverteilung

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

... Zustandssumme

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

$\Longrightarrow$ Maxwellverteilung:

$$P(\underline{v}_1, \dots, \underline{v}_N)\, d^3v_1 \dots d^3v_N = \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3N/2} e^{-E_{kin}/k_B T}\, d^3v_1 \dots d^3v_N$$

ein Teilchen: $P(\underline{v})\, d^3v = \int (N-1)\text{ Teilchen} = \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}\, d^3v \qquad (3.14)$

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

mit $pV = N k_B T \Longrightarrow \quad p = \rho \langle v^2 \rangle / 3 \quad (3.16)$

$\rho = \frac{Nm}{V}$ ... kinet. Interpretation des Druckes

$$p = \rho \frac{k_B T}{m}$$