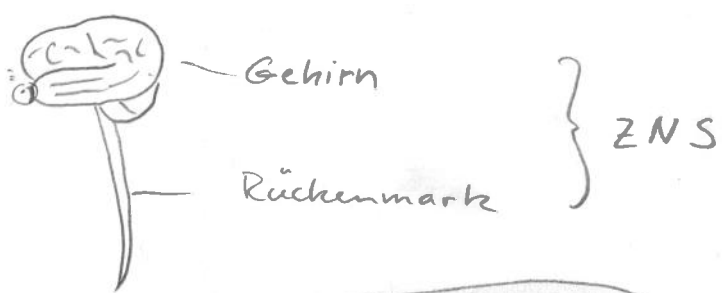


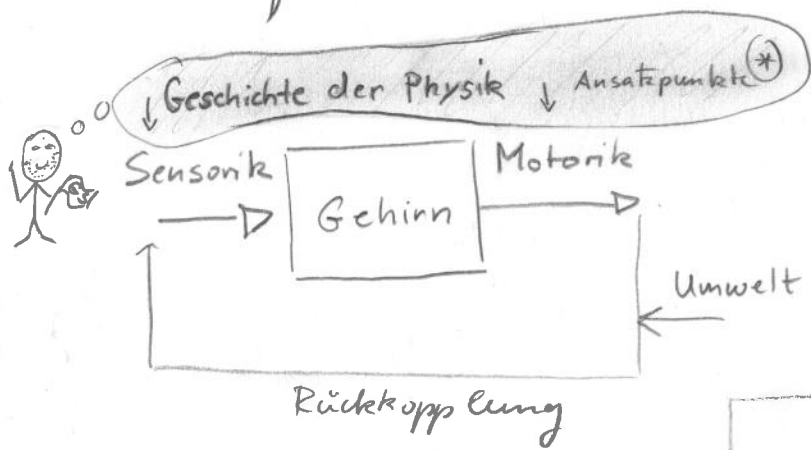
Was ist das Gehirn? (Wer fragt hier?)

Nervensystem (eins von elf Hauptorgansystemen)

Zentrale- und peripheres Nervensystem



⊛ Beispiel: Amphitheater (Akustik) opt. Linsen (Optik)



Bewegungsgleichungen des Gehirns

$$\underline{\dot{u}} = \underline{f}(\underline{u}, t; \mu)$$

Der Bereich der sich mit zeitlichen Änderungen der Organsysteme beschäftigt ist die Physiologie.

Funktion lebender Systeme

Neurophysiologie ist Ursprung der Elektrophysiologie

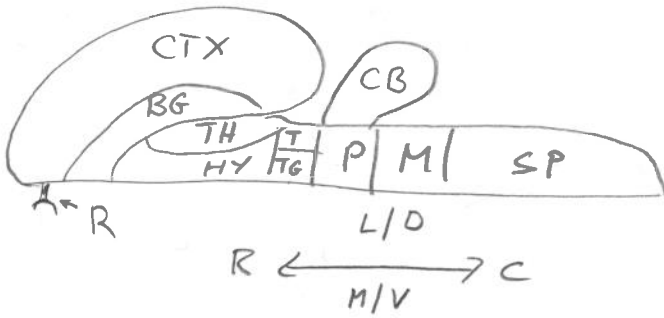
Fast immer autonome Systeme

$$\underline{\dot{u}} = \underline{f}(\underline{u}; \mu)$$

↑
Parameter

- Struktur
 - Evolution
 - Klassifikation
 - Verteilung
 - Wachstum
 -
- nicht Physiologie

Aufbau ZNS



Hauptregionen im Gehirn

CTX ≡ cerebral cortex

BG ≡ basal ganglia

CB ≡ cerebellum

HY ≡ hypothalamus

T ≡ tectum

TG ≡ tegmentum

TH ≡ thalamus

P ≡ pons

M ≡ medulla

R ≡ retina

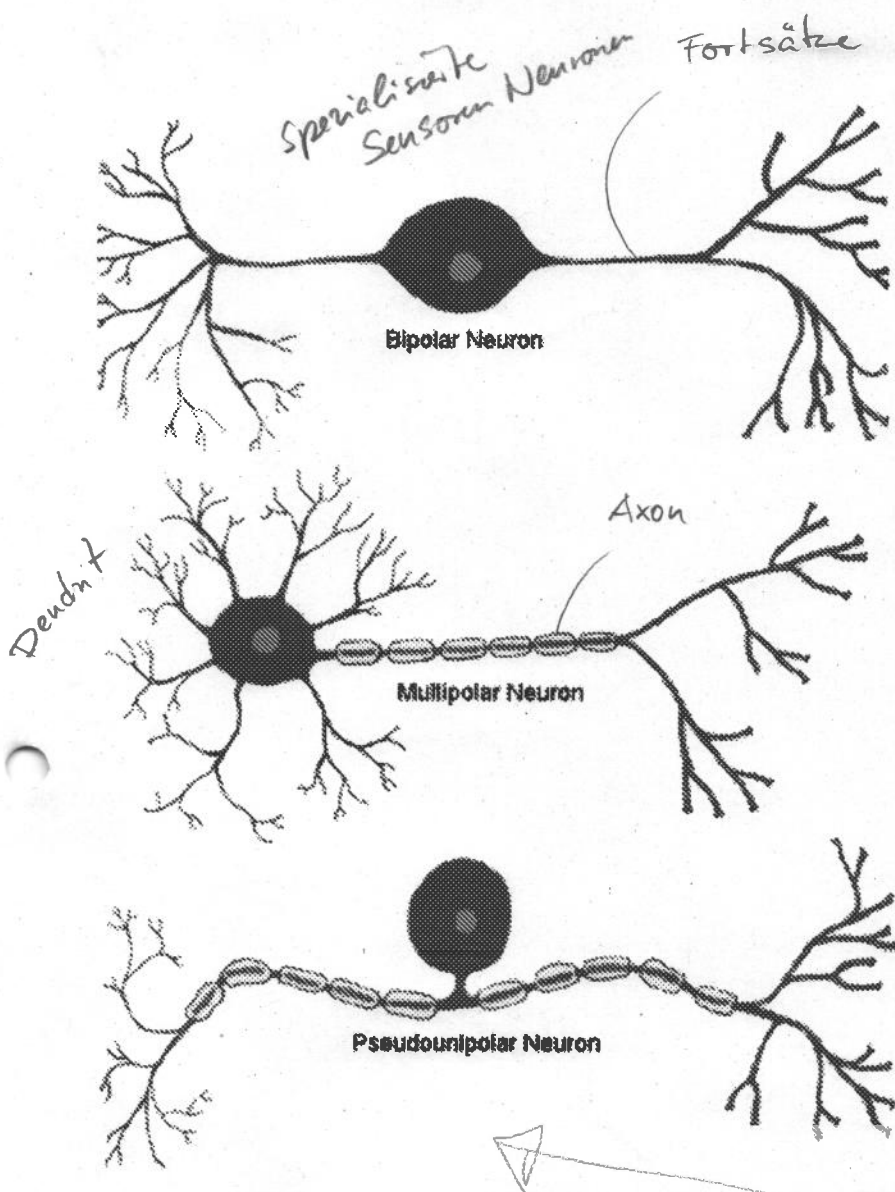
- CTX Großhirn
- Cortex Großhirnrinde

GS { Nucleus (Kerngebiete) ⊗
Rinden (Groß- & Kleinhirn)

GS Graue Substanz :
vorwiegend Nervenzellkörper

Weißer Substanz : Nervenfaser

⊗ im peripheren Nervensystem Ganglion (A.b.d.R., s. BG)



Kodierung von Informationen
 oft ^{mittels} graduierter
 Potentialänderung

Frequenz von
 Aktionspotentialen

dendritischen und
 neuritischen Axon

Afferenz (lat. affere = hinhagen)

Efferenz (aus ex (hinaus) und ferre (tragen))

Nebenbezeichnung Wegformen

Beispiel : Innere Uhr

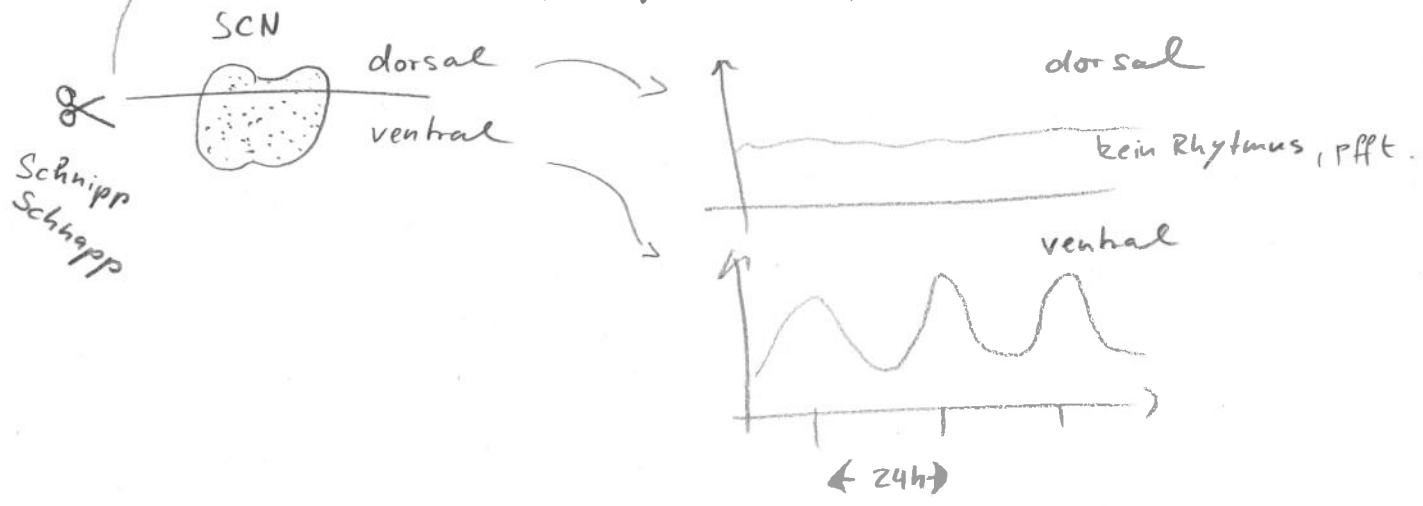
Suprachiasmatic nucleus (SCN)

Kerngebiet im Hypothalamus, das für den circadianen Rhythmus verantwortlich ist.



liegt an der Kreuzung des Nervus opticus (Sehnerv)
"Chiasma opticum" Licht-Dunkel-Wechsel
führt zu Entrainment.

Experiment : Effect of surgical disconnection
(Yamaguchi et al., Science 302, 2003)



Modell: Innere Uhr $\dot{u} = f(u)$ habe periodischen Orbit mit Periode T

die denkbar langweiligste GDL

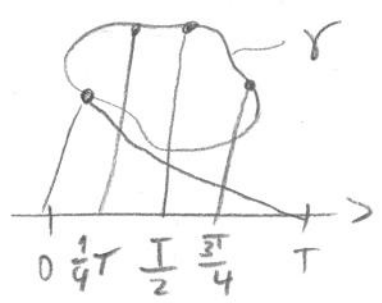
$$\dot{\Theta}_i = \omega_i \quad i = 1, 2, \dots, N \gg 1$$

$$u(t_1) = u(t_1 + T)$$

t_1 groß genug

Annahmen

- Amplitude: stabil
- Phase: frei



$$u(t) = \gamma(\Theta(t))$$

Phasenoszillator

All-to-all-Kopplung in einem SCN Netzwerk

$$\dot{\Theta} = \omega_i + \sum_{j=1}^N K_{ij} (\Theta_j - \Theta_i)$$

↑
Funktion Bedingungen

(periodisch) • $K_{ij}(\phi \pm 2n\pi) = K_{ij}(\phi)$

• $K_{ii}(0) = 0$

Typische Kopplungsfunktion



u.s.w.

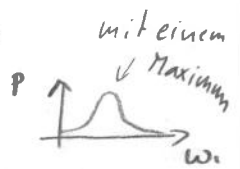
$$K_{ij}(\phi) = \frac{k}{N} \sin \phi$$

Kuramoto-Modell

globales Koppeln

1975

die ω_i können verteilt sein



Kuramoto - Modell

- Biologische Systeme
- Laser-Arrays und Josephson-Kontakte (Physik)
- Chemische Systeme
- ...

Einfaches Modell für Synchronisationsphänomene

Mitrotierendes Koordinatensystem $\theta_i \rightarrow \theta_i - \Omega t$
mit Ω Erwartungswert von $g(\omega)$

Verteilungsfunktion der ω_i ...

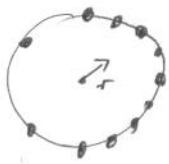
Mit
$$r e^{i\psi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{i\theta_i}$$

$$\dot{\theta}_i = \omega_i + k r \sin(\psi - \theta_i)$$

Kooperatives Verhalten ?

Ordnungsparameter

$$r e^{i\psi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{i\theta_i}$$

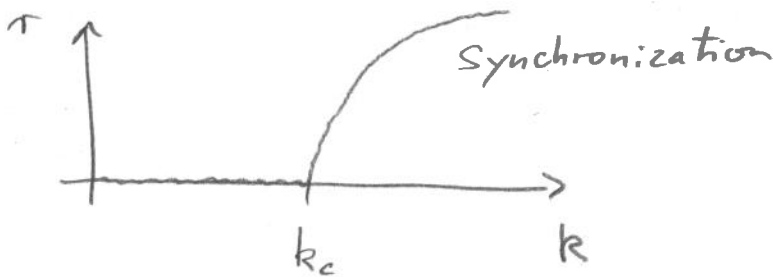


$r \approx 0$

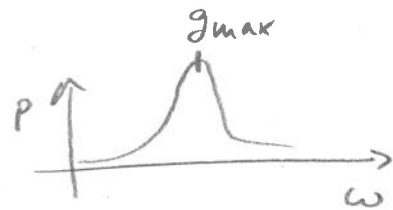


$r \approx 1$

Ergebnis



$$k_c = \frac{2}{\pi g_{max}}$$



Lorentz-Verteilung

$$p(\omega) = \frac{1}{\pi} \frac{s}{s^2 + (\omega - t)^2}$$

(Verteilungsfkt. arctan)

Schlussfolgerung

⇒ Desynchronisation im
dorsalen SCN könnte "finite size
effect" sein !

Warum oszillieren Gehirnzellen?

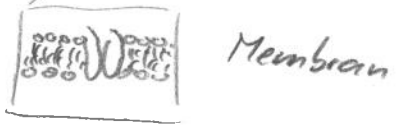
Anschluss an XI (11)

	e	i
Na	120	12
k	3	90

(in mM)



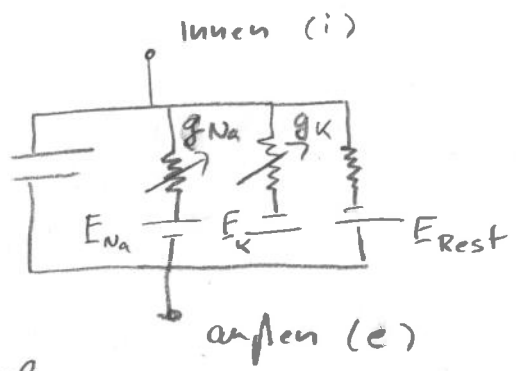
Ersatzschaltbild



Nernst-Planck-Gleichung =>

$$E_{ion} = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_e}{C_i} = -61 \text{ mV} \log_2 \frac{C_i}{C_e}$$

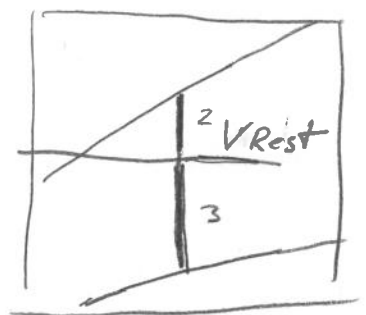
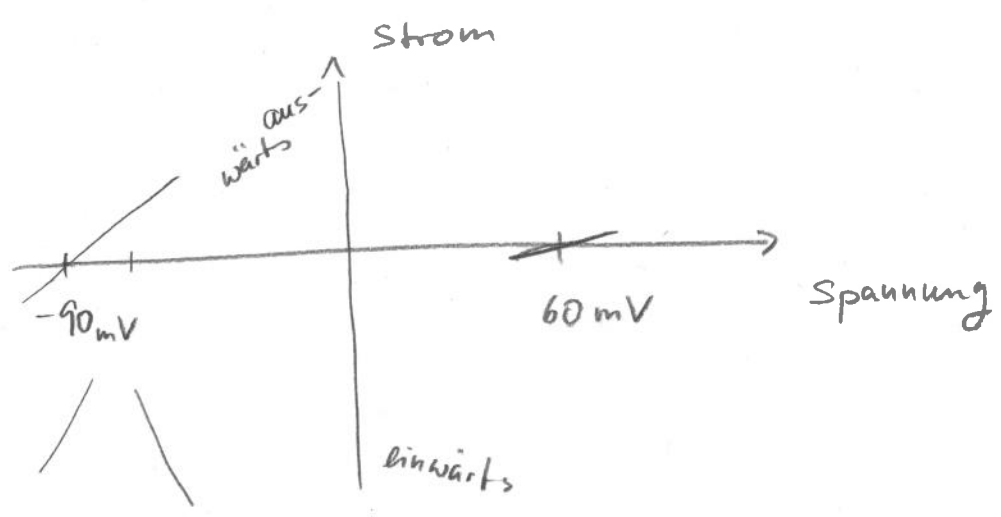
C_{e/i} Konzentration



1. Kirchhoff'sche Regel

$$C \dot{V} = g_{Na} (E_{Na} - V) + g_K (E_K - V) + g_L (V_{rest} - V)$$

$$\dot{V}(V_{rest}) = 0$$



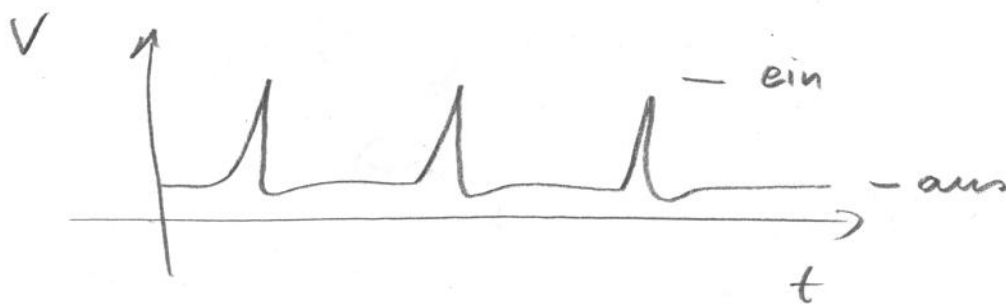
1:1 Gleichgewicht ohne Pumpen
eigentlich 2:3 wg. Na⁺K⁺ATPase

Ansatz von Hodgkin und Huxley

$$g_{ion} = \bar{g}_{ion} \cdot n^x \leftarrow \begin{array}{l} \text{Öffnungswahrscheinlichkeiten} \\ \pi \\ \text{maximale Leitfähigkeit} \end{array}$$

mit $n(V) = \alpha(V) (1 - n(V)) - \beta(V) n(V)$

⇒ Satz von gekoppelten nicht-linearen DGLs die für gewisse Parameter als Lösung einen Grenzzyklus besitzen.



Relaxationsoszillationen (Kippschwingungen)

... Sprachröhler ...

ähnlich dem Van-der-Pol-Oszillator

$$\ddot{x} - \epsilon(1 - x^2) + x = 0$$

$\epsilon = 0$ Harmonischer Oszillator

$0 < \epsilon < 2$ Schwingungen / ϵ Zeitskalentrennung