

Allers "Die Zelle"

www.uni-mainz.de/~neunmeyer

⇒ Vorlesung → Blätter mit Themen

⇒ Bücherliste

Präsenz NAT M 325

Zhrbuchsammlung: 36Q 102

Präsenz: NAT M 120

Präsenz: NAT M 332

Präsenz: NAT M 325

Kelchoud: 36R 316

Präsenz NAT M 331

← "Eckert" für Tierphys

← "Dehner-felting" → Zoologie
→ "Fenzlin"

← "Reichert" Neurobiologiebuch

← "Müller" - Physiologie

← "Paul" - kurzer Überblick

Vorlesung Stoffwechsel 6. Mai 9 Uhr punkt

HS 18 (8.45) - 13 Uhr

Kursbeginn 8. Mai 12 45 Uhr (13 pckt)

Klausur 24. Juli 12 45 Uhr HS 15 (13 punkt)

(Stoffwechselteil)

Vorbereitung: Methodent Theorie

Klären: Termini, Fragen beantworten

Prüfung: Inhalte aus allen genannten Quellen

Stoffwechselteil mündliche "Vorprüfung"

Bücher: Campbell / Reis Biologie 6. Auflage

Newotel SB II 4. Stock, rechts "schwarze kotze"

3x schriftliche Prüfung

2x mündliches Kolloquium

1. Tag: Protokoll (einzel), ab 2. Tag gemeinsam
binnen 1 Woche

Begleitvorlesung 1108-10 HS/10, Becherweg 4
ab 8. Mai / 15. Mai / 22. (3 mal)

⇒ Internetadresse

Anfang: NeuroFell

kein Medizinerbuch

Shepherd Newhard Biology

Skript: Was macht iQ? Warum macht iQ das? → Einführung

Wie messe iQ?

<http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt3/tierphys>

Zertifikatsgruppen (21.8)

Gruppennummer ⇒ 1. Kurstag 1 Woche zur Abgabe,

1 Woche Rückgabe

Präparierbesteck ...

Kolloquium 30-60 min

Skriptid 20 min

2. Versuchstag ⇒ Nervenfaserwindigkeit → aufwendig (bis zu 20h)

↳ Materialsammlung

Klausur → Nachkolloq → 2 Versuch

bei 2. Mal → Neumeyer

5 Neuro-tage Stoffwechsel 5 oder 6

⇒ Abgabe SBI 4. Stock → schwarze Karte

Purkinje → erste Darstellung einer einzelnen Nervenzelle
(ca. 1830), aber nur Zellkörper

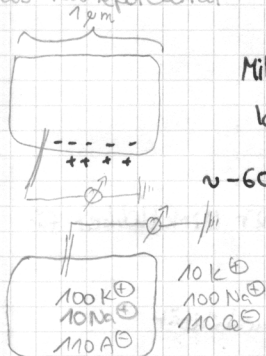
- 1860 Nervenzellen im Rückenmark
- erster Ansatz: Nervenetz (↳ Zelltheorie von Schwann)
- C. Golgi (Nobelpreis 1906) → AgNO_3 -Färbung
 - färbt ganze Zellen, aber nur vereinzelte Zellen
- Verfeinerung ermöglichte versch. gute Darstellungen
 - ⇒ sehr verschiedene Ausprägungen an Nervenzellen
- wichtig: bei Kernfärbungen werden sowohl Gliazellen, als auch Nervenzellen angefärbt (Anteile etwa 1:1)
- Axone sind myelinisiert (Isolation)
 - ↳ schnellere Leitung
- AgNO_3 -Färbung färbt nur Nervenzellen
 - ermöglicht Identifikation von Zelltypen
- Schrottbild weist α-Motoneuron
- auf jeder Zelle bis zu 10.000 Synapsen

27.04.06

Die Nervenzelle - Das Neuron

- kann Signale empfangen, weiterleiten & übertragen
- Signal: Änderung des Membranpotentials

Das Ruhepotential



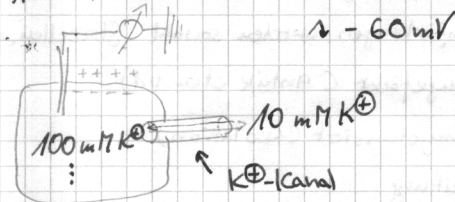
Mikroelektrode ≈ ausgezogene
Kapillare mit Elektrolytlösung
~ -60 mV (intrazelluläre Ableitung)

- reine Doppellipidschicht
- ↳ Potential: 0 mV
- ↳ Ionenkanäle nötig

Ion	Innen	Außen
K^+	400 mM	10 mM
Na^+	50 mM	460 mM
Ca^{2+}	} 0,1 mM	
Mg^{2+}		

Cl^-	60 mM	470 mM
A^-	390 mM	—
(Proteine)		

↳ „Diffusionspotential“



⇒ Diffusion begrenzt auf „elektrischen Sogdruck“

↳ Kräftegleichgewicht

osmotische Kraft = elektromotorische Kraft

Ruhepotential $\hat{=}$ Gleichgewichtspotential des K^+

- Konzentrationen werden durch Na^+/K^+ -ATPase gepumpt

⇒ $3 Na^+ / 2 K^+$

$$\text{Nernst: } E = \frac{RT}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{C_a}{C_i}$$

① $\Delta G_{\text{el}} = z \cdot F \cdot U$

② $\Delta G_{\text{osm}} = R \cdot T \cdot \ln \frac{C_a}{C_i}$

↳ $E = \frac{RT}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{C_a}{C_i}$

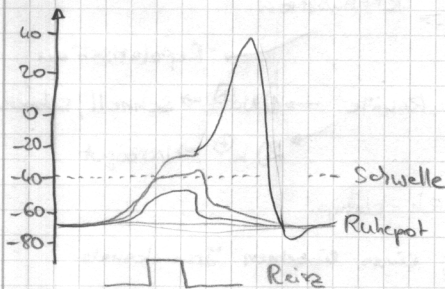
⇒ Nernst-Gleichung beschreibt nicht Wirklichkeit für große Konzentrationsgefälle

↳ Goldman-Gleichung ↳ Permeabilität

⇒ $P_{K^+} : P_{Na^+} : P_{Cl^-} \rightarrow 1 : 0,03 : 0,1$

http://www.uni-mainz.de/~neurophys

- Aufklärung der Aktionspotentiale an Riesenaxonen (bis 1mm) bei Tintenfischen durch Hodgkins & Huxley
- bei äußerem Reiz oberhalb des Schwellenwertes (ca. 40mV) schnelle Depolarisation auf +40 mV



$$U = R \cdot I \quad I = g \cdot U$$

↑
Leitfähigkeit

mit $R = \frac{1}{g}$

↘ bei Änderung des Membranpotentials ändert sich Na^+ -Leitfähigkeit

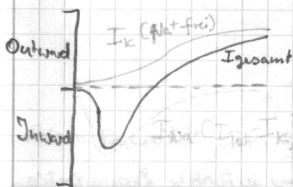
$$I_{Na} = g_{Na} (U_m - E_{Na})$$

↑
konst. gehaltenes Membranpot.
↙ Gleichgewichtspotential

↗ Messung E_{Na} durch Spannungsklemme

$$I_{K} = g_{K} (U_m - E_{K})$$

Messung ⇒ Entkopplung der Ionenströme durch z.B. Verwendung von Na^+ -freiem Wasser außen



alternativ: TTX (Kupferfisch)
Ausschalten der Na^+ -Kanäle

alternativ: TEA
Blockiert K^+ -Kanäle

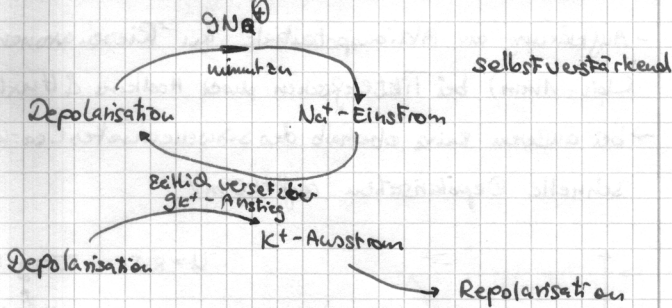
⇒ Variieren der Klemmspannung, bis $I_{Tot} = 0$

↘ Bestimmen des Ruhepotentials

↗ Bestimmung der Leitfähigkeiten möglich

⇒ Spannungsabhängige Na^+ -Kanäle

↗ Vermögigt Zeichnung der Leitfähigkeiten in Bezug auf Aktionspot.





→ 2 spannungsabhängige Kanäle → 1) Na^+ → schnell, schneller Wiederanstieg
 → 2) K^+ → verzögert

- moderne Methode: patch-clamp

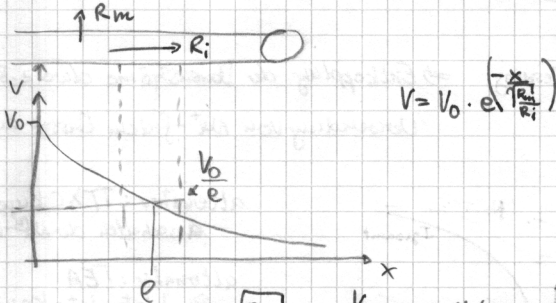
→ ermöglicht Messung eines einzelnen Ionenkanals

C. Salzman + N. J. P. (1981)

- Aktionspotentiale entstehen am Axon & läuft das Axon entlang → verschiedene Geschwindigkeiten

- extrazelluläre Ableitungen → biphasisches Signal: 
 → 1. Pol auf Erde → 

- Axon: ~~lokale~~ Betrachtung als elektrisches Kabel



$$V = V_0 \cdot e^{-\frac{x}{\sqrt{\frac{R_m}{R_i}}}}$$

Längenkostante l :

$$l = \sqrt{\frac{R_m}{R_i}}$$

$\frac{V_0}{e}$ muss Aktionspot. erreichen
 → so fortzige Depolarisation

↳ je größer l , desto schnellere Leitung

- motorische Endplatte: Acetylcholin

nicotinische Acetylcholinrezeptoren

(Gegensätze muscarinische)

↳ Depolarisation ↳ Ausbreitung von Aktionspotentialen

≠ aber auch hyperpolarisierende Synapsen

↳ a) Erregende postsynaptische Synapsen Signale ERBP

Inhibitorische

- " -

IFSP

11.05.2006 Synapsen im Gehirn

$3 \cdot 10^{11}$ Nervenzellen

$10^{14} - 10^{16}$ Synapsen ↳ können sich bilden & verschwinden

Synapsen

↳ motorische Endplatte ↳ große Synapse

• Bernhard Katz → Potentialableitungen an Muskelzellen

• Erregung ist Depolarisation gequantelt

↳ "Miniaturendplattenpotentiale"

↳ Transmitterpakete

• nicotinische Acetylcholinrezeptoren (5UE, 2 Bindungsstellen)

→ Bindung ↳ Na^+ & K^+ strömen nach innen

→ schneller Wiederverschluss & Abbau Acetylcholin durch

Acetylcholinesterase

- Nachweis Acetylcholin: Dale 1936

- Vagus Nerv (Parasympathikus) → Stoff wird abgegeben, der

Herzschlag verlangsamt (Acetylcholin)

→ muscarinische Acetylcholinrezeptor

GS-Protein-gekoppelt ↳ K^+ - Kanäle

→ "metabotrope Rezeptoren"

- 1 Neuron setzt in allen Synapsen den gleichen Transmitter frei
(oder die gleichen Transmitter)

- Zwei Typen beim ZNS:

• EPSP → Erregend

• IPSP → hemmt (senkt Ruhepotential)

→ weitere Transmitter: ACh, Glutamat, GABA, Glycin
hemmend

Dopamin, Serotonin

eher neuroregulatorisch

- alle Potentiale im Dendritenbaum → graduierte Potentiale
- Axonhügel Aufsummierung → nach Höhe der dort anliegenden Spannung wird die Spikefrequenz codiert
- Dendritenerregung aus Nervenzellen oder Sinneszellen

Sinneszellen

- Umwandlung physikalischer Reize in elektrische Signal
⇒ „Transduktion“ (Transduction)
- physikalische Reize führen zu Ionenkanalöffnung
z.B. Mechanorezeptoren
- Lichtsinneszellen → Lichtquanten werden durch Farbstoff absorbiert → vergrößerte Oberfläche

C Wirbeltiere → Membranzellen „dick“

Wirbellose → Mikrovilli

Einteilung

primäre Sinneszellen

→ haben Axon

alle SZ bei Wirbellose

sekundäre Sinneszellen

→ haben kein Axon

→ Weiterleitung über
Nervenzellen

fast alle SZ bei Wirbeltieren

(außer Riechsinneszellen)

- Wirbellose \rightarrow Spikes

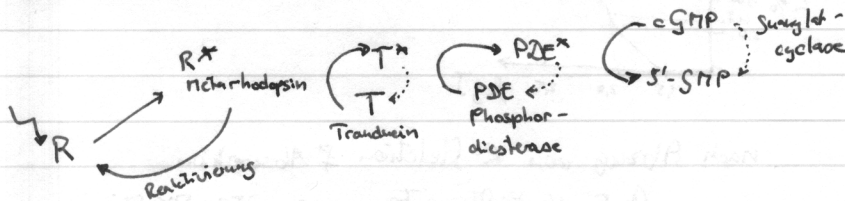
- Vertebraten \rightarrow hohes Ruhepotential \rightarrow Hyperpolarisation bei Reizen

- cGMP im Dunkel \rightarrow Kanal offen

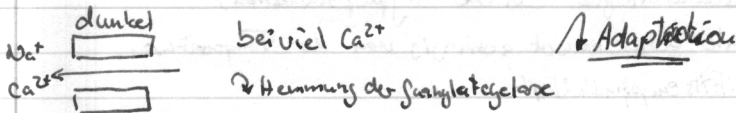
\rightarrow Licht \rightarrow Zersetzung cGMP \rightarrow Kanal schließt sich

16.05.2008

- Verteilung von Stäbchen & Zapfen → BUCH
- Proves: Bereich befeuert Sehen
- äußeres Segment: Oberflächenvergrößerung (Membranstapel)
 - ⇒ komplizierte Synapsen
 - Zapfen ⇒ Einstülpung
 - Stäbchen ⇒ "Disks"
- 50er Jahre: George Wald → Lichtquant isomerisiert Retinal



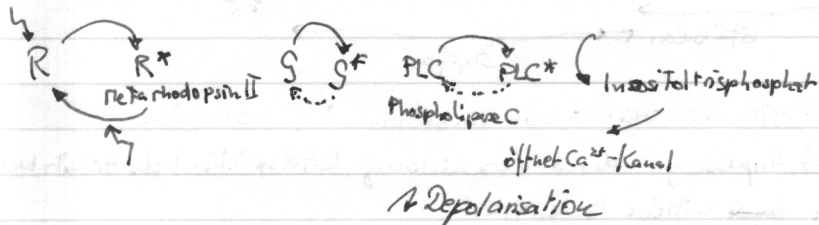
- cGMP hält Na⁺-Kanäle → bei Licht Abbau von cGMP
- Na⁺-Kanäle geschlossen → Hyperpolarisation



⇒ Adaptation durch Ca²⁺-Regulation

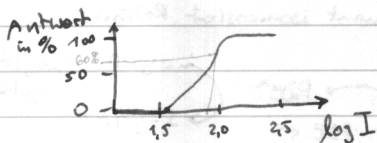
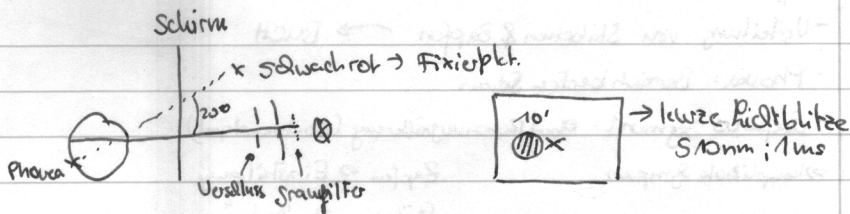
- Stäbchen: Rhodopsin → 3000 Transducine → 3000 Phosphodiesterase
- 6 000 000 cGMP abgebaut

Wirbellose (Arthropoden)



Absolute Empfindlichkeit

- Wie viele Lichtquanten nötig für Erregung
- geklärt durch psychophysisches Experiment (Heck, Sauer, Pirenne 1942)



nach Abzug von Reflexion & Absorption

↳ 5-14 Lichtquanten pro 350-500 Stäbchen

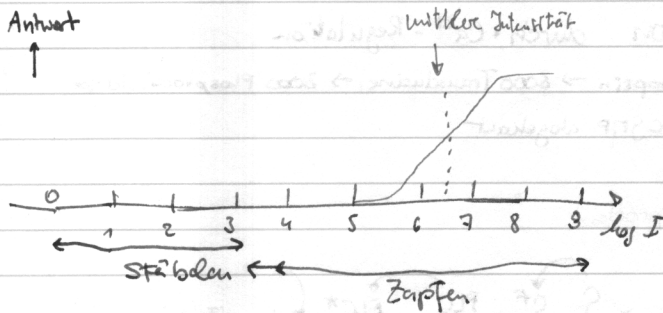
⇒ 1 Lichtquant ausreichend pro Stäbchen

- die Energie des Lichtquants ist viel kleiner als die

„speichernde Energie“ (in der Hyperpolarisation)

⇒ absolute Schwellenwert abhängig von der Temperatur

Intensitätsempfindlichkeit



↳ Zapfen überstrahlt mit einzelnen 2-3-Einheiten

↳ Anpassung durch Verschiebung (Adaptation) des Arbeitsbereiches
an ~~am~~ mittlere Intensität

$$\text{Empfindlichkeit} = \frac{1}{\Delta I_{\text{Schwelle}}}$$

Warum Arbeitsbereich so schmal?

→ reflektiertes Licht interessant

⇒ Reflexionsgrad 10% (schwarz) weiß (90%)

↙ etwa eine logarithmische Einheit

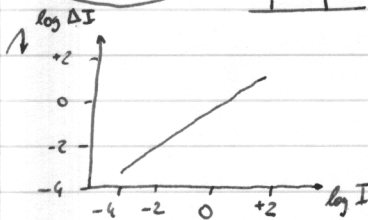
⇒ Kontrast immer konstant

- Ernst Heinrich Weber (1795 - 1878)

↙ Unterschiedsempfindlichkeit (untersucht am Tastsinn)



↙ Wann inneres Feld zu sehen?



$$\frac{\Delta I}{I} = \text{konst.}$$

beim sehen etwa 0,18

Weber-Gesetz

- Gustav Theodor Fechner (1801 - 1887)

↙ Untersuchungen am Sehen

→ Änderung der wahrgenommenen Helligkeit

Beziehung physik. Reiz & Empfindung

⇒ „Psychophysik“

↙ Vorschlag: $\text{Empfindung} = k \cdot \log I + c$ Weber-Fechner-Gesetz

$$\Delta E = k \cdot \frac{\Delta I}{I} \Rightarrow E = k \int \frac{dI}{I} = k \cdot \ln I + c = k \cdot \log I + c$$

Zoologie II - Neuro
23.05.2006

Polarisationserkennung der Insekten

- Bienen: Oberfläche durch Mikrovilli

→ Omatiden → 9 Sehzellen → Mikrovilli (Zahnbürste)

- Bau der Mikrovilli bedingt Polarisationsempfindlichkeit

- in Rhabdomer Zellen „verdreht“

↳ jede Zelle reagiert auf jede Polarisationsrichtung

- verschiedene Zellen: 4 Grünrezeptoren

2 Blauzeptoren

3 UV-Rezeptoren

- O.v. Helversen; W-Edrich

- auch bei Wüstenameisen (*Cataglyphis bicolor*)

→ Nest als Loch im Boden → suchen Insekten wenn besonders heiß ist

↳ Wiederfinden des Lochs durch Sonnenorientierung

- Auch Fische verwenden polarisiertes Licht

→ Problem: Rezeptor nicht unbedingt geeignet (Disks)

↳ Lösung: schräg angeordnet mit Spiegelpigmenten

30.05.2006

- Pfortadersystem \rightarrow Hypothalamus zur Adenohypophyse
(~~unter Hypophysenhypophyse~~)
 \rightarrow kurzer Weg der Releasehormone

- Bsp. TRH \rightarrow TSH \rightarrow Thyroxin

\rightarrow erhöht Stoffwechsel, stimuliert Entwicklung

Wirkmechanismen

\rightarrow Peptide immer an membranständige Rezeptoren

\rightarrow oft 7-TM-Rezeptoren, welche an G-Proteine gekoppelt sind

\rightarrow Trennung der α -Untereinheit des G-Proteins

(bei Aktivierung) & Aktivierung z.B. der Adenylatcyclase
(bildet cAMP)

\Rightarrow mehrere Stufen der Signalverstärkung

- cAMP aktiviert PKA

Abschaltung

1) Phosphorylierung des Rezeptors (G-Protein bindet schlechter)

- bei andauerndem Reiz Endozytose des Rezeptors

\Rightarrow „Down-Regulation“

2) Abdiffundieren des Hormons

3) Hormonalabbau

Membrankomponenten als Messenger

- Zellmembran: PIP₂ (Phosphatidylinositol bisphosphat)

\rightarrow Freisetzung von IP₃ (Inositoltrisphosphat)

\rightarrow durch Phospholipase
 \rightarrow setzt Ca²⁺ aus ER frei

- in der Membran bleibt Diacylglycerin zurück

\rightarrow aktiviert Membranassoziierte Proteinkinase

(fördert Zellteilung & Zellteilung)

Fettgewebe als Hormondrüse

\rightarrow Leptin (Peptidhormon) \rightarrow Hemmung appetitangeregter
Zellen
~~Hormone~~ & Aktivitätssteigerung

\rightarrow Shrelin (Nasen) als Gegenpoler

01.06.2006

⊃ Ethogramm: Fülle an Verhaltensweisen für best. Art

→ ebenso Evolution unterworfen

⊃ ritualisierte Verhaltensweisen: Hintergrund des Verhaltens

unbekannt

⇒ meist in der Balz zu beobachten → Signalcharakter

- AAM: angeborener, auslösender Mechanismus

≙ Schlüsselreiz oder Auslöser (von Artgenossen)

löst best. Verhalten aus

(Name: Erbkoordination)

- z.B. Eirollbewegung der Grauganz

⇒ Atrappenversuch ermöglicht Ermittlung des Auslösers

- AAN ist sensorischer Filter

Akustischer AAN

- akustischer Reiz: Feldheuschrecke *Certhippus biguttellus*

- Weibchen hören Gesang der Männchen & antworten

→ Männchen bewegt sich etwas Richtung Weibchen, ausschließlich
neuer Gesang

- spezifische Neuron reagiert auf best. Reiz & Pause

12.06.2006

Wirbeltiere ⇒ Ench v. Hdst

⇒ geordnete Flossenbewegungen bei Fischen

→ Durchtrennung Rückenmark & Gehirn

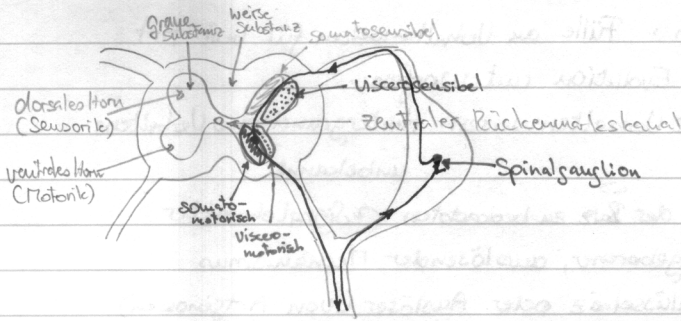
→ Flossenbewegungen angereizt

↑ Motorgeneratoren im Rückenmark

ZNS von Wirbeltieren

→ Rückenmark: • Schmetterlingsfigur (Zellkörper)

• daraus Axone



• in Evolution: allmähliche Vergrößerung des Großhirns (Cortex cerebri)
(im Vergleich zu anderen Hirnteilen)

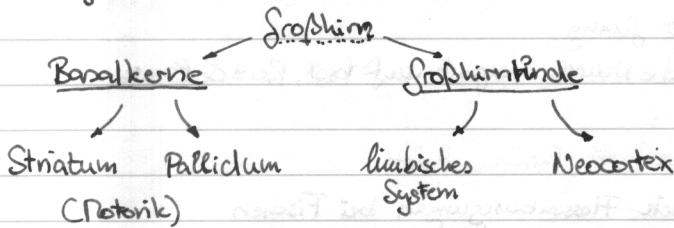
→ Betrachtung des Großhirns (Telenceph.)

- Amphibien → Archipallium, Paleopallium, Basalkerne
- Reptilien → Neopallium

Archipallium } limbisches System (Säuger)
Paleopallium } Hippocampus
Amigdala
Septum

⇒ Stimmungen, Motivation
⇒ Lernen (Hippocampus als Zugang)

• Säugetiere:



Gehirnteilung: 1) Großhirn (Telencephalon)
(Vertebraten) 2) Zwischenhirn (Diencephalon)

→ Thalamus (A. Sensorikumschaltung)

→ ventral: Hypothalamus & Hypophyse

(Konstanthaltung inneres Zustand, Hormone,
Wach-Schlafrhythmus)

3) Mesencephalon (Mittelhirn)

4) Metencephalon (Nachhirn)

→ dorsal: Cerebellum (Gleichgewicht, Bewegungen)

→ ventral: Pons (Brücke) ⇒ Verbindungen der Hirnhälften

5) Myelencephalon: (Medulla oblongata)

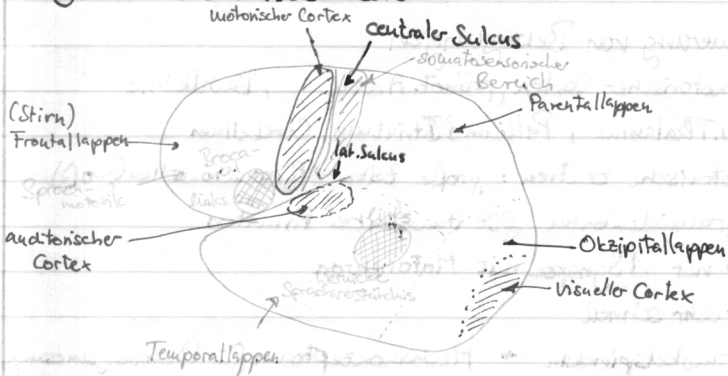
4+5 ⇒ Rhombencephalon

ventral von 3+4&5: Hirnstamm

20.06.2006

- K. Brodman: Gehirnbarte, histologische Schnitte der Großhirnrinde
(6 Schichten, 52 Bereiche eingeteilt)

⇒ Funktionelle Unterschiede



- W. Penfield: operative Entfernung von Gehirnteilen bei epileptischen Anfällen
(EEG)

→ Reizungen mit kl. Elektroden

↳ "Homunculus"

→ all'anderer Bereich "assoziativer Cortex"

- Hirnrinde reagiert plastisch ↳ Bereiche können sich ändern

↳ seit 1970: Bildgebende Verfahren: CT, PET, fMRI

beruhen auf Stoffwechsellaktivität

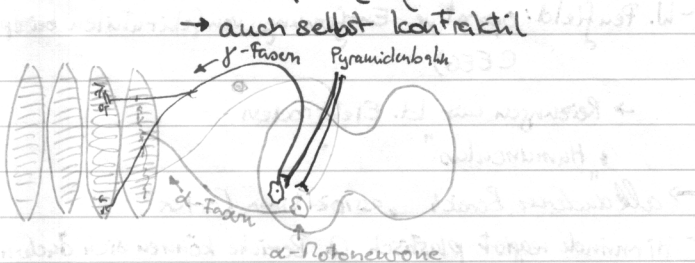
⇒ Durchblutung

- 1. Methode: radioaktives Xenon in Carotis (^{133}Xe)
 - Nachfolger: PET (radioaktives H_2O)
 - ⇒ verstärktes Ausstrahlen im Gewebe
 - ⇒ γ -Strahlen
 - Moderner: fMRI → nichtinvasiv (Magnetfeld von außen)
 - ⇒ Untersuchungen von Hämoglobin & Hämoglobinbläuten
- 70er Jahre: R. Sperry (Epileptische Anfälle)
 - ⇒ Durchschneiden der Verbindung zwischen linker & rechter Hirnhälfte (Corpus callosum)
 - ↳ Funktion von rechter & linker Hirnhälfte ermittelt

Steuerung von Bewegungen

22.06.2006

- motorischer Cortex, prämot. Areale, Basalkerne & v. Thalamus, Pallidum & Striatum, Cerebellum
- motorische Zentren: große Zellen ⇒ Pyramidenzellen (G0)
- ↳ Pyramidenbahn für Hand/Arm bei Primaten
 - ↳ nur 1 Synapse mit Motoneuron
 - ↳ sehr schnell
- Muskelspindeln → Mechanorezeptoren für Dehnungsmessung



afferente Neuron zum ZNS
 efferente vom ZNS
 Interneurone → im gleichen Gebiet

- γ -Fasern ziehen Muskelspindel auseinander

↳ sehr empfindlich

↳ auch kleine Abweichungen werden korrigiert

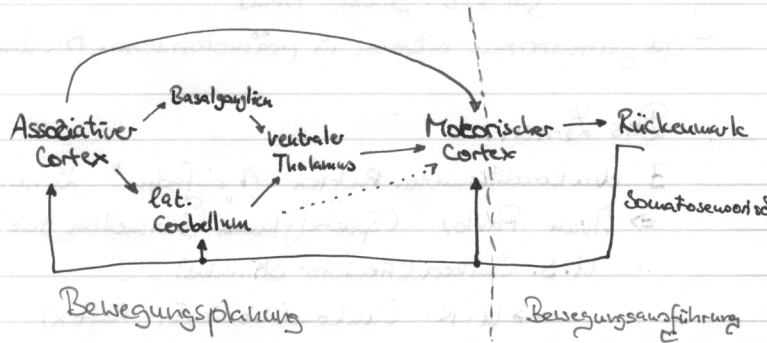
(reflexartig) \Rightarrow präzise Aussteuerung

\Rightarrow Bsp.: Knieschnenreflex

- Pyramidenzellen sind zu funktionellen Einheiten zusammengefasst

\rightarrow Interneurone hemmen Wechselwirkungen zwischen fkt. Einheiten

- wichtigster Physiologe in diesem Zusammenhang: John Eccles
(Nobelpreis 1963)



- Komplexität bei höheren Tieren \rightarrow Untersuchung an einfachen Vertebraten \Rightarrow Fisch (Neunauge, nur schlingende Fortbewegung)

\Rightarrow Mustergeneration im Rückenmark durch Nervenzellen

- komplexe Bewegungen: Cerebellum

Cca. $30 \cdot 10^6$ Purkinjezellen

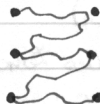
pro Purkinjezellen 80 000 Parallelfasern

\rightarrow Ausführung von glatten Bewegungen

Lämpchen leuchten nacheinander, sollen verfolgt werden



gesund



krank

(Cerebellum)

- Vermutung: Cerebellum für zeitlich geordnete Bewegungen
- Cerebellum für automatisierte Bewegungen zuständig

- A. Georgopoulos: Steuerung des Arms durch Motorcortex
- Affen trainiert ⇒ Hebel muss über Lämpchen gezogen
- Ableitung von Affenhirnen nach Elektrodenimplantation

→ Aktivität ist richtungsabhängig
 (jede Nervenzelle hat „Lieblingsrichtung“
 für z.B. ganzen Arm)

- Spiegelneuronen sitzen in prämotorischen Arealen

Das Lernen

27.06.2006

∃ den konditionierten Reflex - „einfaches“ Lernen

⇒ Ivan Pavlov (Speichelfluss & visuellem Reiz)

U.S. (unkonditionierter Stimulus)

→ U.R. (unkonditionierter Reflex)

trainiert man z.B. Licht & Speichelfluss, so spricht man von
 C.S. (konditionierter Stimulus) → C.R. (konditionierter Reflex)

- Lernen gehört den Synapsen

↓ Donald Hebb (1949)

Lernen (bei einer Verknüpfung von A zu B

→ viel feuern ↓ Synapse wird stärker)

- Suche nach Modelltier (Eric Kandel → 2000 Nobelpreis)

↑ Untersuchungen an *Aplysia californica* (Nachtsehmeduse)

→ nur 20.000 Nervenzellen, wenige Ganglien

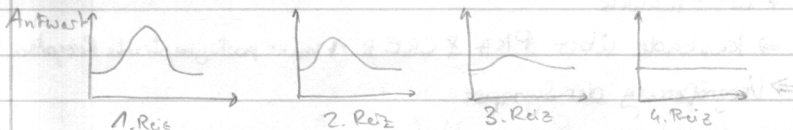
(viele große Nervenzellen → gezielte Ableitungen
 möglich)

→ Auflösung des Lernens auf zellulärer Ebene

⇒ Habituation (Gewöhnen) ⇒ Sensitivierung (Empfindlicher)

→ Kiemenrückzugreflex bei mechanischer Reizung des

● 27.06.08 Siphons mit Wasserstrahl) → Habituation



- zusätzlicher Elektroschock am Schwanz

→ Sensibilisierung

- längerfristige Aktivierung ⇒ cAMP aktiviert pKA

→ Aktivierung von CREB (Transkriptionsfaktor)

→ Einbau in Synapsen

→ synaptische Fläche steigt, mehr Rezeptormoleküle

↑ Effektivität der Synapsen steigt

Lernen bei höheren Tieren - Maus

- Untersuchung am Hippocampus (Telencephalon)

- sehr alte Struktur, bei niederen Tieren oft sehr groß

- Patient H.P. Clavette keinen Hippocampus mehr, wegen epileptischer Anfälle)

→ konnte sich nicht mehr erinnern an Ärzte / Räume vor der Operation, alles davor konnte er sich merken

(Kurzzeitgedächtnis war o.k.; Langzeitgedächtnis gestört)

⇒ aber: motorisches Lernen war problemlos

⇒ Hippocampus wichtig für das episodische Lernen

- große Pyramidenzellen (CA1) aktivieren CA3-Zellen

→ bilden Hippocampus-Ausgang (Übersichtliche Verschaltung)

- CA3 reagieren mit LTP (Long Term Potenciation)

→ längere Andauerung bei tetanischer Reizung

(LTP teilweise Stunden)

- 2 verschiedene Glutaminsäurerezeptoren (NMDA-Rezeptor, nicht-NMDA-Res.)

- NMDA-Rezeptor/Canal wird durch Mg^{2+} -verschlösse
- ↳ Aktivierung nur durch große Polarisation
- ↳ Ca^{2+} -Kanäle
- ⇒ Kaskade über PKA & CREB & mehr postsynaptische Rezeptoren
- ⇒ Vergrößerung der Synapse

B; 18¹⁵ Uhr Rewi "Wolf Singer" (RWI)

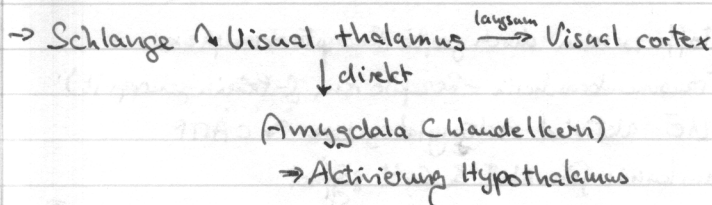
29.06.2006

- Hippocampus: "interne Landkarte", usw.
- ⇒ Glutamaterezeptoren wichtig für Lernen
(Blockade von NMDA-Rezeptoren durch AP5)
→ kein Finden mehr
- ↳ Neurone, die feuern wenn Tier an bestimmter Stelle ist
↳ "Platz-Zellen"
- in neuer Umgebung anfangs kein Muster,
erst nach ein paar Minuten erstmal wieder Muster

- Untersuchung räumlicher Aufgaben (Sumpfmäuse)
↳ besonders großer Hippocampus
- Demenz: äußert sich zuerst in Orientierungslosigkeit

- Vogelgesänge: Mischung von Art eigenen (ausbilden) &
Lernen
↳ angeborene Lerndisposition (kann nur Art eigenen
lernen, nicht den Artfremden)
- ↳ sensible Phase, nur dort Lernen möglich
- erste 50 Tage hören der Songs & selbst zwitschern
- ↳ Vergleich & dadurch richtiger Song
(geht das Hören, kein Lernen möglich)
- ⇒ ähnlich zur Sprachlernen wie bei Menschen
- interessant: Kerne fürs Singen werden saisonal groß
& klein > werden mehr Nervenzellen (aus Stammzellen)

- ⇒ neuronale Stammzellen an den Ventrikeln des Gehirns → Wandlung & Ausdifferenzieren
- auch bei Primaten gefunden (Hippocampus, Associativer Gehirnbereich)



⇒ Belohnungssystem im Gehirn, dafür Amygdala von entscheidender Bedeutung

3 Verbindungen mit Dopamin (Modulator)

→ Belohnung, Angenehm, Glücksgefühle, glatte Bewegungen

3 andere Bahnen: Noradrenalin, Serotonin

Zusammenhang zwischen Lernen & Schlaf

3 deklaratives & nicht-deklaratives Gedächtnis

⇒ ∅ Hippocampus → Hippocampus

⇒ Schlafen wichtig: RER-Schlaf } 90min
Tiefschlaf

RER (~~rapid~~ schnelle Augenbewegungen)

- RER-Schlaf: Gehirnaktivität ähnlich Wache (∅ Muskeltonus)

→ Delfine schlafen abwechselnd mit Gehirnhälften

- ∅ Erholungsphase, sondern aktiv für Speichern
(nur 20% weniger als im Wachzustand)

→ Schleifen zwischen Hippocampus & Cortex

⇒ Riechen

04.07.06

- primäre Sinneszellen (haben eigenes Axon)

- Lebensdauer: ca. 4 Wochen, ersetzt durch Basalzellen (Stammzellen)

→ Axone ziehen durch Siebbein (löcheriger Knochen)

in Bulbus Olfactorius → ziehen in Glomeruli

↑ Mitralzellen axonen bilden Olfaktorischen Trakt

→ Olfaktorischer Cortex

- Riechstoffe werden durch große Rezeptorkomplexe

(7 Transmembranhelix-Rezeptoren, β -Protein-geloppelt)

→ α -UE aktiviert Adenylatcyclase → cAMP

↑ Ionenkanal für Na^+ & Ca^{2+} öffnet

→ Ca^{2+} öffnet Cl^- -Kanal (Annahme: viel Cl^- innen!)

↓ Depolarisation verstärkt

- gute Adaptation (vermittelt durch cAMP)

→ Ca^{2+} aktiviert die Phosphodiesterase (Abbau cAMP)
& die PKA (Rezeptor unempfindlicher)

- Rezeptorproteine: • ca. 320 AS

• riesige Proteinfamilie

→ riesige Genfamilie

(2004 R. Axel & L. Buck - Nobelpreis)

• 1991: 1000 Gene für diese Rezeptorfamilie

• Maus → ca. 500 Rezeptormoleküle (Rest:

Pseudogene

• Maus: 1200 ~~Gene~~ Rezeptoren, ca 5% falsch

• nur 1 Rezeptormoleküle pro Sinneszelle

- Mensch: $30 \cdot 10^6$ Riechsinneszellen (500 Typen)

→ Bulbus olfactorius: Statt Schichtenstruktur Organisation in
„Knötchen“ (Glomeruli)

- alle Sinneszellen eines Typs ziehen in 1 Glomerulus

→ Rezeptormoleküle auch auf Axon exprimiert

→ Rezeptortyp zieht auch bei anderen Individuen in
ähnlichen Glomerulus

04.07.06

- 1 Stoff löst ein Erregungsmuster aus
- ungefähr doppelt so viele Glomeruli wie aktive Gene
- olfaktorischer Cortex:
 - Bereiche von versch. ~~Bereich~~ Düften überlappen sich
 - Mechanismen unbekannt
 - Verbindung in limbisches System (Bewertung) & Thalamus (Vegetativ)

frontaler Cortex ←

↓
motorischer Cortex

- zum Vgl.: Mensch $30 \cdot 10^6$ Sinneszellen & Hund $200 \cdot 10^6$ Sinneszellen
- ⇒ je größer das Riechhirn, desto empfindlicher
- Biene: kann viele Düfte erkennen (durch die Antennen)
 - Düfte wichtiger als Farben (von Blüten)
 - Antennentastulus ähnlich glomeruläre Struktur
- Empfindlichkeit: 1 Molekül pro Sinneszelle, aber es muss größere Sinneszellgruppe aktiviert sein, damit es registriert wird

06.07.2006

Geschmackssinn

- ⇒ Zunge über Sauglien in die Nodula
- ⇒ Stammhirn → limbisches System
- ↓
 Thalamus

- Geschmack wird zum größten Teil durch Nase vermittelt
- Sinneszellen in Geschmacksknospen
- Rezeptoren an Oberfläche
- Sekundäre Sinneszellen
- Salz & Sauer → Ionenkanäle
- andere 5: ZTR → G-Protein

- bei Fischen: über gesamten Körper verteilt

- Fliegen: Füße

Farbensehen

- Tiere? Kahl von Frisch: Nachweis Farbwahrnehmung Elnitze & Bienen

- Dressur auf "künstliche" Blumen (Zuckerwasser)

(blaues Feld) \rightarrow graue Stufen herun

\downarrow \otimes Farbenblindheit

- ABER: d. rot & dunkles grau nicht unterscheidbar

\exists 3 Zelltypen: UV, blau, grün

\downarrow verschobenes Farbsehen, daher "Bienenblüten" eher nicht "leuchtrot"

- ebenfalls gut geeignet: Goldfisch (leichte Dressur)

\Rightarrow Retina physiologisch gut bekannt

- Goldfisch hat 4 Rezeptortypen: [UV] rot, blau, grün

\Rightarrow Helmholtz: additive Farbmischung

(3 Farben reichen aus \Rightarrow "Trichromatische Theorie")

\exists menschl. 3 Zapfen: S-

M-

L-

} Polymorphismus

\downarrow unterschiedliche Wahrnehmung

11.07.2006

\Rightarrow Opsin unterschiedliche \downarrow Verschiebung des Absorptionsmax. des Rhodopsins

\Rightarrow S: 420 nm

M: 535 nm } Opsin sehr ähnlich, stammen aus

L: 565 nm } 1 Vorläufer (ca. 30 Mio Jahre)

\Rightarrow liegen hintereinander auf X-Chromosom

\downarrow leicht Fehler durch Crossing-Over

\exists Anopie (gestörtes Farbsehen):

Deuteranopie } Dichromaten

Protanopie } Dichromaten

3 Anomalien:

Deuteranomalien } Trichromaten
Protanomalien }

- Zapfen liefern quasi nur „Licht quantenanzahl“

↳ Gehirn: Vergleich von $E_S : E_R : E_L$ ↳ Farbe

- Newton: Farben entstehen nur durch menschlichen Beobachter

⇒ Axone ziehen von Ganglien im Thalamus zum

LGN: Lateral Geniculate Nucleoli (Geniculate laterale)

⇒ Anschließend in visueller Cortex

- Retina: gradierte Potentiale außer Ganglienzellen

- Neuroanatomische Untersuchungen: Semir Zeki

(Elektrophysiologie: Hubel & Wiesel 1981)

18.07.06

Bewegung essentiell für ~~Sehen~~ Sehen

→ stabilisiertes Netzhautbild

⇒ Funktion der Augenbewegung: Verhindert Adaption
(Sakkaden ⇒ kleine Augenbewegungen)

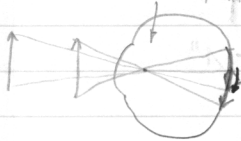
- Problem: Ursache der Retinaverschiebung
(Objekt- oder Augenbewegung).

⇒ Befehle an Augenmuskeln reichen aus für Unterscheidung (Reafferenz)

Ø die Meldung von den Augenmuskeln, sondern
Efferenzkopievergleich

Größenkonstanz

Knotenpunkt (theoretisch)

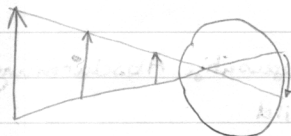


⇒ Größenänderung auf Netzhaut

⇒ Konvergenz der Augenachsen

⇒ Akkommodation der Linsen

↗ ebenfalls Efferenzkopie (Reafferenzkopie)



Wichtig:

Abstand des Objektes

↗ ebenfalls wichtig: Verdeckung, Textur

- ebenfalls Luftperspektive

(Grüntöne, Blautöne, etc.)

- ebenfalls Bewegungsparallaxe ⇒ unterschiedliche
Verschiebungsgeschwindigkeit

Stereopsis

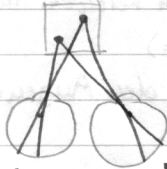
→ beruht auf Versetzung der Augen

⇒ Pyramide von oben



links

rechts



höher zusammen
 n

weiter auseinander
 n

↪ Quersparitt $d = |m - n|$

$$d: 1^\circ - 1''$$

größer:

Doppelbild

Räumliches Auflösungsvermögen

- Mensch: $\Delta \varphi \approx 1''$

- Kimmierung: Beugungsmustern von Hornhaut & Linse

- Spinnen: 8 Linsenaugen

- Appositionsaugen: komplette, gegenseitige Abschirmung

- Superpositionsaugen: nur 1 Bild

(Lichtsammeln aus mehreren Omatidien)

⇒ Dunkeladaptation

≡ neuronales Superpositionsaugen (z.B. Fliege)

↪ Licht aus 7 Omatidien (im fokal)

≡ Spiegelaugen ohne Linsen (Krebse)

⇒ Augen evolutionär wahrscheinlich nur einmal erfunden

↳ Homoöoxene (Drosophila mutanten)

20.07.06

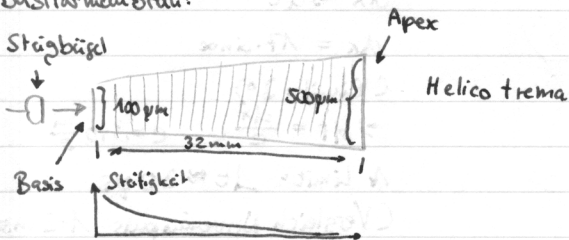
Alle sind z.B. zwischen Maus & Drosophila nahezu identisch

Mechanorezeptoren - Hören

- Ionenkanäle werden direkt durch mechanische Reize geöffnet
- quasi freie Nervenendigungen umgeben von Bindegewebsartikeln
- ⇒ wichtig für Hören & Lage
- Ohrknöchelchen verstärken den mechanischen Reiz
- ⇒ Haarsinneshaarzellen (3 Reihen äußere, 1 Reihe innere)
- sekundäre Sinneszellen
- äußere Haarzellen: ebenfalls effiziente Fasern
- Verschiebung der Mikrovilli gegeneinander sind adäquate Reize
- ↳ feine Fädchen zwischen den Stereocilien (tip link)
- Fädchen ziehen Kanal auf ⇒ starker K^+ -Einstrom
- Adaptation: Ionenkanal an Aktinfilamente
 - ↳ Abblocken von Erregung möglich
- Georg von Békésy (~1960): Aufklärung der Frequenzunterscheidung durch Beobachtung der Basalmembran bei Fettestimulation
 - ↳ Ausbeulen der Membran abhängig von Frequenz
 - ⇒ jede Schallfrequenz bildet Welle auf der Basalmembran

25.07.06

- Basalmembran:



1) Frequenztheorie (Rutherford 1886)

bis ca. 1000 Hz, jede Zelle erkennt spezifische Frequenz

2) Ortstheorien

a) Resonanztheorie (Helmholtz 1862)

⇒ Fasern in Basilarmembran

schwingen mit Frequenz (Straß gespannter Saiten)

↳ widerlegt von Bekesy

b) Wanderwellentheorie (Bekesy)

• Wirbel von Basilarmembran

↳ best. Stelle wird besonders ausgelenkt

↳ (Frequenzerkennung an best. Ort)

⇒ Tuning (also "scharfe" Erkennung)

durch äußere Haarzellen (weit verzweigt, wenig Afferenzen zum b.r.n., oft nur Efferenzen)

- äußere Haarzellen: Schwingen mit 70-100 kHz

verstärken „Ausbeulung“ der Basilarmembran durch die Wanderwelle (30-40 nm)

⇒ Prestine (Protonenpumpen) $8000 \text{ Prestine} / \mu\text{m}^2$

$$\rightarrow \text{dB} = 20 \text{ dB} \log \frac{P_1}{P_0}$$

- Problem: Innenohr kann keine Orte auflösen

↳ man braucht beide Ohren für die Generierung dieser Information



$$dx \Rightarrow dt$$

$$dx = 17 \cdot \sin \theta$$

(Limit: 30°)

$$\Rightarrow dt = \frac{dx}{c} \quad c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

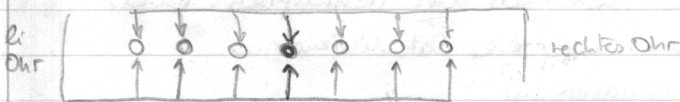
↳ Limit: $\Delta t \approx 30 \mu\text{s}$

(Vergleich Nervenimpuls 1-2 msec)

Ortserkennung von Schall im Gehirn

→ ΔT & ΔI des Schalls in beiden Ohren

≡ Koincidenzschaltung



- Nervenzellen feuern nur, wenn von beiden Seiten erregt

→ zeitliche Verzögerung → Schall direkt von vorne, nur mittlere erregt ⇒ ⊙

- Schall von rechts → Zelle weiter links erregt ⇒ ⊙

- besonders gut: Schleierhaut überzogen auf Richtungs-hören)

⇒ Federn bilden "Hörtrichter", Eingänge von links, bzw. rechts haben unterschiedlich orientierte Eingänge

≡ rezeptive Felder für bestimmte Richtungen, die sich etwas überlappen → "Karte der akustischen Orte" überzeichnet!

Richtungs- / Neigungserkennung

⇒ 3 Bogengänge in jede Raumrichtung (90° zueinander) (≡ Vestibularapparat)

→ Triculus, Sacculus (Schwerkraft, Beschleunigung) (Maculaorgane)

→ Haarzellen, eingebettet in gelartige Masse mit Kalkkörnchen (= schwere Masse) → Trägheit → Auslenkung

≡ Ampullen (Ende der Bogengänge)

- Haarsinneszellen in Cupula → Trägheit der Flüssigkeit

⇒ beide Organe reagieren nur auf beschleunigte Bewegungen

⇒ Erkennung der Raumlage

Seitenlinienorgan

→ Untersuchungen am Höhlenfisch (blind)

- stark ausgeprägtes Seitenlinienorgan
(Kanalorgan)

→ Haarzellen mit Cilia (Fähnchen)



„Strömungsfeldtheorie“:

Strömungsfeld über Fisch kann
erkannt werden ⇒ wichtig gut beim
schnellen Schwimmen

⇒ Jede Tierart lebt in einer eigenen, subjektiven
Umwelt

