

Fragenkatalog Neuroprothetik

WS15/16

- [1. Welche Neuroimplantate kennen Sie? In welche Gruppen lassen sie sich einteilen?](#)
- [2. Erklären das Konzept der Stabilität bei der numerischen Lösung von Differentialgleichungen](#)
- [3. Wie entsteht das Membranpotential eines Neurons?](#)
- [4. Stellen Sie die Gleichung für das elektrische Potential eines Neurons auf. \(Kapitel W.M. Grill, eq 5 p324\)](#)
- [5. Zeichnen Sie das prinzipielle elektrische Schaltbild eines Neurons. \(Kapitel W.M. Grill, Fig 2B p323\)](#)
- [6. Erklären Sie das Schaltverhalten der Gatingvariablen \(Boltzmannfunktion\).](#)
- [7. Erklären Sie die Gleichungen für Na und K Kanäle. \(Kapitel W.M. Grill, eq 6-12\)](#)
- [8. Skizzieren Sie die Aktivierung der Gatingvariablen sowie deren Zeitkonstanten.](#)
- [9. Erklären Sie die Auslösung eines Aktionspotentials. \(Kapitel W.M. Grill, Fig 3 p327\)](#)
- [10. Erklären Sie den Begriff der Refraktärzeit eines Neurons \(relativ, absolut\).](#)
- [11. Zeichnen Sie das prinzipielle elektrische Schaltbild eines Axons. \(Kapitel W.M. Grill, Fig 4 p329\)](#)
- [12. Erklären Sie den Effekt der Myelinscheiden.](#)
- [13. Erklären Sie den Begriff der Aktivierungsfunktion](#)
- [14. Stellen Sie die Gleichungen für ein Axon auf. \(Kabelgleichung Kapitel W.M. Grill, EQ17-19 p330\)](#)
- [15. Erklären Sie die Begriffe Rheobase und Chronaxie. \(Kapitel J.J. Struijk, Fig. 3 p17\)](#)
- [16. Erklären Sie Schwellenstrom und Schwellenladung. \(Kapitel W.M. Grill, Fig 6 p334\)](#)
- [17. Erklären Sie Schalldruckpegel, Schallintensität/Schalleistung.](#)
- [18. Zeichnen und erläutern Sie die „Hörfläche“.](#)
- [19. Wie ist das periphere Hörorgan aufgebaut?](#)
- [20. Erklären Sie den Mechanismus der Frequenz-Ortstransformation.](#)
- [21. Zeichnen und erläutern Sie den Aufbau der Hörschnecke.](#)
- [22. Zeichnen und erläutern Sie den Aufbau des Corti'schen Organs \(mit Hörnerven\).](#)
- [23. Beschreiben und skizzieren Sie die mechanische Erregung der Basilarmembran bei einer Erregung mit Sinustönen verschiedener Frequenzen und Pegel.](#)
- [24. Wie funktioniert eine Synapse? Erklären Sie die neuronale Adaption.](#)
- [25. Was besagt das Raten-Ortsprinzip, erklären Sie den Begriff Tonotopie?](#)
- [26. Was passiert beim Phasenlocking? Erklären Sie das Volley-Prinzip.](#)
- [27. Erklären Sie, auf welche Arten der große akustische Dynamikbereich neuronal kodiert wird.](#)
- [28. Auf welchen Prinzipien basiert die Dynamikkodierung? \(Verstärkung/Kompression, HSR, MSR, LSR, Recruitment\)](#)

- 29. Mit welchen klinischen Verfahren kann das Hörvermögen objektiv gemessen werden? (BERA, OAE)
- 30. Erklären Sie die Komponenten eines CIs.
- 31. Erklären Sie eine Kodierungsstrategie (CIS, ACE).
- 32. Erklären Sie den Begriff „interleaved sampling“
- 33. Erklären Sie den Begriff „Biokompatibilität“
- 34. Was müssen Sie bei einem Implantat beachten, das lange Zeit im Körper bleiben soll?
- 35. Erklären Sie die Elektroden-Elektrolyt-Phasengrenze.
- 36. Wie vermeiden Sie unerwünschte chemische Reaktionen an der Elektrode?
- 37. Erklären Sie die Funktion unseres Sprechorgans.
- 38. Skizzieren Sie den Aufbau des Auges und benennen Sie seine wichtigsten Teile.
- 39. Skizzieren Sie den Aufbau Retina
- 40. Zählen Sie die wichtigsten Erkrankungen auf, die zur Erblindung führen.
- 41. Welche Konzepte für Retina Implantate kennen Sie?

Erfahrungsbericht Fragen 1 (März 2016)

- Wichtig: Kabelgleichung herleiten und erklären
- die Verarbeitung im Innenohr sehr detailliert
- Recruitment, Filter, etc.
- die Teile eines CIs aufzählen und erklären.

Erfahrungsbericht Fragen 2 (März 2016)

- Fragen zu:
- Kabel Gleichung inkl. 2.Ableitung
- Rate code
- Place code
- Hsr high spontaneous rate
- Msr Medium spontaneous rate
- Lsr Low spontaneous rate
- Maximale Feuerrate von Neuron: unter 500Hz
- Phase locking
- Volley Prinzip

Aufbau eines Cochlea-Implantats:

- Microphones
- Vorverstärker
- Automated gain control
- Anti aliasing filter bei 8khz
- Abtastung ad Wandler 16 kHz
- Filterbank 200,400,800,...8khz
- Gleichrichter (Ersatz Schaltbild, tiefpass) um envelope berechnen
- Mapping zwischen Pegel und Strom, min 20 dB ca bis 80db
- Dann auf Elektroden : interleaved und biphasic (weil sonst Ladung rein = Elektrolyse = Chlor Gas)

Erfahrungsbericht Fragen 3 (März 2016)

- Es steht nicht immer dabei, auf welche Frage es abzielt (war zu faul), öfters wurden auch noch mehr Details gefragt
- Frage 1 (Welche Neuroimplantate und Gruppen)
- Frage 5: Ersatzschaltbild Neuron
 - Zeichnen, Erklären
 - Woher kommt E_K , E_{Na} , wie heißt es (Nernst-Potential)
 - Wie ändert sich Membranpotential...
 - Was ist Rolle der Gating Variablen
- Frage 7 und 8: Gating Variablen Gleichungen & Diagramme Zeichnen (auch Zeitkonstanten)
 - Hier waren auch Einheiten wichtig und Werte auf Skalen
 - Außerdem Frage Zeitkonstanten:
 - Von was? Tintenfisch
 - Bei Welcher Temperatur (ca 6°C , da gekühlt da der Tintenfisch sonst zu stark vergammeln würde)
 - Wie hoch wären Zeitkonstanten bei 38°C ?
 - alle 10°C ca. verdreifachung der Reaktionsgeschw.
 - $\rightarrow 38^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C} = 30 \rightarrow 3 \cdot 3 \cdot 3 = \text{ca. } 27$
 - \rightarrow Zeitkonstanten kleiner bei höherer Temperatur, da schnellere Reaktionen
 - $\rightarrow t_{38^\circ\text{C}} = \text{ca. } t_{6^\circ\text{C}}/27$
- Frage 21 und 22: Zeichnen und Erklären
- Wie ist Cortische Organ aufgebaut?
- Wie heißen die Flüssigkeiten (Endo/Perilymphe und wie sind die Zusammensetzungen?)
- Wie werden Outer Hair cells aktiviert (Durch Spannungsdifferenz, was fließt rein? \rightarrow Längenänderung)
- Auslenkung Basilarmembran abhängig von Lautstärke zeichnen (inkl. Skalen und Werte)
- Diagramm Lautstärke in $L = \text{SPL/db}$ und Auslenkung Basilarmembran (in nm, von 1 bis 100) zeichnen
 - Ausrechnen, wie viel db 1nm bis 100nm sind: $20 \cdot \log_{10}(100) = 20 \cdot 2 = 40\text{db}$
 - Eingangsbereich sind aber Lautstärken von mehr als 80db
 - \rightarrow wie Mapping?
- Abbildung Dynamikkompensation zeichnen (Lautstärke Eingang auf Auslenkung, nichtlinear, $\sim p^{(1/3)}$), Frage 27
 - Erklären woher es kommt (v.a. Aktive Verstärkung durch OHC)
- Axon Erklären (Myelinscheiden, Skizze, Frage 11?)
 - Was bewirken Myelinscheiden (Frage 12)
 - Wie wirkt das genau? Myelinscheiden = Kondensatoren in Reihe = Kleinerer Gesamtkondensator als Einzelkondensatoren)
- Axon Schaltbild
- Herleitung Axon Kabelgleichung
- Frage: Wie verändert sich Membranpotential?

- Frage mit zwei großen Kondensatoren und ob sich Potential ändert?
- Wollten drauf hinaus, dass externes Potential (V_e) eine Differenz (örtlich) haben muss, damit ein Aktionspotential erzeugt wird
- → Kann man sich auch einfach Vorstellen: Wenn Spannung außen Angelegt wird (Negativ), dann werden “positive Ionen” angezogen und negative bleiben (Stromfluss) → Außen wird es mehr negativ → Membranpotential sinkt → Kanäle gehen auf
- Wenn Kanäle aufgehen, erfolgt eine Depolarisierung an der Stelle
- Erfolgt die Depolarisierung nur an einer Stelle, so ist nun im Axon eine Stelle Positiver als links und rechts davon → Es fließt ein Strom, der versucht das Potential auszugleichen → Aktionspotential
- Ist Depolarisierung quasi überall gleich, gibt es keinen Ausgleichsstrom mehr, da ja nun auch im Axon überall bereits das Gleiche Potential herrscht → kein Aktionspotential
- Kann man sich auch mit dem V_e Term in der Kabelgleichung ansehen (Membranpotential ist proportional zu: $V_e(n-1) - 2 \cdot V_e(n) + V_e(n+1)$) → Wenn Spannungsunterschied zwischen benachbarten Externen Potentialen groß ist, ist auch die Spannungsänderung des Membranpotential groß
- Von Axon Kabelgleichung dann auf 2.Ableitung (Lokal stärkeres externes Potential)
 - Herleitung, wie Umformung möglich)
- Das wars :)

1. Welche Neuroimplantate kennen Sie? In welche Gruppen lassen sie sich einteilen?

- **Neuroprothese:** Schnittstelle zwischen Nervensystem und elektronisches Bauteil
 - Neuro-Modulation
 - Deep Brain Implantat (Parkinson, ...), Epilepsie
 - Herz-/Blasen-Schrittmacher
 - chronische Schmerzen
 - Sensorisch Prothesen:
 - Cochlear Implantat
 - Retina Implantat (Epi- / Subretinal)
 - Gleichgewicht
 - Motor-Prothesen
 - Unterstützung beim Gehen, Hand
 - Command Teil
 - Effector Teil
 - Funktionelle elektrische Stimulation
 - Neuronale Stimulation und Muskelstimulation
 - Transkraniale magnetische Stimulation
 - Schlaganfall, Forschung

- Bidirektionale Prothesen
 - Propriozeptorik+Motorprothese, Stimulation mit Feedback
- Brain-Computer-Interface
 - Locked-in syndrome, User Interface, Exoskelett
- Brain-brain-Interface
 - Demenz
- **Implantat:** Teil für Ersatzfunktion in Körper eingebracht
- **Transplantat:** Lebendiges Implantat
- **Prothese:** Künstlicher Ersatz eines fehlenden Körperteils

2. Erklären das Konzept der Stabilität bei der numerischen Lösung von Differentialgleichungen

u.a. Dahlquistische Testgleichung, siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/Stabilität_\(Numerik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Stabilität_(Numerik))

Betrachtung mit Hilfe der Dahlquistschen Testgleichung

$$\frac{dV}{dt} = \lambda V$$

für die exakte Lösung $V(t) = e^{\lambda t}$ dieser Gleichung gilt:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} |V(t)| = \begin{cases} 0 & \operatorname{Re}\{\lambda\} < 0 \\ \infty & \operatorname{Re}\{\lambda\} > 0 \end{cases}$$

Es sollte bei $\operatorname{Re}\{\lambda\} < 0$ also auch für die numerische Lösung gelten:

$$|V_n| \rightarrow 0 \text{ für } n \rightarrow \infty$$

TODO: Noch mehr nachlesen zur Stabilität der einzelnen Verfahren

siehe auch:

<https://de.wikipedia.org/wiki/A-Stabilit%C3%A4t>

Lambda wird getestet mit Stabilitätsfunktion (ob enthalten oder nicht)

A-Stabil: gesamte Linke Halbebene ist Stabil

(<https://de.wikipedia.org/wiki/Stabilit%C3%A4tsfunktion>)

expliziter Euler: Alles stabil in Kreis um -1 mit Radius 1

impliziter Euler: Alles stabil außerhalb von Kreis um +1 mit Radius 1 (→ A stabil)



Neuroprothetik

Wiederholung: Numerische Verfahren

1) Stabilität numerischer Verfahren (A-Stabilität)

$$\frac{dy(t)}{dt} = \lambda y(t)$$

2) Genauigkeit der Lösung

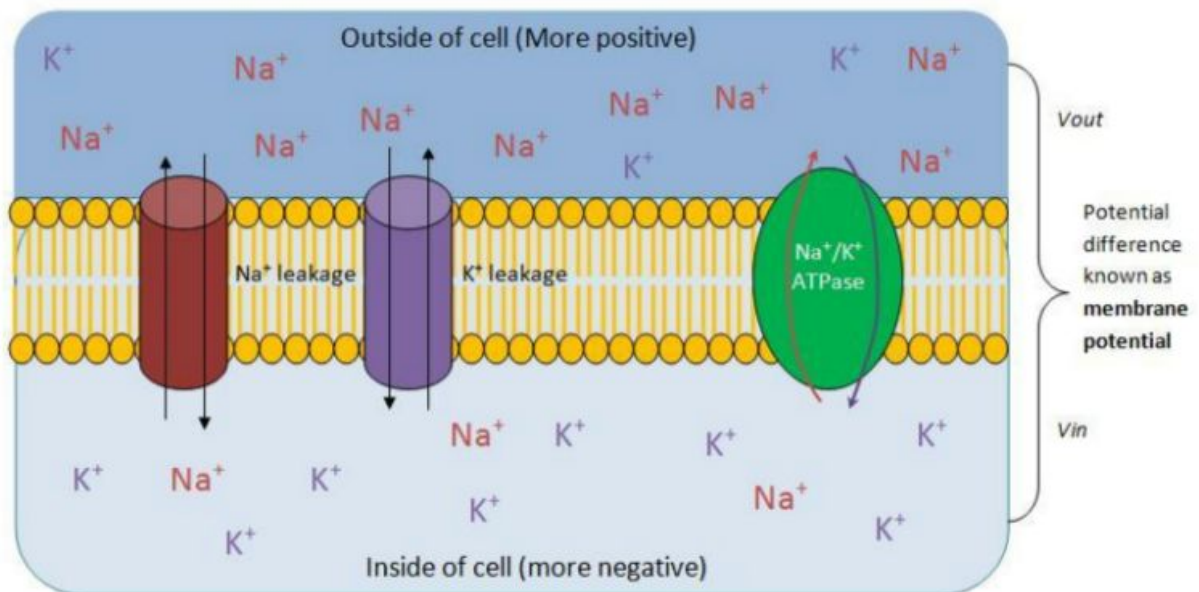
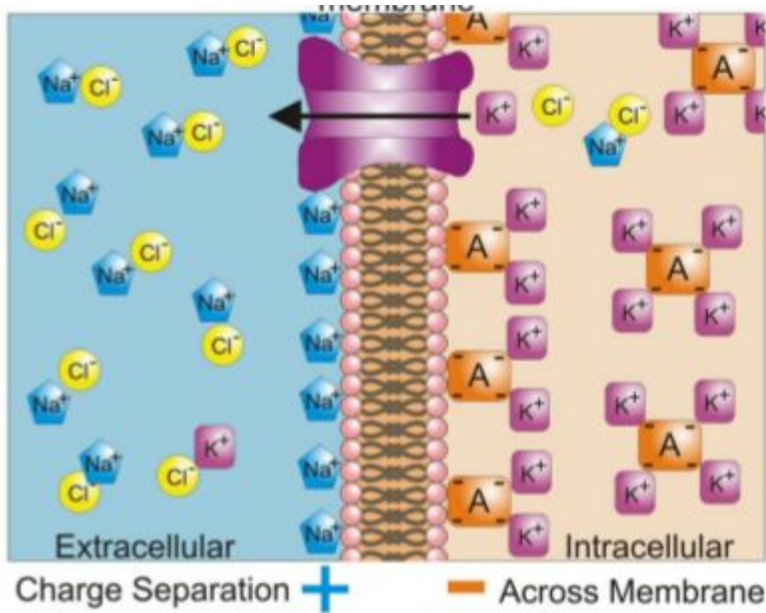
3) Plausibilität der Lösung

$$\frac{dm}{dt} = \frac{1}{\tau} (m_{\infty} - m)$$

4) Numerische Realisation (fixed-point Arithmetik, Zahlenüberlauf, Rundung)

3. Wie entsteht das Membranpotential eines Neurons?

- Na/K Pumpe
 - 3 Na⁺ nach außen
 - 2 K⁺ nach innen
 - ATP wird dafür verbraucht
- Lipiddoppelschicht
 - unpolaren (hydrophoben) Innenbereiches → schwer Durchlässig für Ionen/Polare Moleküle
- K⁺ Kanäle (leicht durchlässig)
- Na⁺ Kanäle (leicht durchlässig)
- Innen sind auch negativ geladene Teile, können Lipiddoppelschicht aber nicht passieren
- Gleichgewicht in etwa bei: Konzentrationsgradient = Spannungsdifferenz = ca. -60mV (Potential Zelle innen 60mV negativer als außen)



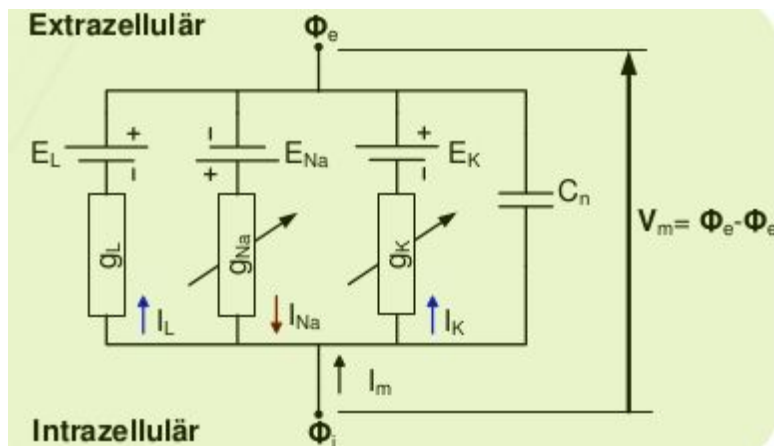
4. Stellen Sie die Gleichung für das elektrische Potential eines Neurons auf. (Kapitel W.M. Grill, eq 5 p324)

$$Cm \frac{dV_m(t)}{dt} + I_{Na}(V_m, t) + I_K(V_m, t) + I_L(V_m, t) = 0 \quad (5)$$

5. Zeichnen Sie das prinzipielle elektrische Schaltbild eines Neurons.
(Kapitel W.M. Grill, Fig 2B p323)

Saw

6. Erklären Sie das Schaltverhalten der Gatingvariablen
(Boltzmannfunktion).



7. Erklären Sie die Gleichungen für Na und K Kanäle.

(Kapitel W.M. Grill, eq 6-12)

$$I_{ion}(V_m, t) = g_{ion}(V_m) \cdot (V_m(t) - E_{ion}) \quad (6)$$

$$g_K = \bar{g}_K n^4 \quad (8)$$

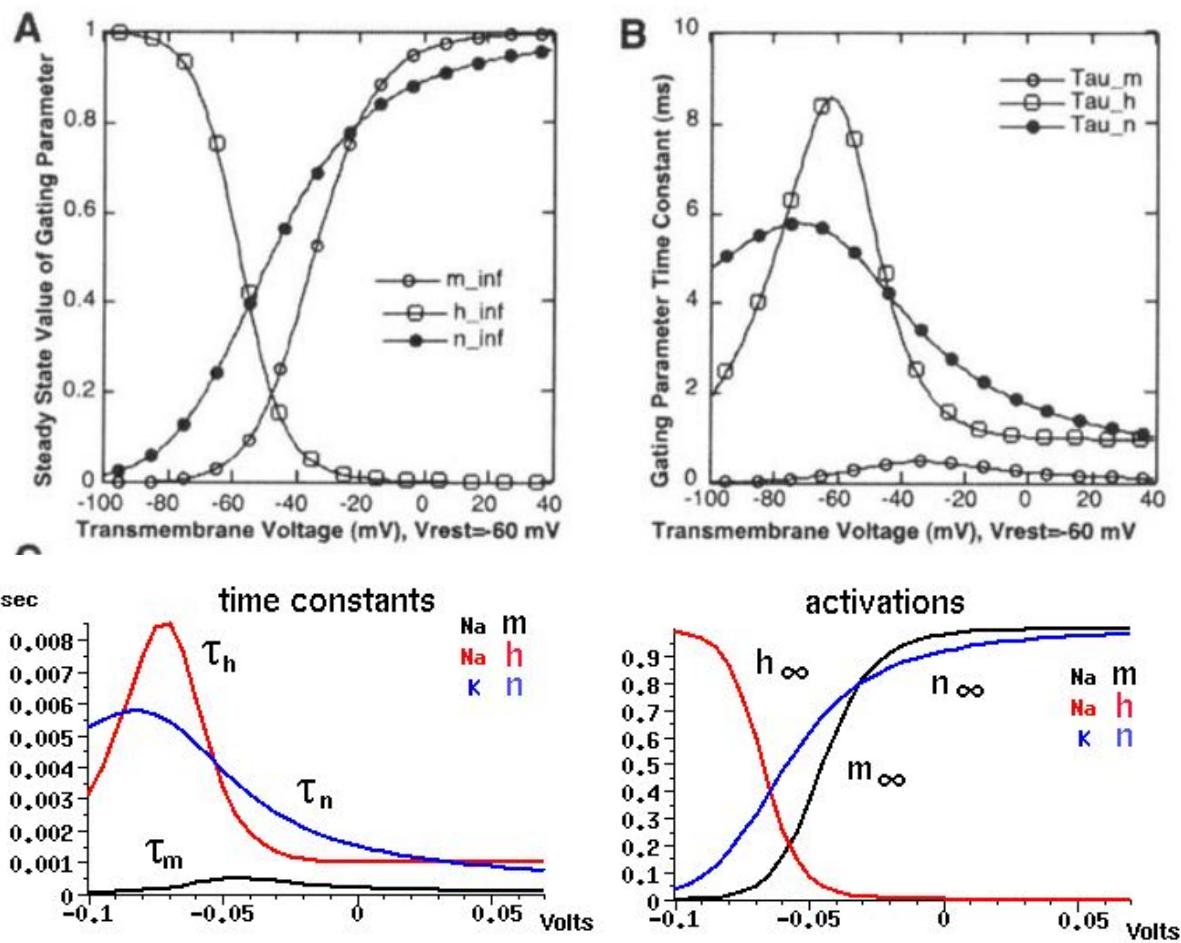
$$g_{Na} = \bar{g}_{Na} m^3 h \quad (9)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(1 - n) - \beta_n n \quad (10)$$

$$n(t) = n_{\infty} - (n_{\infty} - n_o) e^{(-t/\tau_n)} \quad (11)$$

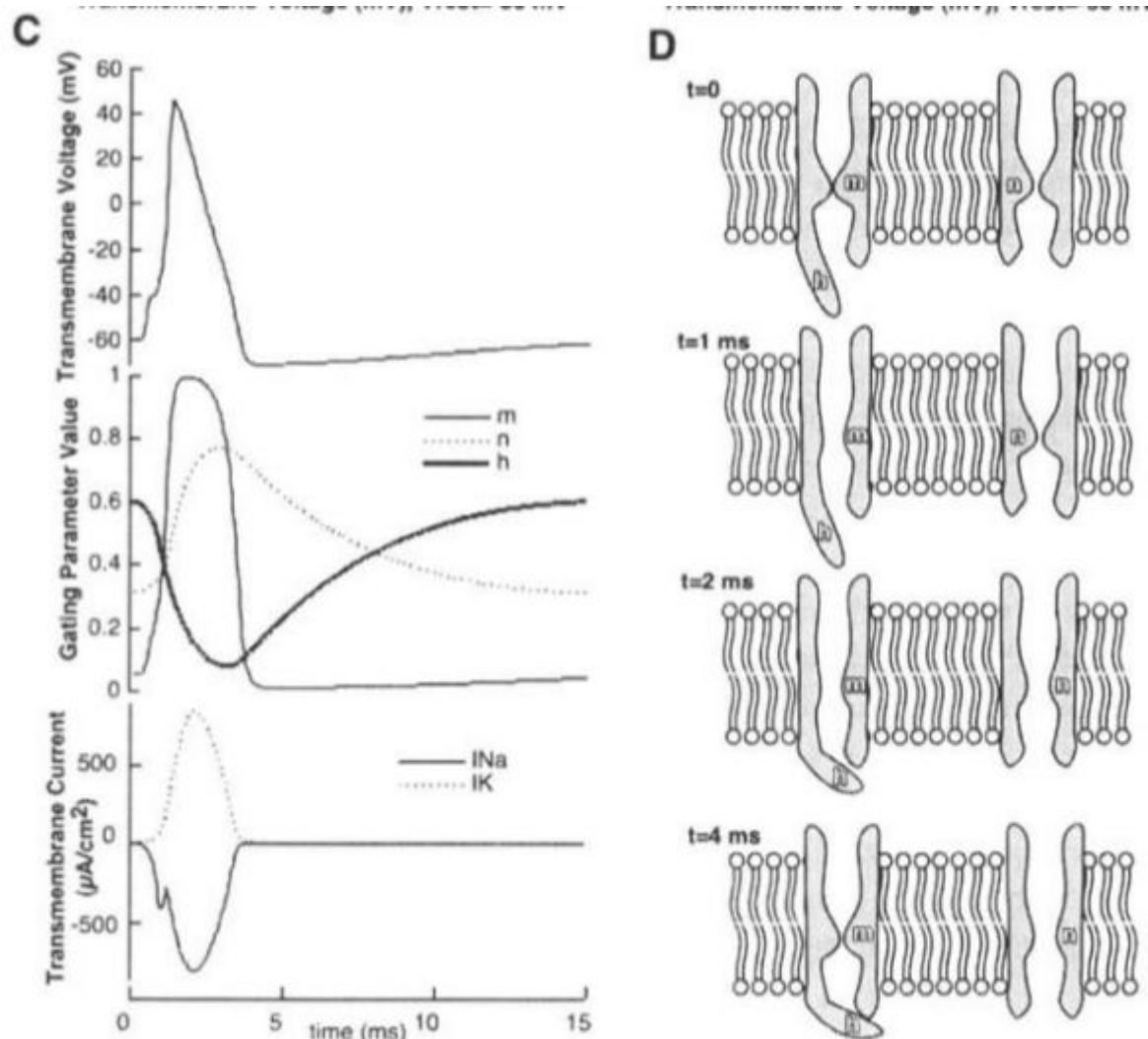
$$\tau_n = \frac{1}{\alpha_n + \beta_n} \quad (12)$$

8. Skizzieren Sie die Aktivierung der Gatingvariablen sowie deren Zeitkonstanten.



9. Erklären Sie die Auslösung eines Aktionspotentials.

(Kapitel W.M. Grill, Fig 3 p327)



10. Erklären Sie den Begriff der Refraktärzeit eines Neurons (relativ, absolut).

Wikipedia: Als Refraktärzeit bezeichnet man den Zeitraum nach Auslösung eines Aktionspotentials, in dem die auslösende Nervenzelle oder das Aggregat temporär nicht erneut auf einen Reiz reagieren kann.

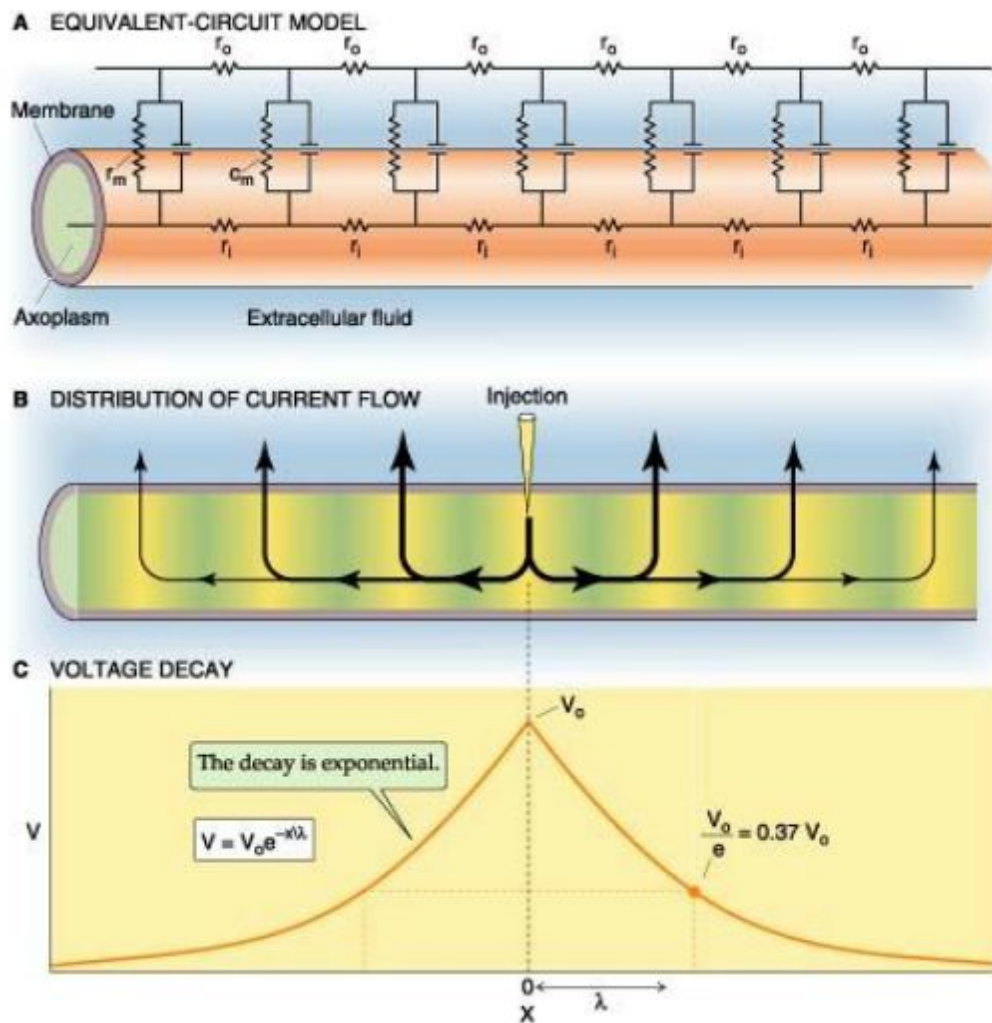
Skript:

Absolute Refraktärzeit: gewissen Zeit nach Aktionspotential ist Zelle nicht erneut erregbar

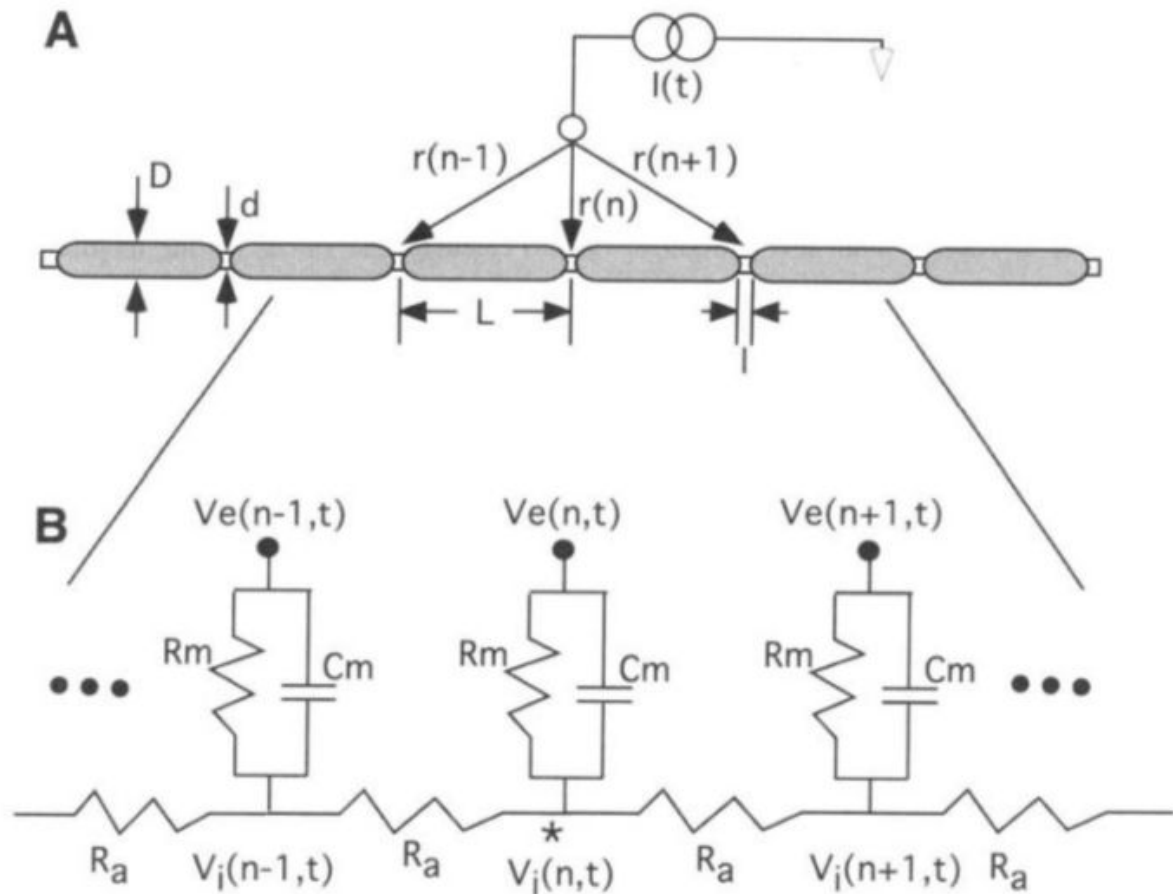
Relative Refraktärzeit: Auch nach absoluter Refraktärzeit noch gewisse Zeit weniger erregbar

11. Zeichnen Sie das prinzipielle elektrische Schaltbild eines Axons.

(Kapitel W.M. Grill, Fig 4 p329)



5. Models of the Axon



12. Erklären Sie den Effekt der Myelinscheiden.

Wikipedia:

- Myelinscheide ist eine lipidreiche Schicht, die Axon umwickelt (ca. 0,2 bis 1.5mm jeweils)
- Senkung von Membranleitwert und Membrankapazität (-> kleinere Zeitkonstante)
- Aktionspotentiale nur noch an Ranvier-Schnürringen
- → schnellere Weiterleitung
- Bei der saltatorischen Erregungsleitung werden Aktionspotentiale nur noch an den sogenannten Ranvier-Schnürringen aufgebaut, wo zwischen zwei umhüllenden Gliazellen die dicke Myelinscheide des Axons unterbrochen ist

13. Erklären Sie den Begriff der Aktivierungsfunktion

Wikipedia:

Simulation von Neuronen:

Aktivierungsfunktion: bestimmt Ausgabe des Neurons (beeinflusst durch Eingabewerte, Schwellwert, etc.)

14. Stellen Sie die Gleichungen für ein Axon auf.

(Kabelgleichung Kapitel W.M. Grill, EQ17-19 p330)

$$\frac{[V_i(n-1,t) - V_i(n,t)]}{R_a} + \frac{[V_i(n+1,t) - V_i(n,t)]}{R_a} + \frac{[V_e(n,t) - V_i(n,t)]}{R_m} + C_m \frac{d[V_e(n,t) - V_i(n,t)]}{dt} = 0 \quad (17)$$

We then apply definition of reduced transmembrane voltage $V_m(n,t) = V_i - V_e$:

$$\frac{[V_m(n-1,t) - 2V_m(n,t) + V_m(n+1,t)]}{R_a} + \frac{[V_e(n-1,t) - V_e(n,t) + V_e(n+1,t)]}{R_a} - \frac{V_m(n,t)}{R_m} - C_m \frac{d[V_m(n,t)]}{dt} = 0 \quad (18)$$

re-arranging with source term on the right side yields:

$$C_m \frac{d[V_m(n,t)]}{dt} + \frac{V_m(n,t)}{R_m} - \frac{[V_m(n-1,t) - 2V_m(n,t) + V_m(n+1,t)]}{R_a} = \frac{[V_e(n-1,t) - V_e(n,t) + V_e(n+1,t)]}{R_a} \quad (19)$$

Herleitung der zweiten Ableitung für Kabelgleichung:

(Analog ist V_e , und V_m zu ersetzen anstatt V_i)

Ableitung:

$$\frac{\Delta f(x)}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (1) \quad \text{"erste" Ableitung}$$

$$\frac{\Delta}{\Delta x} \left(\frac{\Delta f(x)}{\Delta x} \right) = \frac{\Delta}{\Delta x} \cdot \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{\Delta f(x + \Delta x) - \Delta f(x)}{\Delta x^2} \quad (2) \quad \text{"zweite" Ableitung}$$

(2) vereinfachen:

$$\frac{\Delta \cdot \Delta f(x)}{\Delta x^2} = \frac{\overbrace{\Delta f(x + \Delta x)}^{(1)} - \overbrace{\Delta f(x)}^{(1)}}{\Delta x^2} \Rightarrow$$

mit $\frac{\Delta f(x)}{\Delta x}$ aus (1)

und $\frac{\Delta f(x + \Delta x)}{\Delta x} \stackrel{\text{mit (1)}}{=} \frac{f(x + \Delta x + \Delta x) - f(x + \Delta x)}{\Delta x} \quad (3)$

$$\Rightarrow \frac{\Delta \cdot \Delta f(x)}{\Delta x^2} = \frac{1}{\Delta x} \cdot \left(\frac{f(x + \Delta x + \Delta x) - f(x + \Delta x)}{\Delta x} - \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \right)$$

$$\frac{\Delta \cdot \Delta f(x)}{\Delta x^2} = \frac{1}{\Delta x} \left(\frac{f(x + \Delta x + \Delta x) - f(x + \Delta x)}{\Delta x} - \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \right)$$

$$= \frac{f(x) - 2f(x + \Delta x) + f(x + 2\Delta x)}{\Delta x^2} \quad (4)$$

Details: <https://de.wikipedia.org/wiki/Differentialrechnung>

Ableitung Limes :

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

\Rightarrow aus (4)

$$\frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - 2f(x + \Delta x) + f(x + 2\Delta x)}{\Delta x^2}$$

Kabelgleichung

$$(1): 0 = \frac{V_i(u-1) - V_i(u)}{R_a} + \frac{V_i(u+1) - V_i(u)}{R_a} + \frac{V_e(u) - V_i(u)}{R_{in}} + C_m \cdot \frac{\partial (V_e(u) - V_i(u))}{\partial t}$$

$$(2): = \frac{V_i(u-1) - 2V_i(u) + V_i(u+1)}{R_a}$$

$$(3): \text{Mit } \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - 2f(x+\Delta x) + f(x+2\Delta x)}{\Delta x^2}$$

Wenn man in (2) den Index u um eins erhöht

$$\Rightarrow V_i(u) - 2V_i(u+1) + V_i(u+2)$$

und $u+1 \hat{=} u + \Delta x$ entspricht (andere Schreibweise)

$$\Rightarrow (3) = (2)$$

$$\Rightarrow \text{aus (2) mit (3)} \Rightarrow = \frac{\partial^2 V_i(u)}{\partial x^2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_i(u-1) - 2V_i(u) + V_i(u+1)}{R_a} \rightarrow \text{entspricht 2. Ableitung von } V_i(u) \quad \text{!}$$

Fertige Kabelgleichung auf andere Schreibweise (mit zweiter Ableitung):

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kabeltheorie>

$$\frac{1}{r_l} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = c_m \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{r_m}$$

15. Erklären Sie die Begriffe Rheobase und Chronaxie.

(Kapitel J.J. Struijk, Fig. 3 p17)

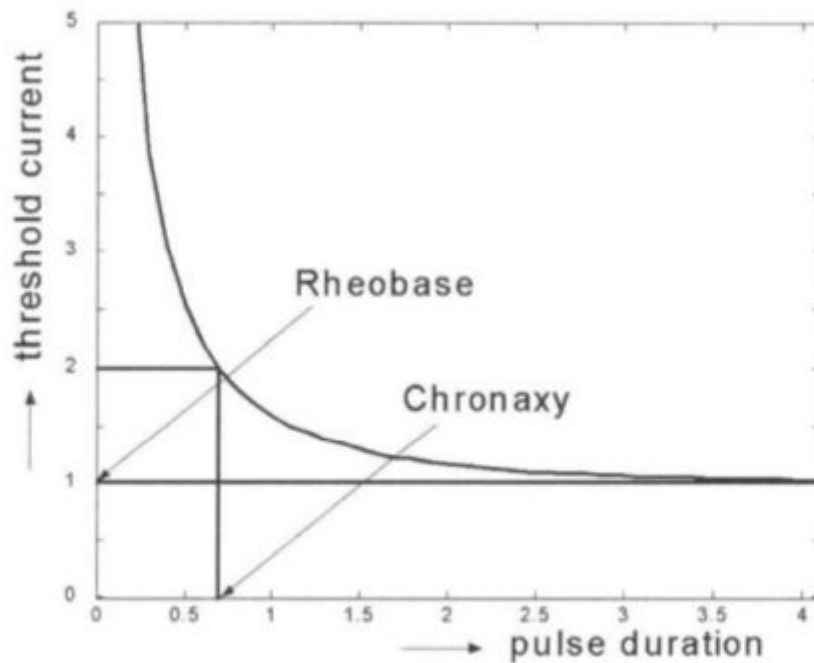


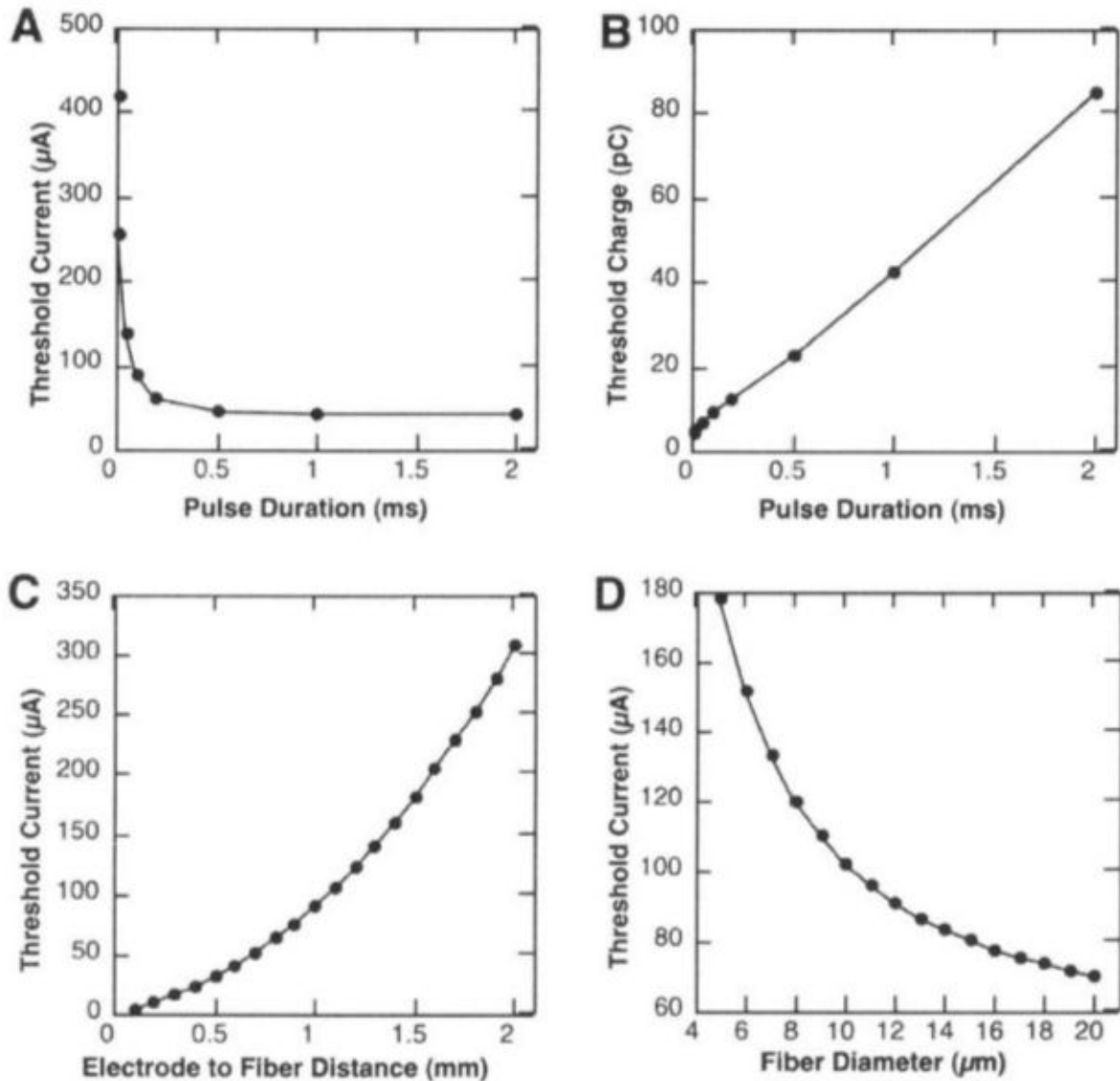
Fig. 3. Strength duration curve for the spherical cell of Fig. 2. Rheobase is defined as the minimum threshold for infinite pulse duration; chronaxy is the minimum pulse duration needed to excite the cell with a current that is twice the rheobase. The I_r -axis is normalized to the rheobase, and the membrane time constant $\tau_m=1$.

I_{rh} : **Rheobase**: Strom der Aktionspotential auslöst bei unendlich langer Pulsdauer

τ_{ch} : **Chronaxie**: Minimale Zeit für Puls mit $I = 2 \cdot I_{rh}$

16. Erklären Sie Schwellenstrom und Schwellenladung.

(Kapitel W.M. Grill, Fig 6 p334)



Schwellenstrom: Strom, der zum Auslösen von Aktionspotential nötig ist. Je kürzer angelegt (zeitlich), desto größer nötig

Schwellenladung: Ladung, die für Aktionspotential nötig ist. Kürzer ist besser, da effizienter und besser für Elektroden (weniger Korrosion, Gewebeschäden)

17. Erklären Sie Schalldruckpegel, Schallintensität/Schalleistung.

Schallintensität: $I = p \cdot v$

Schalleistung: $P = A \cdot I$

Schalldruck: p

Schalldruckpegel:

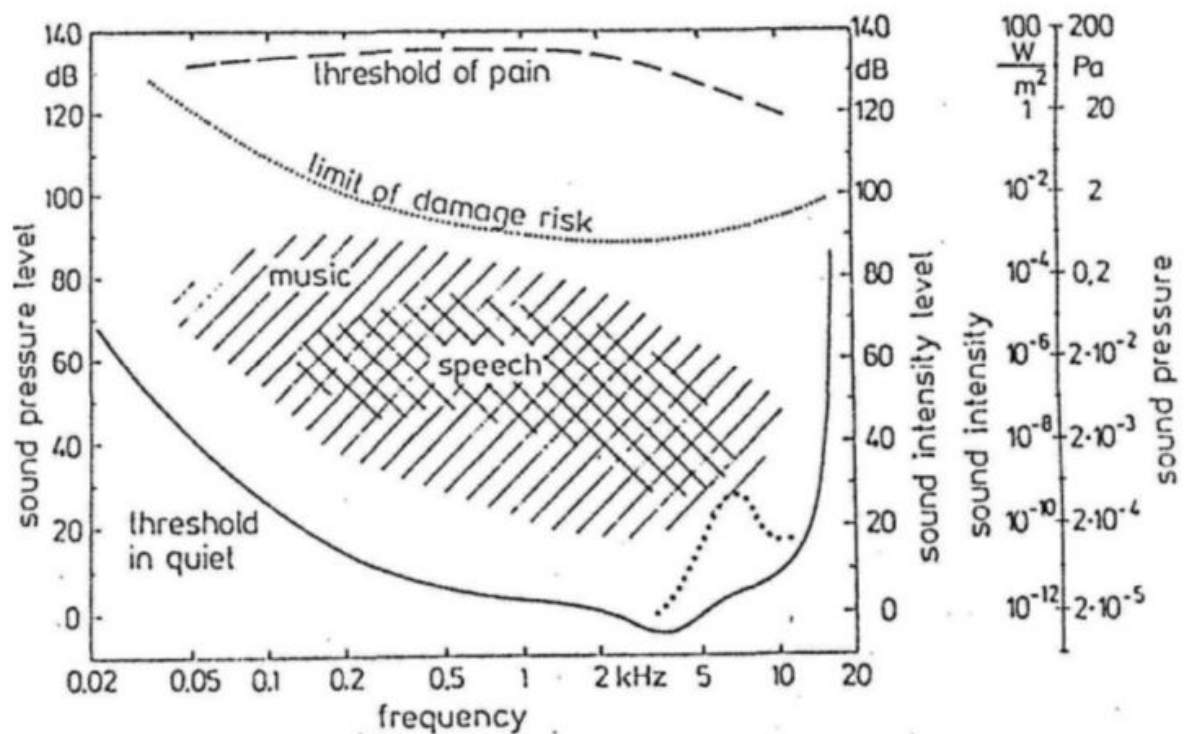
$L = 20 \cdot \log_{10} (p/p_0)$ mit $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$

oder

$$L = 10 \cdot \log_{10}(I/I_0) \text{ mit } I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

18. Zeichnen und erläutern Sie die „Hörfläche“.

- Schädigung > 80dB SPL
- Schmerz > 130dB SPL
- Ruhehörschwelle minimal bei etwa 3kHz
- etc.

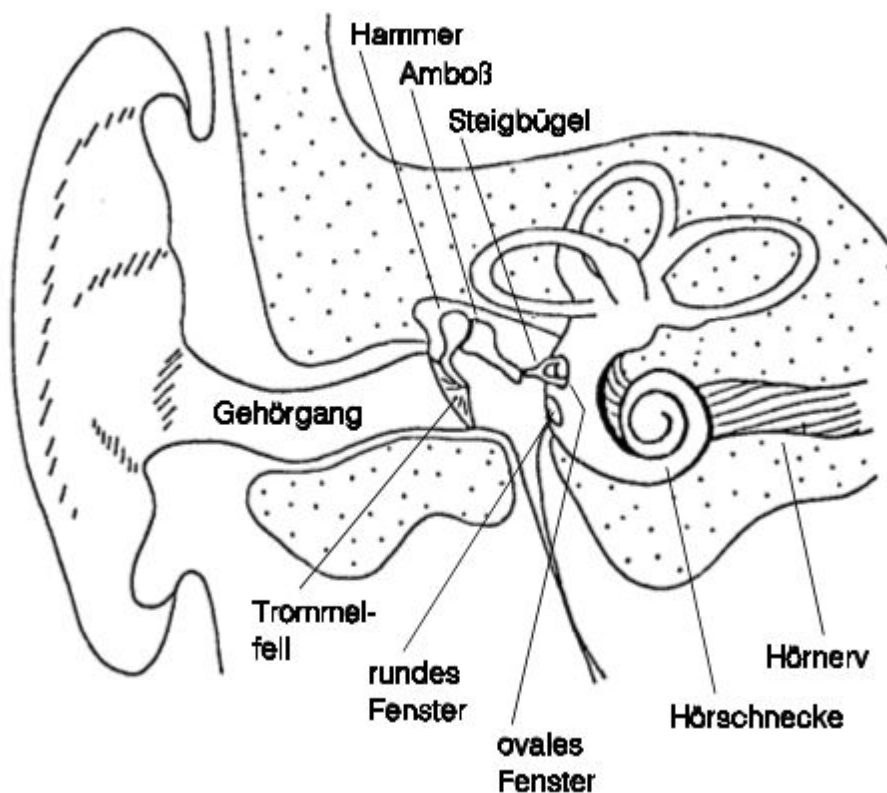


19. Wie ist das periphere Hörorgan aufgebaut?

äußeres Ohr

Mittelohr

Innenohr



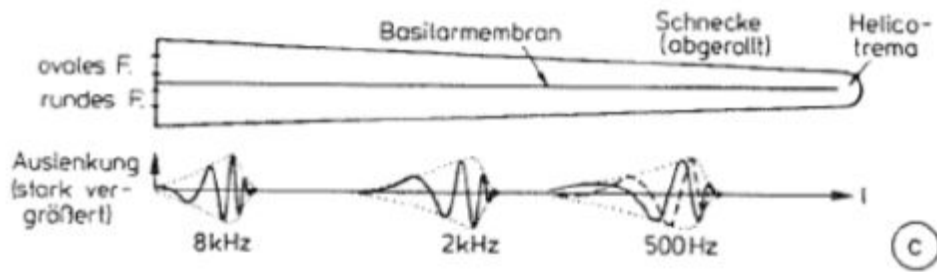
20. Erklären Sie den Mechanismus der Frequenz-Ortstransformation.

Veränderte mechanische Eigenschaften:

- Breite Basilarmembran nimmt zu
- Durchmesser Sackkanal nimmt ab

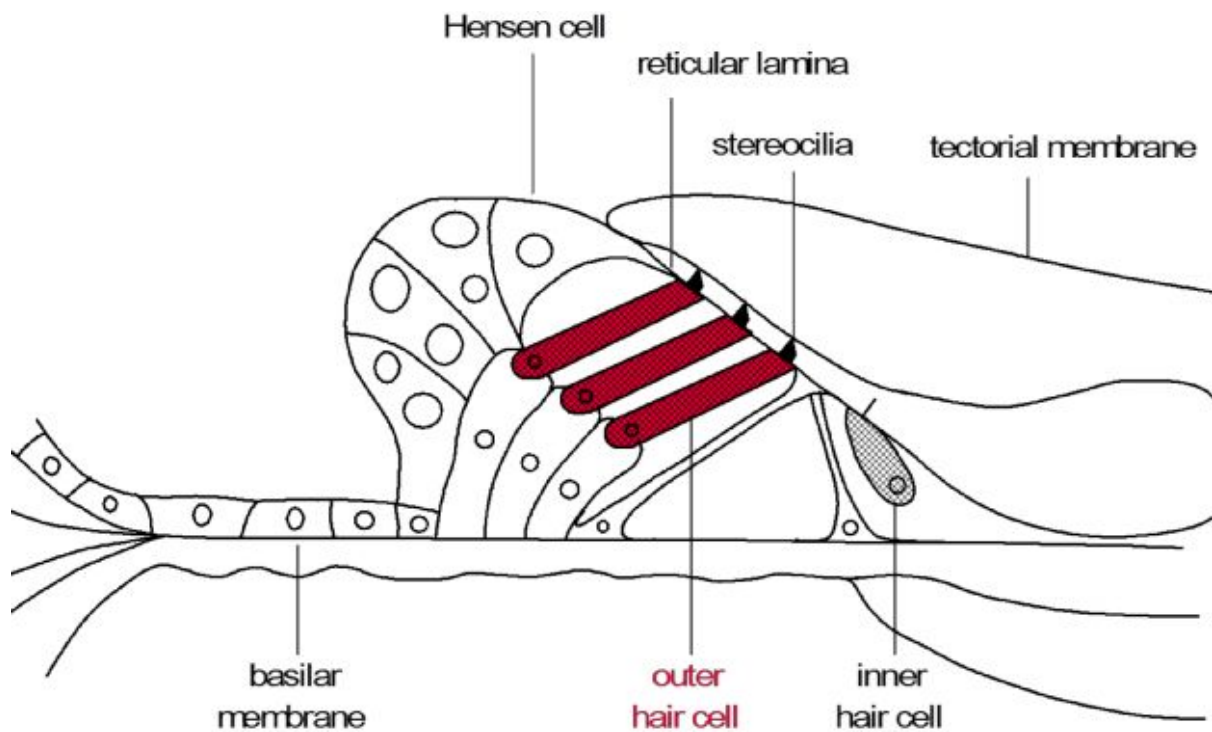
-->

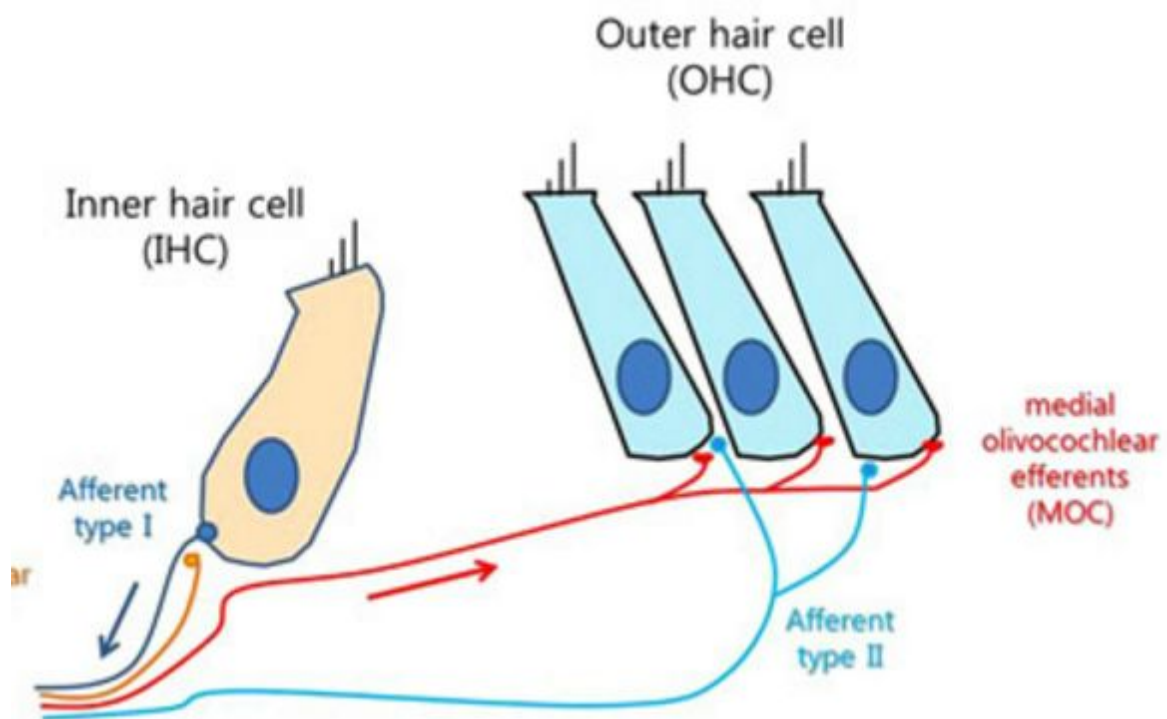
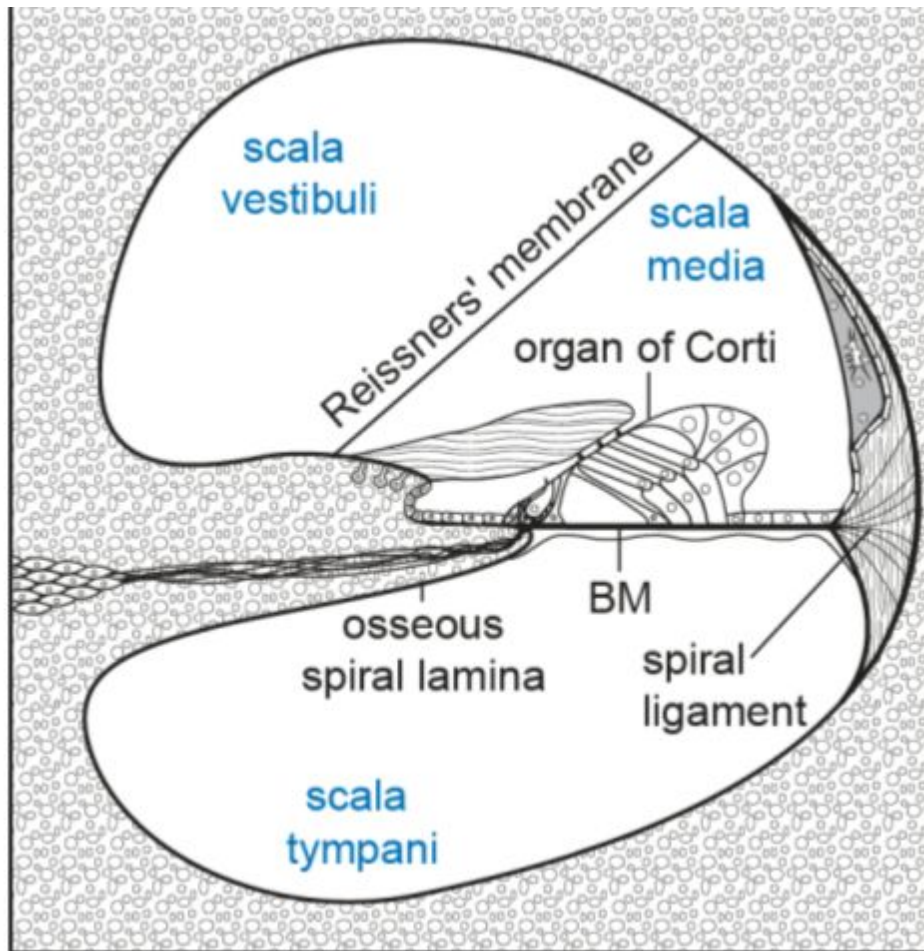
- Am Anfang ist Basilarmembran steif --> hohe Frequenzen
- Ende nachgiebig --> tiefe Frequenzen
- Flüssigkeit: Für hohe Frequenzen steif wegen Massenträgheit
- > mit abnehmender Frequenz können Wellen tiefer eindringen



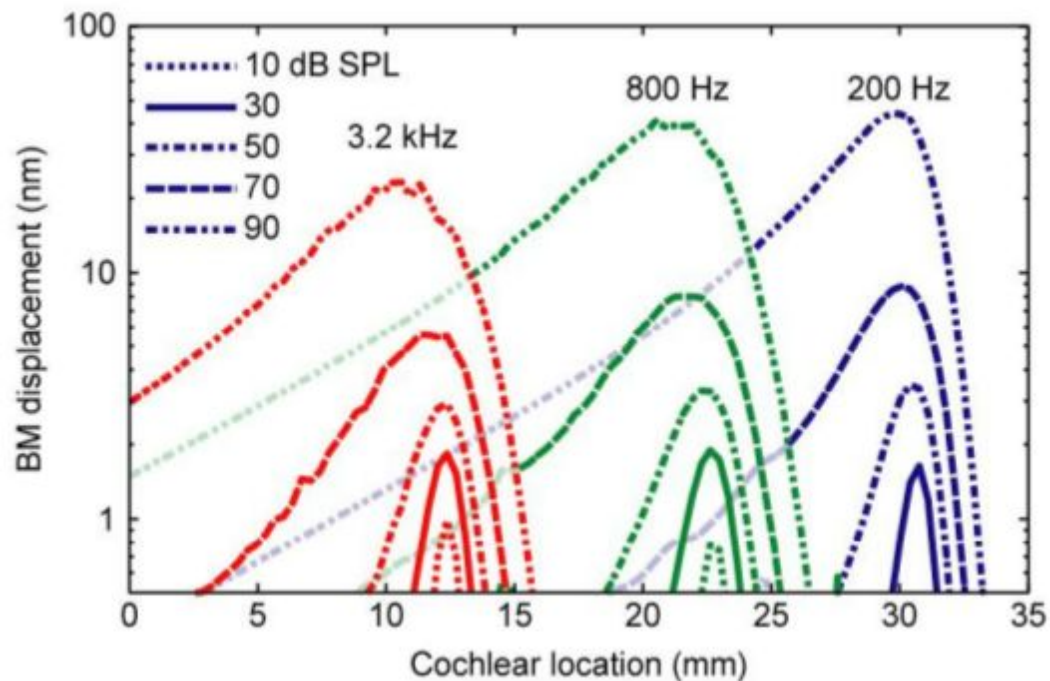
21. Zeichnen und erläutern Sie den Aufbau der Hörschnecke.

22. Zeichnen und erläutern Sie den Aufbau des Corti'schen Organs (mit Hörnerven).





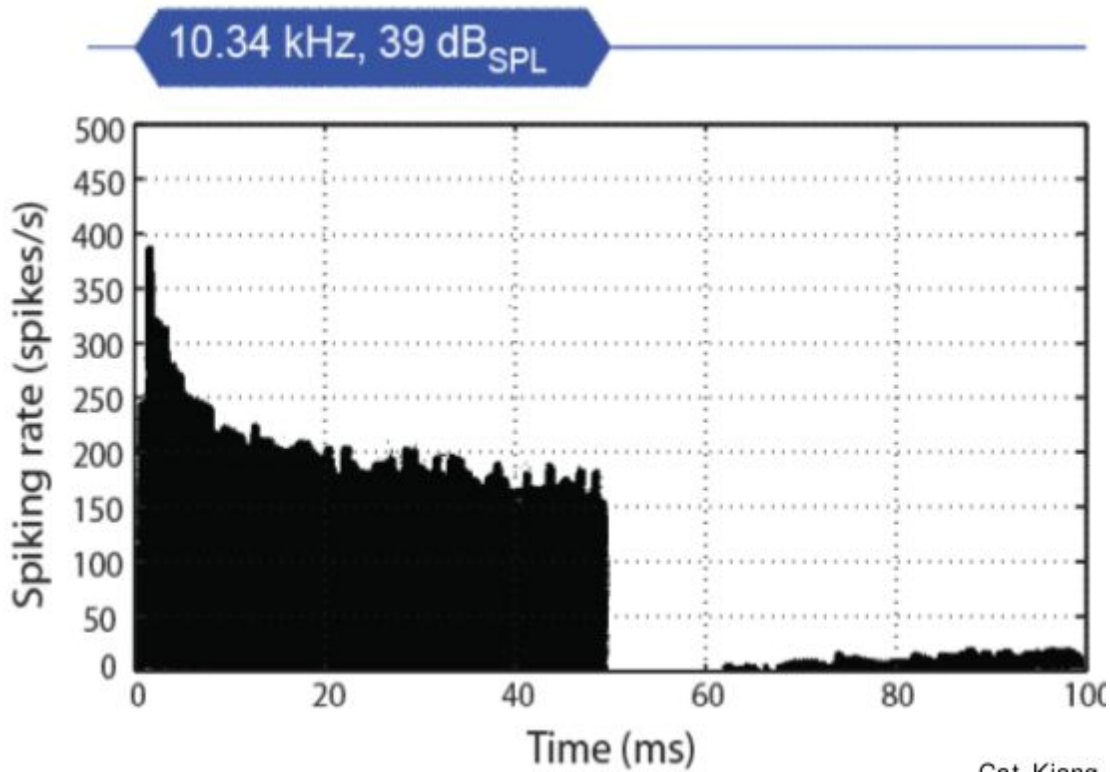
23. Beschreiben und skizzieren Sie die mechanische Erregung der Basilarmembran bei einer Erregung mit Sinustönen verschiedener Frequenzen und Pegel.



24. Wie funktioniert eine Synapse? Erklären Sie die neuronale Adaption.
Synapse:

neuronale Adaption:

Neuron feuert nicht mehr so stark wie zu Beginn bei dauerhafter Feuerung



25. Was besagt das Raten-Ortsprinzip, erklären Sie den Begriff Tonotopie?

Raten-Prinzip: (Rate Coding): Öfteres Feuern = Lauter

Ortsprinzip: Place-Coding:

- Different fibers will have a characteristic frequency dependent on the location of the hair cell to which they are attached

26. Was passiert beim Phasenlocking? Erklären Sie das Volley-Prinzip.

Phase-Locking:

Impuls in Nervenfasern wird immer an gleicher Stelle des auditorischen Signals generiert.

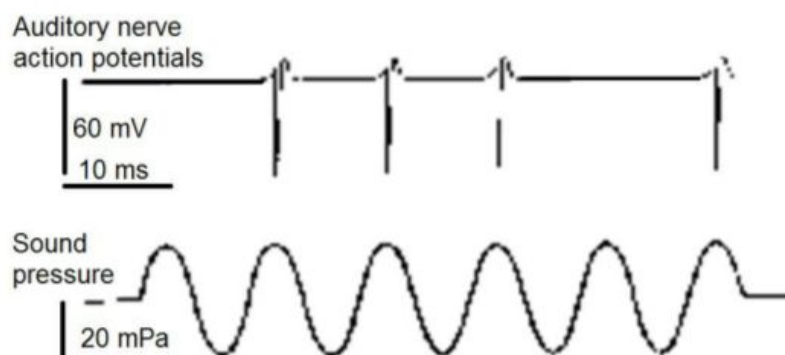


Abbildung 3.28.: Phase-locking to a low-frequency pure tone.

Volley-Prinzip:

- Stereozilien nur in eine Richtung ein Aktionspotential
 - Aktionspotential immer an gleicher Stelle des "auditorischen Signals" (Phase Lock)
 - Mehrere Nervenfasern (alle phase locked) übertragen dann mehrere Signale
 - Die Summe beschreibt wiederum genau das zeitliche Signal
 - Kann genutzt werden um Phasenverschiebung zwischen Ohren zu messen und Richtung des Tons zu bestimmen
- gilt für Signale unter 4kHz

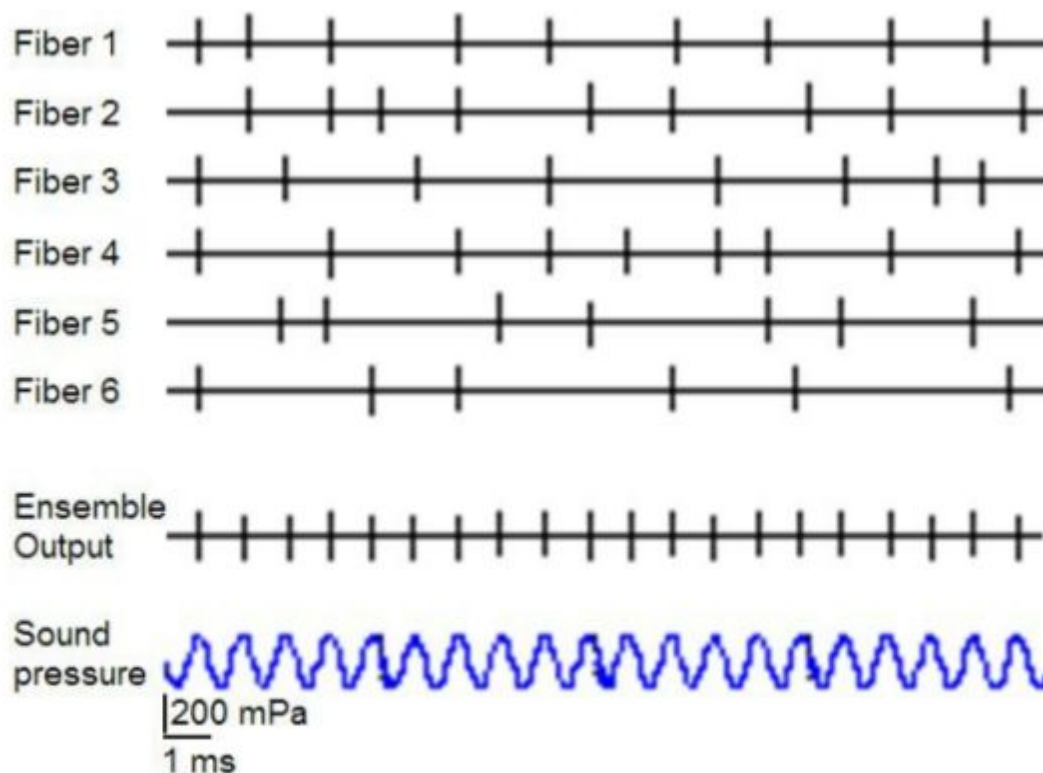


Abbildung 3.29.: VolleyCode

27. Erklären Sie, auf welche Arten der große akustische Dynamikbereich neuronal kodiert wird.

Allgemein Neuronale Codierung der Hörnervs:

- The Place Principle of Hearing - a labeled-line code (Cochlea position)
- Rate Code + Recruitment (More Firing = Louder, recruitment?)
- Temporal Code
 - * Phase Locking (immer am gleichen Punkt der pressure wave)
 - * Volley Principle (mehrere Fasern um Lautstärke / Signale zu übertragen)

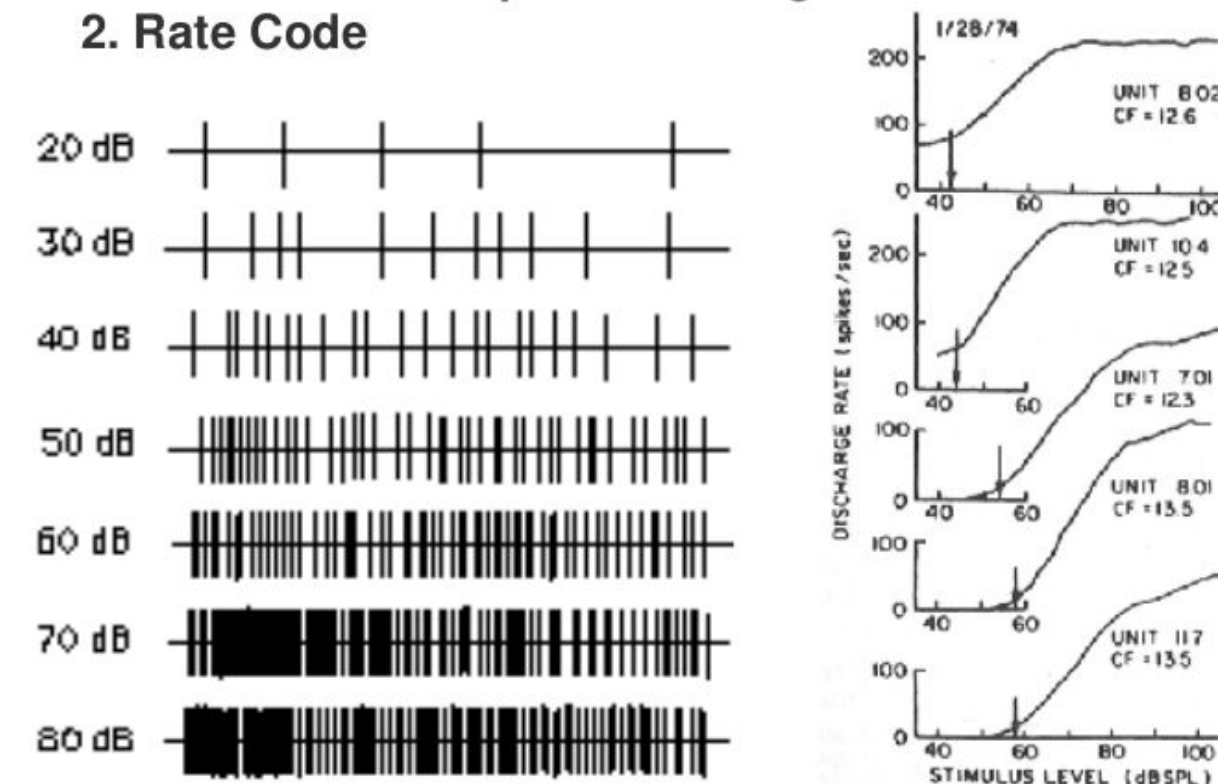
Dynamikbereich:

Weil eine Haarzelle nicht den Dynamikbereich von 120dB abdecken kann (wäre ungenau), braucht man mehrere

- Um so häufiger eine Nervenfasern feuert, desto höher ist SPL (sound pressure level).
- Mehrere Nervenfasern feuern zu unterschiedlichen Zeitpunkten
- ca 10. Nervenfasern pro innere Haarzellen
- In Summe dann etwa der ganze Dynamikbereich

1. The Place Principle of Hearing - a labeled-line code

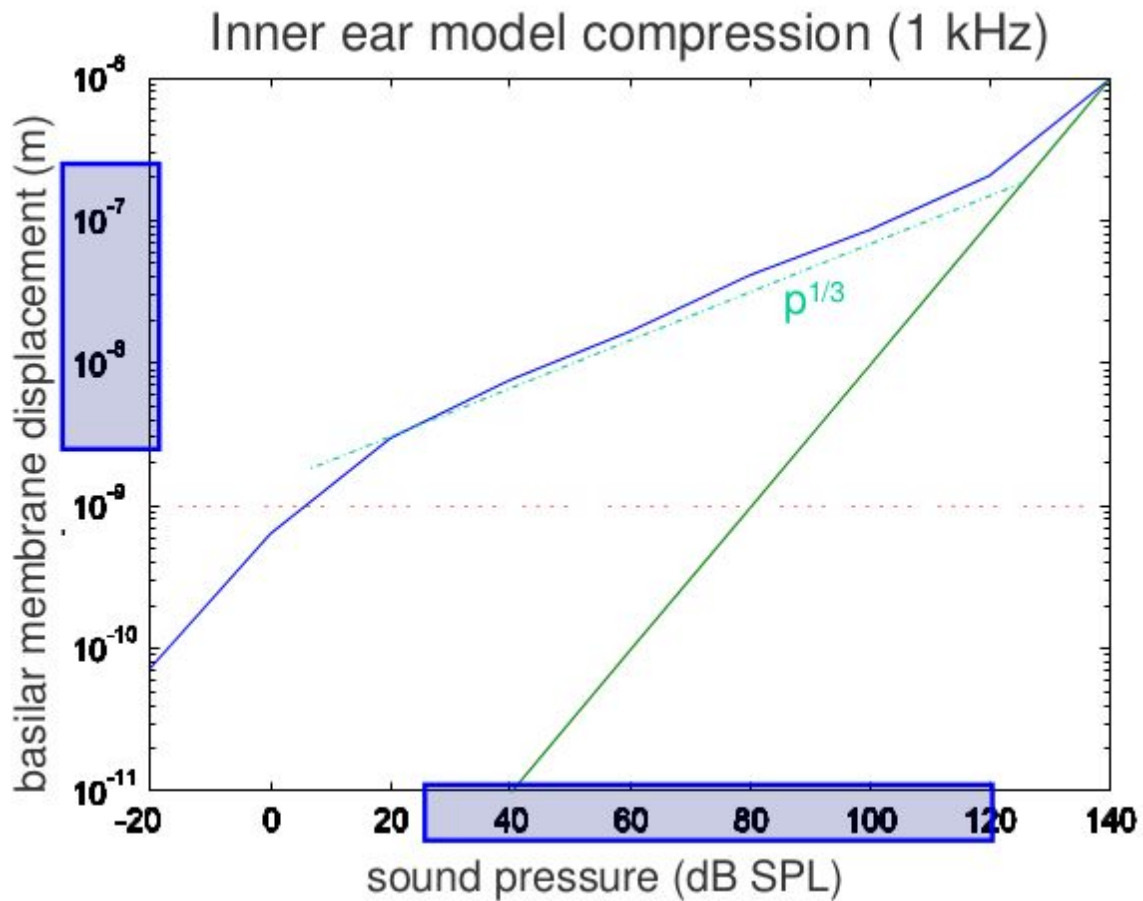
2. Rate Code



28. Auf welchen Prinzipien basiert die Dynamikkodierung?
(Verstärkung/Kompression, HSR, MSR, LSR, Recruitment)

Verstärkung durch äußere Haarsinneszellen:

- nichtlinear (für leise Geräusche stärker)
- → Dynamikkompression
- (siehe auch Abbildung von recruitment:
- Kompression: Eingangsbereich 80dB: Ausgangsbereich 15db (1nm auf 30nm)



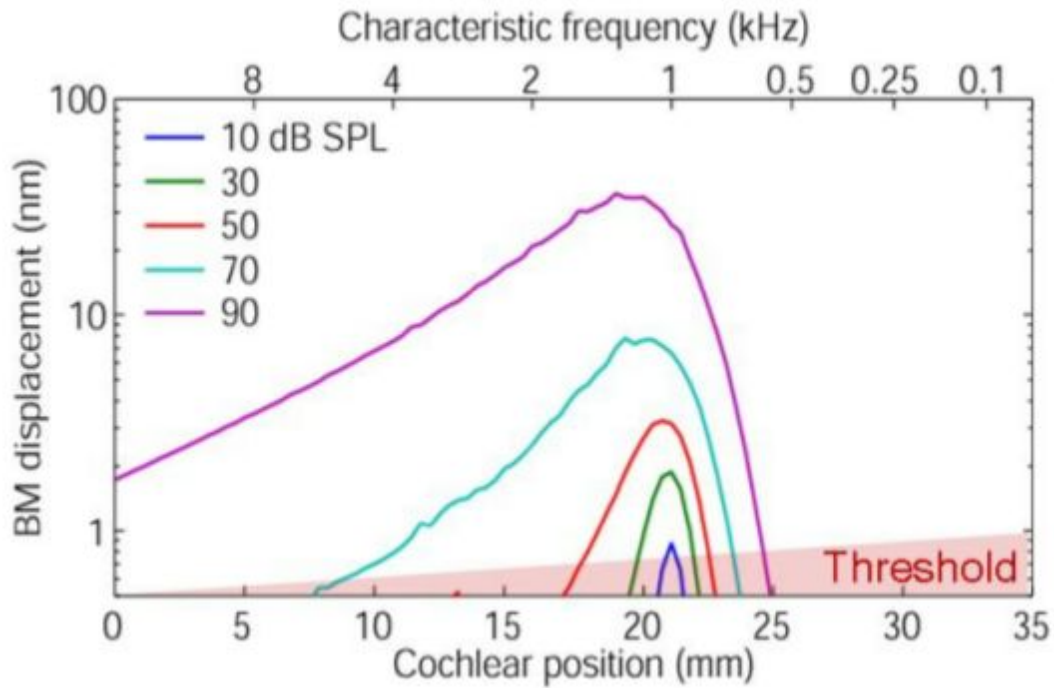
Recruitment? oder doch Maskierung?:

Tiefe Frequenzen regen auch hohe an, bin mir aber nicht sicher ob das stimmt:

Laut Wikipedia (<https://de.wikipedia.org/wiki/Recruitment>)

“Der somit schnellere Lautheitsanstieg im verbliebenen Hörbereich zwischen der Hörschwelle und der Unbehaglichkeitsschwelle wird als Recruitment (englisch „Rekrutierung“) bezeichnet”

“Das Recruitment, der Lautheitsausgleich, ist ein Phänomen der äußeren Haarzellen und damit des Innenohres. Lautheitsausgleich bedeutet hier, dass Töne bei leiser Lautstärke auf dem schwerhörigen Ohr im Vergleich zum gesunden Ohr leiser empfunden werden. Sobald die Lautstärke der Töne aber erhöht wird, gleichen sich das Lautstärkeempfinden des gesunden und schwerhörigen Ohr einander an, bis das Empfinden gleich ist.”

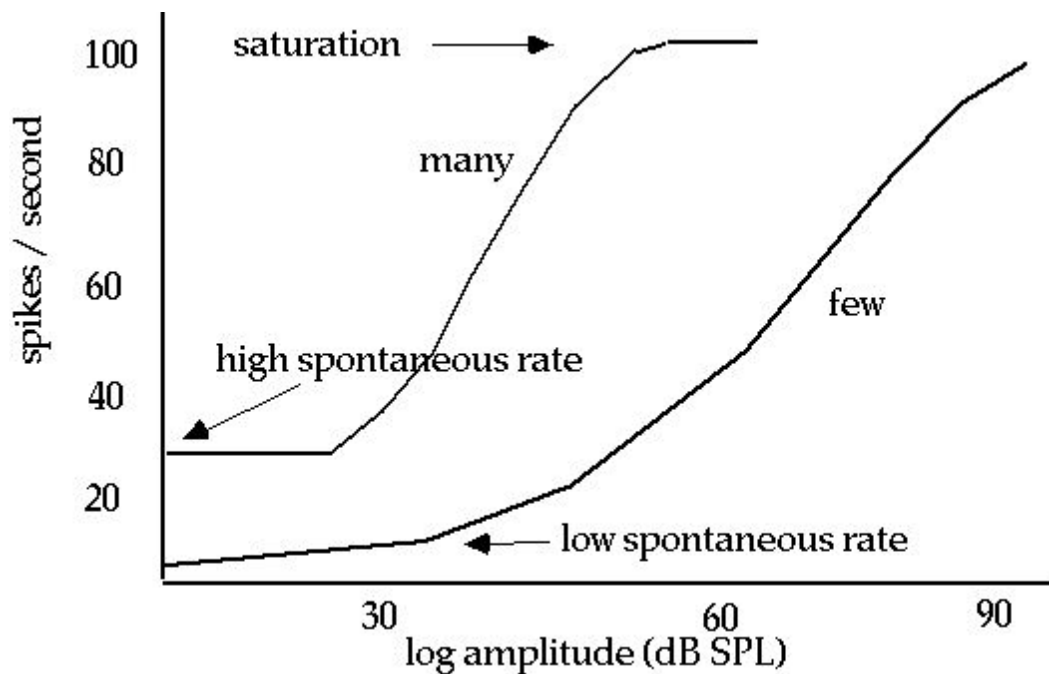


HSR: high spontaneous rate

MSR: Medium spontaneous rate

LSR: Low spontaneous rate

siehe auch: <http://jn.physiology.org/content/91/2/784>



HSR und LSR sind auch in Frage 27. auf der rechten Seite abgebildet. Jeder Graf zeigt eine andere Faser, die alle an der gleichen inneren Hair Cell (IHC) sitzen.

29. Mit welchen klinischen Verfahren kann das Hörvermögen objektiv gemessen werden? (BERA, OAE)

otoacoustic emission (OAE) is a sound which is generated from within the inner ear.

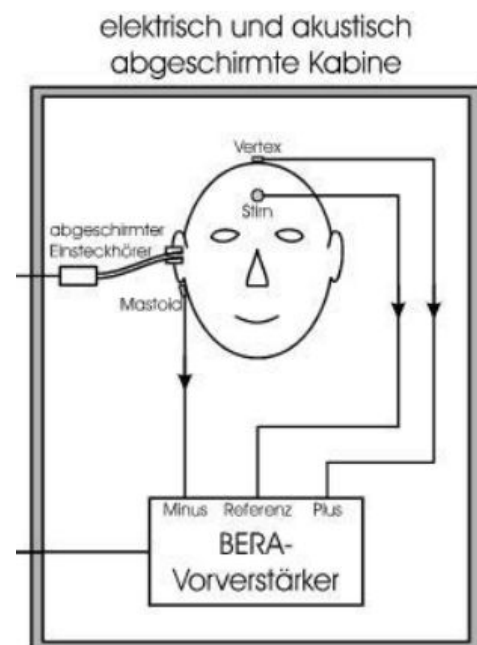
Studies have shown that OAEs disappear after the inner ear has been damaged, so OAEs are often used in the laboratory and the clinic as a measure of inner ear health

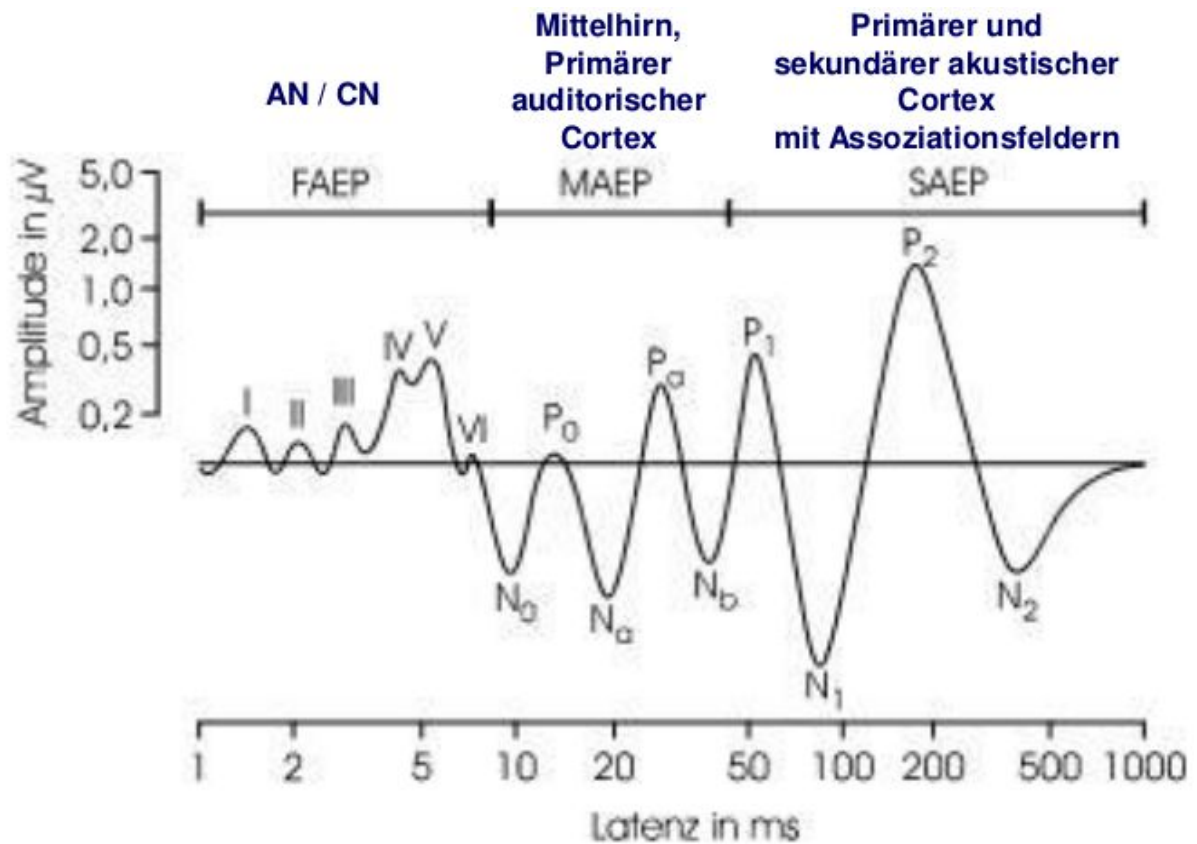
spontaneous otoacoustic emissions (SOAEs), which can occur without external stimulation, and evoked otoacoustic emissions (EOAEs)

ERA: Elektrische Reaktionsaudiometrie

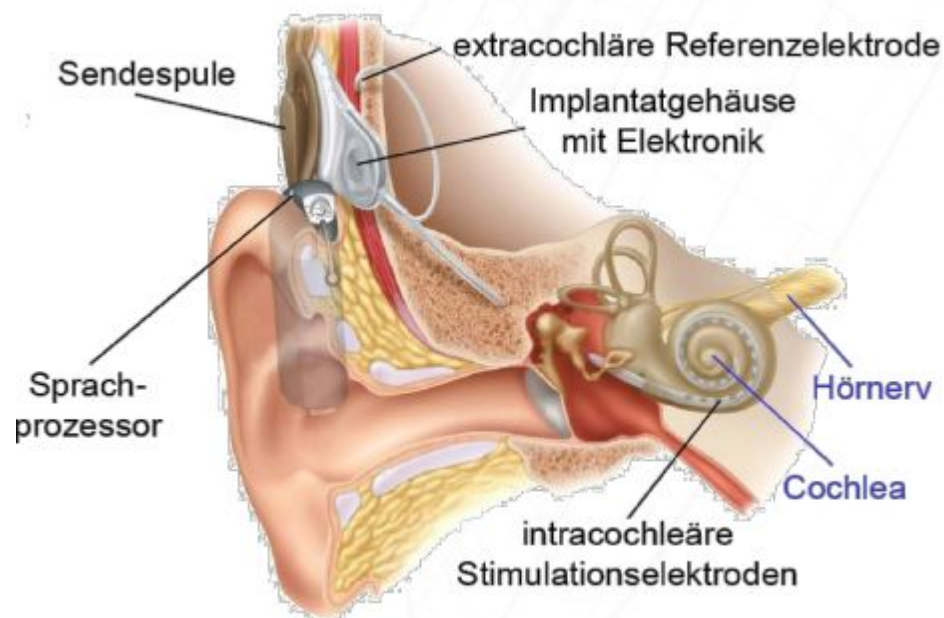
BERA (brainstem evoked response audiometry; deutsch: Hirnstammaudiometrie):

- Clickreiz über Kopfhörer
- Ableitung der Hirnströme mit ca. 3 Elektroden (eine Masse, zwei Messungen)
- Generierte Antworten auswerten (5 Wellen)
- Messen der Latenz-Zeiten zum Clickreiz der einzelnen Wellen

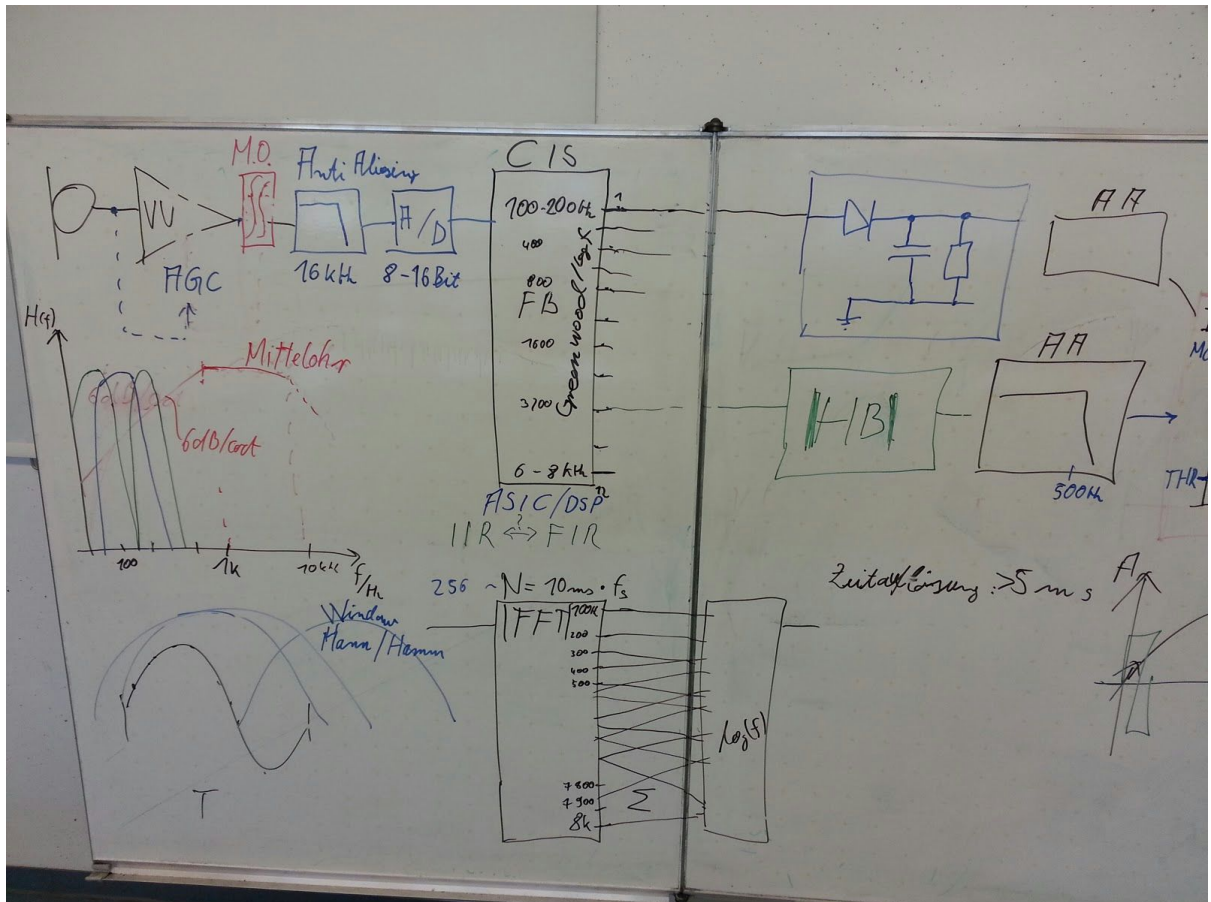




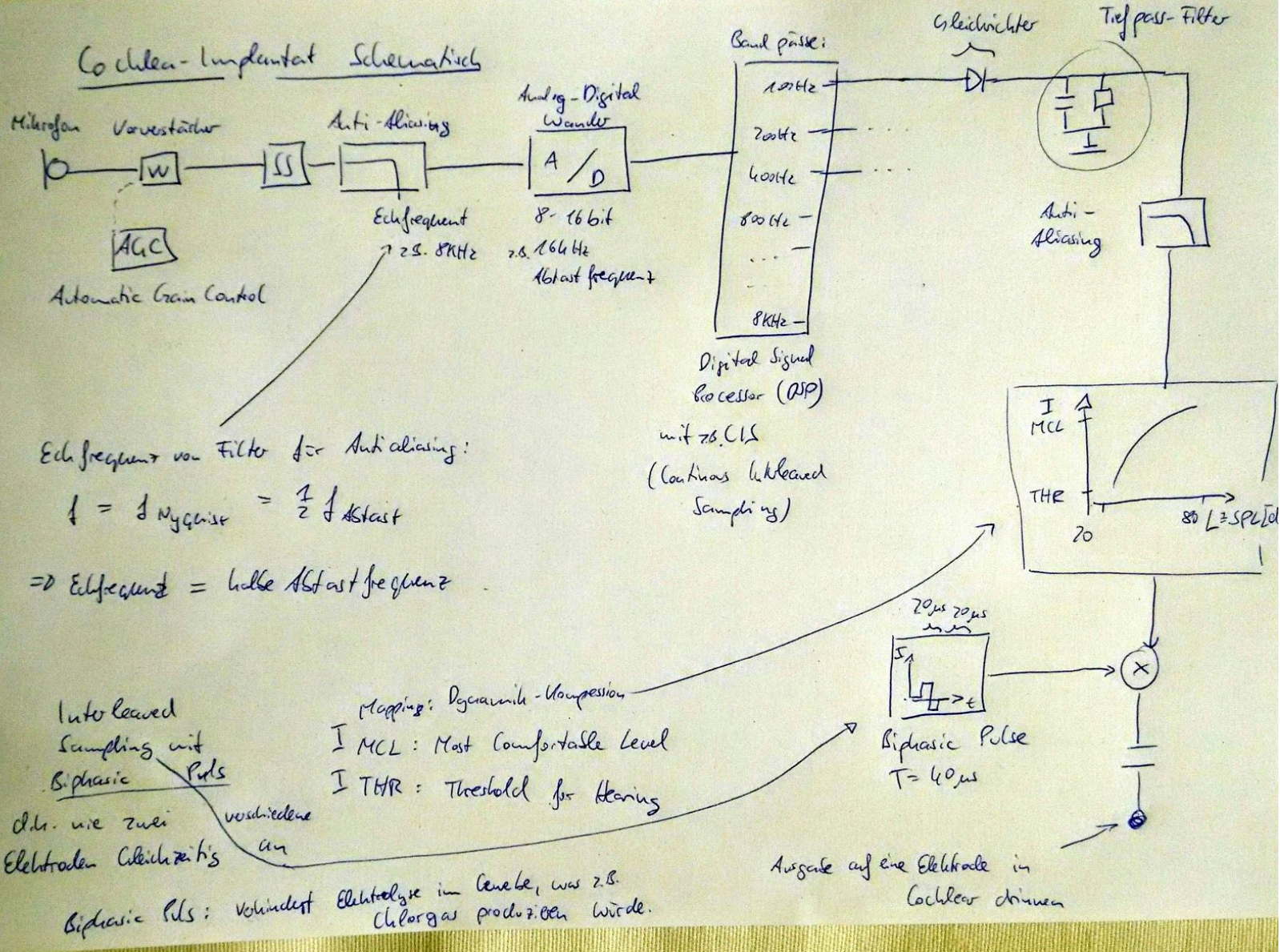
30. Erklären Sie die Komponenten eines CIs.



Spannungsversorgung: Elektromagnetische Induktion



Cochlea-Implantat Schematisch



Echtfrequenz von Filter für Anti-aliasing:

$$f = f_{\text{Nyquist}} = \frac{1}{2} f_{\text{Abtast}}$$

⇒ Echtfrequenz = halbe Abtastfrequenz

31. Erklären Sie eine Kodierungsstrategie (CIS, ACE).

CIS:

Waveform strategies: Cont. Interleaved Sampling

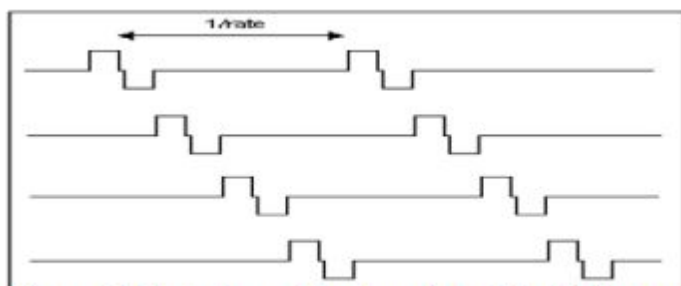
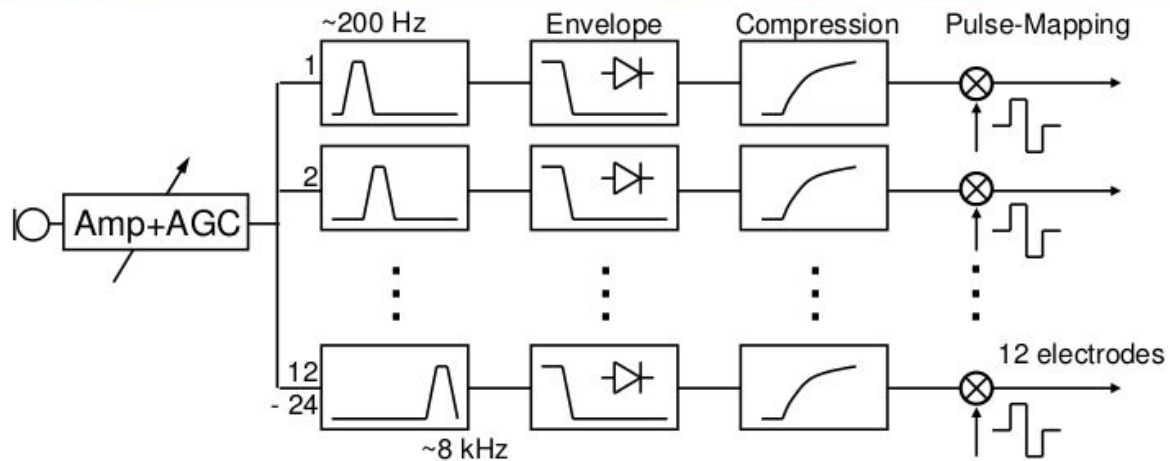


Figure 5. Interleaved Pulses found in CIS strategy.

Mehrere Frequenzbänder -> Aktivieren der Elektroden

Problem: Gleichzeitiges aktivieren von elektroden nebeneinander: Elektromagnetische interaktion führt zur Signalverzerrung und schlechter Verständlichkeit

Lösung: Elektroden werden immer nur nacheinander aktiviert ("interleaved")

Im Bild: Pulse-Mapping erfolgt für jeden Kanal zu anderen Zeitpunkt, um keine zwei aktiven Elektroden zur gleichen Zeit zu haben.

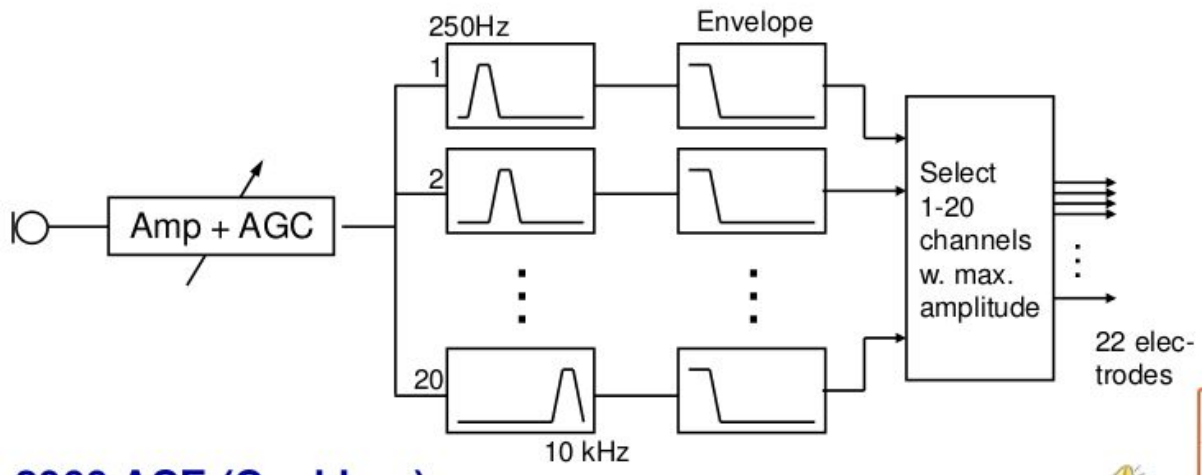
Charakteristisch für diese Strategie ist, dass zur Repräsentation des Audiosignals in der Cochlea nur zeitlich nicht überlappende Stimulationspulse verwendet werden. Damit wird der störende Einfluss des Kanalübersprechens reduziert.

Details:

<http://www.ijser.org/researchpaper%5CContinuous-Interleaved-Sampled-CIS-Signal-Processing-Strategy-for-Cochlear-Implants-MATLAB-Simulation-Program.pdf>

ACE: Advanced combination encoder

Waveform strategies: ACE



ACE (Advanced Combination Encoders) Bei der ACE-Strategie werden nicht alle Elektroden stimuliert. Vielmehr findet eine Merkmalsselektion abhängig vom Frequenzspektrum des analysierten Signals statt. Weil man davon ausgeht, dass in günstigen Hörsituationen die Sprache das lautere Signal ist, werden dabei immer nur die Frequenzbänder ausgewählt, in denen der Energie des Signals am größten ist.

Um eine Wechselwirkung zwischen benachbarten Elektroden zu vermeiden, werden die Elektroden bei allen modernen Kodierungsstrategien sequentiell, das heißt nicht gleichzeitig, sondern schnell hintereinander stimuliert.

Detail:

https://www.med.uni-magdeburg.de/unimagdeburg_mm/Bilder/Kliniken/KHNO/cochlear+implant/technik_leitfaden+cochlear+implant-p-8859.pdf

32. Erklären Sie den Begriff „interleaved sampling“

siehe Frage davor

33. Erklären Sie den Begriff „Biokompatibilität“

Biokompatibilität

Qualität eines Materials in Bezug auf die Antwort des Organismus auf sein Vorhandensein

Als biokompatibel bezeichnet man in der Medizin Materialien bzw. Werkstoffe, die im direkten Kontakt mit lebenden Geweben keinen negativen Einfluss auf deren Stoffwechsel ausüben.

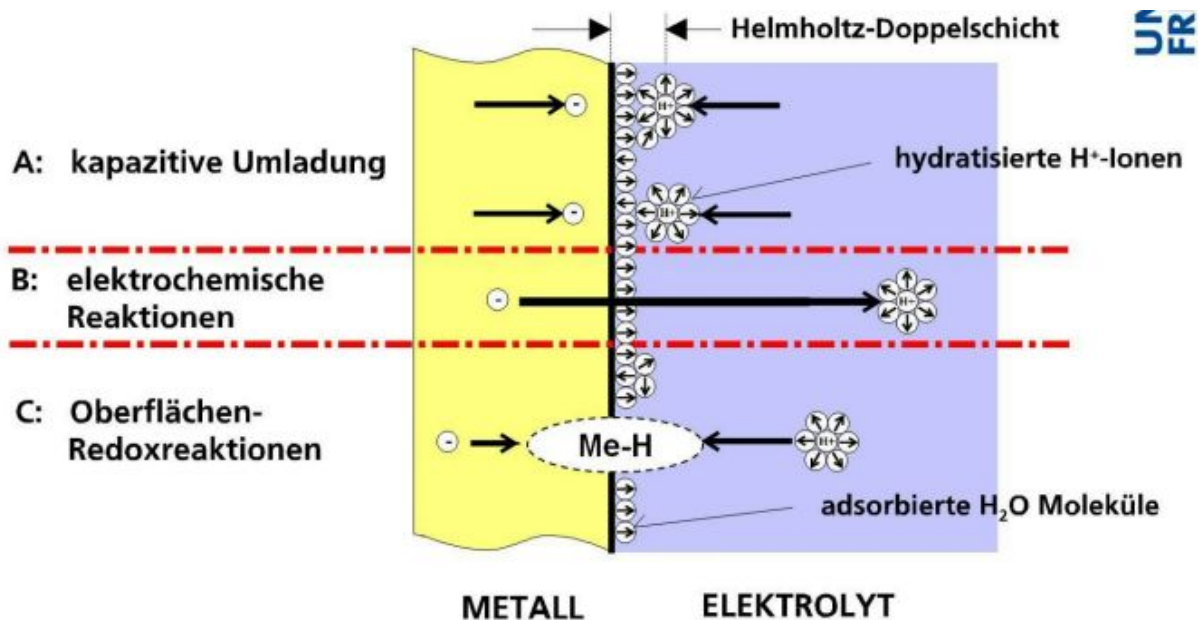
Biotolerant

Die Produkte, welche als „biotolerant“ bezeichnet werden, lassen eine Verweildauer des Medizinproduktes im Körper von Monaten bis hin zu mehreren Jahren zu. Es treten geringfügige Mängel in der Gewebereaktion auf. Diese Art ist nicht bioaktiv und nicht langfristig „bioinert“. Unter dem Begriff langfristig versteht man, dass es keine Zersetzung, keine Zellveränderung und keine toxische Wirkung in der Einsatzzeit (in vivo) gibt.

34. Was müssen Sie bei einem Implantat beachten, das lange Zeit im Körper bleiben soll?

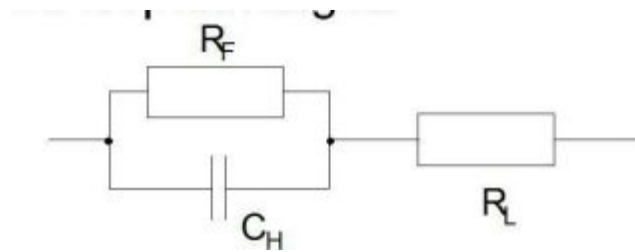
-
- Material abhängig von Ort im Körper wählen
- Material kann auch Individuen Abhängig sein (ob es gut funktioniert)
- starke Oxidation
- Materialeigenschaften können sich über die Zeit ändern durch Abwehrversuche
- Biofouling: coated, blocked and encapsulated → Funktion kann beeinträchtigt werden
- Material-Gewebe Übergang muss sorgfältig untersucht und gewählt werden

35. Erklären Sie die Elektroden-Elektrolyt-Phasengrenze.



Ziel: Transfer von Elektronenleitung im Metall zu Ionenleitung im Elektrolyten

Helmholtz-Doppelschicht: Besteht aus Wasser und hydratisierten Ionen -> Wirkt wie Plattenkondensator. Ladung und Entladung erfolgen



Phasengrenze:

- Faraday-Widerstand durch Material
- Helmholtz Kapazität an Oberfläche
- Leitungswiderstand durch Elektrolyt
- → In summe: Überspannung möglich

Reversible / Irreversible Faradische Reaktionen

36. Wie vermeiden Sie unerwünschte chemische Reaktionen an der Elektrode?

???

37. Erklären Sie die Funktion unseres Sprechorgans.

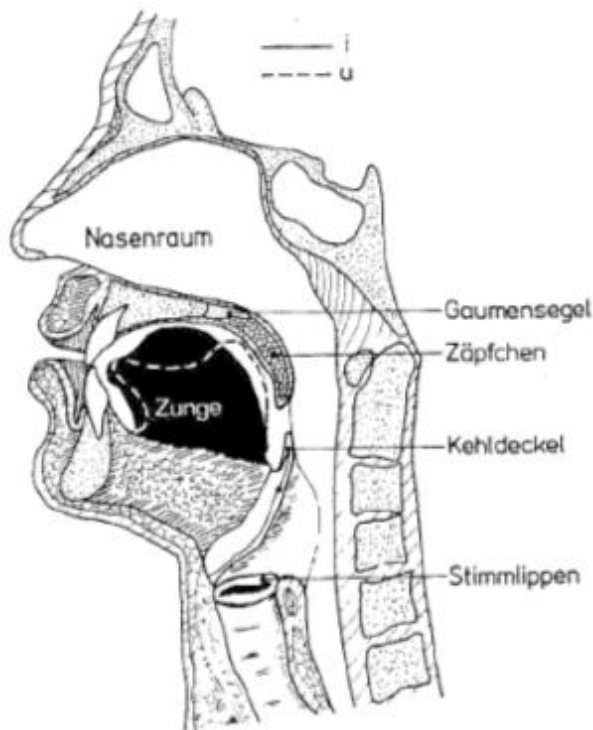


Abb.1.24. Sprechorgan

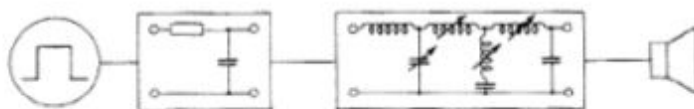
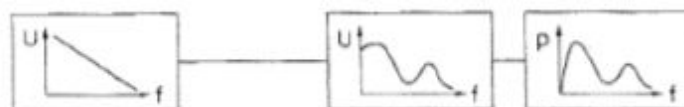
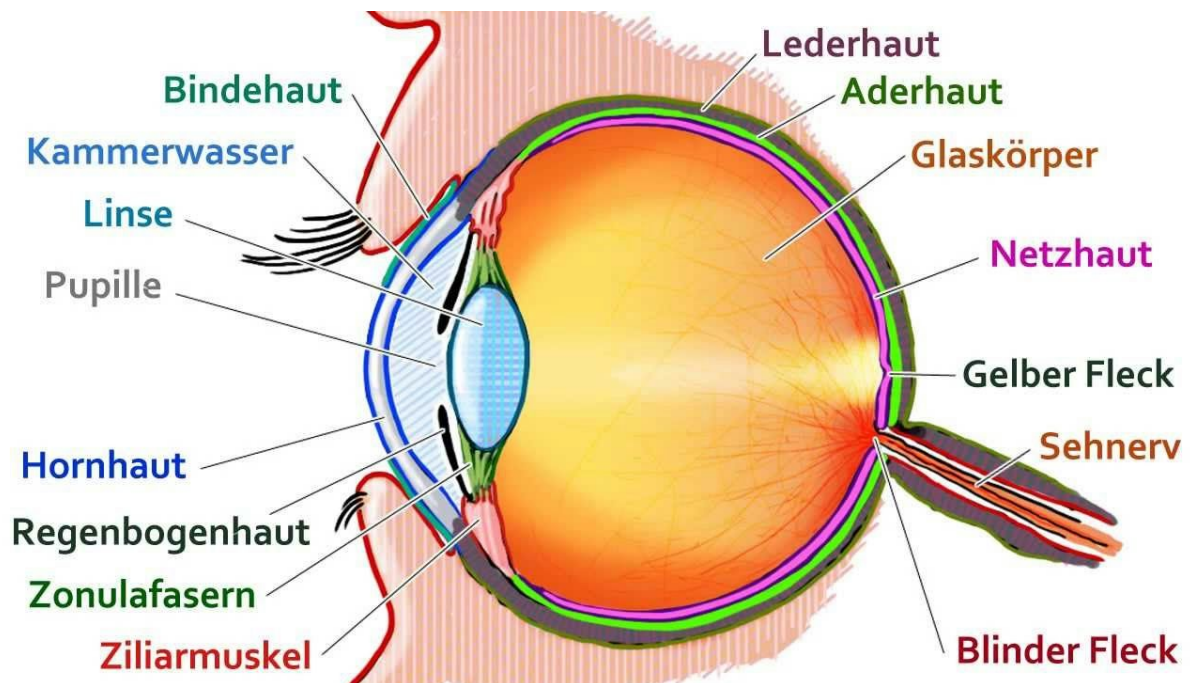


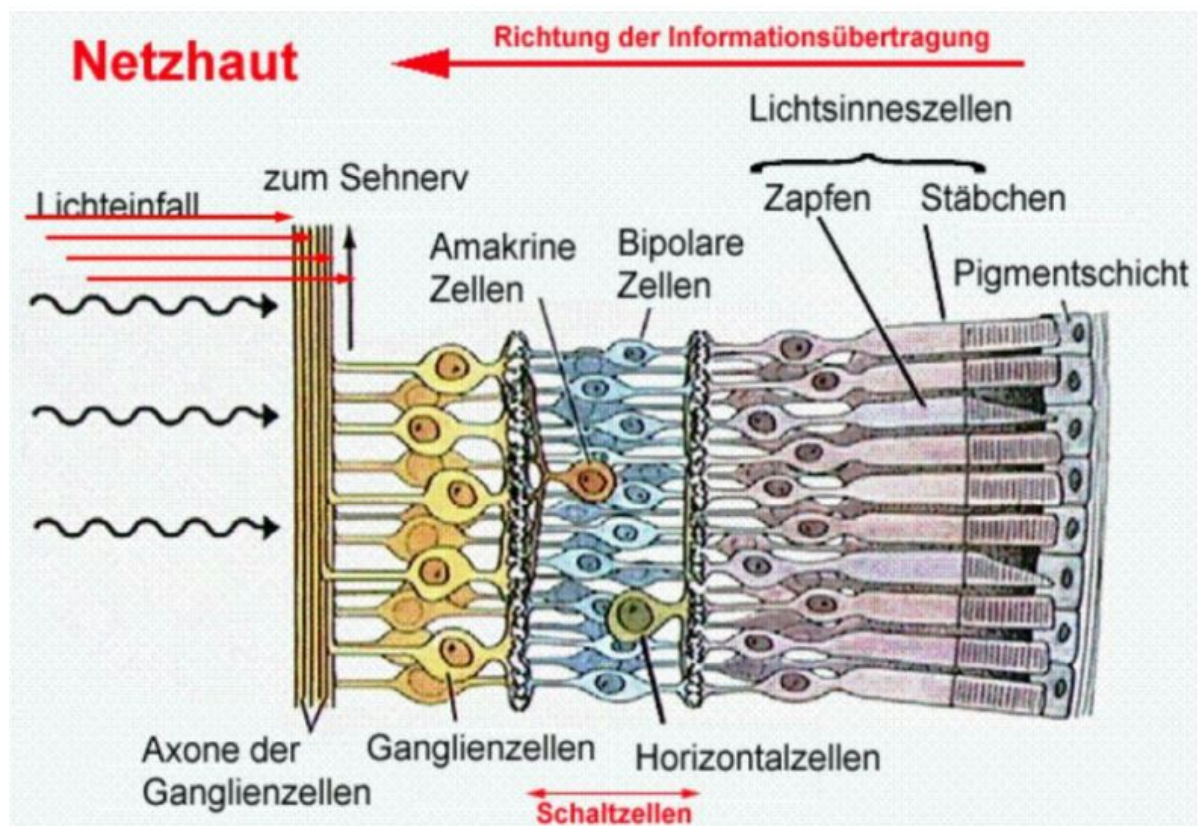
Abb.1.25. Elektrische Nachbildung des Sprechorgans mit zugeordneter Umhüllenden der Linienspektren



38. Skizzieren Sie den Aufbau des Auges und benennen Sie seine wichtigsten Teile.



39. Skizzieren Sie den Aufbau Retina



40. Zählen Sie die wichtigsten Erkrankungen auf, die zur Erblindung führen.

Zahlen:

Weltweit sind ca.~ 25 bis 30 Millionen Menschen

ca. 500.000 Neuerkrankungen

Indikation:

Makuladegeneration (Degeneration der Zapfen und Stäbchen)

Hauptursachen

- **Senile** (altersbedingte) Retinopathie ca.~ 32 % und
- **Glaukom** (diabetische) Retinopathie ca.~ 16 % der Neuerblindungen

41. Welche Konzepte für Retina Implantate kennen Sie?

Epiretinalen Konzepte bestehen aus drei Komponenten:

1. Einer Kamera
2. Eine Signalverarbeitungseinheit
3. Eine Übertragungseinheit

Subretinale:

Die obengenannten Komponenten fallen bei diesem Konzept weg, da das einfallende Licht direkt in elektrische Impulse umgewandelt wird.

