



Einführung in die Psycholinguistik WS 2022/23

Sitzung 10: Neurowissenschaftliche Komponenten der Sprachverarbeitung I

Dr. Heiner Drenhaus
Psycholinguistik

Universität des Saarlandes



Übersicht

- Folien (Passwort: !quid-alter?)
 - Finden sich in Teams als PDF-Datei
- Ab und zu kleine Übungen ☹️
- Beinhaltet auch, dass man Texte und Kapitel lesen muss 😊

Übersicht

- **Webseite der Vorlesung:**
- Webseite der Vorlesung: Moodle; bitte anmelden!!
- **Teamslink:**
 - https://teams.microsoft.com/l/team/19%3aYIGbEMf6Zb61zZ-GwxOGq_M4yiAgWsZHEPx0z8EZmA1%40thread.tacv2/conversations?groupId=5400fc4c-2b0e-4148-acf4-185fb84af02d&tenantId=67610027-1ac3-49b6-8641-ccd83ce1b01ff
- **Adresse:**
 - Dr. Heiner Drenhaus
 - Raum: 1.06 (Gebäude C7.1)
 - E-mail: drenhaus@lst.uni-saarland.de und auf Teams

Übersicht

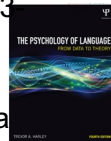
- Klausur
 - 90 Minuten
 - Wann: **09.02.2023 !!!!!**
 - (unter Vorbehalt (Corona und/oder Räume für die Klausur?)!!!!!!!!!!!!)
- Anmeldung zur Klausur !!!!
- Anmeldefrist/ Deadline: normalerweise eine Woche vor der Klausur
- **Tote Linie: → Anmeldefrist (auch für LS etc.)**
- Anmeldung zur Klausur per HIS-POS/LSF (Dies gilt für alle Teilnehmerinnen/Teilnehmer!!!!)

Übersicht & Zeitplan

- 03.11 Organisatorisches und Forschungsmethoden der Psycholinguistik
- 10.11 Experimentelle Methoden I
- 17.11 Experimentelle Methoden II
- 24.11 Experimentelle Methoden II/2 Exkurs Statistik?
- 01.12 Wortverarbeitung/ Worterkennung I
- 08.12 Wortverarbeitung/ Worterkennung II
- 15.12 Sprachproduktion I

Grundlagentexte

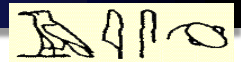
- Grundlagen, syntaktische Verarbeitung, Satz- und Textverstehen, Sprachproduktion und Struktur des Sprachverarbeitungssystems, Spracherwerb
- Barbara Höhle (Hrsg.) Psycholinguistik, 2010, ISBN 978-3-05-004935-9, Akademie Studienbücher – Sprachwissenschaft Akademie Verlag
- Barbara Höhle (Hrsg.) Psycholinguistik, 2012, ISBN 978-3-05-005920-4, Akademie Studienbücher – Sprachwissenschaft Akademie Verlag, 2. Auflage.
- Harley, T. (2013). The psychology of language. From data to theory. Hove: Psychology Press.



- Crocker, M.W. (2005). Rational models of comprehension: addressing the performance paradox. In A. Cutler (Ed.), Twenty-first century psycholinguistics. Four cornerstones (pp. 363-380). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Norris, D. (2005). How do computational models help us develop better theories? In A. Cutler (Ed.), Twenty-first century psycholinguistics. Four cornerstones (pp. 331-346). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Übersicht & Zeitplan

- 22.12 Sprachproduktion II (auf Teams online)
- 05.01 Satzverarbeitung (auf Teams online)
- 12.01 Neurowissenschaftliche Komponenten der Sprachverarbeitung I
- 19.01 Neurowissenschaftliche Komponenten der Sprachverarbeitung II
- 26.01 Spracherwerb I
- 02.01 Spracherwerb II und Klausurvorbereitung
- 09.02 Klausur



- The ancient Egyptians are responsible for the oldest written record using the word "brain" and have provided the first written accounts of the anatomy of the brain, the meninges (coverings of the brain) and cerebrospinal fluid. The word "brain" appears on an ancient paper-like document (a "papyrus"), known as the Edwin Smith Surgical Papyrus. This document was written around the year 1700 BC, but is based on texts that go back to about 3000 BC. This document is considered to be the first medical document in the history of mankind. It is possible that the papyrus was written by the great Egyptian physician named Imhotep.

Warum wollen wir Sprache „messen“?

- Verbindung/Relation zwischen Geist und Gehirn
- Warum benutzen wir dafür das Vehikel Sprache?
 - Sprache ist universal („Eigenschaft“ von Menschen)
 - Ist einigermaßen gut beschrieben (welches linguistisches Modell man auch immer wählen möchte)
 - Eigenschaften der Sprache müssen sich in der „Kognitiven-Architektur“ widerspiegeln
 - Lange Forschungstradition: Sprache und ihre Korrelate (Neurologie)
 - D.h. es existiert (neben der Linguistik) eine „unabhängige“ Forschungsrichtung, deren Ziel es ist Sprache zu beschreiben

Warum wollen wir Sprache „messen“?

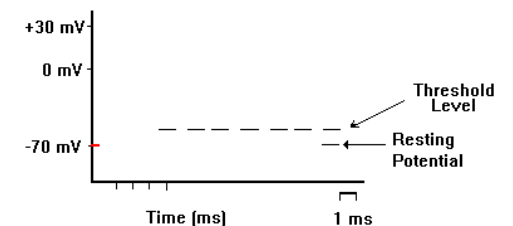
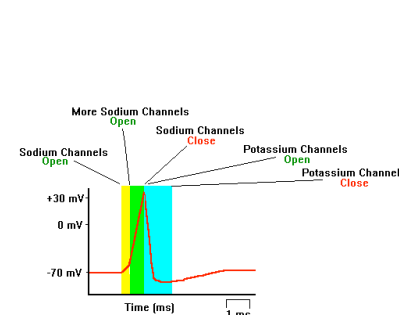
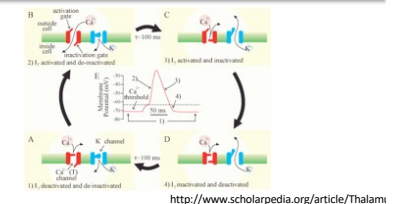
- Was müssen wir wissen, um die Beziehung zwischen Sprache und Gehirn zu untersuchen?
 - Was sind die „Bestandteile“ der Kognition?
 - Was sind die zentralen oder relevanten Eigenschaften von Sprache?
 - Was passiert auf der neuronalen Ebene und wie funktioniert diese?
 - Welche Bereiche sind für unsere Forschung interessant?

Was sind relevante Eigenschaften von Sprache?

- Linguistische Theorien
 - Modulare Ansätze – Government and Binding, Principles and Parameters und später das ‚Minimalist Program‘
 - Lexikalische Ansätze - LFG
 - Merkmalsbasierte Ansätze - HPSG
 - Konnektionistische Ansätze - Cognitive Grammar, Optimality Theory

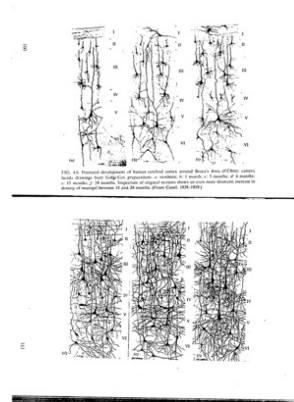
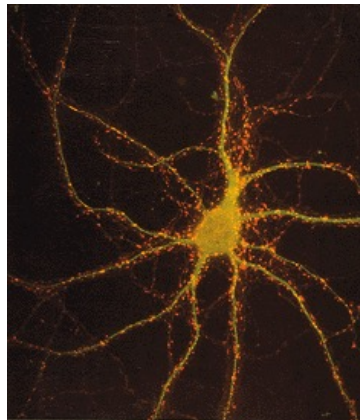
Was ist die Basis für unseren „Biocomputer“ (neural computation) ?

- Zeitabhängig
- Parallel
- Dynamisch



Das Neuron

Die orangen Punkte zeigen die multiplen Synapsen of einem einzelnen Neuron



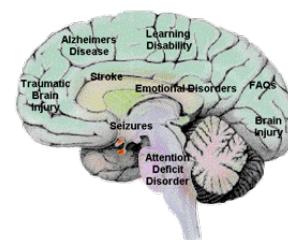
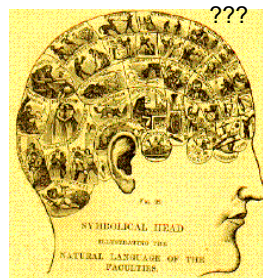
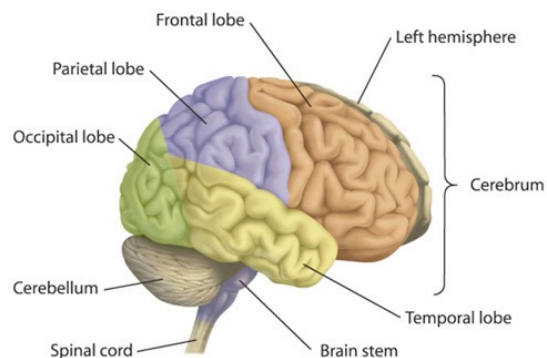
(Photo courtesy of Drs. P. CeCamilli, G. Banker, T. Sudhof and M. Matteoli, copyright held by Cell Press.)

Paul Brocas Patient “Tan” (Autopsie des Gehirns)

- Paul Broca (as quoted by von Bonin in 1950) There are in the human mind a group of faculties and in the brain groups of convolutions, and the facts assembled by science so far allow to state, as I said before, that the great regions of the mind correspond to the great regions of the brain.



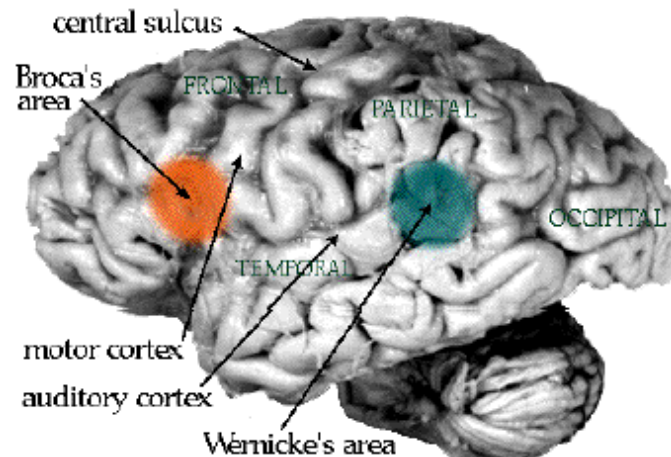
Cognitive architecture !



Fall 22 des “Edwin Smith Surgical Papyrus“

- Fraktur des Schädelknochens (temporal)
- Patient ist unfähig zu sprechen
- Es wird angenommen, dass dies der erste beschriebene Fall von Aphasie ist
- Mehr als 1000 Jahre bevor Paul Broca (1861) seine Ergebnisse veröffentlichte

Welche Bereiche des Gehirns sind interessant?



Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

17

Lautes Lesen

- Welche Stationen durchläuft die Information?
 - Primary Visual Cortex
 - Posterior speech area (including Wernicke's area)
 - Broca's area
 - Primary Motor Cortex

Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

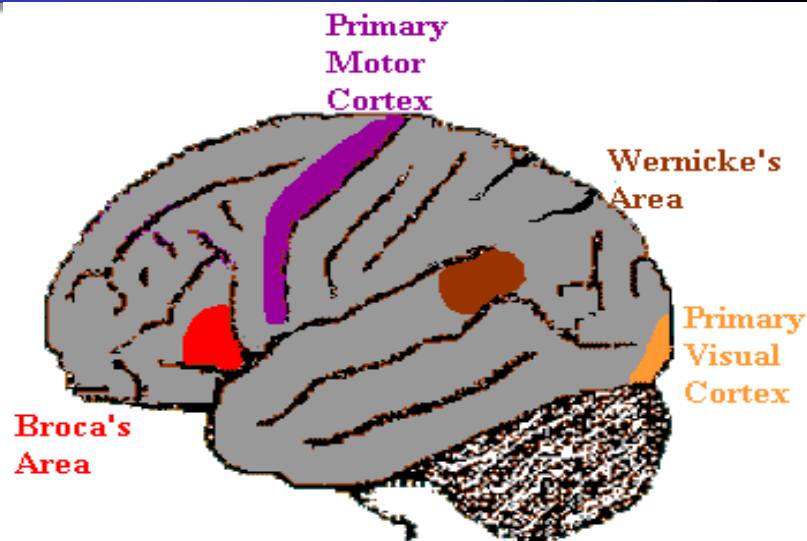
18

Wiederholen von Wörtern

- Welche Stationen durchläuft die Information?
 - Primary Auditory Cortex
 - Posterior speech area (including Wernicke's area)
 - Broca's area
 - Primary Motor Cortex

Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

20



Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

19

• Magnetic Resonance Imaging



MRI uses the detection of radiofrequency signals produced by displaced radio waves in a magnetic field. It provides an anatomical view of the brain.

Advantages:

1. No X-rays or radioactive material is used.
2. Provides detailed view of the brain in different dimensions.
3. Safe, painless, non-invasive.
4. No special preparation (except the removal of all metal objects) is required from the patient. Patients can eat or drink anything before the procedure.

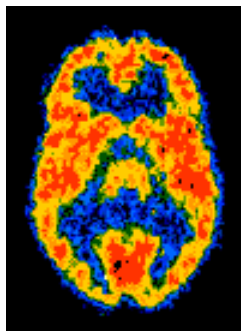
Disadvantages:

1. Expensive to use.
2. Cannot be used in patients with metallic devices, like pacemakers.
3. Cannot be used with uncooperative patients because the patient must lie still.
4. Cannot be used with patients who are claustrophobic (afraid of small places). However, new MRI systems with a more open design are now available.

Blood Flow / Metabolic Activity Studies – PET

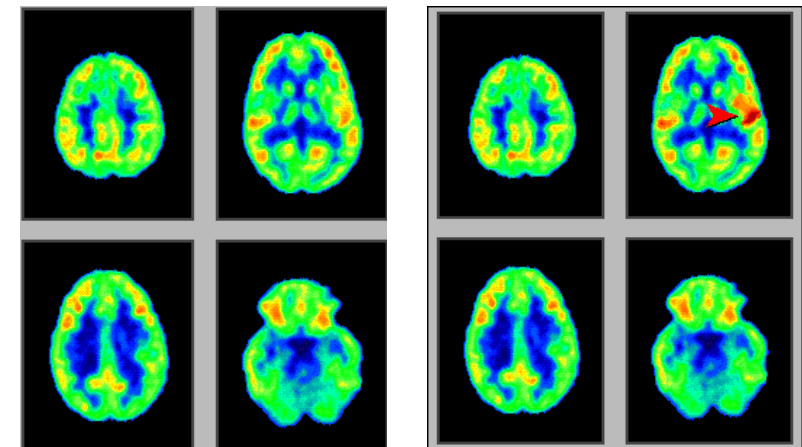
• Positron Emission Tomography

- Image courtesy of the National Institute on Drug Abuse



A scanner detects radioactive material that was injected or inhaled to produce an image of the brain. Commonly used radioactively-labelled material includes oxygen, fluorine, carbon and nitrogen. When this material gets into the bloodstream, it goes to areas of the brain that use it. So, oxygen and glucose accumulate in brain areas that are metabolically active. When the radioactive material breaks down, it gives off a neutron and a positron. When a positron hits an electron, both are destroyed and two gamma rays are released. Gamma ray detectors record the brain area where the gamma rays are emitted. This type of method provides a functional view of the brain.

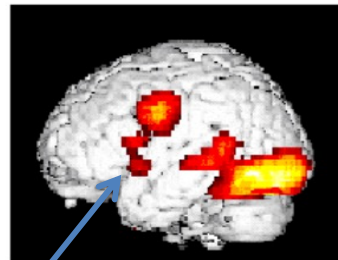
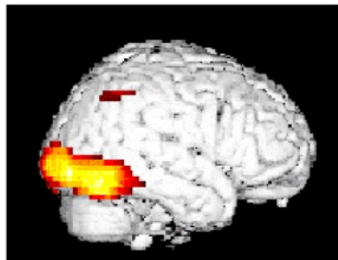
PET: Kein Stimulus vs. Stimulus (Musik)



Diese Art der Forschung untersucht generelle Eigenschaften von Sprache

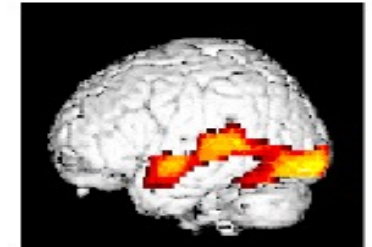
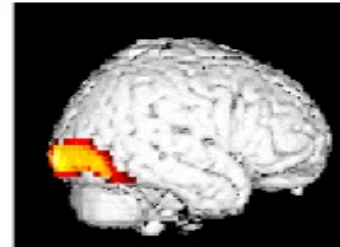
- Unterschiede zwischen ambigen und nicht-ambigen Sätzen
- Sprachliche Reize vs. Nicht-sprachliche-Reize
- Syntaktische Komplexität
- Wortabfolgen
- Semantik
- Pragmatik ...

L.Stowe: Kein Stimulus („passive fixation“) vs. Aktivierung von Wortlisten

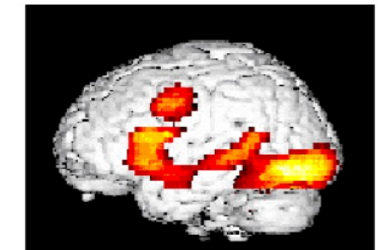
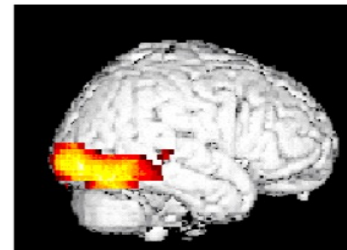


BROCA

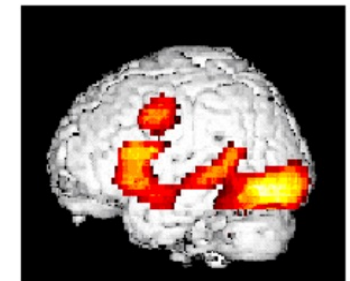
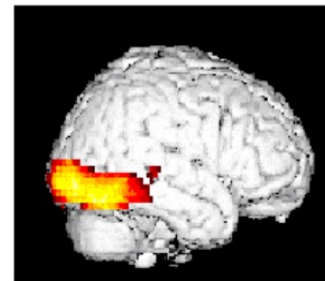
L.Stowe: kein Stimulus (passive fixation) vs. einfache Sätze

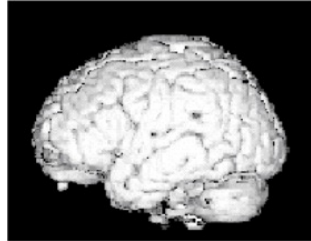
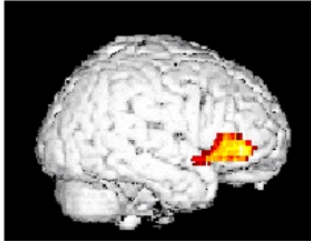


L.Stowe: kein Stimulus (passive fixation) vs. komplexe Sätze

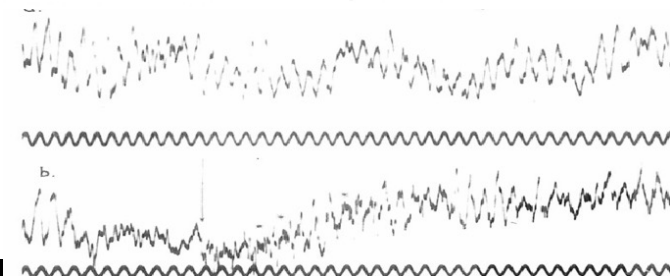
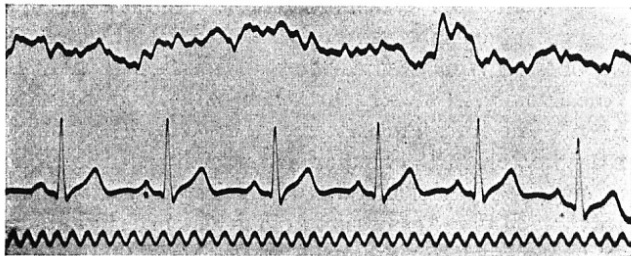


L. Stowe: Linke Hemisphäre beim Lesen von syntaktisch ambigen Sätzen





Elektroenzephalogramm (EEG)

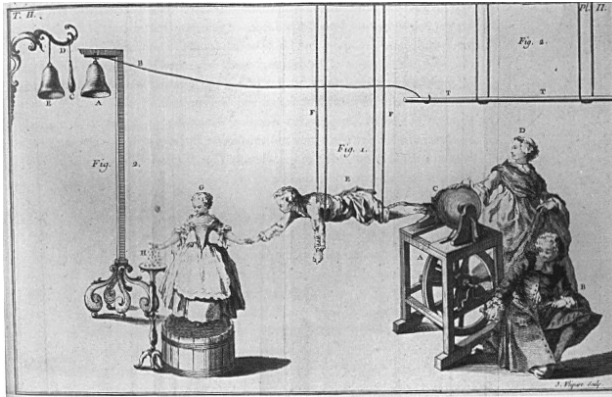


Kognitive Prozesse

- Veränderungen und Zeit
- Ereignen sich in „continuous time“
- Dauer, Oszillation, Häufigkeitsraten
- Gleichzeitigkeit, Phasen
- Temporale Eigenschaften sind nicht zufällig
-> Kognition
- Messung der zeitlichen Dynamik bei der Verarbeitung von Reizen

Elektroenzephalogramm (EEG)

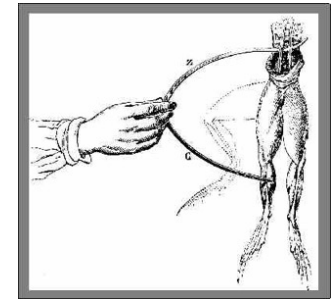
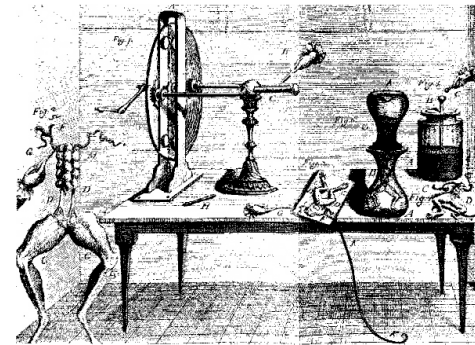
❖ Ein wenig Historisches !



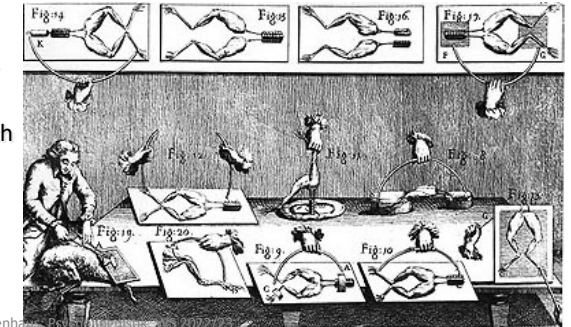
- Bereits im Jahre 1745 konnte der Abbé NOLLET nachweisen, dass menschliches Gewebe Elektrizität leitet, indem er einen elektrischen Schlag über eine/mehrere Personen hindurch leitete.

Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

33

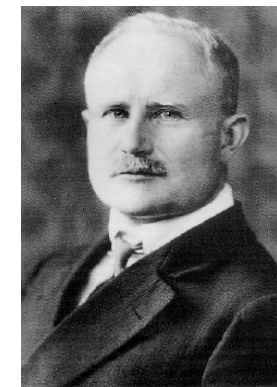


- ❖ 1791 wurde die Bioelektrizität von GALVANI und seiner Frau eher zufällig an den Muskeln eines gehäuteten Frosches, der eigentlich zum Verzehr und nicht für Untersuchungen gedacht war, beobachtet



Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

Hans Berger (1873-1941)



- Beschäftigte sich insbesondere mit der viel diskutierten Frage,

- Dem Berliner DU BOIS-REYMOND gelang es 1849 Stromschwankungen vom Froschhirn abzuleiten
- Als Entdecker elektrischer Hirnströme beim Säugetier gilt jedoch der Engländer CATON
 - CATON führte 1874 Versuche mit Elektroden an der Oberfläche beider Großhirnhemisphären von Kaninchen und Affen durch
 - Er wies ständige Stromschwankungen nach, die sich bei Belichtung der Augen der Versuchstiere verstärkten
 - 1883 fand auch FLEISCHL V. MARXOW zerebrale Stromschwankungen bei der Belichtung von tierischen Augen gefunden und
 - 1890 stellte BECK ähnliche Beobachtungen an Hunden fest.
 - 1890 glaubten GOTCH und HORSLEY nachweisen zu können, dass spezielle Areale der Hirnrinde eine elektrische Antwort auf einen peripheren Reiz geben.
 - Weitere Veröffentlichungen: DANILEWSKY (1891), LARIONOW (1899) und TRIWUS (1900)

Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

35

Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

36

Hans Berger (1873-1941)



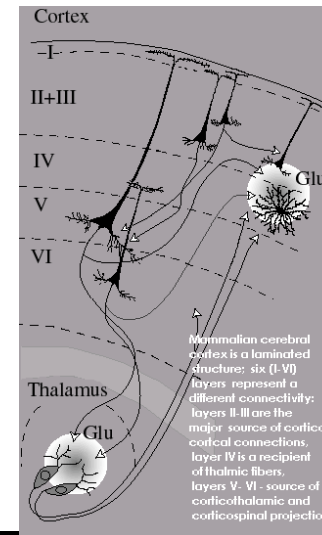
„[...] ob die ständigen Stromschwankungen, welche von der Hirnoberfläche abzuleiten waren, nicht doch vielleicht nur durch Hirnbewegungen hervorgerufen würden. Er führte deshalb bei einer 4jährigen Hündin eine Halsmarkdurchschneidung durch. Die Atmung setzte aus, und nach kurzer Zeit schlug auch das Herz nur noch in großen Pausen.“ (Niebeling, 1980 S.15) .“

- Trotz Aussetzen des Herzschlages waren noch immer Stromschwankungen in Form von Hirnpotentialkurven nachweisbar
- Woraufhin Berger endgültig davon überzeugt war, dass die Ströme nicht durch mechanische Einwirkungen entstanden, „[...] sondern durch den Tätigkeitszustand des Zentralnervensystems hervorgerufen sein mußten.“ (Niebeling, 1980 S.16)

Die Entstehung des Signals im EEG

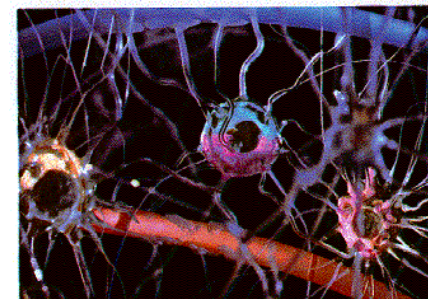
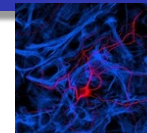
- Ruhezustand einer Nervenzelle: mehr negativgeladene Ionen innerhalb der Zelle als außerhalb → Ruhepotential ca. - 80 mV
- EEG misst elektrische Spannungsveränderungen an der Großhirnrinde, die auf exzitatorischen und inhibitorischen postsynaptischen Potentialen beruhen
- Beeinflussung des EEG: langsame Veränderungen der Potenziale der Gliazellen
- Abhängigkeit vom extrazellulären Kalium-Geha (Aktionspotentiale der Nervenzellen!)
- Verstärkender Effekt der Gliazellen

EEG: Generierung



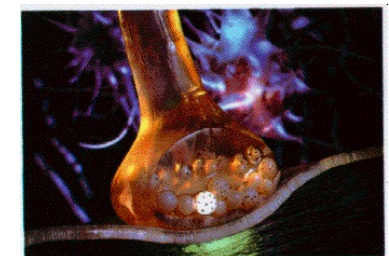
Pyramidenzellen im Cortex

Gliazellen

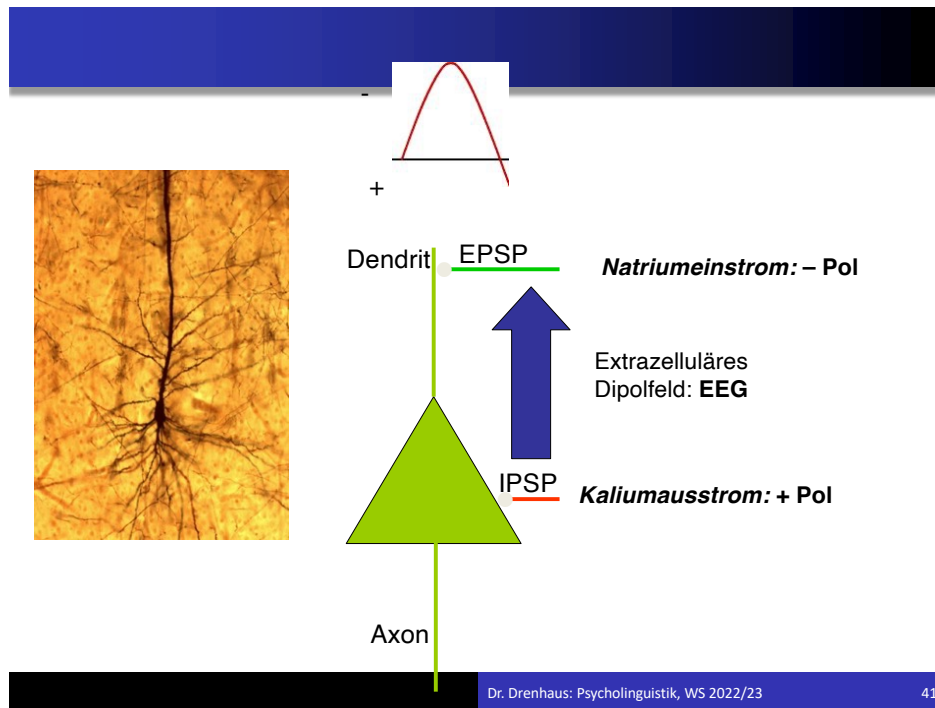


5 Neben Nervenzellen enthält das Gehirn noch andere Zellen, sogenannte Gliazellen. Sie stellen u. a. Verbindungen zwischen Nervenzellen und Blutgefäßen her, indem z. B. schädliche Substanzen zurückgehalten oder Stoffe transportiert werden, und sie beeinflussen die elektrische Aktivität des Gehirns.

Abb. 2
Quelle: Pöppel, Ernst/Edinghaus, Anna-Lydia:
Geheimnisvoller Kosmos Gehirn,
München 1994, S. 96 ff.



3 Die vielen Milliarden Nervenzellen des menschlichen Gehirns stehen in regem Informationsaustausch. Dies geschieht an Kontaktpunkten, sogenannten Synapsen, wobei chemische Botenstoffe (Transmitter), die in Bläschen verpackt in den knospenartigen Gebilde (Bouton) gespeichert werden, den Informationsaustausch besorgen.



Die Entstehung des Signals im EEG

- Messbare Potentiale (Kopfoberfläche) 4 Faktoren
 1. Anzahl der Nervenzellen (ca. 10000; EEG-Spannung 1 - 150 μ V; EKP 1-10 μ V)
 2. Geometrische Anordnung der Nervenzellen -> Ausrichtung in derselben Richtung (Aufsummierung elektrischer Felder)
 3. Damit sich elektrische Felder aufsummieren können, müssen die Nervenzellen synchron im selben Rhythmus feuern
 4. Distanz zur Kopfoberfläche darf nicht zu groß sein. (im Neokortex gegeben, wo Pyramidenzellen senkrecht zur Kortexoberfläche ausgerichtet sind)

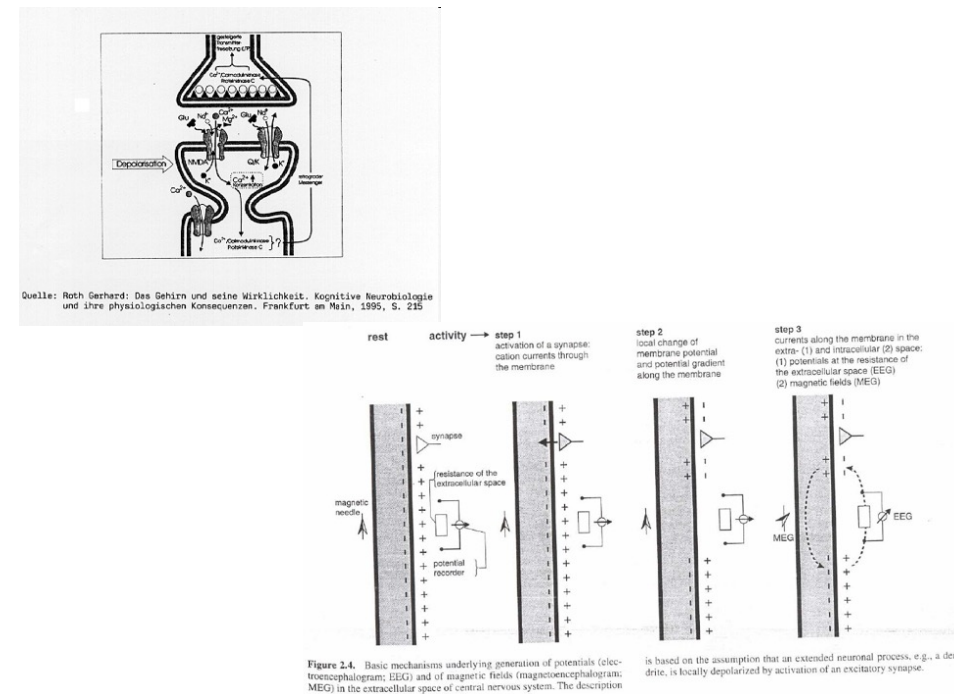
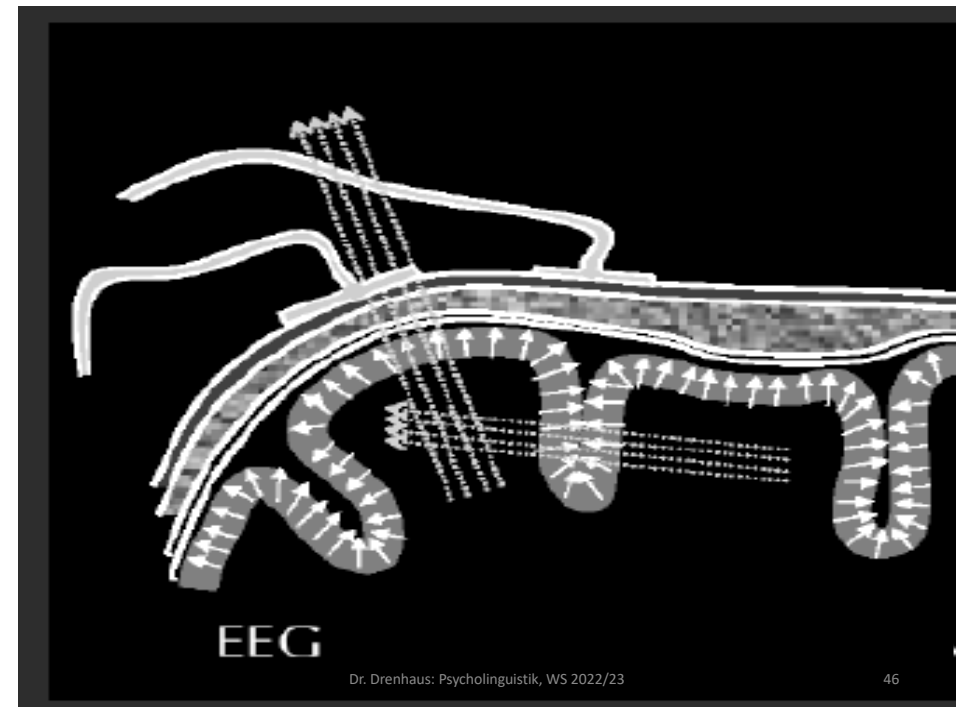
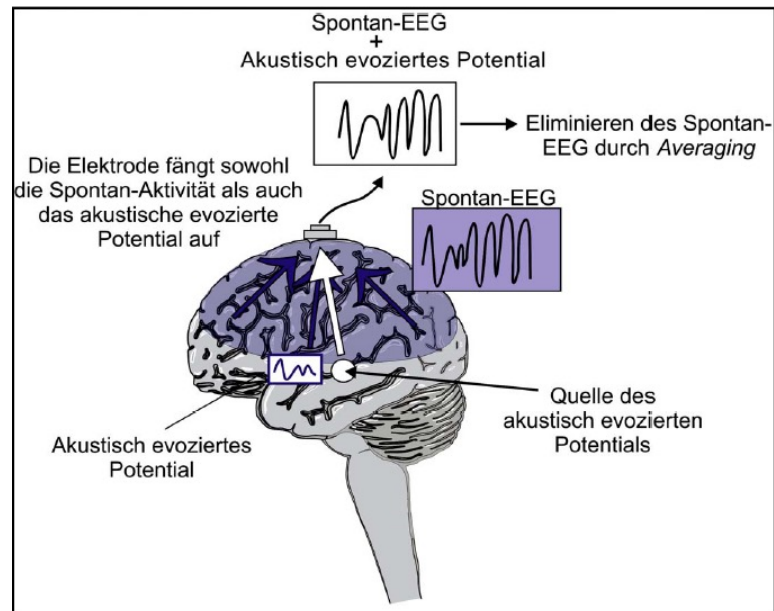


Figure 2.4. Basic mechanisms underlying generation of potentials (electroencephalogram; EEG) and of magnetic fields (magnetoencephalogram; MEG) in the extracellular space of central nervous system. The description is based on the assumption that an extended neuronal process, e.g., a dendrite, is locally depolarized by activation of an excitatory synapse.

Die Entstehung des Signals im EEG

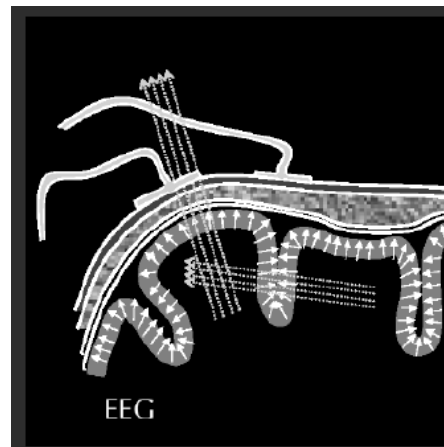
- Subkortikale Strukturen spielen für das Spontan-EEG keine Rolle; Spontan-EEG ist neokortikales EEG
- Subkortikale Potentiale können nur als EKP (ereigniskorrelierte Potentiale) gemessen werden (spontane neokortikale EEG ist sehr groß)
 - D.h. man benötigt viele Trials und Mittelung, um das EKP aus dem EEG ,herauszuschälen'



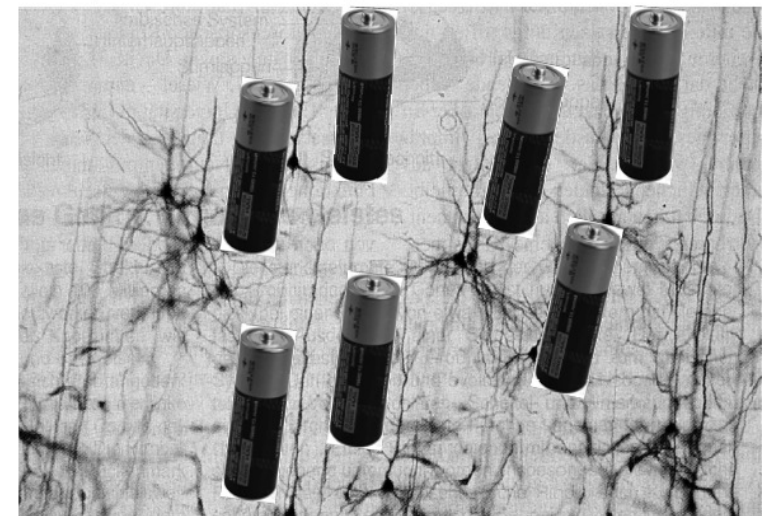
D.h.

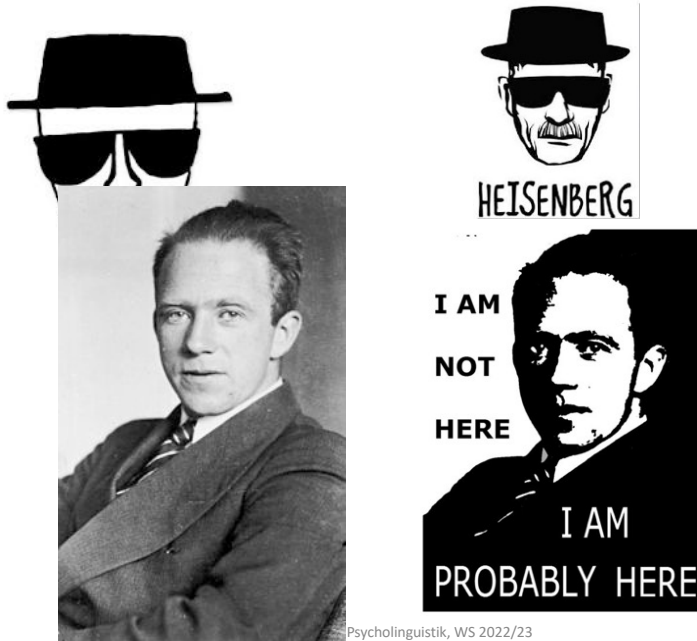
Wo und was messen wir eigentlich?

- ❖ auf der Kopfhaut
- ❖ "Spannungsschwankungen"
- ❖ (positive und negative Spannungsunterschiede), die wir mit den Elektroden an einer bestimmten Position messen müssen nicht in dem darunterliegenden Hirnareal entstehen



Pyramidalzellen erzeugen einen elektrischen Dipol





Psycholinguistik, WS 2022/23

49



Werner Karl Heisenberg (* 5. Dezember 1901 in Würzburg; † 1. Februar 1976 in München) war ein deutscher Wissenschaftler und Nobelpreisträger, der zu den bedeutendsten Physikern des 20. Jahrhunderts zählt. Er gab 1925 die erste mathematische Formulierung der Quantenmechanik an und formulierte 1927 die nach ihm benannte Heisenbergsche Unschärferelation, die eine der fundamentalen Aussagen der Quantenmechanik trifft – nämlich, dass bestimmte Messgrößen eines Teilchens (etwa sein Ort und Impuls) nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmt sind. Für die Begründung der Quantenmechanik wurde er 1932 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. (https://de.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg)

Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

50

Heisenbergsche Unschärferelation/Unbestimmtheitsrelation

Diese abstrakte Erklärung und die Schwierigkeit von inversen Problemen kann man an einem Beispiel veranschaulichen: Ein Untersee-Boot befinde sich an einer Stelle x in einer Tiefe t im Meer.

Der Antrieb sende Schallwellen aus (Motoren- und Propellergeräusche). Kennt man die Eigenschaften dieser Schallwellen (Stärke, Frequenz) und des übertragenden Mediums (Wasser), kann man leicht berechnen, wie laut ein Mikrofon an einer entfernten Stelle y das U-Boot hören kann. Das ist ein einfach zu lösendes, direktes Problem. Man schließt von der Ursache (Geräusch am Ort x in der Tiefe t) auf die Wirkung (akustisches Signal am Mikrofon). Im Rahmen der U-Boot Ortung möchte man umgekehrt aus dem am Ort y gemessenen Motorengeräusch wissen, wo und in welcher Tiefe sich das U-Boot befindet.

Dieses ist das zugehörige inverse Problem, bei dem man von der Wirkung auf die Ursache schließen möchte. Das Ortungsproblem ist ungleich schwieriger zu lösen. Hat man bei dem empfangenen Signal keine Informationen, aus welcher Richtung der Schall kommt, ist das Problem unlösbar, denn selbst wenn man die Eigenschaften der vom U-Boot ausgesandten Schallwellen kennt, kann man nur den Abstand des U-Bootes zum Empfänger ableiten, nicht aber Richtung und Tiefe.

(http://de.wikipedia.org/wiki/Inverse_Problematik, in der medizinischen Bildgebung)
Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

51

Heisenbergsche Unschärferelation



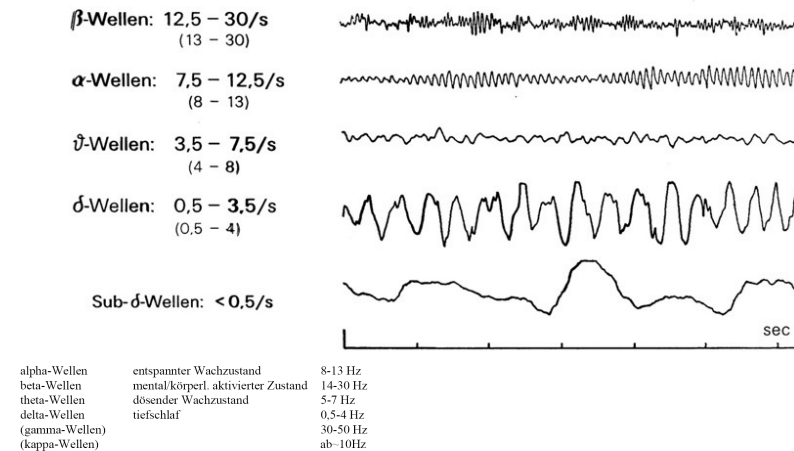
Dr. Drenhaus: Psycholinguistik, WS 2022/23

52

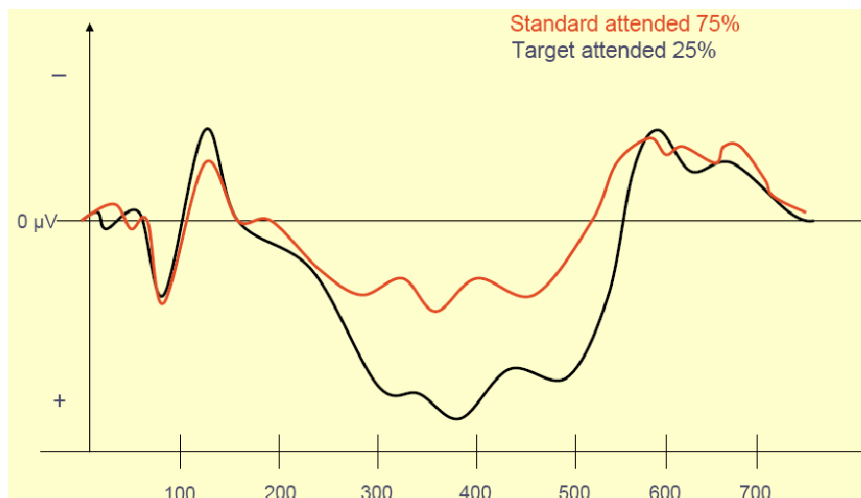
Signalextraktion

- spontan EEG (Rauschen) um den Faktor 5-20
 - größer als als EKP's (Signal)
 - **Idee:** Reaktion Reiz-Signal ist zeitgebunden
- => also: Latenz und Amplitude konstant
- => Mittelungsverfahren (averaging) zur Rauschunterdrückung

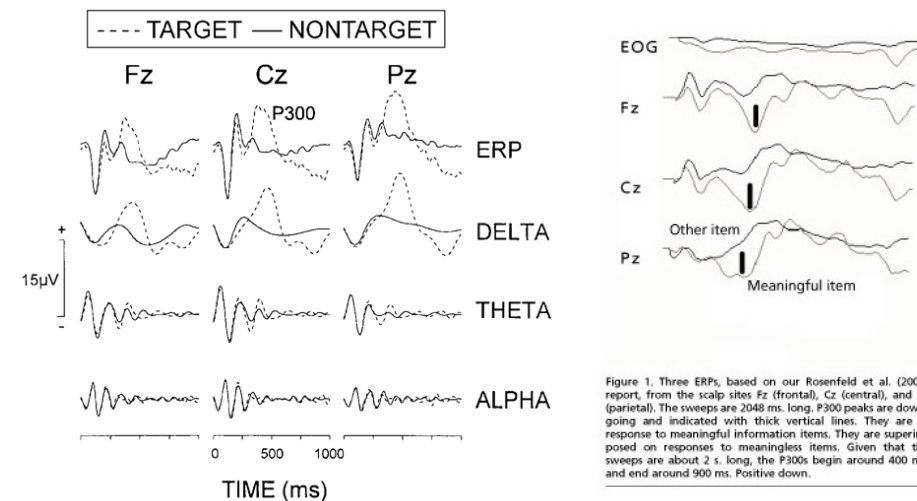
EEG: Frequenzbänder

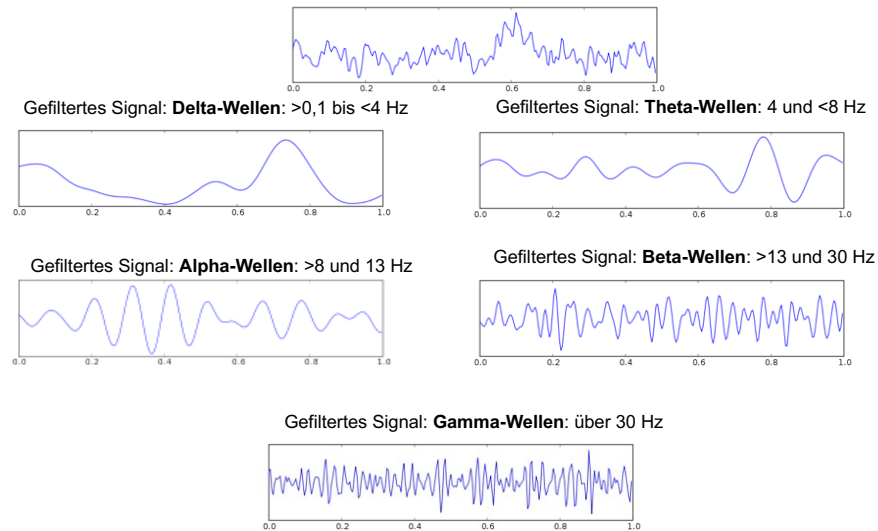


P300: Oddball-Paradigma (seltener Zielreiz)

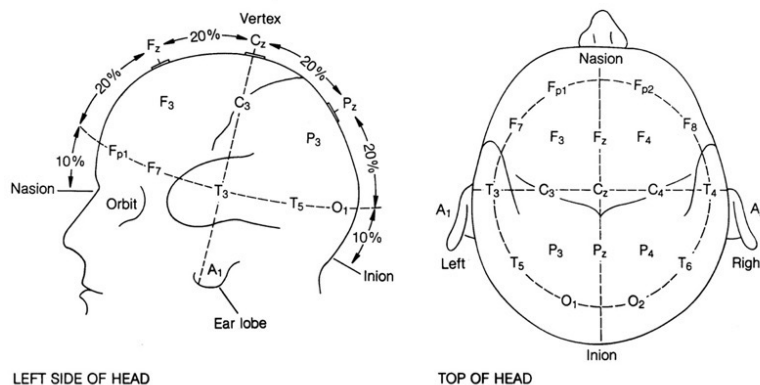


P300

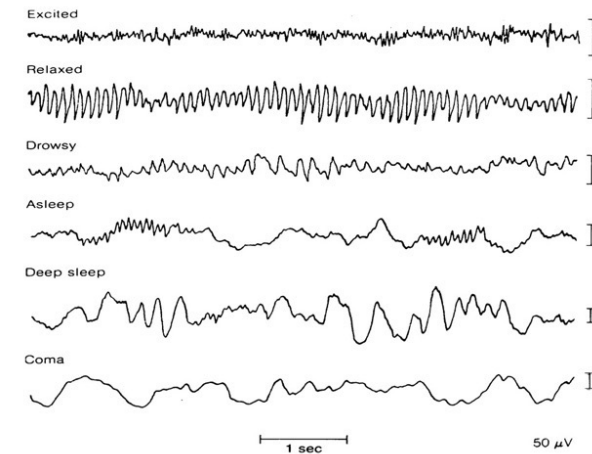




Elektrodenpositionen: 10-20-System



EEG und Aufmerksamkeit



Elektrodenpositionen: 10-20-System

- Benennung der Elektroden:
 - Buchstaben -> zugrundeliegenden kortikalen Region
 - Fp**: frontopolar
 - F**: frontal
 - C**: central
 - T**: temporal
 - P**: posterior
 - O**: occipital
 - weitere Zahl bzw. Buchstabe um die Lage zu definieren:
 - Gerade Zahl**: rechte Hemisphäre
 - Ungerade Zahl**: linke Hemisphäre