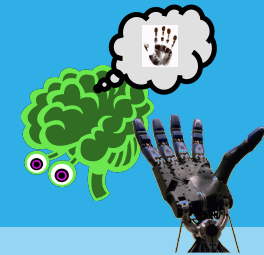
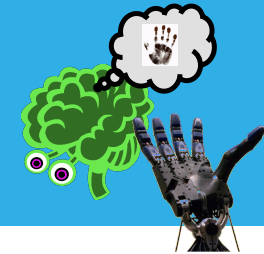


Seminar Brain-Machine Interfaces

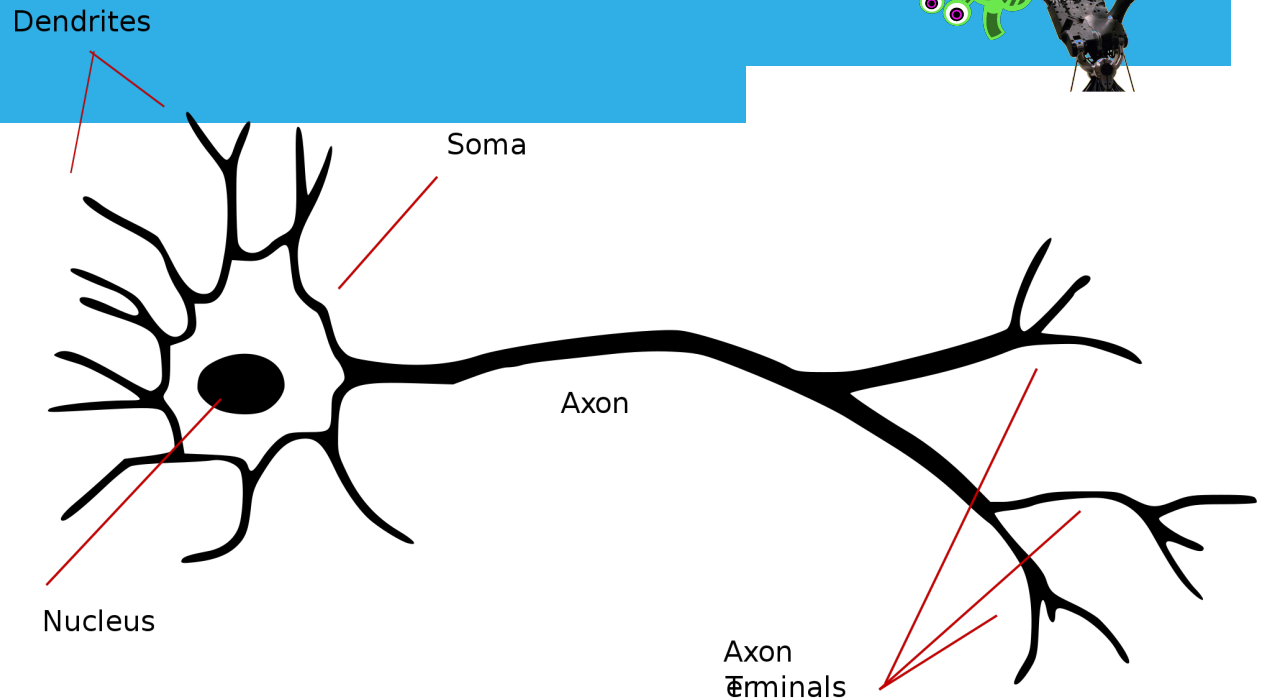


Physiologie und Methodik (1)

Das Neuron

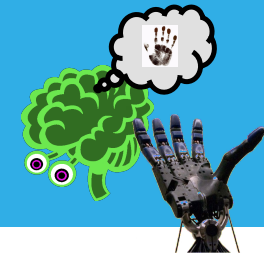


- elektrische Spannung am Axon, Membranpotential
 - Ruhepotential
 - Baseline
 - negative Spannung, ca. -40 bis -80 mV



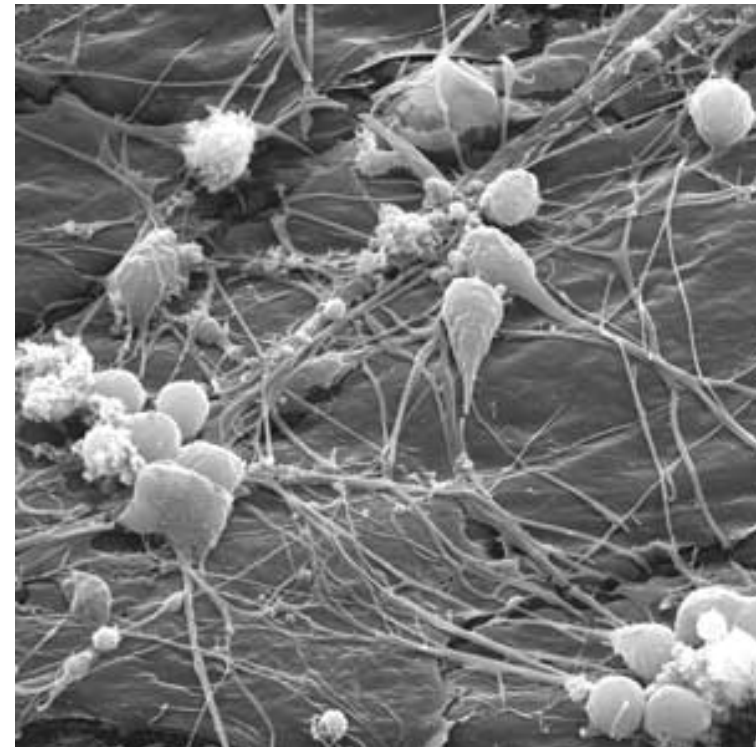
- Output: Über das Axon und werden ausgehende Verbindungen zu anderen Neuronen hergestellt
- Input: Über die Dendriten Input von anderen Neuronen

Neuronenverbände

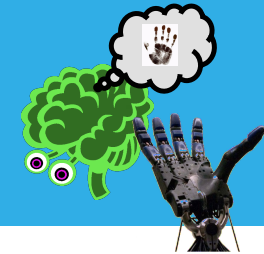


- Erst die Verschaltung von vielen hunderten/ tausenden Neuronen ergibt Funktionalitaet

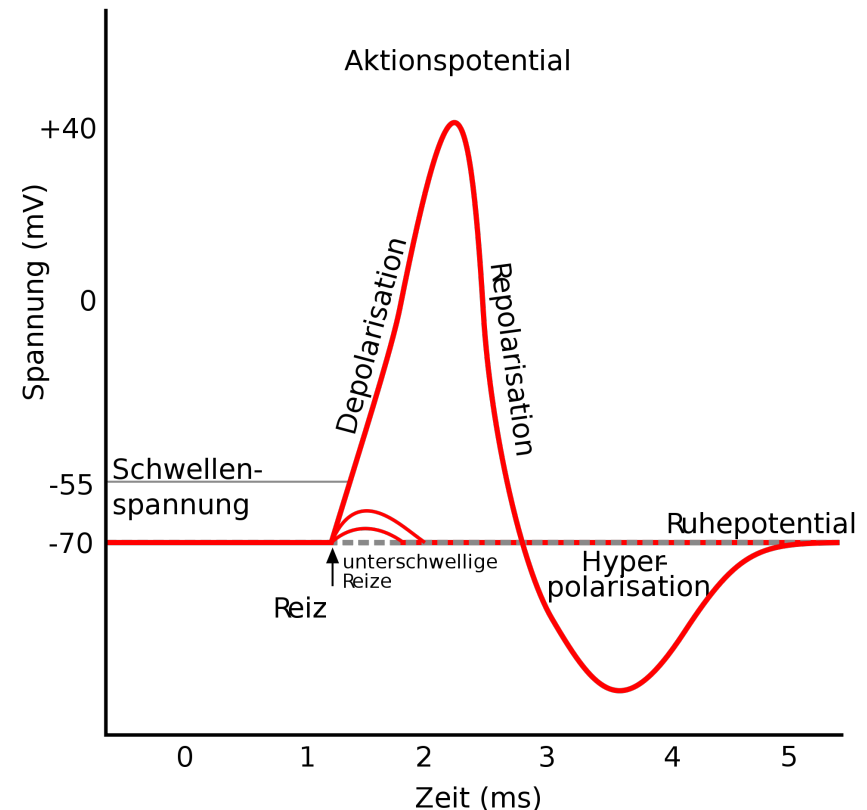
■



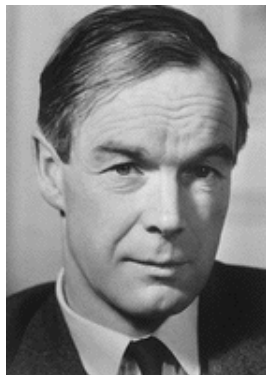
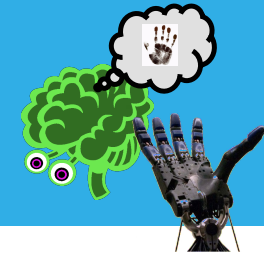
Aktionspotentiale



- Das Neuron feuert, wenn die eingehende Spannung einen bestimmten Schwellwert übersteigt.
- Nach der Repolarisation gibt es eine Phase der Hyperpolarisation, in der das Neuron nicht feuern kann.
→ Refraktärzeit



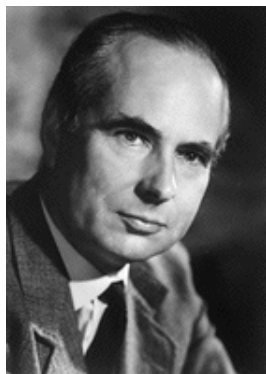
Das “erste” Aktionspotential



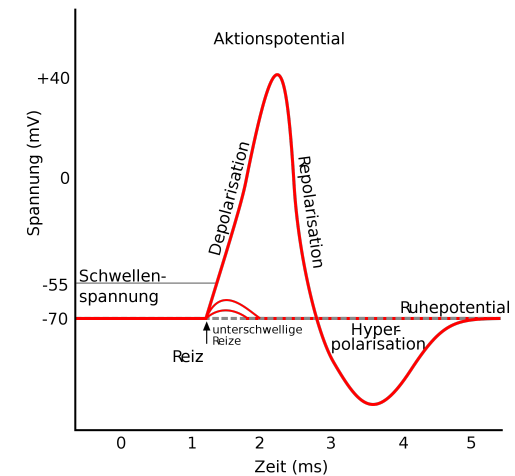
Alan Hodgkin



Riesen-Tintenfisch

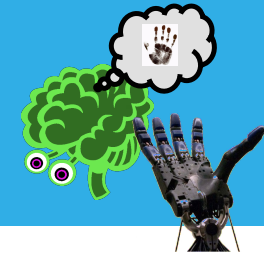


Andrew Huxley



- Hodgkin und Huxley haben 1952 zum ersten Mal ein Aktionspotential gemessen und nachgewiesen.
- Es wurde am Axon des Riesen-Tintenfisches gemessen.
- Dafuer bekamen sie den Nobelpreis.

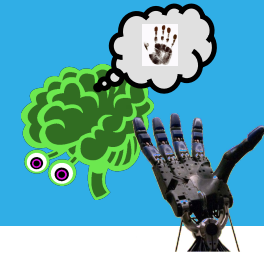
Ableitungen an einzelnen Zellen



- invasiv
- Beste Signalqualität aller möglichen Messmethoden
→ Signal-Rausch Verhältnis
- Nur bei Tieren möglich
- Aufnahme mit Mikroelektroden
- Sehr hohe Spezifität in Bezug auf einzelne Neuronen oder kleine Neuronenverbände
- Signal Verschlechterung über die Zeit durch Vernarbung des umliegenden Gewebes

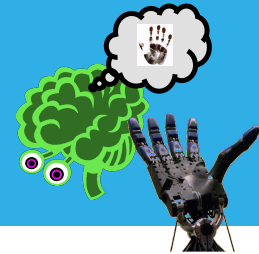
Ableitungen an Zellverbänden

Local Field Potentials (LFP)



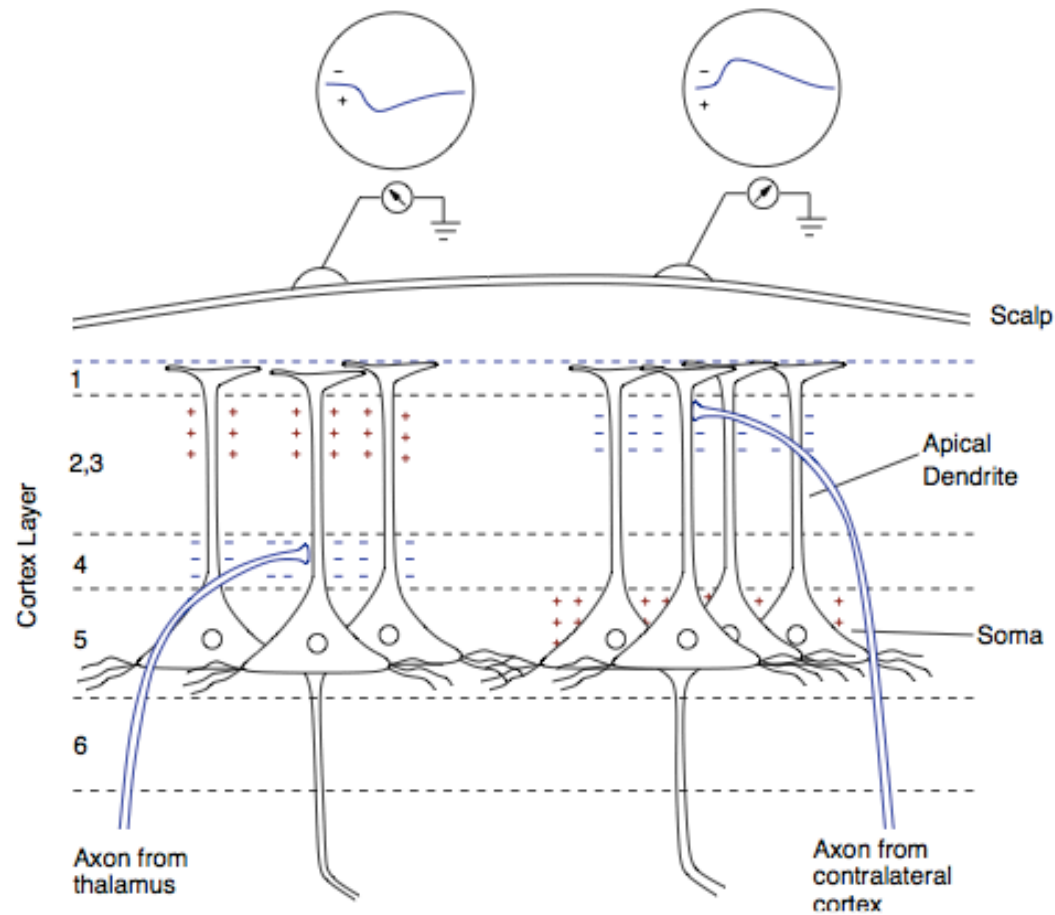
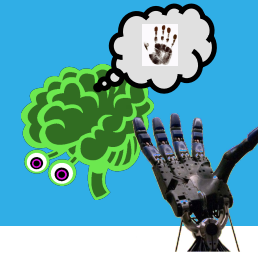
- invasiv
- Sehr gute Signalqualität
→ Signal-Rausch Verhältnis
- Auch bei Menschen möglich
- Aufnahme mit Mikroelektroden
- Mittlere Spezifität, keine Information über Aktivität einzelne Zellen
- Weniger anfällig gegen Signal Verschlechterung über die Zeit durch Vernarbung des umliegenden Gewebes, da die Methode einen größeren Messradius hat
- ⁷Gemessen werden allerdings nur **Summenpotentiale** von Zellverbänden

Ableitungen auf dem Skalp EEG

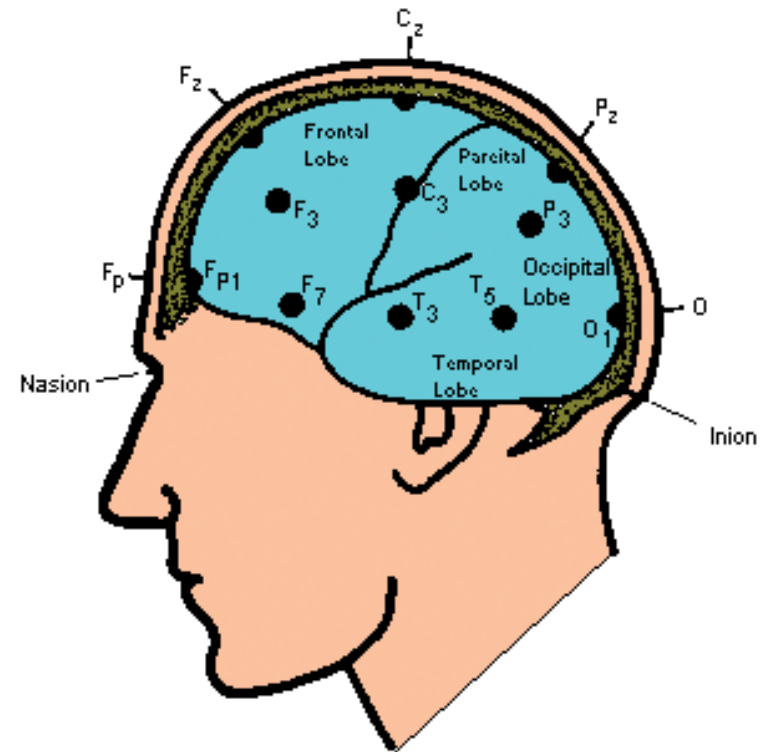
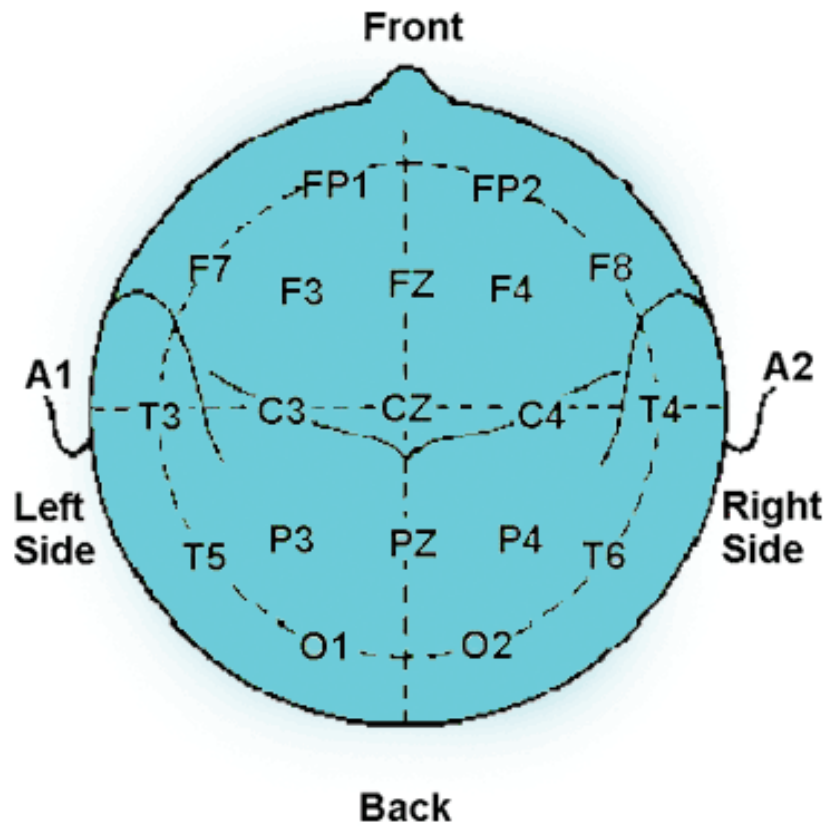
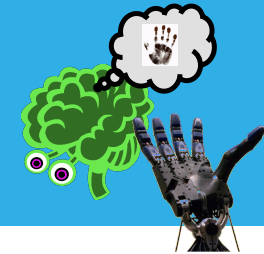


- nicht-invasiv
- schlechtes Signal-Rausch Verhältnis (ca. um Faktor 250 schlechter als invasive Aufnahmen)
- bei Jedem anwendbar, sogar bei Säuglingen
- mobil, fast überall einsetzbar
- keine “Nebenwirkungen”
- Niedrige Spezifität, summierte Aktivität vieler Quellen

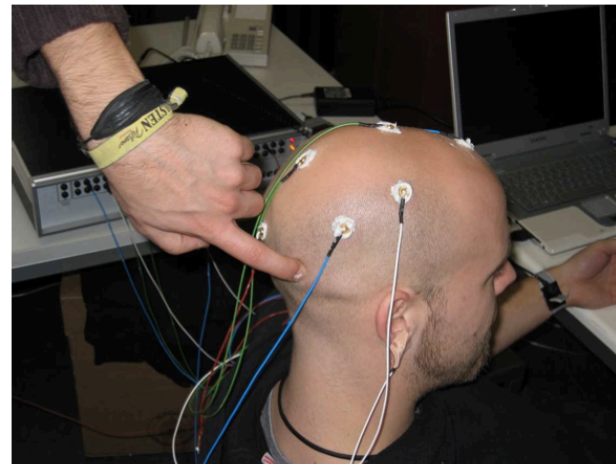
EEG – messbare Aktivität



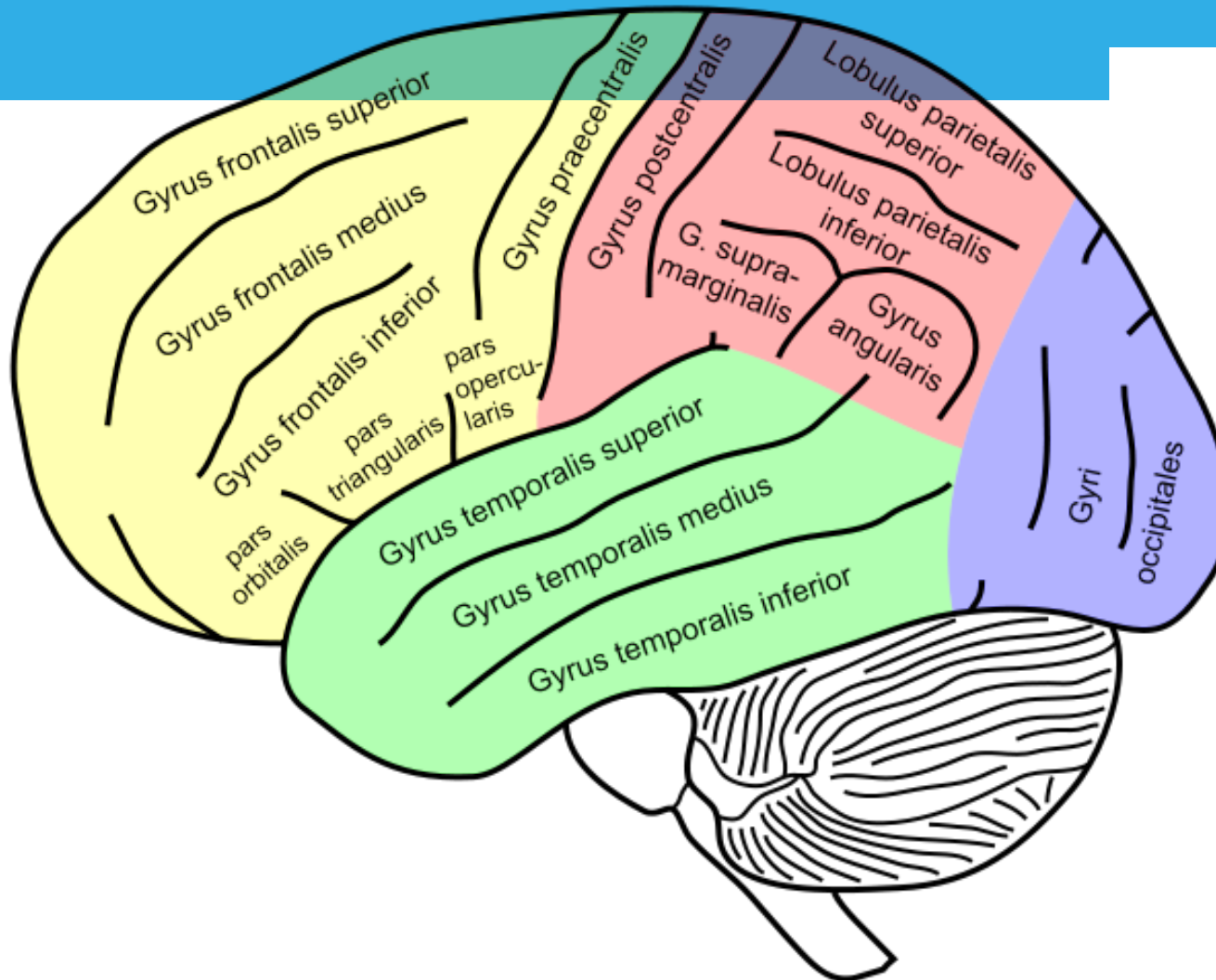
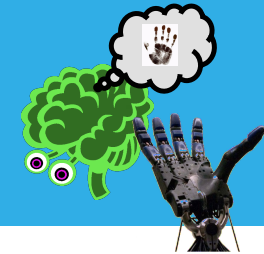
EEG Positionierung



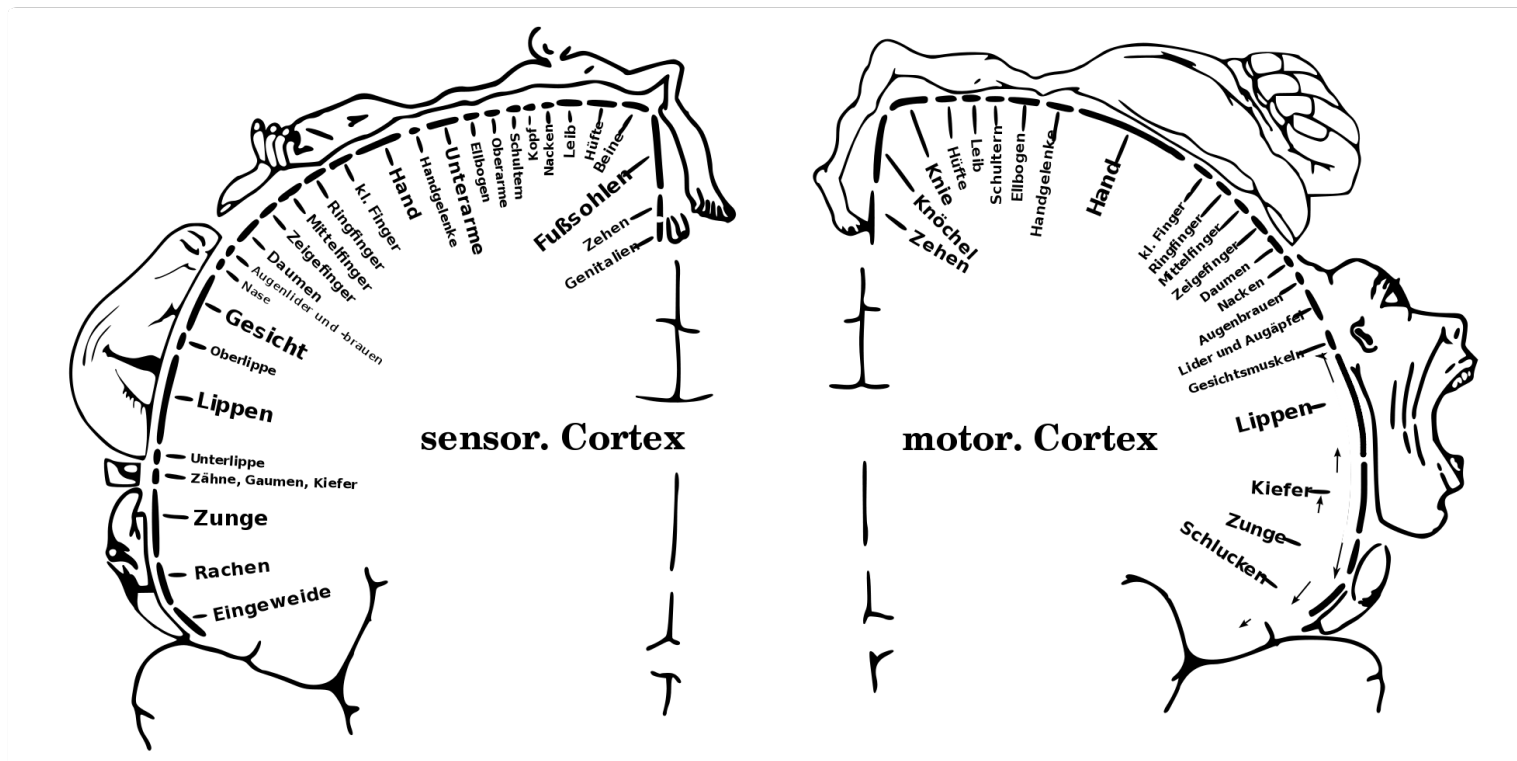
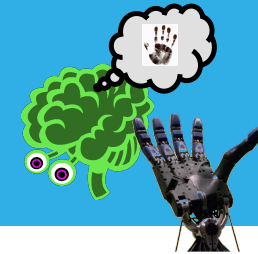
EEG in action



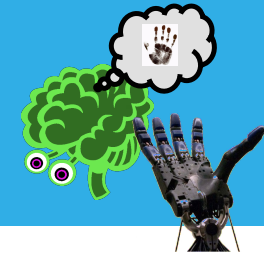
Aufbau des Kortex



Senso-motorischer Kortex Homunculus



Spontan EEG

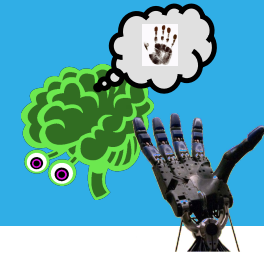


- Durch das Frequenzband charakterisiert, nicht Stimulus-abhängig
- Frequenzbänder korrelieren mit mentalen Zuständen

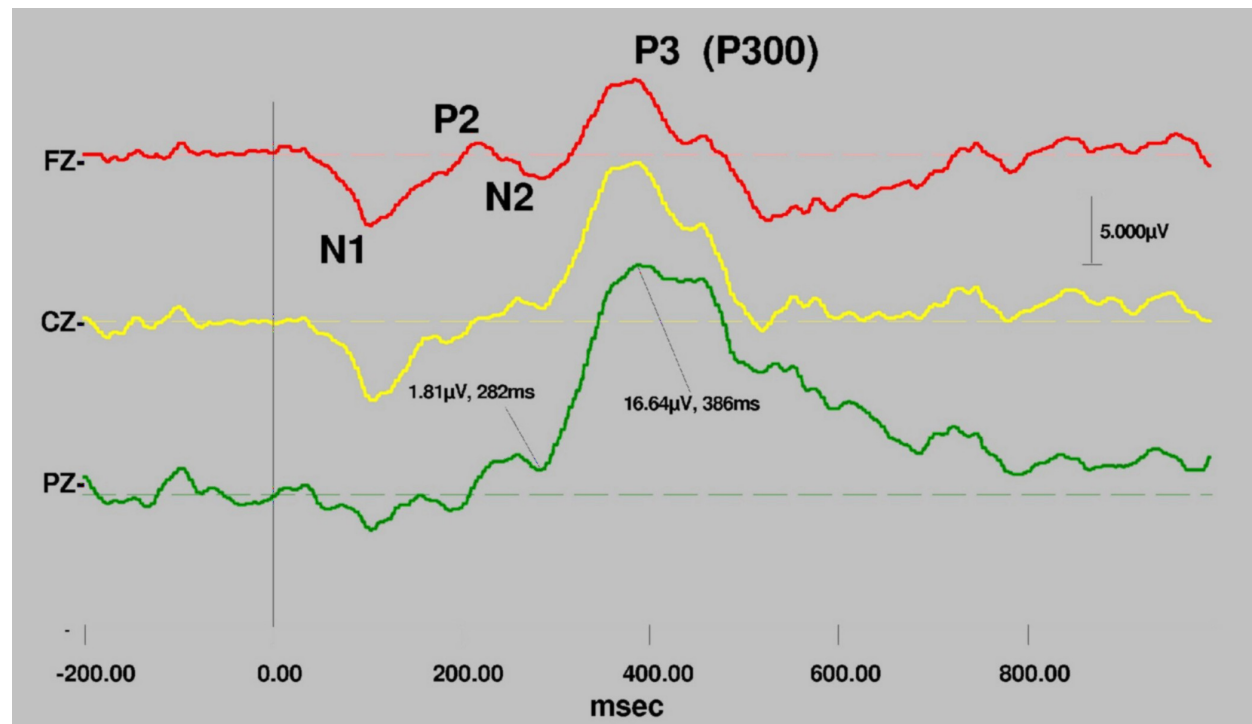
alpha	8 - 13 Hz	Entspanntheit, bei geschlossenen Augen
beta	13 - 30 Hz	Intensive mentale Aktivität
delta	0.5- 4 Hz	Schlaf
theta	4 - 7 Hz	Schlaf
gamma	ca. 40 Hz	Gedächtnisprozesse

- Rhythmus des senso-motorischen Kortex
 - mu (wie alpha) 8-13 Hz
 - beta 13-30 Hz

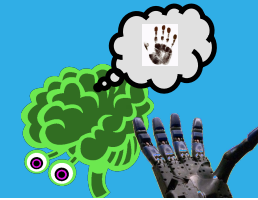
Evozierte Potentiale Event-related Potentials ERP



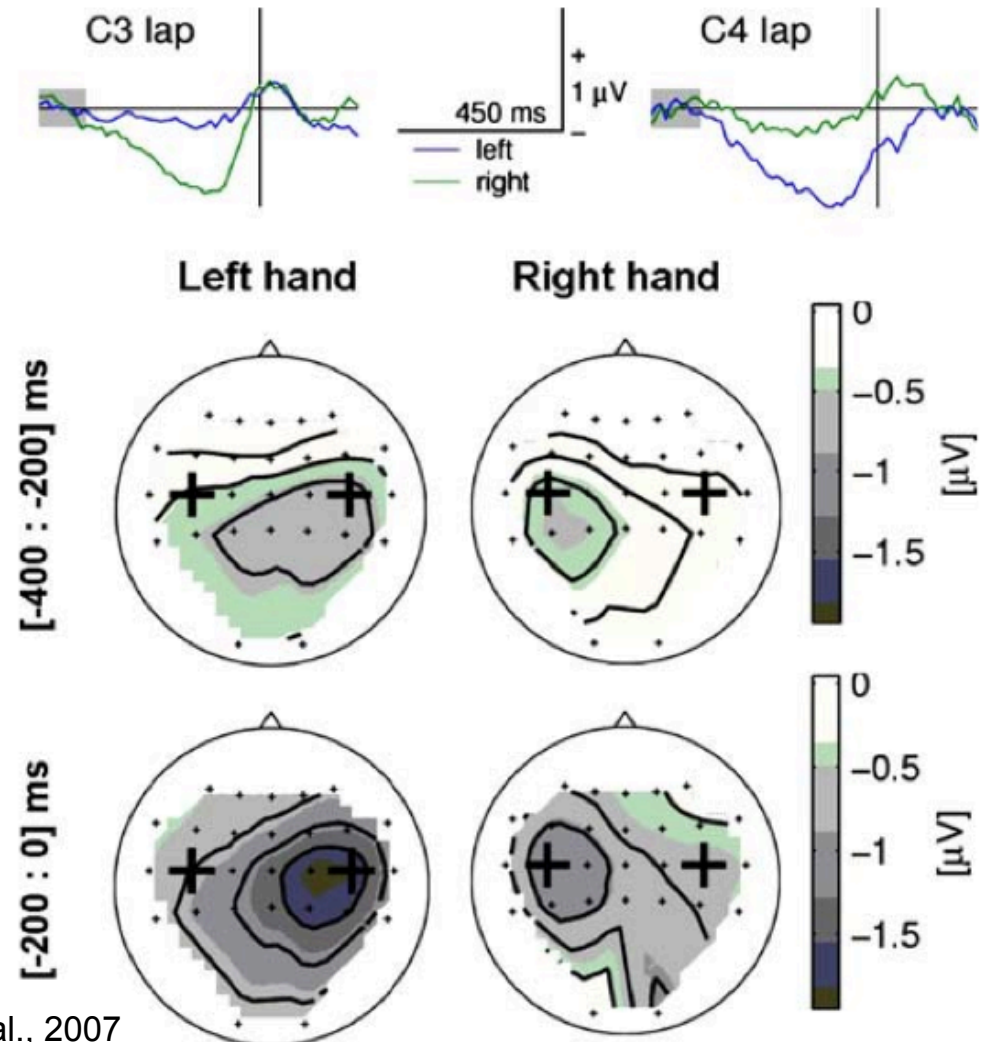
- Durch die Amplitude charakterisiert
- Von einem äußeren Stimulus abhängig



Bewegungsplanung Vorstellung von Bewegung

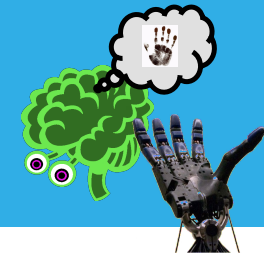


- EEG rhythms and potentials are equal for movement execution and motor imagery
- Start about 1 sec prior to movement execution
- Event-related de-synchronization (ERD): Attenuation of mu- and beta rhythms
- Lateralized Readiness Potential (LRP): Negative shift of EEG potential

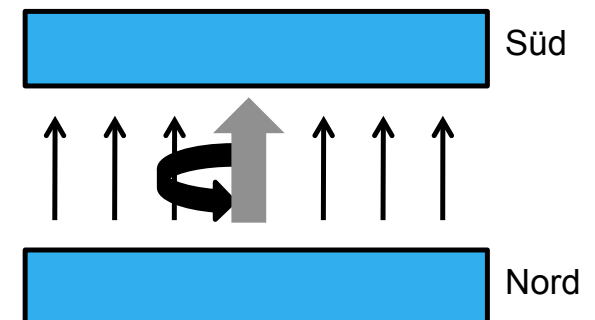


Magnet Resonanz Tomographie

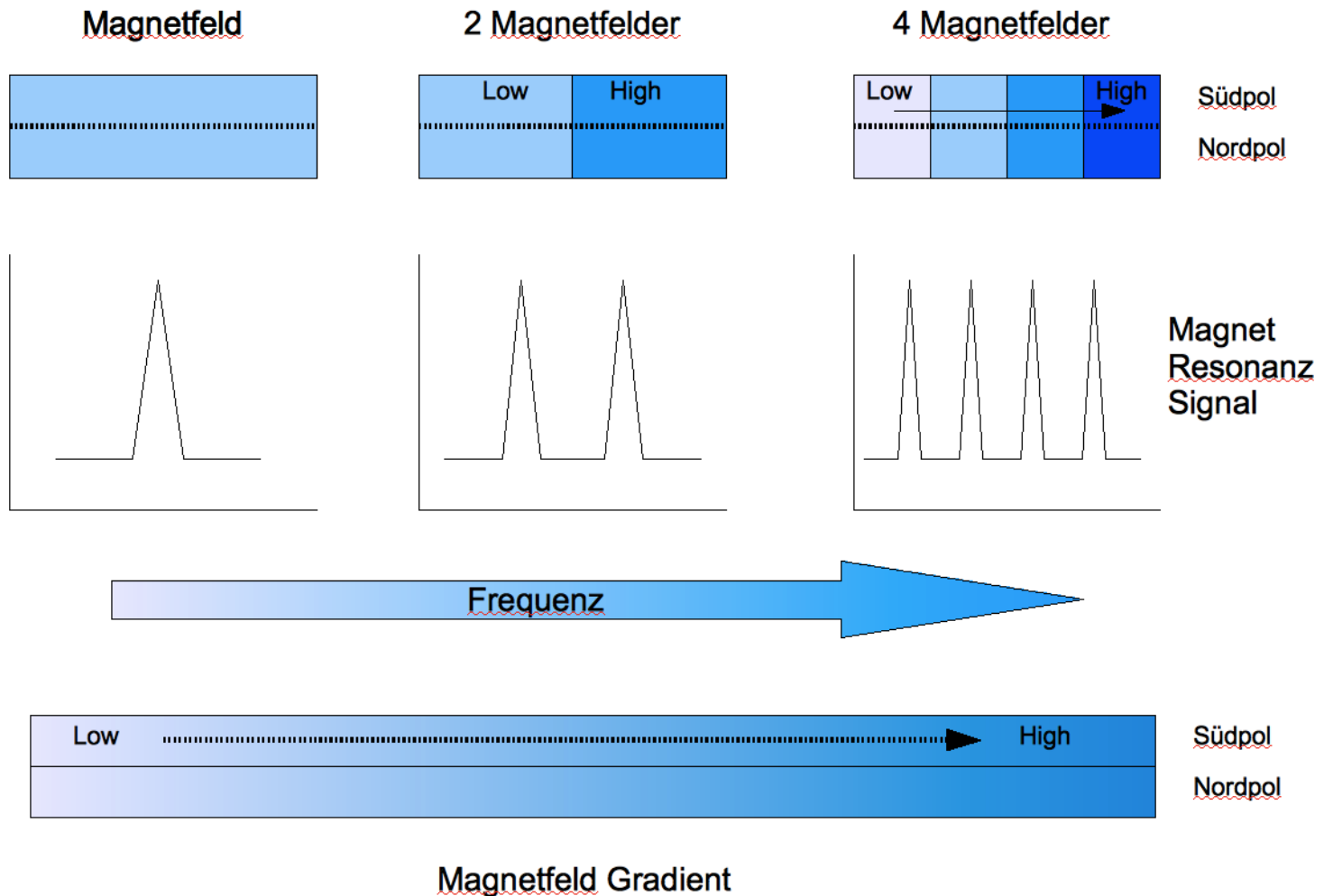
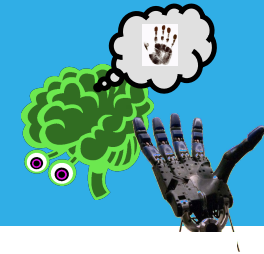
Grundprinzip



- Grundprinzip: Magnetfeld und Radiowellen
- Radiowellen Puls stört die parallele Ordnung und lässt die Atomkerne kreisel-artig drehen (Energie Niveau steigt), genannt Präzession
- Nach dem Puls haben die Kerne das Bestreben, in den alten Zustand der Ordnung zurückzufallen, dabei wird Energie in Form von Radiowellen freigesetzt.
- Je nach Art des Atoms unterscheiden sich die Frequenzen.

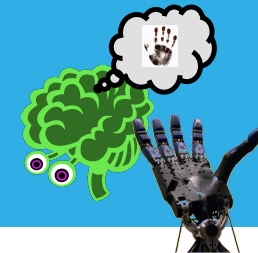


Magnet Resonanz Tomographie Grundprinzip

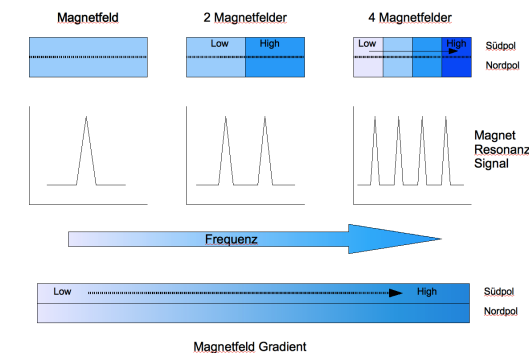


Magnet Resonanz Tomographie

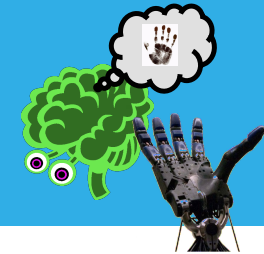
Messwert



- Die Zeit T , die benötigt wird, um den alten Zustand wieder herzustellen, wird als Relaxation bezeichnet.
- T1: Spin-Gitter Relaxation (Längsrelaxation)
- T2: Spin-Spin Relaxation (Querrelaxation)
- Relaxationskonstante T variiert je nach Molekül, so hat z.B. Wasserstoff in Fetten eine deutlich kürzere Relaxationszeit als in Wasser.
- T variiert auch je nach lokalen Eigenschaften des umliegenden Gewebes.
- Die Darstellung der unterschiedlichen Relaxationszeiten bildet die Unterschiede der Gewebetypen am kontrast-stärksten ab.



Funktionelle Magnet Resonanz Tomographie fMRI



BOLD Signal

Blood Oxygen Level Dependency

desOxyHb vs. OxyHb (Hb= Hämoglobin)

Bei Aktivität in einem Bereich kommt es zu verstärkter Durchblutung der betroffenen Areale (Erhöhung des Blutflusses und des Volumens), dies erhöht die Konzentration an Sauerstoff, reflektiert in einem höheren OxyHb Wert relativ zum desOxyHb Wert.

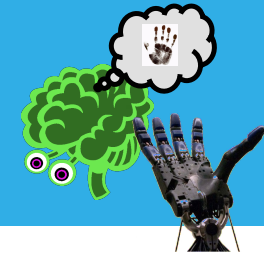
Zusammenhang mit Relaxionszeit T:

Eine höhere Konzentration von desOxyHb führt zu einer längeren Relaxationszeit. Dies entspricht einem geringeren BOLD Signal.

“Anderherum”: Eine höhere Konzentration von OxyHb verkürzt die Relaxationszeit. Dies entspricht einem höheren BOLD Signal.

fMRI

Vor – und Nachteile

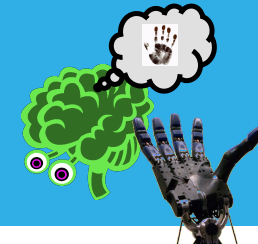


- Räumliche Auflösung (1-2mm)
- Alle Hirnregionen, auch tiefliegende, werden erfasst
- Man kann dem Hirn “bei der Arbeit zusehen”

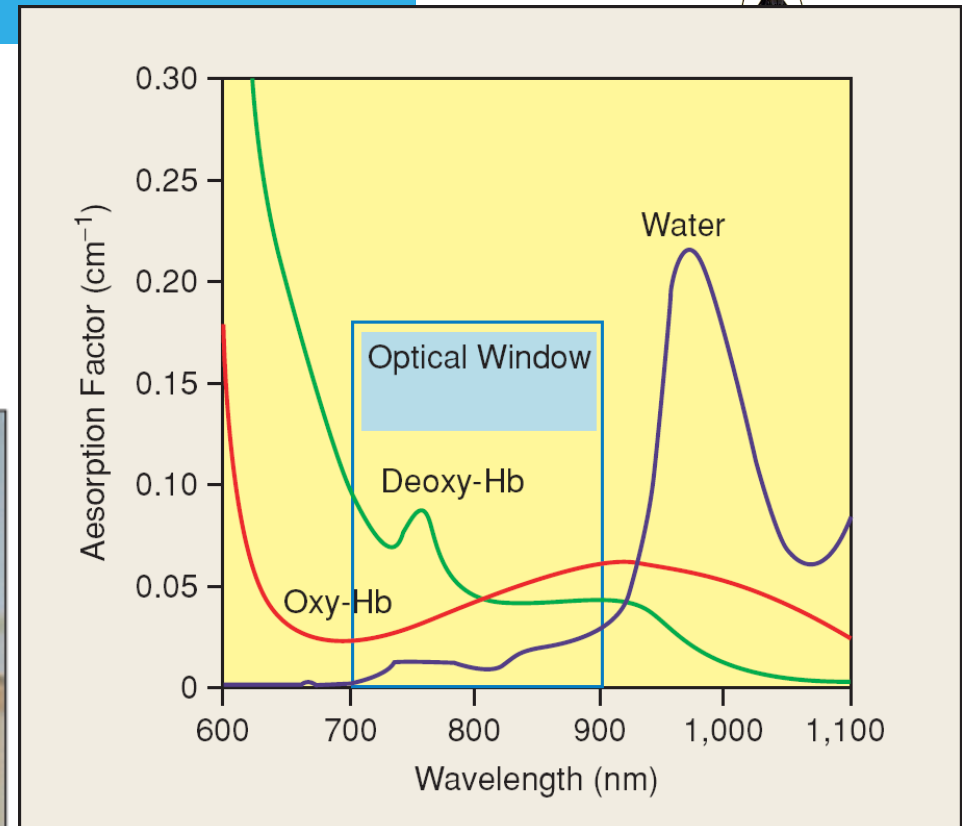
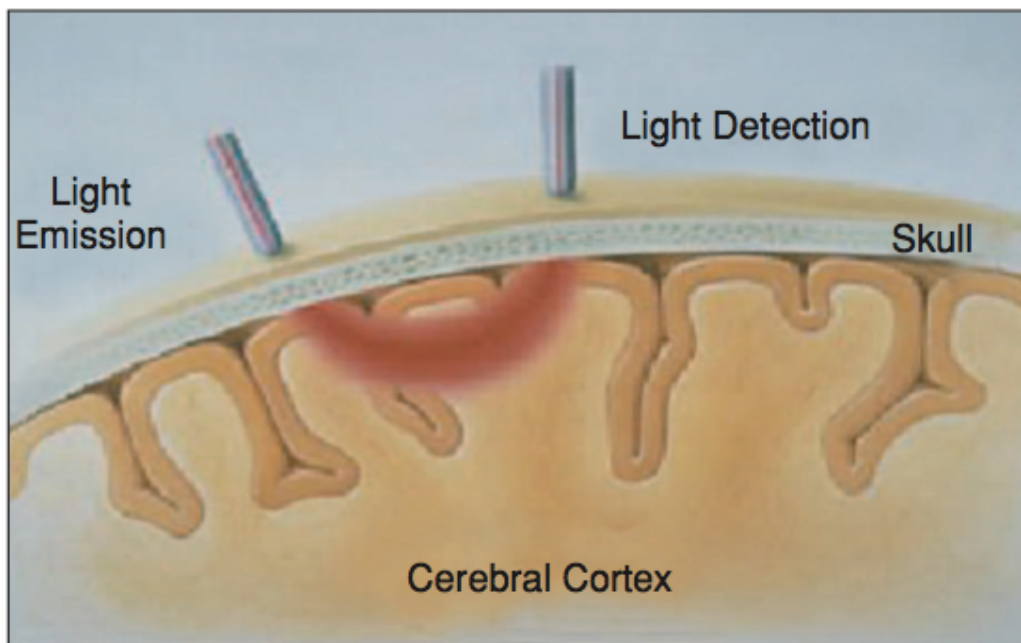


- Zeitliche Auflösung (Antwort nach 1-2s, Peak nach 4-5s)
- Keine direkte Messung der neuronalen Aktivität (nur Referenz darauf durch die Stoffwechselaktivität)
- Ergebnisse sehr stark von den verwendeten Verfahren abhängig
- Sehr teuer, betreuungsintensiv
- nicht mobil

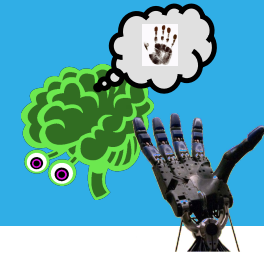
Near Infrared Spectroscopy NIRS



Grundprinzip:
Licht-absorbierende Eigenschaft des OxyHb und des OxyHb.
Andere Gewebe sind nahezu
“durchsichtig” für Licht im Infarot Bereich.



Near Infrared Spectroscopy NIRS

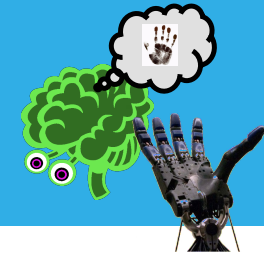


Ein NIRS System besteht aus:

- Eine Menge **Emitter**, die Infrarot Licht aussenden
- Eine Menge **Detectoren**, jeweils in einer gewissen Distanz zu einem Emitter angebracht. Diese sammeln die Photonen, die nicht vom Gewebe absorbiert wurden.
- Einem Verstärker
- Einem Computer zur Datenverarbeitung



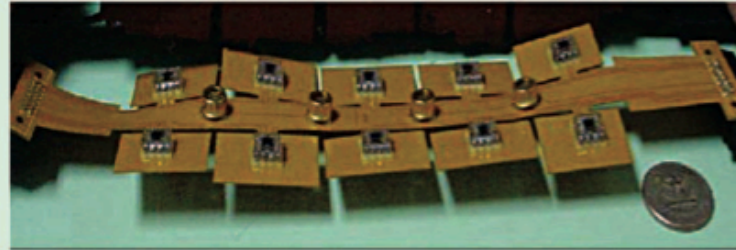
NIRS Eigenschaften



- Das Verfahren erreicht eine Messtiefe von 2 – 4 mm des Kortex.
- Es hat eine räumliche Auflösung von ca. 1 cm²
- Genau wie fMRI wird nur indirekt neuronale Aktivität gemessen.
- Es interferiert nicht mit elektro-magnetischen Signalen (EEG).
- Es ist mobil einsetzbar.
- Vergleichsweise kostengünstig.
- Es ist nicht anfällig fuer Bewegungsartefakte!!!
- Low-Cost Selbstbau möglich.

NIRS Selbstbau

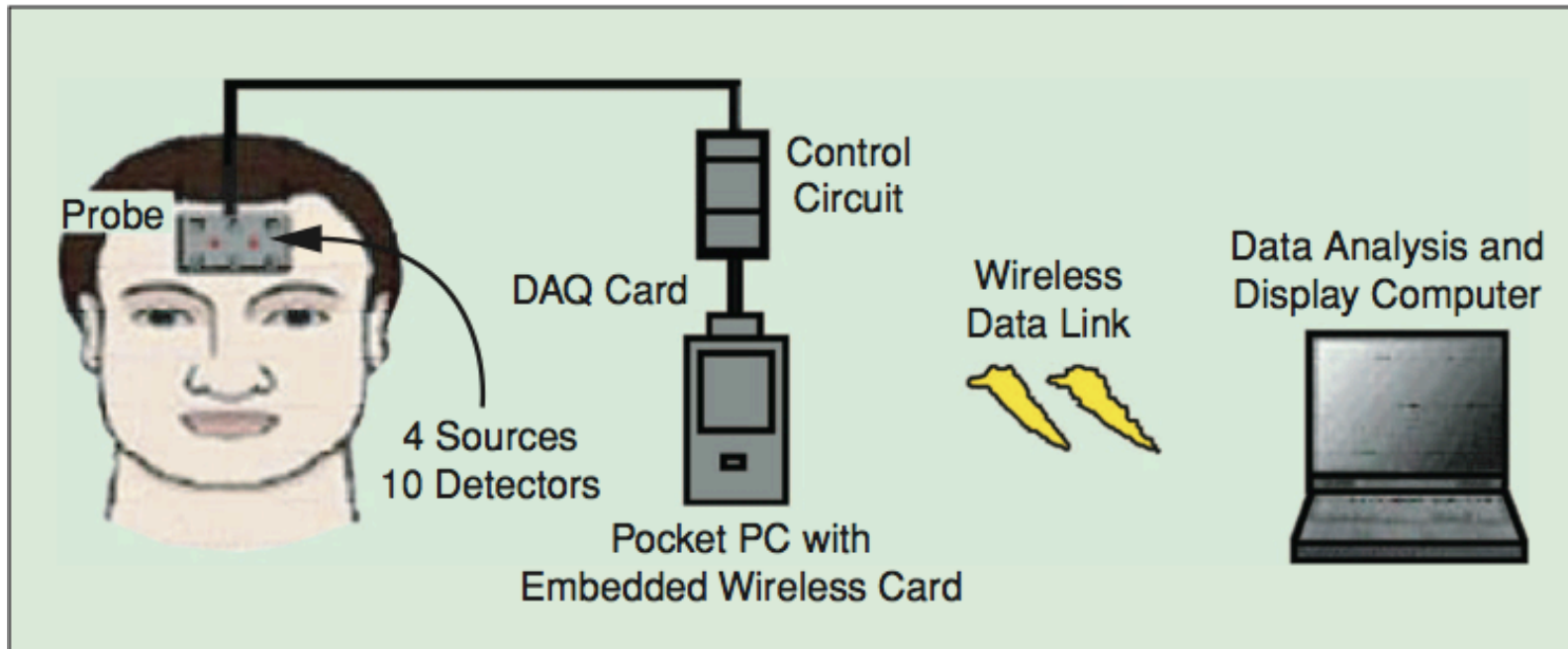
Bunce et al., 2006



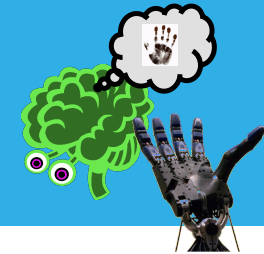
(a)



(b)



EEG, fMRI und NIRS für Brain-Machine Interfaces



EEG



- Zeitliche Auflösung
- Mobilität
- Kosten
- Wartungsaufwand
- Erprobt



- Bewegungsartefakte
- Elektroden
- Signal-Rausch Verhältnis

fMRI



- Räumliche Auflösung
- Tiefe Hirnregionen erfassbar



- Nicht mobil
- Sehr teuer
- Sehr hoher Wartungsaufwand

NIRS

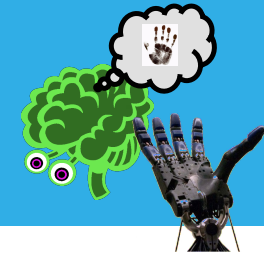


- keine Bewegungsartefakte
- Mobilität
- Wartungsaufwand
- Kosten



- keine gute Auflösung
- bisher sehr wenig Theorie
- nicht erprobt

Invasive Methoden

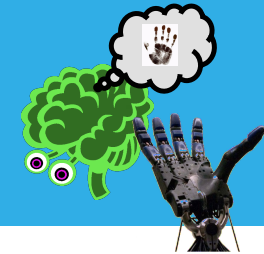


- Grundlagenforschung (mit Tieren, z.B. Ratten, Primaten)
- Schwerst-Behinderte, die auf ein Brain Interface zur Verbesserung ihrer Lebensqualität (z.B. für Kommunikation) angewiesen sind.

TODO:

- Langzeitstudien zu Nebenwirkungen implantierter Elektroden notwendig

EEG

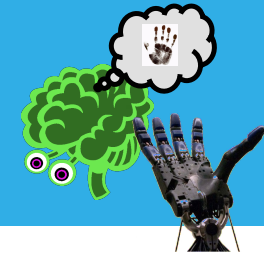


- Brain-Interfaces für Schwerstgelähmte, bei denen ein invasiver Eingriff nicht möglich oder erwünscht ist.
- Grundlagenforschung
- (Aufmerksamkeits- oder Fehler) Monitoring Systeme z.B. für Autofahrer oder Menschen, die in sensiblen Bereichen arbeiten
- “Brain Games”
- Neurofeedback Training zur Verbesserung kognitiver Leistungsfähigkeit (für klinische Gruppen wie auch für Gesunde)

TODO:

- Verbesserung der Algorithmen bezgl. Stabilität und Geschwindigkeit
- “Berührungslose” Elektroden

NIRS

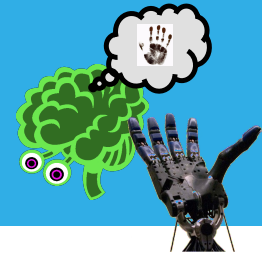


- Zur Zeit in erster Linie Grundlagenforschung
- Brain-Robot Interfaces, die bei Mensch-Roboter oder Mensch-Mensch Interaktion benutzt werden können (Artefaktfrei!)
- Als Ergänzung zum EEG

TODO:

- Jede Menge, da sehr neue Technologie!
- Entwicklung von Paradigmen, Algorithmen, Hardware,...
- Grundlegende Tests zur Performance eines NIRS-basierten Brain-Machine Interfaces (Informationstransferraten, Stabilität, ...)

fMRI

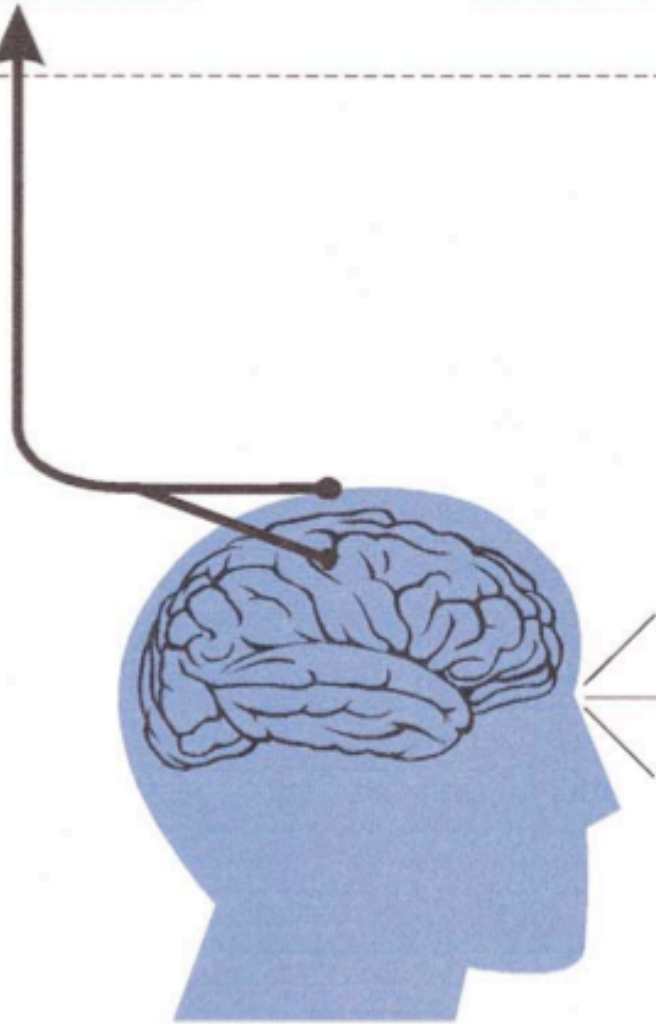
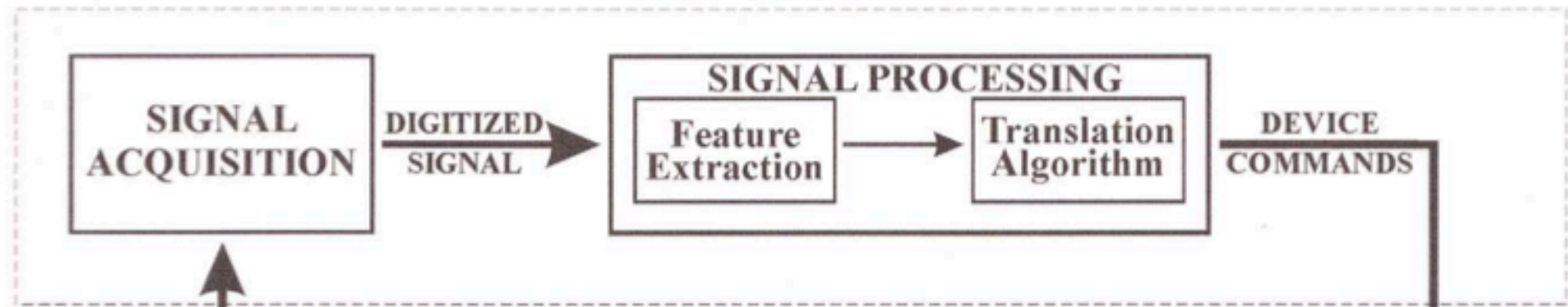



- Grundlagenforschung

TODO

- In seiner jetzigen Form praktisch wenig brauchbar für Brain-Machine Interfaces

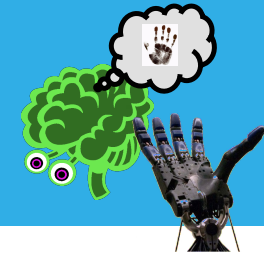
BCI SYSTEM



SEN	
	ABCDEFGHI
	JKLMNOPQR
	STUVWXYZ
	BACKLIP

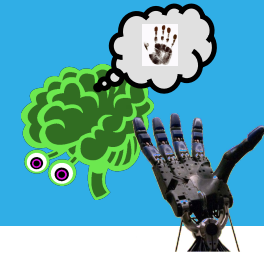


Datenverarbeitung

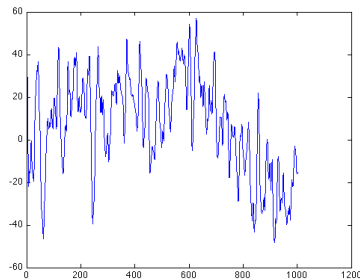


- Vorverarbeitung
- (Merkmals) Feature Extraktion
- Klassifikation

Beispiel: Verarbeitung von EEG Daten



Rohdaten



Pre-processing
Feature Extraction



Feature

