

Seminar „Der künstliche Mensch“

Steuerung von Prothesen

Jens Schönfeld, Matthias Gafert

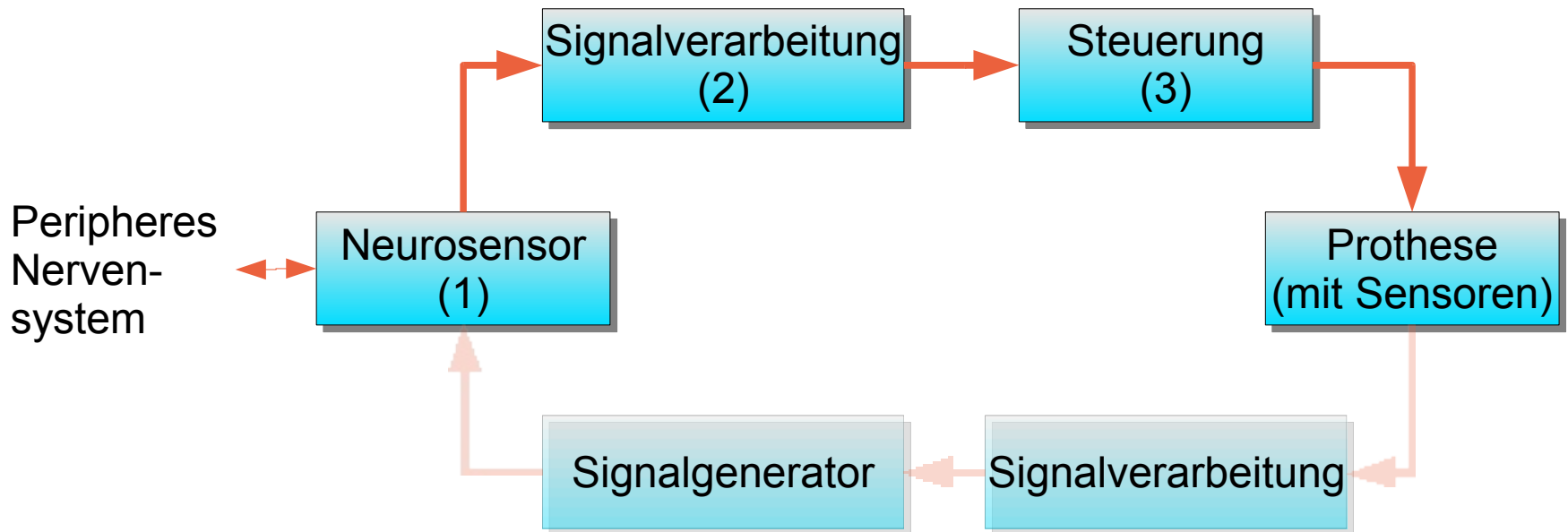
Freie Universität Berlin, Institut für Informatik

- INTER-Projekt
- Brain-Computer Interface (BCI)

INTER-Projekt (**I**ntelligent **N**eural **I**nter**f**ace)

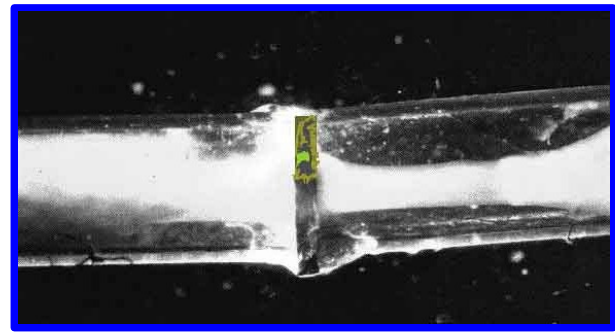
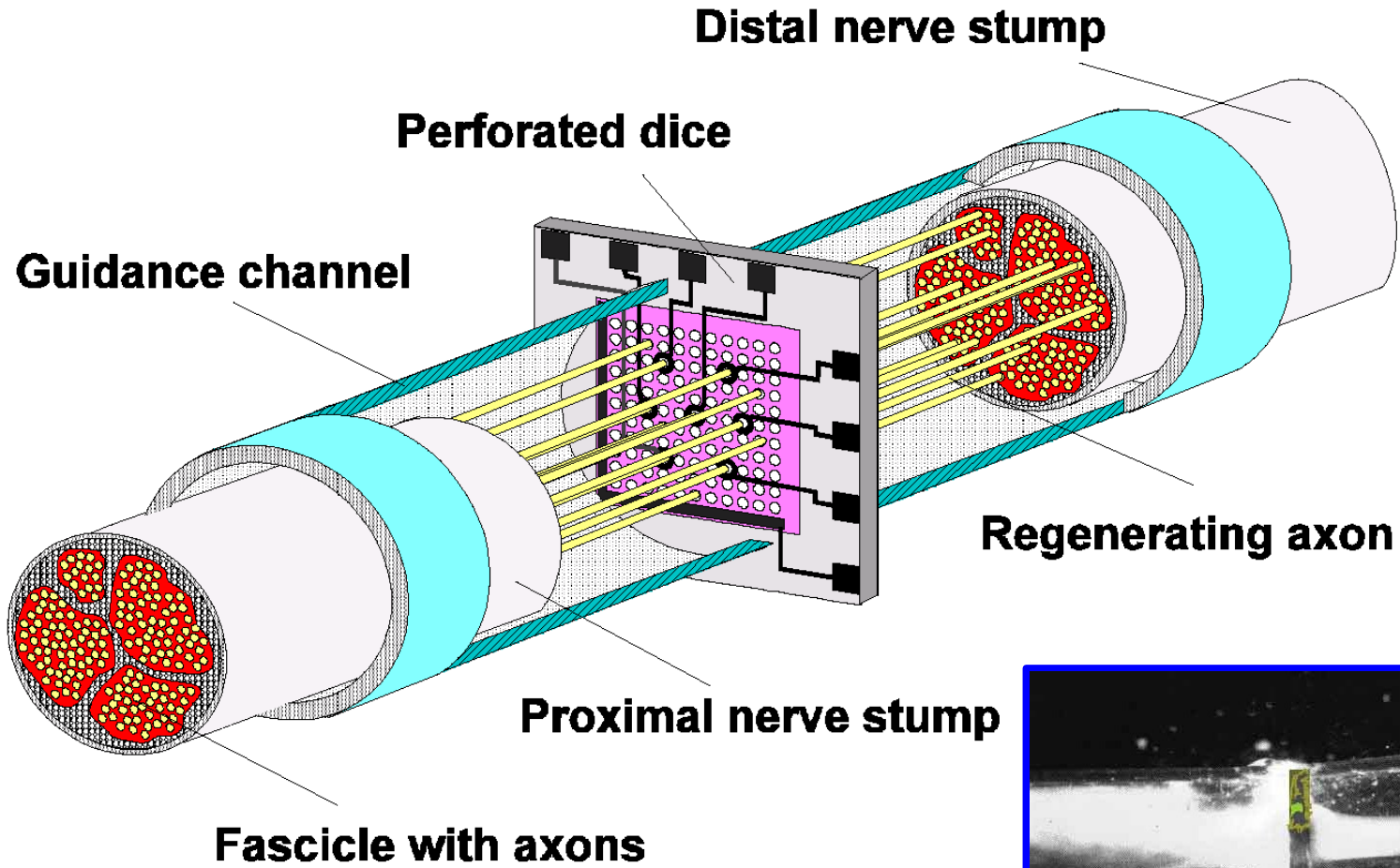
- Schematischer Aufbau
- Umsetzung
 1. Aufnahme der Nervensignale
 2. Filterung und Aufbereitung
 3. Steuerung
- Brain-Computer Interface (BCI)
 - Geschichtliches
 - Umsetzung
 1. Datenaufnahme
 2. Datenverarbeitung
 3. Steuerung
 - Abschlussbemerkung

Steuerungskreislauf (Schematisch)



- Neurosensor als Verbindung zum peripheren Nervensystem (PNS)
 - Ableitung selektiv für die betroffene Extremität
 - Kontaktierung einzelner Axone einer Nervenfasern
- Weiterverarbeitung der Signale
 - Klassifikation durch künstliche neuronale Netze (ANN)
- Steuerung der Prothese
 - Zuständig für die (sinnvolle) Interpretation der Signale

(1) Neurosensor



(1) Neurosensor - Funktionsweise

- Regenerativer Ansatz
 - Nervenbündel im PNS wird zertrennt
 - Bündel-Enden wachsen durch perforierten Siliziumchip mit aufgebrachtene Ringelectroden
 - Einige Axone haben Kontakt zu Electroden
 - Electroden können Nervensignale aufnehmen
- Vorverarbeitung der Signale
 - Vertsärkung
 - Entfernen von Rauschen
 - Trennung einzelner Komponenten

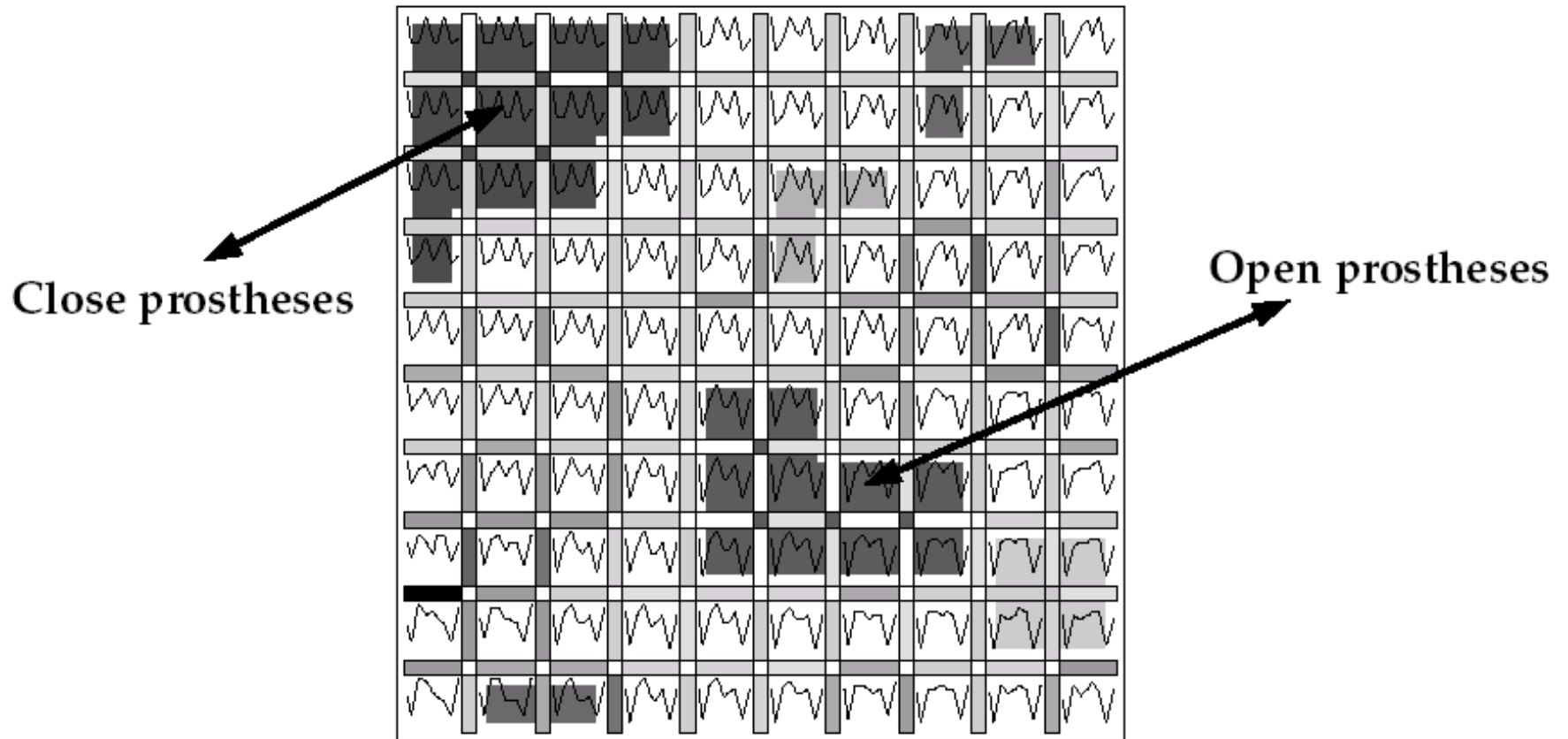
(1) Neurosensor - Hindernisse

- Festlegung der Toleranzschwelle für Signale:
 - Amplitude überschreitet Schwellwert
 - Typische Signalform (+|-|+) in weniger als 6ms
- Unterscheidung von motorischen und sensorischen Signalen
 - Ansatz: Erstellen einer Blacklist für sensorische Signale durch isolierte Stimulation
- Überlagerungen
 - Axone beeinflussen sich innerhalb des Nervenbündels gegenseitig
 - Auf eine Elektrode treffen zwischen 5 und 15 Axone
 - Auflösung durch *Independent Component Analysis*

(2) Signalverarbeitung

- Jedes Signal wird durch 6-Tupel (Vektor) charakterisiert:
 - Jede Spitze des Signals bestimmt durch *Fläche, Breite, Höhe*
 - Signal hat zwei Spitzen
- Verwendung einer selbstorganisierenden Karte (SOM)
 - Grund: Organisation der Signale unbekannt
 - 2-dimensional wegen Topologie-Analogie zum Gehirn
 - Ordnet Signale der Axone in Cluster
 - Jedes Cluster äquivalent zu einer willkürlichen Aktion
 - Unüberwachtes lernen ermöglicht Anpassung an zeitliche Veränderung (Axone sterben ab, neue wachsen nach)

Trainiertes SOM



(3) Steuerung

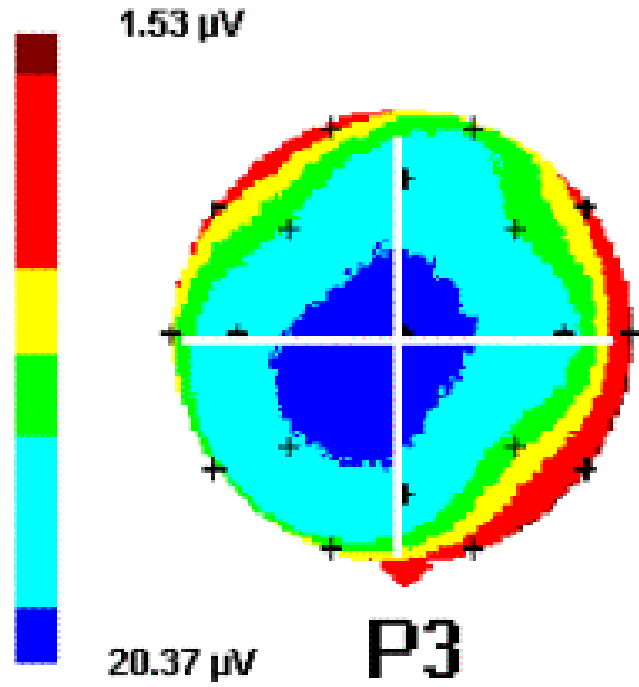
- Aktionen der Prothese abhängig von bestimmten Signaleigenschaften
 - Aktion selbst bestimmt durch Klassifikation
 - Geschwindigkeit bestimmt durch Signalfrequenz
 - Einzelne spontane Signale sollen keine Aktion auslösen können
 - Auf Signalfolge wird (z.B.) eine Integrationsfunktion angewandt
 - Erhaltener „Mittelwert“ direkt z.B. als Motorsteuerung verwendbar

- Was ist ein BCI?
 - Brain-Computer Interface: Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer
 - Hirnströmemeasurement mit EEG
 - Auswertung mit Mustererkennung
 - Umwandlung in Steuersignale
 - gedankliche Steuerung maschineller Vorgänge
- Wofür ist es gut?
 - Steuerung von Prothesen
 - Steuerung von Rollstühlen
 - Steuerung von Buchstabiermaschinen (Lock-in Syndrom)

- Vorgänger: Brain Response Interface
 - Bildschirm mit 8x8-Matrix
 - Symbolauswahl durch fokussieren
 - 10 bis 12 Wörter pro Minute
 - Nachteil: intakter Weg zum visuellen Kortex nötig
- erste BCIs
 - ausgeführte Motorik nötig (sprich: Muskelbewegung)
- später
 - Planen der Aktion reicht aus um Hirnaktivitäten zu erzeugen
 - => Aktion auszuführen wurde überflüssig
 - zusätzlich: kognitive Signale leichter zu dekodieren

(1) Datenaufnahme

- Aktivität im Gehirn (Reiz, Vorstellung)
 - => Aktivierung des motorischen Kortex
 - => schwache Spannungsschwankungen auf Kopfhaut
 - Spannungsschwankungen messbar (Kopfhaut oder Kortex)
- Problem: Spannung sehr schwach

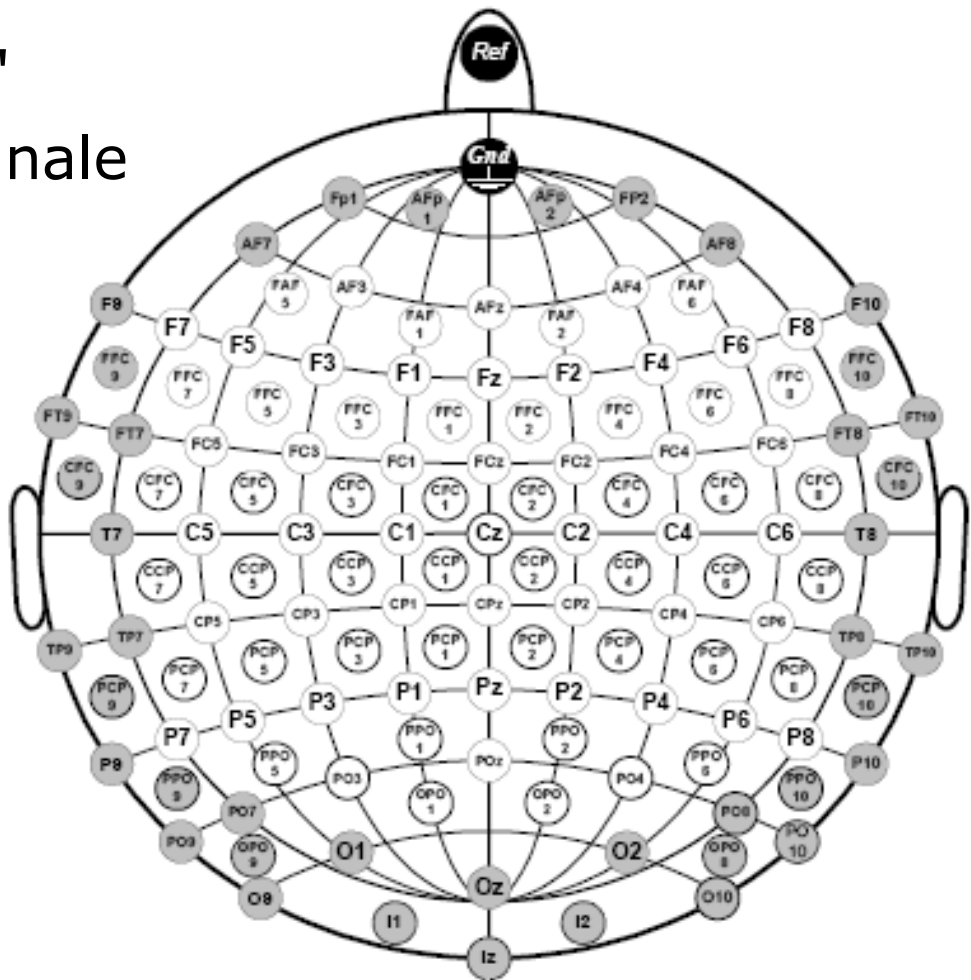
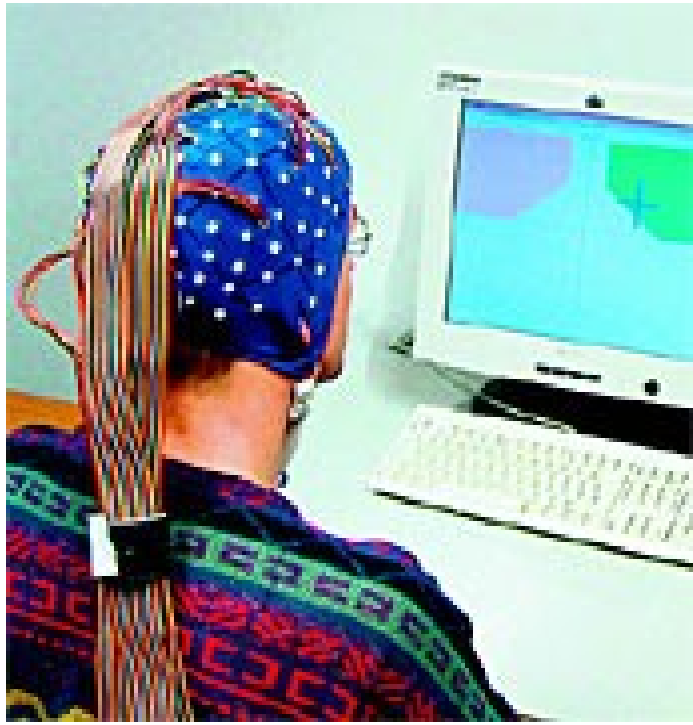


(2) Datenaufnahme

- Anfänglich: Elektroden direkt in Hirnrinde implantiert
 - Problem: Verletzungs- und Infektionsrisikos
 - Fraglich: noch nötig, wegen verbesserter EEG-Methoden
- bedeutend effizientere Signalgewinnung
 - Elektroden unter Schädeloberfläche, auf Hirnoberfläche, anbringen
 - => Elektrokortikogramm (ECoG), ohne in Gehirngewebe zu implantieren
 - Risiko verringern
- am risikolosesten: EEG-Methode

(3) Datenaufnahme

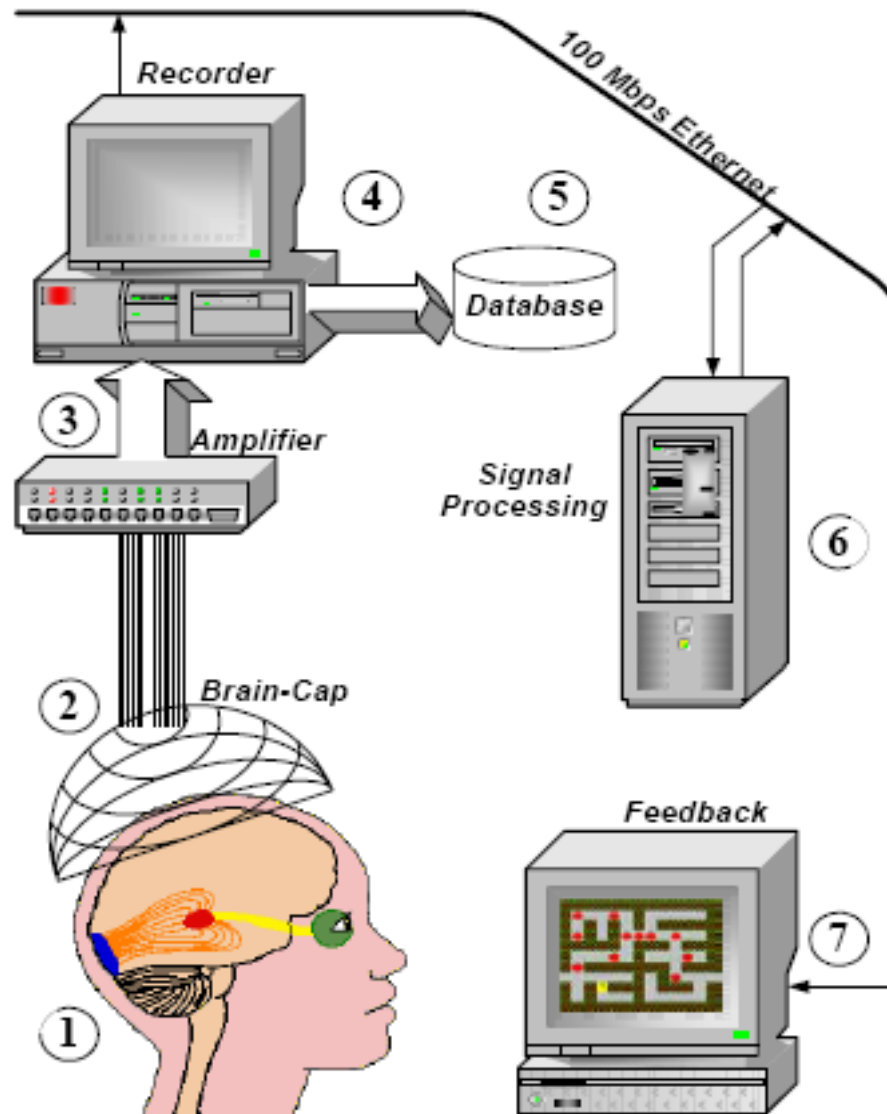
- Verwendung von 'Thinkcap'
- mehr Elektroden=mehr Signale



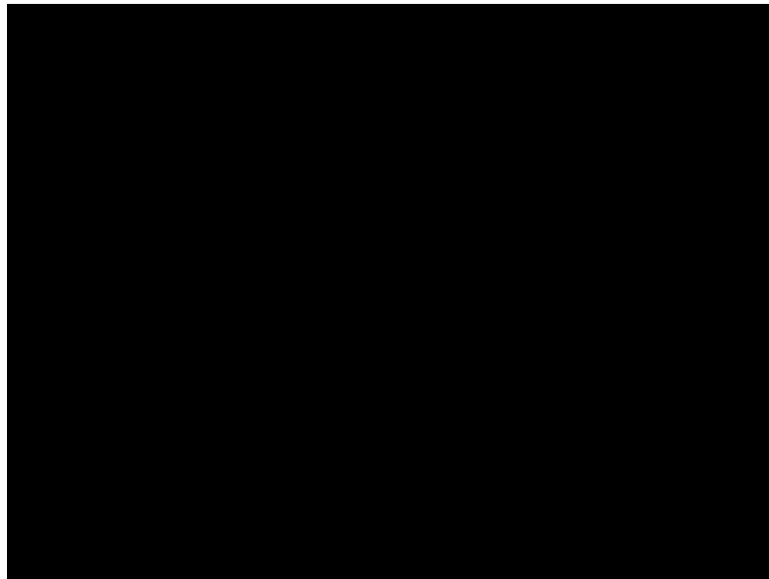
- 'Berlin Brain-Computer Interface': 128 Elektroden.
- Verfahren: Elektroenzephalografie

- Interpretation der Signale
 - Mensch trainieren
 - teilweise monatelanges Üben
 - Heutzutage: Computer lernt was Mensch will
 - Trainingsphase: 20-30 Min.
 - BBCI: 4 Einheiten von je 6 Min.
 - abwechselnd: 1x gedachte, 1x ausgeübte Bewegung (identisch)
- beißen, schlucken, gähnen & alle Bewegungen verfälschen EEG
 - herausfiltern

Datenverarbeitung BBCI



- erkannte Bewegung
 - Steuersignale
 - Eingabe für Computer
- Bei BBCI: Feedback-Computer (Labyrinth á la Pacman)
- GBCI (Graz): Querschnittsgelähmter kann wieder trinken



(um ethische Vorbehalte zu zerstreut)

- Jeder Mensch erzeugt individuelle Hirnstrom-Muster, die sich mit dem Alter verändern. "Alphawellen verhalten sich bei allen Menschen ähnlich. Hirnstrom-Muster hingegen, die durch aktives Denken entstehen, sind wie ein Fingerabdruck". Gedanken zu lesen, sei deshalb völlig unmöglich. "Wir können nur Denkmuster erkennen, die der Computer vorher gelernt hat".

- INTER-Projekt (**I**ntelligent **N**eural **I**nter**f**ace)
 - <http://www-ti.informatik.uni-tuebingen.de/~bogdan/>
- M. Bogdan, W. Rosenstiel, *Intelligent Neural Interface – Signalprocessing of Nerve Signals using Artificial Neural Nets*
- J.-U. Meyer et al., *Perforated silicon dices with integrated nerve guidance channels for interfacing peripheral nerves*
- T. Kohonen, *Self-organized formation of topologically correct feature maps*
- <http://de.wikipedia.org/> (Brain-Computer Interface, Cyberware)
- Roman Krepki, Benjamin Blankertz, Gabriel Curio, and Klaus-Robert Müller. *The Berlin Brain-Computer Interface (BBCI): towards a new communication channel for online control in gaming applications. Journal of Multimedia Tools and Applications, 2004. invited contribution.*
- *Maschinen allein durch Gedanken bewegen, BerliNews, 19. März 2004*
- *Die Kraft des Gedankens, Neue Zürcher Zeitung Online, 30. März 2005*
- <http://www.ch-forschung.ch/index.php?artid=246>
- <http://www.icsroscher.de/SoftCom.htm>
- <http://bci.tugraz.at/>