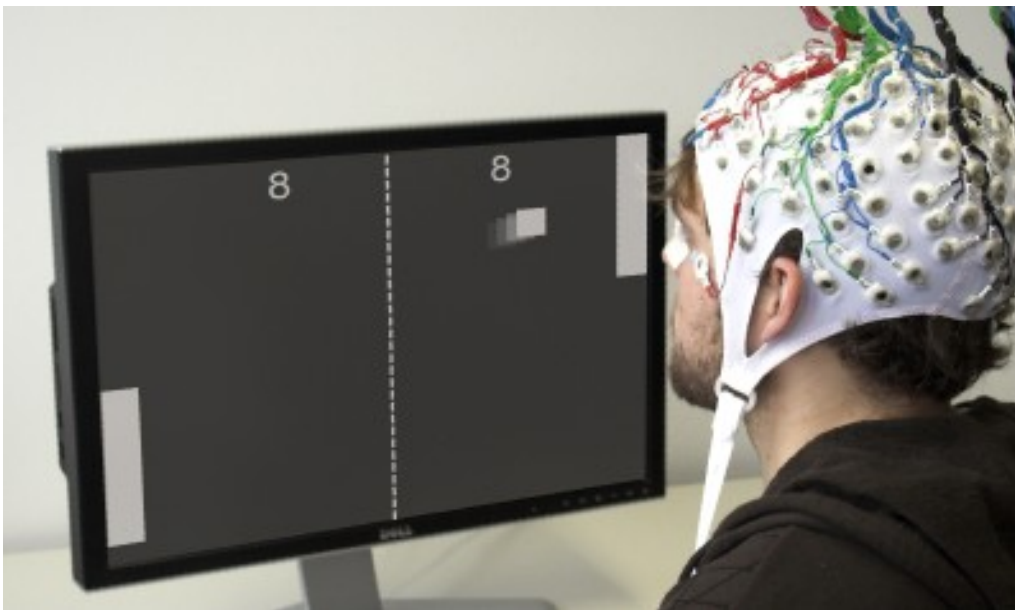


Vorstellung von Bewegung Berlin Brain Computer Interfaces (BBCI)

„Let the machines learn!“



Jela Ruhe, Sara Winter

02.12.2009 BMI

Universität Bielefeld

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Gliederung

- ◆ **Einführung**
- ◆ **Methoden**
- ◆ **Experimente & Ergebnisse**
- ◆ **Schlusswort**
- ◆ **Diskussion**

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Einführung

Was ist BBCI überhaupt?

- ◆ Berlin Brain Computer Interfaces
- ◆ Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer
- ◆ Nutzung des Elektroenzephalogramms (EEG) → nicht invasiv
- ◆ Maschinen sollen lernen
- ◆ Interpretation von Sinnen wie Hören, Sehen und Bewegung
- ◆ Neuerdings auch Forschungen in Richtung Geruchssinn, Tastsinn und Interpretation von Gesichtsausdrücken

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Einführung

Welche Ziele hat BBCI?

- ◆ Integration von Menschen in die Gesellschaft, die motorische Störungen haben
 - Kommunikation durch virtuelles Tippen
 - Bewegung von Extremitäten durch Vorstellungen
- ◆ Steuerung von Computerspielen durch das Gehirn
- ◆ Zeitkritische Vorgänge beschleunigen

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Einführung

Forschungsgruppe

- ◆ Roman Krepki
- ◆ Gabriel Curio (*oben*)
- ◆ Benjamin Blankertz (*mitte*)
- ◆ Klaus-Robert Müller (*unten*)
- ◆ Matthias Krauledat
- ◆ Guido Dornhege
- ◆ → <http://www.bbci.de/>

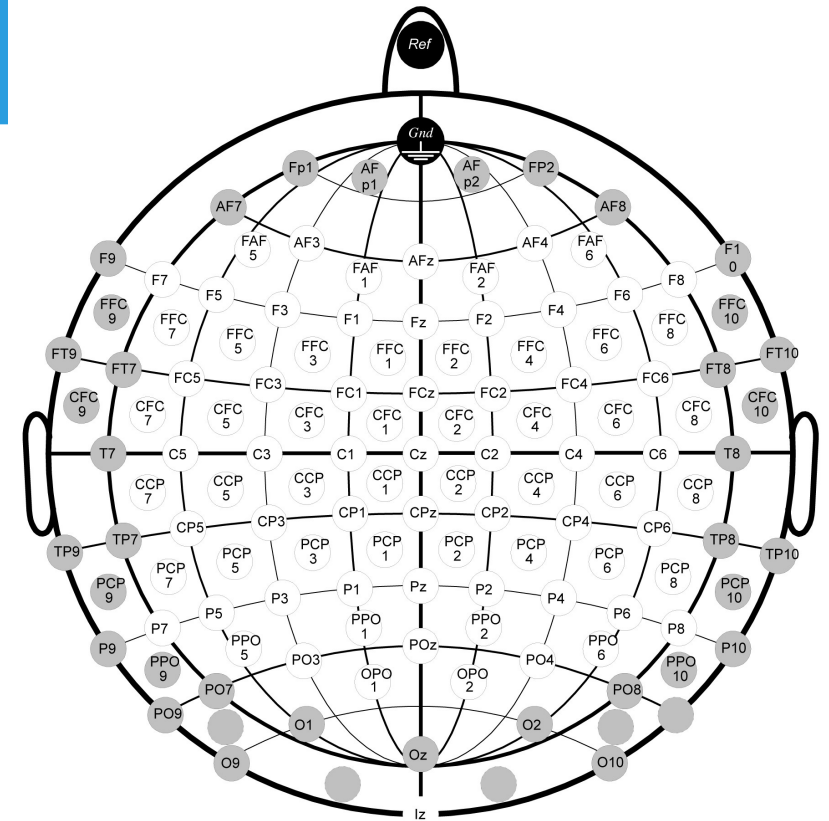
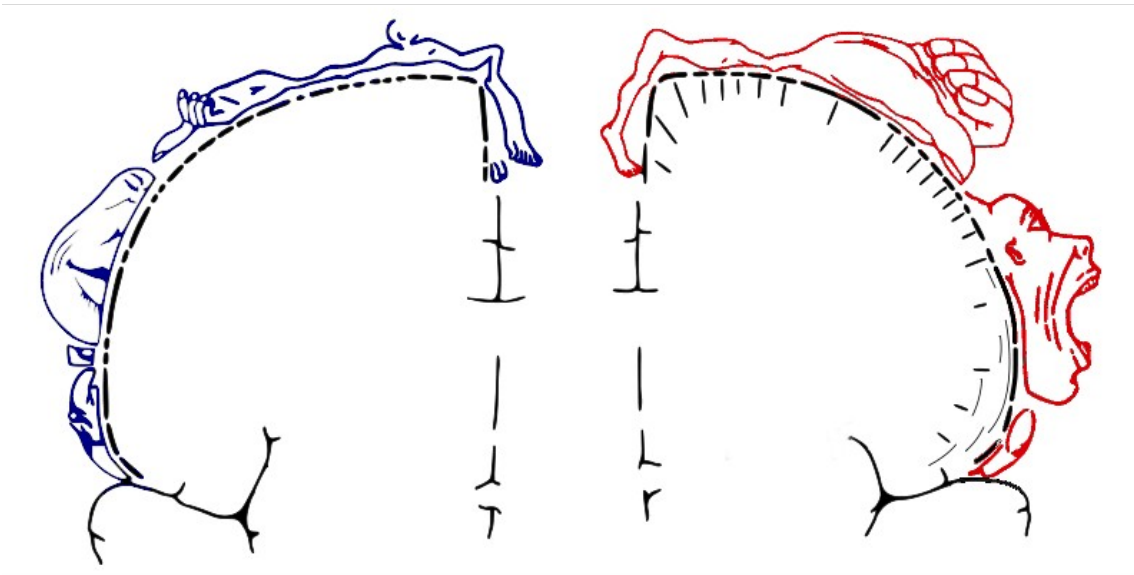


Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

Voraussetzungen

- ◆ Zentrales Nervensystem (ZNS) der Probanden intakt
- ◆ Rechts- und Linkshänder
- ◆ Frauen und Männer

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

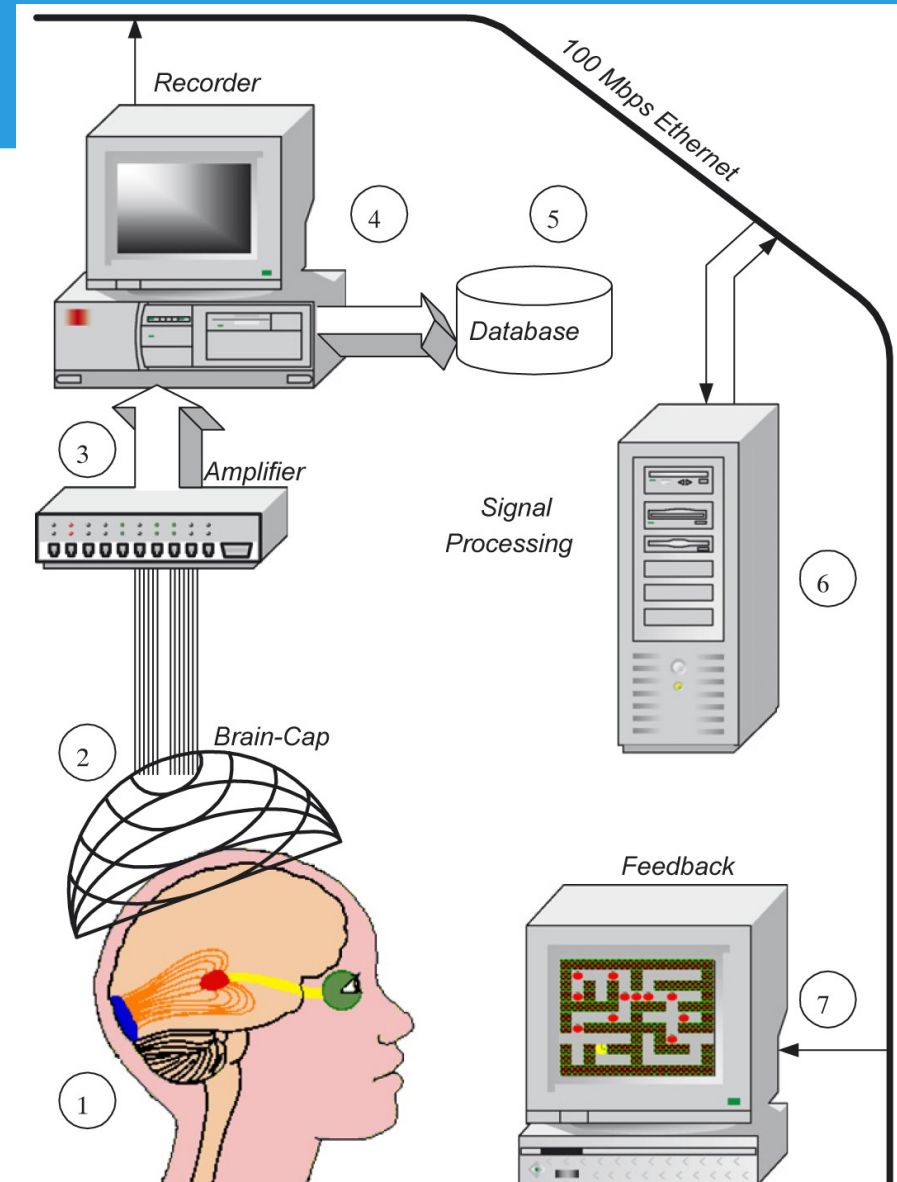


- ◆ Linke Hand auf rechter Hemisphäre (C4)
- ◆ Rechte Hand auf linker Hemisphäre (C3)
- ◆ Füße auf der Furche (Cz)

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

Software-Design des BBCI-Systems

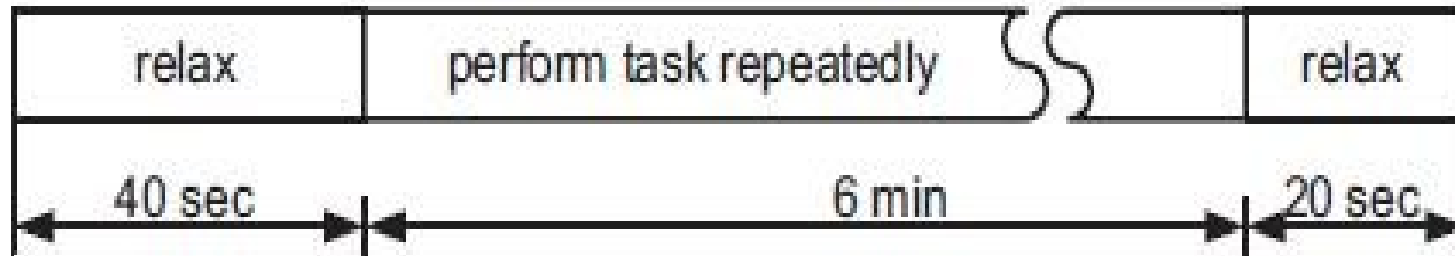
- 1) Proband
- 2) Brain-Cap
- 3) Verstaerker
- 4) Rekorder
- 5) Datenbank
- 6) Signal-Verarbeitung
- 7) Feedback



Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

- **Klassifikation von Gehirninformation**
 - ◆ Binäre Entscheidung
 - ◆ Ablauf:
 - **Trainieren der Maschine**
 - **Parameter anpassen**
 - Common Spatial Pattern (CSP)
 - Support Vector Machine (SVM)
 - Regularized Fisher's Discriminant (RFD)
 - **Hyperebene: $Y = \text{sign}(\mathbf{w}^T * \mathbf{x} + b)$**

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden



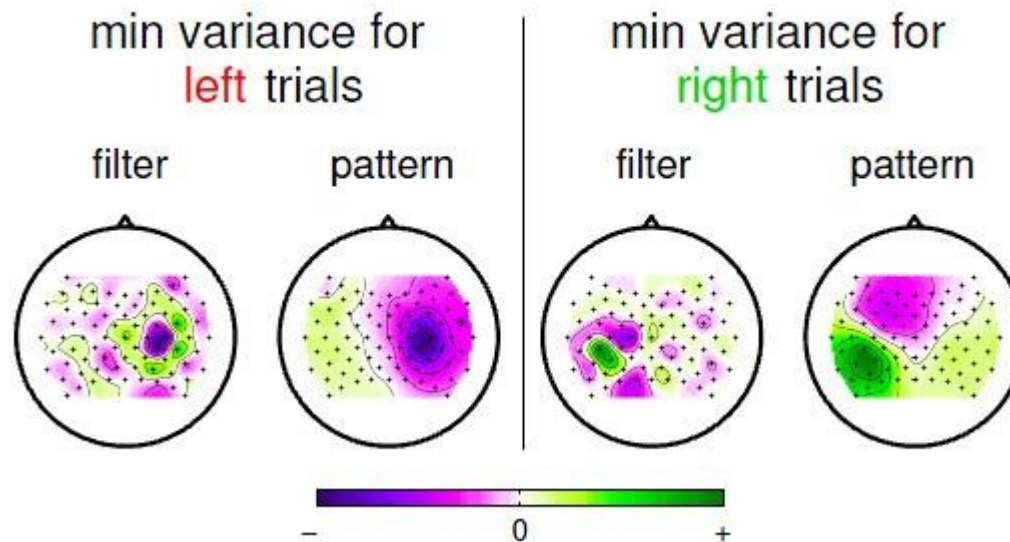
Trainieren der Maschine

- 3-4 Sitzungen über jeweils 7 Minuten
- Proband führt Aufgabe aus
- Noise vermeiden
- Ausgeführte- oder vorgestellte Aufgabe
- Marker werden gesetzt

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

Parameter anpassen (CSP)

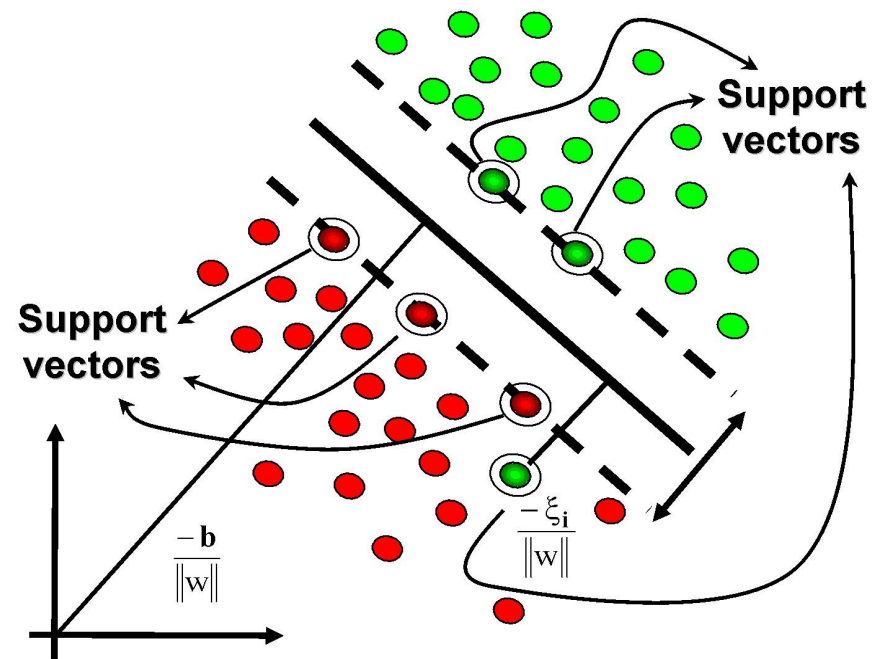
- ◆ Maximiert Varianz der gewünschten Klasse
- ◆ Minimiert Varianz der anderen Klasse



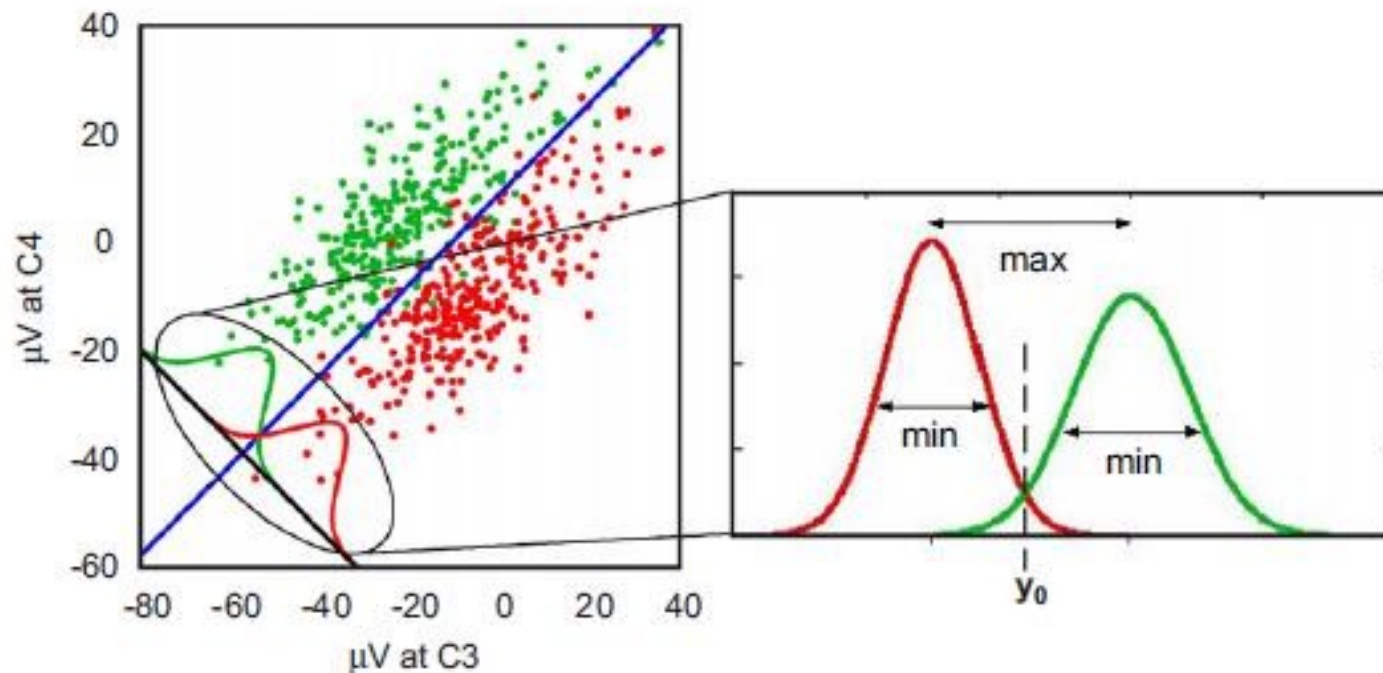
Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

Parameter anpassen (SVM)

- „Breiter-Rand-Klassifikator
- Abstand zw. Vektoren nahe der Hyperebene und Hyperebene soll maximiert werden



Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden



Parameter anpassen (RFD)

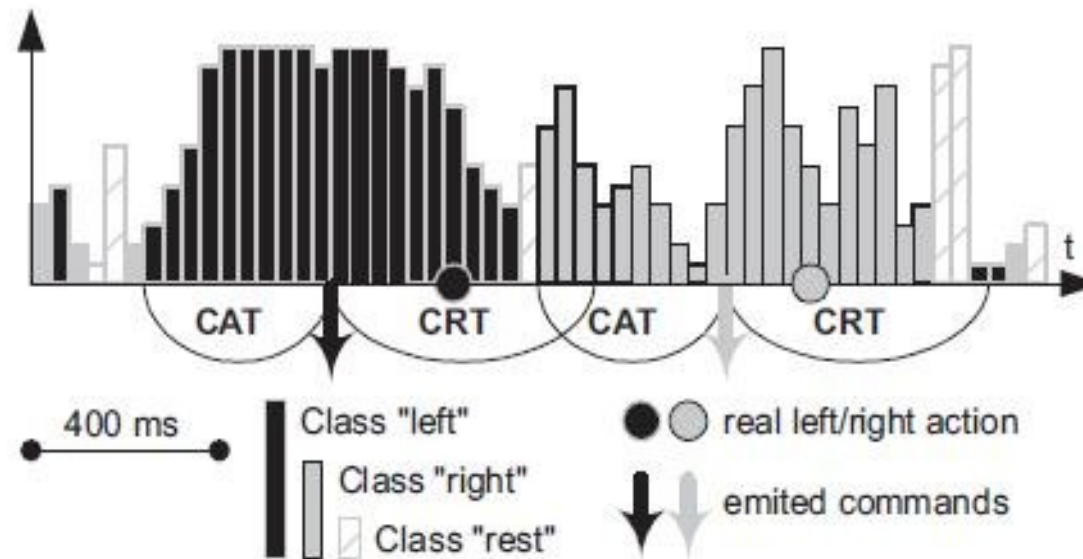
- ◆ Maximiert Abstand zw. Maxima der Klassen
- ◆ Minimiert Varianz innerhalb einer Klasse

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden

Begriffe

- ◆ Command Activation Term (CAT):
 - Zeit, in der sich ein Kommando vorgestellt wird, direkt danach kommt die Ausführung
- ◆ Command Relaxation Term (CRT):
 - Zeit kurz nach CAT, reale Aktion wird ausgeführt

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Methoden



Langes CAT: Vermeidung von falschen Klassifizierungen der Kommandos

Kurzes CAT: Kommandos können schnell gesendet werden

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

Pacman

- ◆ ein Schritt alle 1,5 – 2s
- ◆ Maus/Keyboard: 40s
- ◆ Brain Control: deutlich länger
- ◆ unbewusste Entscheidungen werden sichtbar

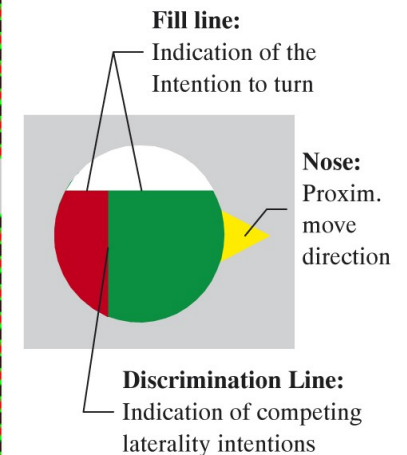
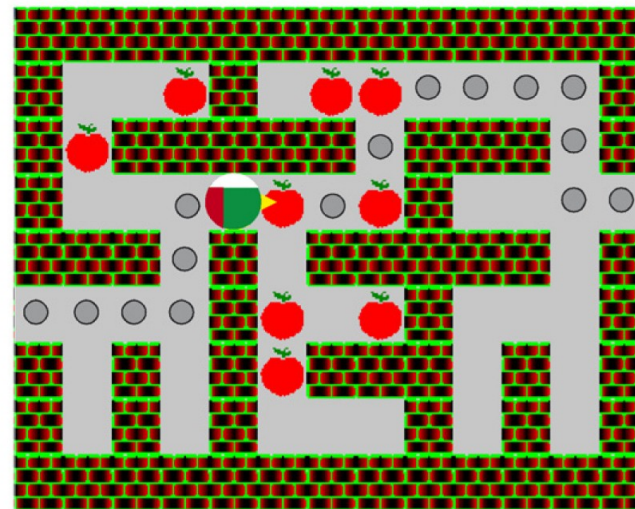


Fig. 19. Feedback scenario "Pacman" and the construction of Pacman's head.

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

Virtual Arm

- ◆ Kontrolle eines virtuellen Armes
- ◆ Testperson sieht nur virtuellen Arm
- ◆ Feedback durch Bild auf Monitor
- ◆ Verbildlichung des Forschungsziels



Fig. 20. Feedback scenario "Virtual Arm".

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

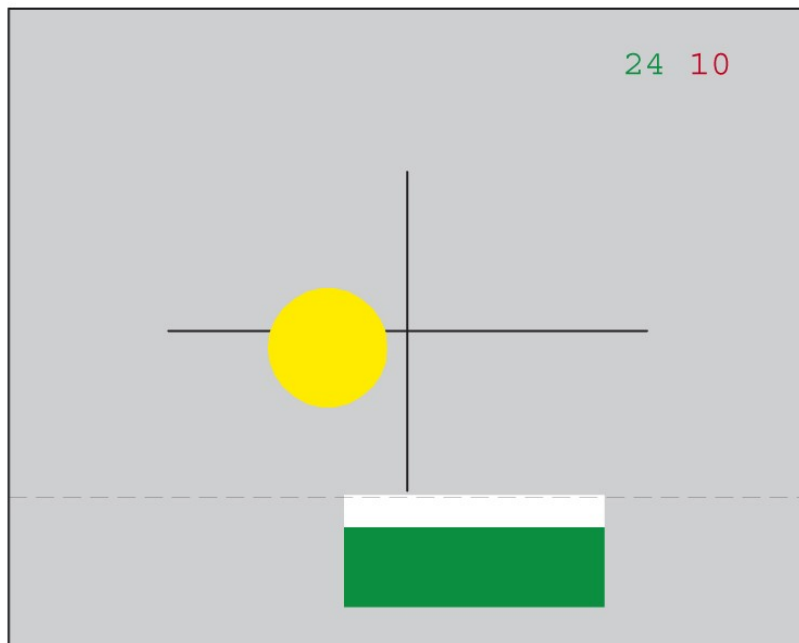


Fig. 18. Feedback scenario "Brain-Pong".

Kontrollstrategien

- ◆ „stepwise displacement“
 - Nach Bildschirmbreite festgelegt
 - relativ zur vorherigen Position
- ◆ „graded displacement“
 - „feste“ Position in der Mitte
 - relativ zum Bildschirm

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

BrainPong

- ◆ Zugehörigkeit zum Körper
- ◆ Erfolge führen zu besserer Leistung
- ◆ Misserfolge reduzieren Leistung
- ◆ Nicht unter Druck -> gewöhnliche Gehirnwellen für LM
- ◆ Im Spiel:
 - Wollen Kontrolle steigern (Änderung des Signals)
 - Verlieren Kontrolle (Klassifikator nicht darauf trainiert)

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

KalibrierungsSession:

- ◆ Ausschließlich zum „Lernen der Maschine“ (Klassifikator)
- ◆ Bewegung auf Screen vorgegeben
 - Probanden denken - je nach Vorgabe - linke Hand (L), rechte Hand (R) oder rechter Fuß (F)

FeedbackSession:

- ◆ Position Controlled Cursor (PCC)
- ◆ Rate Controlled Cursor (RCC)
- ◆ Basket Game (BG)

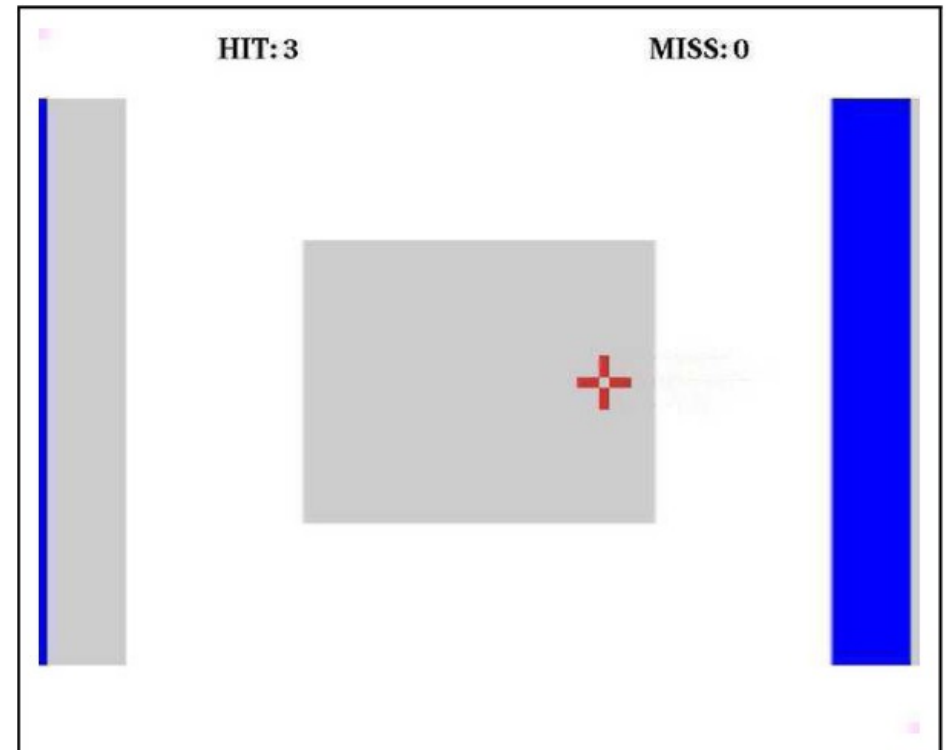
Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

Position Controlled Cursor:

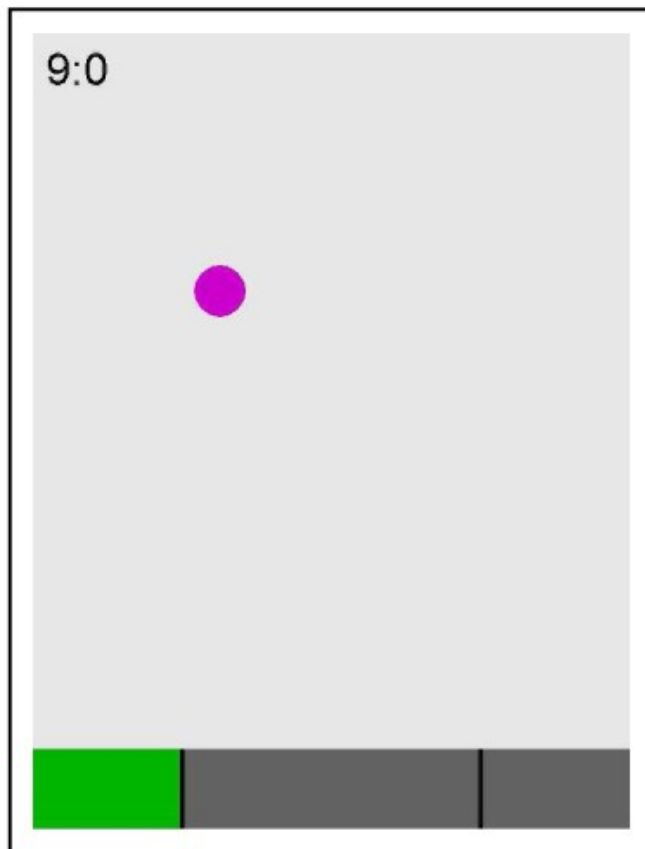
- ◆ Cursor außerhalb des Zentrums
- ◆ Ins Zentrum bringen

Rate Controlled Cursor:

- ◆ Cursor im Zentrum
- ◆ Nach links/rechts steuern je nach markiertem Balken



Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse



Basket Game:

- ♦ Ball fällt gleichmäßig
- ♦ 3 graue Rechtecke
- ♦ Markiertes ist zu treffen
- ♦ rot = verfehlt
- ♦ grün = getroffen

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

Manuelle Kalibrierung:

- ◆ Klassifikator suboptimal
- ◆ Weitere KalibrierungsSession
 - direkt vor FeedbackSession
 - Cursor frei steuern

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

Ergebnisse:

- ◆ Kommunikationskanal mit Rauschen
 - Mensch steuert mit Hilfe von Redundanz Entscheidungen mit möglichst kleinem Fehler
- ◆ Hohe Entscheidungsgeschwindigkeit
 - PCC 3,9 sec, +/- 1,4 (2,1 – 6,3 sec)
 - RCC 2,8 sec, +/- 0,8 (1,7 – 3,8 sec)
 - BG 3,1 sec, +/- 0,7 (2,1 – 4,0 sec)

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Experimente & Ergebnisse

Ergebnisse:

- ◆ funktioniert ohne Blickbewegung / visuellem Input
 - Mit geschlossenen Augen 96% - 100%
 - Bildschirm & Umgebung können betrachtet werden
 - Großer Vorteil
 - Betrachtung verringert Effizienz des BBCI nicht

Vorstellung von Bewegung (BBCI) Schlusswort

BBCI (unsere Meinung):

- ◆ sehr gute Ansätze
- ◆ vielversprechend
- ◆ Umsetzung ohne intaktes ZNS noch unklar

Vorstellung von Bewegung (BBCI)

Schlusswort

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

Vorstellung von Bewegung (BBCI)

Diskussion

- ◆ Machen Computerspiele, die durch Gedanken gesteuert werden, wirklich noch Spaß?
- ◆ Ist BCI überhaupt sinnvoll, wenn nach einiger Zeit die Neuronen der Muskelsteuerung abgebaut werden?