

BCI – Steuerung teilautonomer Systeme

Nico Lüdike, Stephan Brandauer

- **Teil 1 : Wheelchair**
- **Teil 2 : Humanoid Robot**
- **Vergleichende Betrachtung**
- **Abschluss, Diskussion**

P300-Robot Control – Part 1: Wheelchair

Präsentation von
**„A Brain-Controlled
Wheelchair Based on P300
and Path Guidance“**

- B. Rebsamen, E. Burdet,
C. Guan, H. Zhang,
C. L. Teo, Q. Zeng,
M. Ang, C. Laugier;
Februar 2006



Motivation

- **Exploration der Machbarkeit**
- **Entwicklung eines Prototyps zur Fortbewegung für Locked-In-Patienten (Amyotrophe Lateralsklerose, ALS)**
- **Grundlagen für weitere Forschung auf dem Gebiet**

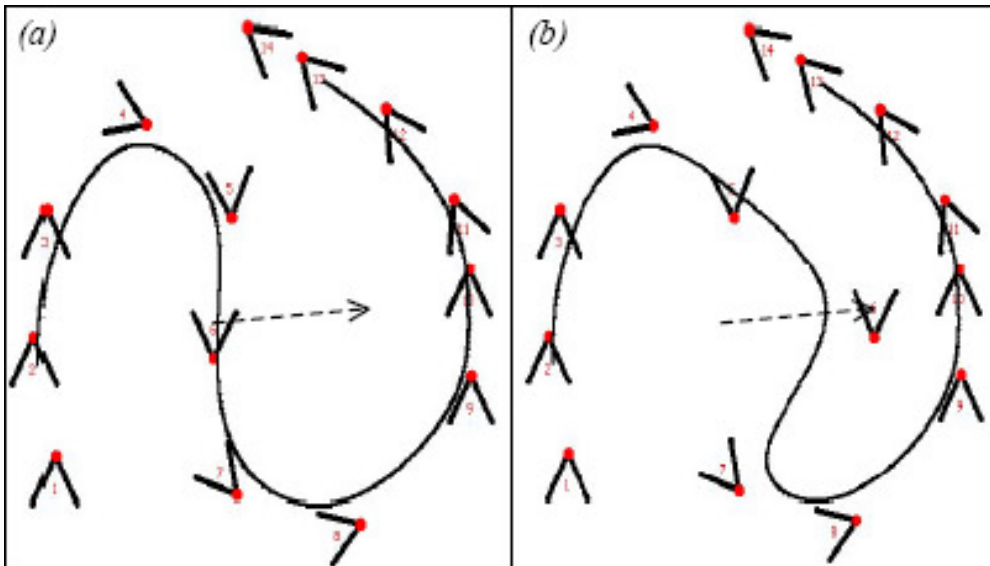
Anforderungen an das System

- **Sicherheit hat oberste Priorität!**
Denn Fehler gefährden die Gesundheit des Nutzers
- **Anpassungsfähigkeit**
Lernfähigkeit neuer Umgebungen

Ansatz

- **Kombination eines EEG-basierten BMIs und einer teilautonomen Steuerung (Path Following)**
- **Erfordert „Erschließung“ der Einsatzumgebung, d.h. Definition möglicher Pfade durch einen Helfer**
- **Barcodes auf dem Boden ermöglichen Erhöhung der Genauigkeit der odometrischen Positionsbestimmung (max 10cm Abweichung bei Barcodes alle 10m)**

Erschließung der Einsatzumgebung



- **Mehrere Möglichkeiten für einen Helfer, sichere Pfade zu definieren und zu modifizieren**

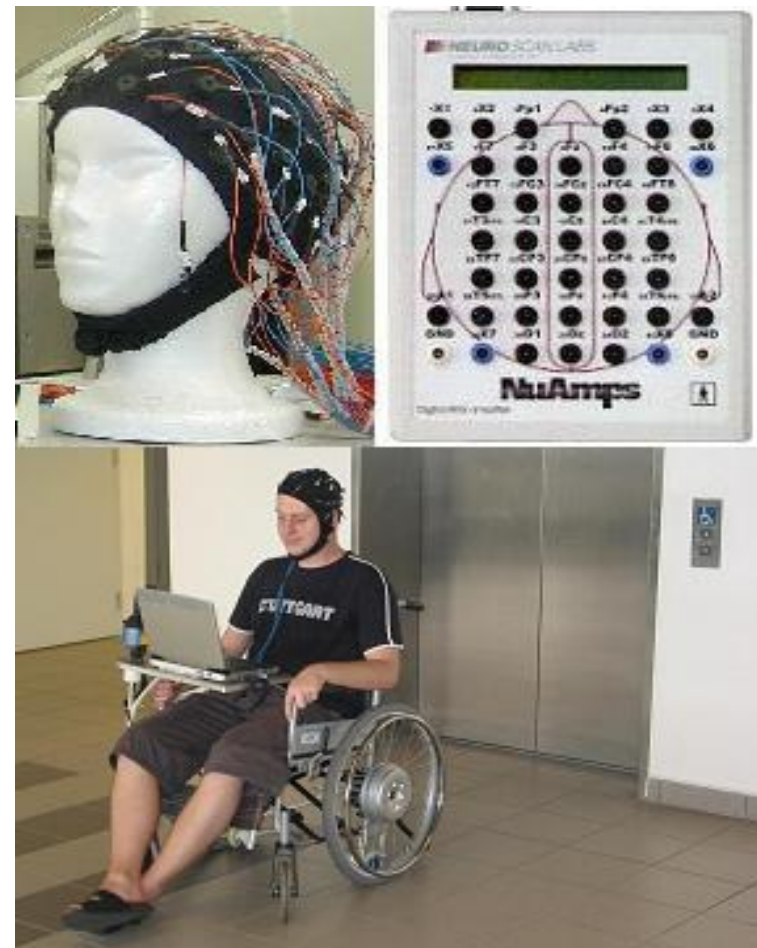
- GUI „drag and drop“
- Walk Trough Programming

- **Simple Werkzeuge**

- wenig Training des Helfers notwendig

Setup

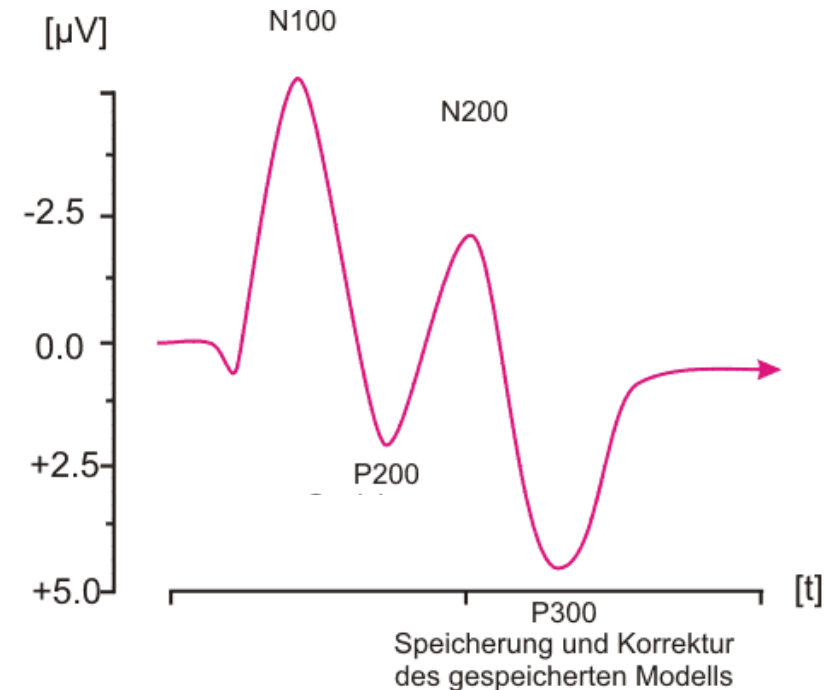
- **EEG misst Hirnaktivität**
- **Verstärkung des Signals**
- **Rauschverringerung durch PCA**
- **Detektierung der P300 mittels SVM**
- **Interpretation der Signale durch statistisches Modell (Wahrscheinlichkeiten)**



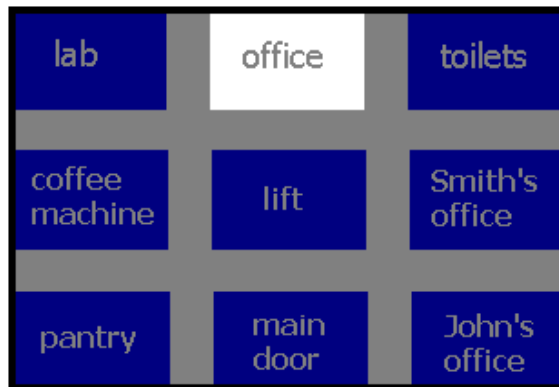
Interface

P300: Wiederholung

- **P300 tritt 300ms nach einem Reiz auf**
 - auditiv oder visuell
- **Möglicher Reiz:**
 - Blinkender Rahmen um Bilder (zufälliges Bild, n-mal aufleuchten)
- **Höchster Output bei dem Bild mit der Aufmerksamkeit**



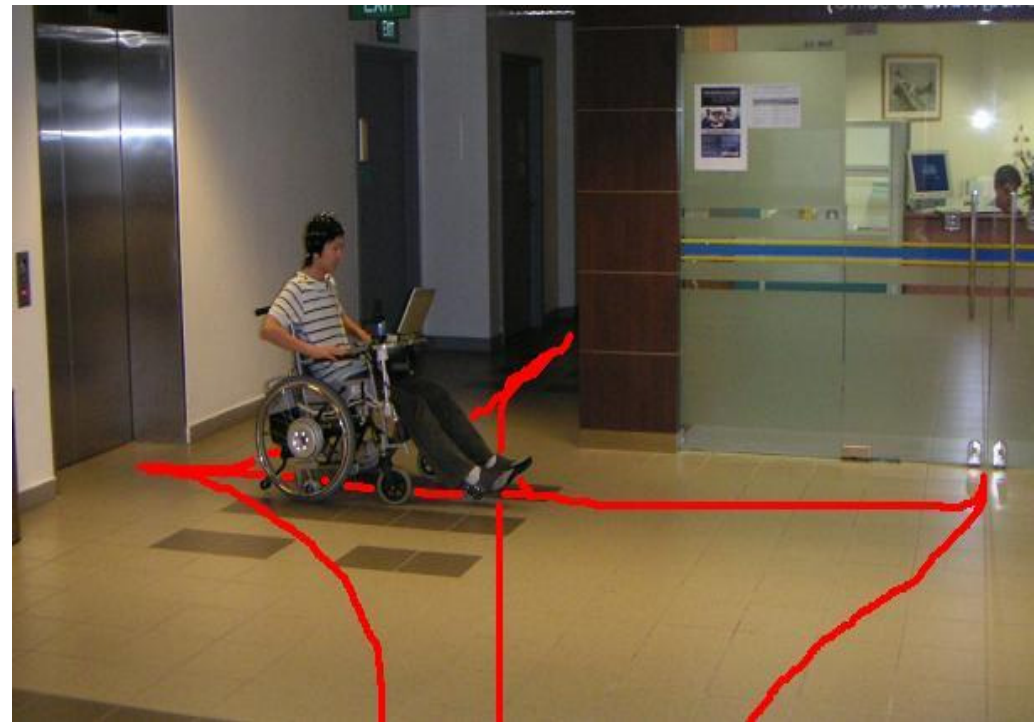
Steuerung



- **Ansatz gleicht dem P300-Speller**
- **Mehrere Durchläufe zur Minimierung des Fehlers**
- **„Hierarchische Struktur“ möglich: erst Auswahl des Stockwerks, dann des Raumes**

Testumgebung

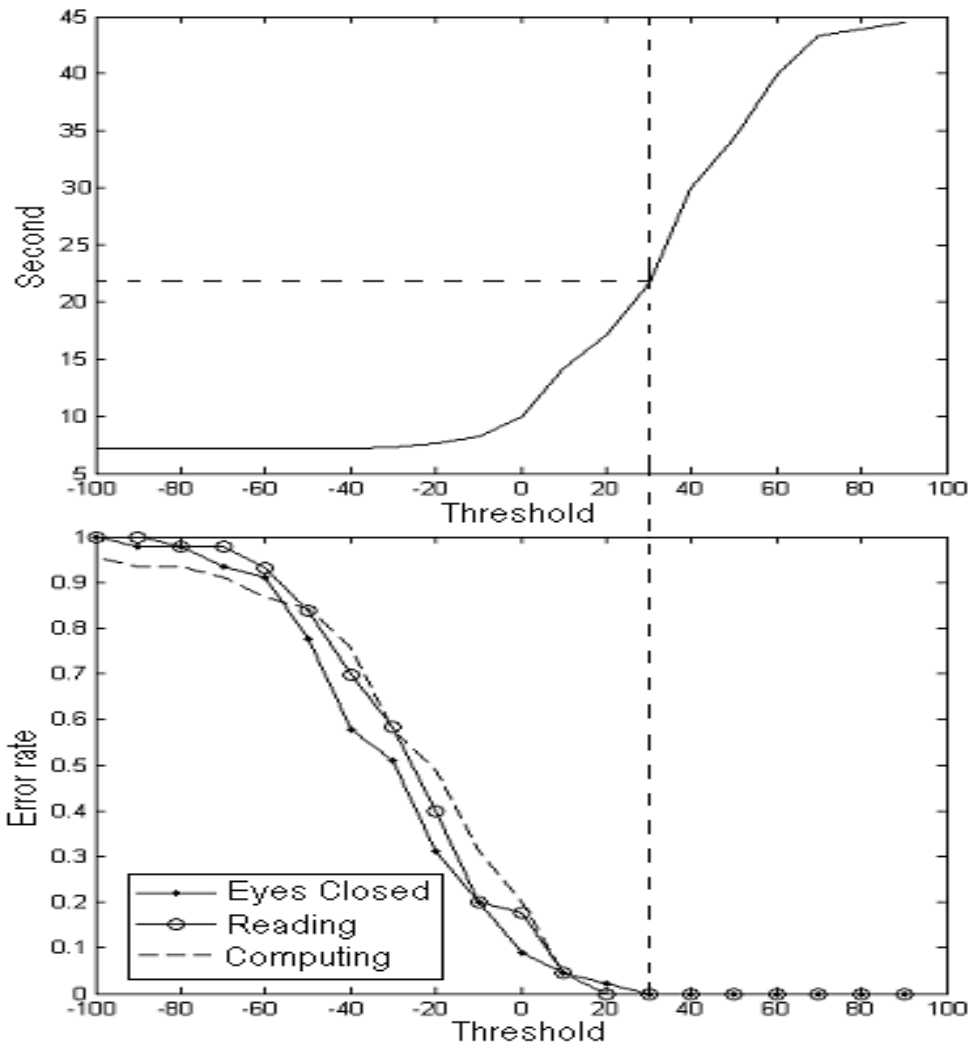
- **Gesunde Probanden**
- **Zwei Stockwerke, jeweils vier ansteuerbare Punkte, sechs Pfade**
- **Benutzung des Liftes erfolgt „manuell“**
- **Trainingsphase für das Klassifikationssystem von wenigen Minuten**



Evaluation

- **Alle Probanden erreichten beim ersten Versuch das gewünschte Ziel (!)**
- **Die Eingabe eines Kommandos dauerte durchschnittlich 10 sec**
- **Andere Anforderungen als an den Speller, keine notwendige volle Konzentration auf die Aufgabe gewünscht.**
- **Deshalb Untersuchung des Einflusses von Ablenkung**

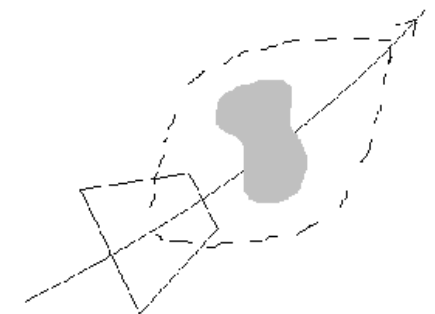
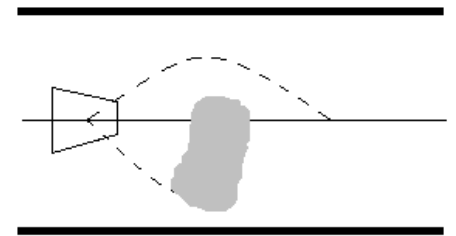
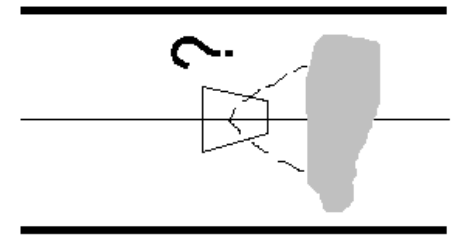
Auswirkungen von Ablenkung



- **Fehlerrate sinkt schneller als der Zeitaufwand zunimmt**
- **Wahl der Schwelle, so dass die Fehlerrate bei akzeptabler Antwortzeit hinreichend klein wird.**
- **Antwortzeit von 20 sec**

Unvorhergesehene Ereignisse

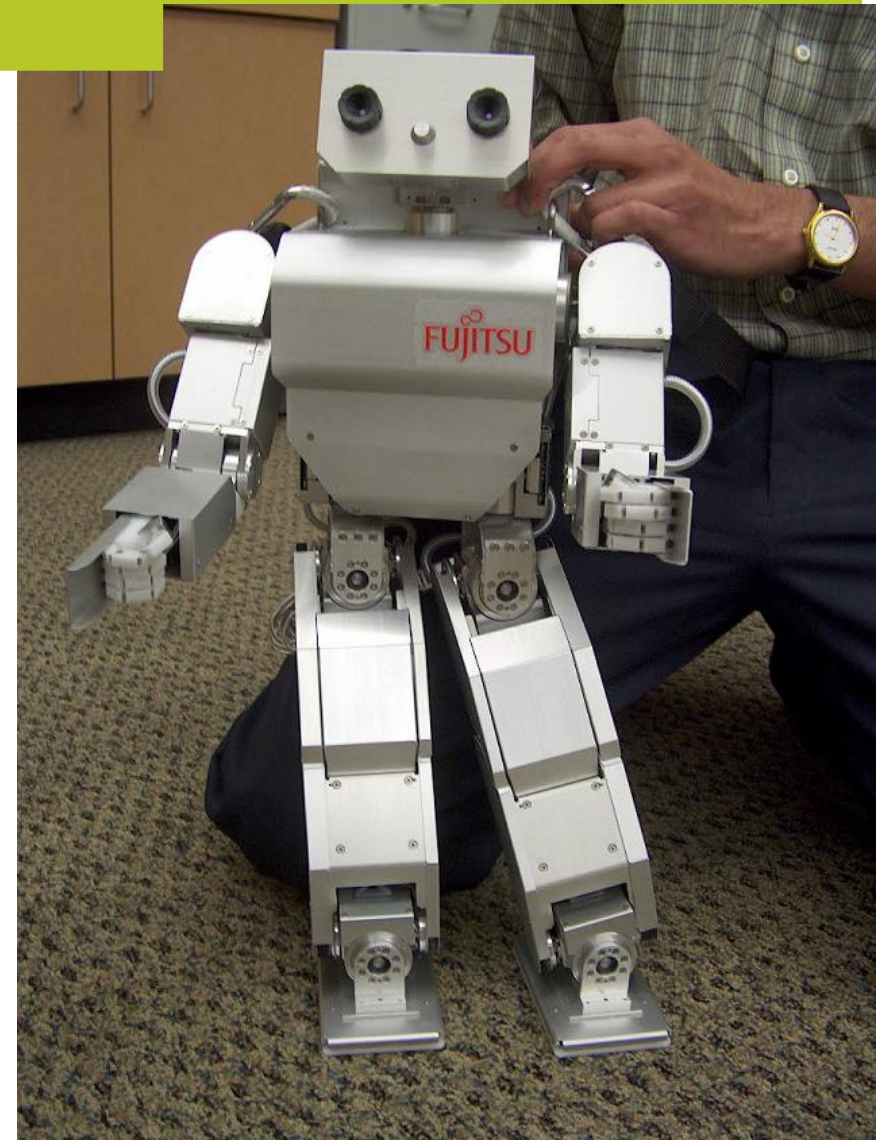
- **Steuerung durch den Nutzer für Gefahrensituationen zu langsam (20 sec)**
- **Deshalb Ausstattung des Rollstuhls mit einem System zur Kollisionsvermeidung**
- **Rollstuhl stoppt bei Hindernis im Weg**
- **Nutzer wählt Reaktion**
 - Umfahren rechts oder links
 - Warten
 - Hilfe rufen



P300-Robot Control – Part 2: Humanoid

Präsentation von
**„Control of a humanoid robot
by a noninvasive
brain-computer interface in
humans“**

- Christian J. Bell, Pradeep
Jenoy, Rawichote Chalodhorn,
Rajesh P. N. Rao; Mai 2008



Präsentierte Studie

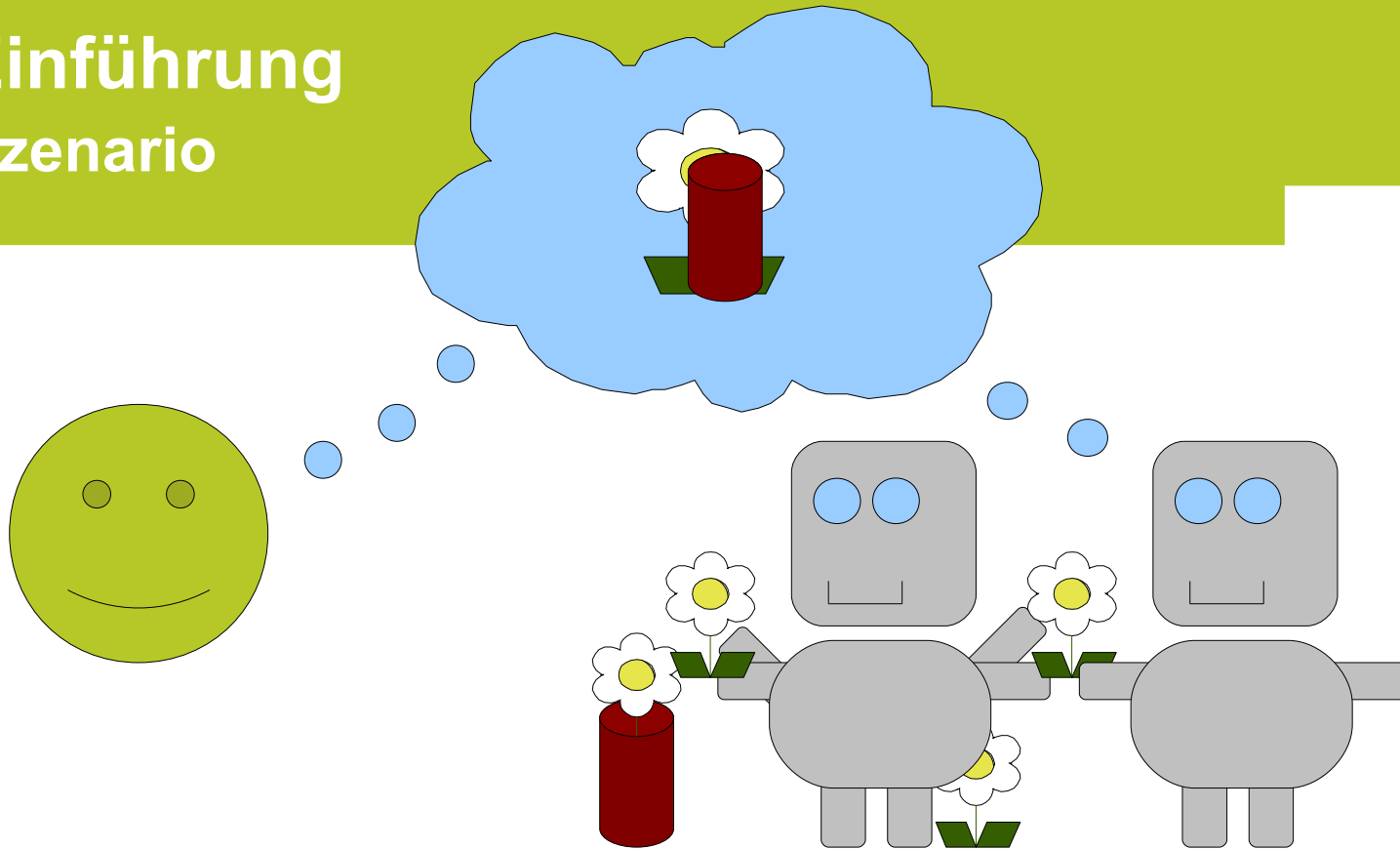
- **Control of a humanoid robot by a noninvasive brain-computer interface in humans**
 - Christian J. Bell, Pradeep Jenoy, Rawichote Chalodhorn, Rajesh P. N. Rao; Mai 2008
- **Kontrolle eines Roboters durch P300-Ansatz**
- **Kompensation der inhärenten Nachteile durch geeignetes Interface**

Einführung

Motivation & Ziel

- **EEG wird generell als zu beschränkt für komplexe Steuer-Anwendungen gesehen**
 - niedrige Bandbreite
 - schlechte Signal-to-Noise-Ratio (SNR)
- **Ziel der Studie: steuern eines humanoiden Roboters mit EEG**
 - Auswählen von: **Gegenständen, (Destinations-)Orten**

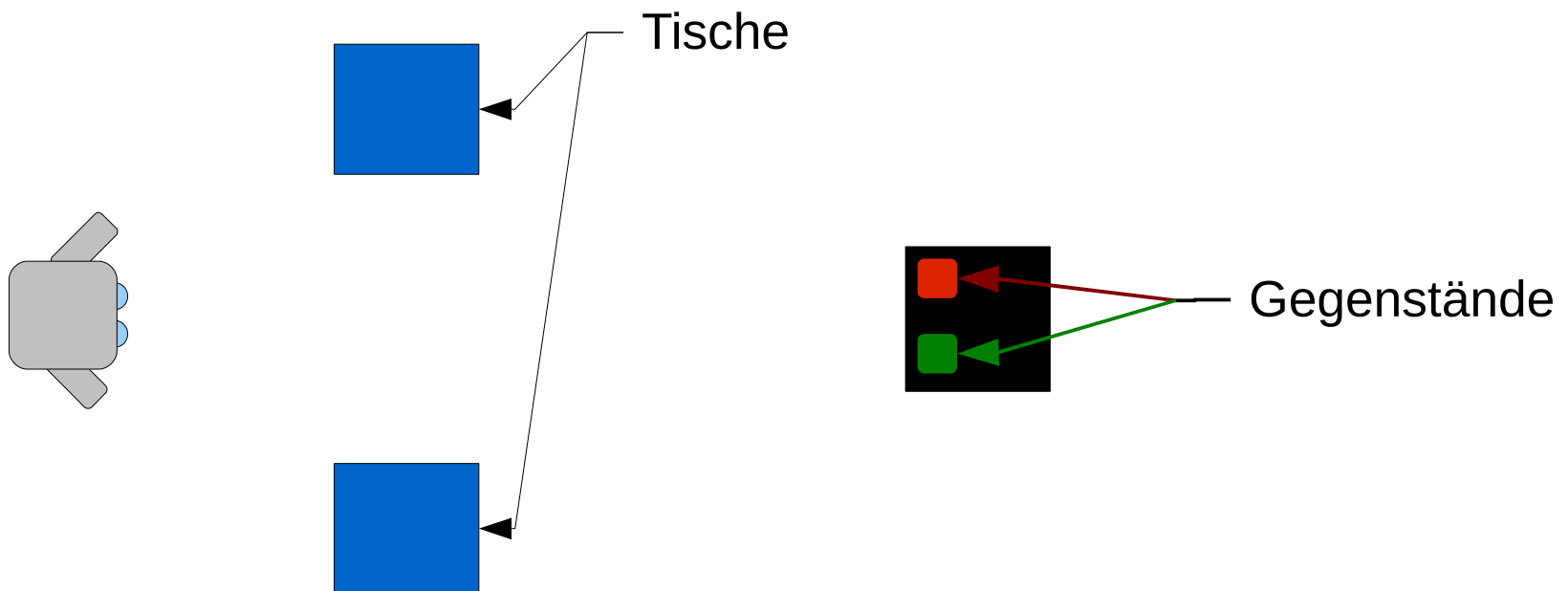
Einführung Szenario



Einführung

konkretes Szenario

- **Roboter in Arena**
- **Farbig markierte Gegenstände auf Tisch zur Auswahl**
- **zwei weitere Tische (Destinationen)**



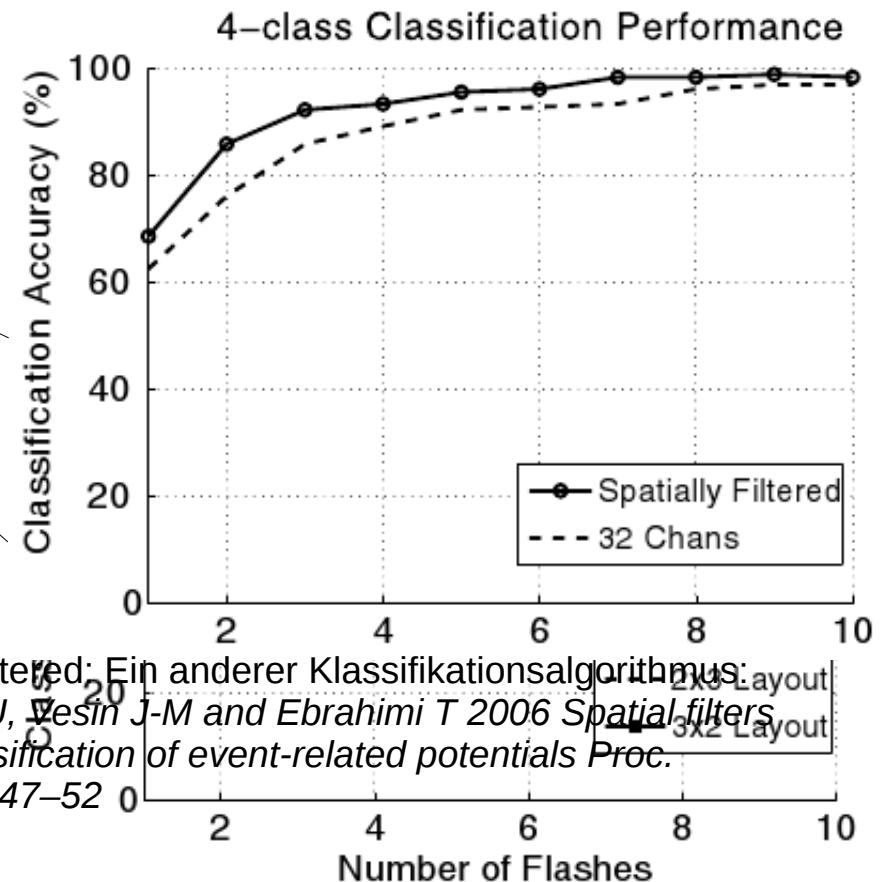
Versuch Vorstudie

- **Vorstudie**
 - ohne Roboter-in-the-loop
- **4 Abschnitte:**
 - 2 Abschnitte mit 2x2 Bildern – kein Kommentar, warum 2!
 - 1 Abschnitt mit 2x3
 - 1 Abschnitt mit 3x2
- **2x3 & 3x2: um Layout-Auswirkungen zu vergleichen**

Versuch

Vorstudie – Ergebnisse

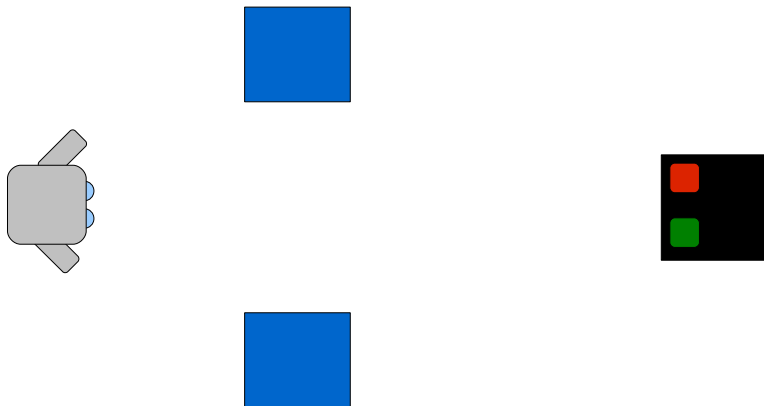
- **Klassifikationsrate ist abhängig vom Reiz!**
 - bei 5 Blitzen und 4 (!!)
Optionen: ca. 95%
- **2x3 vs. 3x2 ergibt keine signifikanten Unterschiede!**



Versuch

Ablauf

- 1) System präsentiert Optionen (Objekte)
- 2) Benutzer wählt durch ansehen
- 3) Roboter navigiert zum Objekt und nimmt es auf
- 4) Benutzer wählt Destination
- 5) Roboter navigiert zur Destination und legt Objekt ab



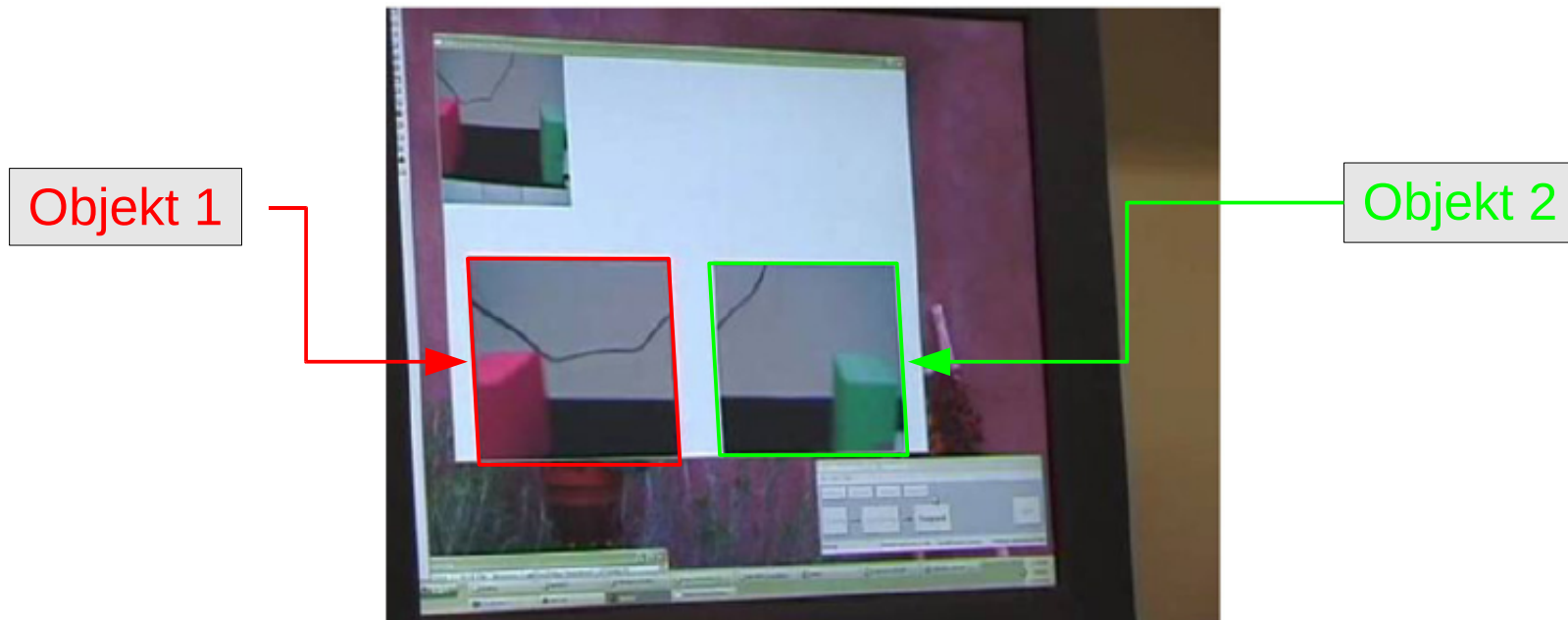
Versuch

Kommentare

- **Der Mensch gibt vor, WAS zu tun ist, nicht WIE!**
- **Aufgaben des Roboters:**
 - Bildverarbeitung (finden der Objekte, finden der Tische)
 - Aufnehmen der Objekte
 - Navigation (zu den Objekten, Tischen)

Interface Übersicht

- **Roboter erkennt Objekte (Bildverarbeitung)**
- **Ausschnitte des Kamerabildes gezeigt**
 - Alle erkannten Objekte kriegen ein eigenes Bild
 - Bildausschnitte werden mittels P300-Verfahren ausgewählt



Ergebnisse

- **Komplexes Gerät erfolgreich durch P300-Ansatz gesteuert**
- **asynchrone Steuerung: „future work“**

Vergleichende Betrachtung

- **Beide Systeme steuern komplexes System über P300**
- **Langsamkeit des BCI ausgeglichen durch teilautonome Steuerung**
- **Über das BCI werden nur Optionen ausgewählt, das System führt Befehle autonom aus**

Ende!

Fragen? Diskussion?

**Vielen Dank für
eure
Aufmerksamkeit!**

