

Self-Paced BCI Control of a Wheelchair in Virtual Environments



Das Paper

- „Self-Paced (Asynchronous) BCI Control of a Wheelchair in Virtual Environments: A Case Study with a Tetraplegic“
- Robert Leeb, Doron Friedman, Gernot R. Müller-Putz, Reinhold Scherer, Mel Slater und Gert Pfurtscheller
- Veröffentlichung: Computational Intelligence and Neuroscience, 2007

Inhalt

- **Motivation**
- Synchrone vs. asynchrone BCIs
- Das Experiment
- Ergebnisse

Motivation

Rehabilitation in kontrollierter Umgebung


- Motorisches Lernen in VR möglich
- Übertragen des Gelernten in die Wirklichkeit
- Generalisierung auf ungelernte Aufgaben
- Aber: VR keine Behandlung

Inhalt

- Motivation
- **Synchrone vs. asynchrone BCIs**
- Das Experiment
- Ergebnisse

Synchrone vs. asynchrone BCIs

Synchrone BCIs

- SSVEP und P300 fordern unintuitive Aktionen
 - z.B. blinkendes Objekt anschauen
- Externer Stimulus notwendig („Trigger“)
 - System trifft zeitliche Entscheidung
- Unnatürliche Mensch-Maschine-Interaktion 

Synchrone vs. asynchrone BCIs

Asynchrone BCIs

- Kontinuierliche Analyse der Gehirnaktivität
 - Mustererkennung in Wellenverläufen
- Versuchsperson steuert zeitlichen Verlauf
- Intentional-control und non-control state (IC/NC)
- Aber:
 - deutlich komplexer im Design
 - Validierung

Synchrone vs. asynchrone BCIs

Validierung

- Rate erfolgreicher Wechsel zwischen IC/NC und ungewollter Wechsel (true positive rate, false positive rate, TP/FP)
- Berechnung von TP/FP benötigt tatsächliche Intention
 - System fordert Statuswechsel
 - Versuchsperson muss Wechsel bestätigen
- Aber:
 - System trifft erneut zeitliche Entscheidungen
 - Antworten beeinflussen EEG

Synchrone vs. asynchrone BCIs

Validierung revisited

- Kontrolle über IC/NC in Aufgabe integrieren
 - Aufgabe nur mit ausreichend Kontrolle erfüllbar
- Messung indirekt über den Aufgabenerfolg
 - Keine konkrete Werte für TP-/FP-Rate messbar
 - Hohe TP-, niedrige FP-Rate durch Erfolg induziert

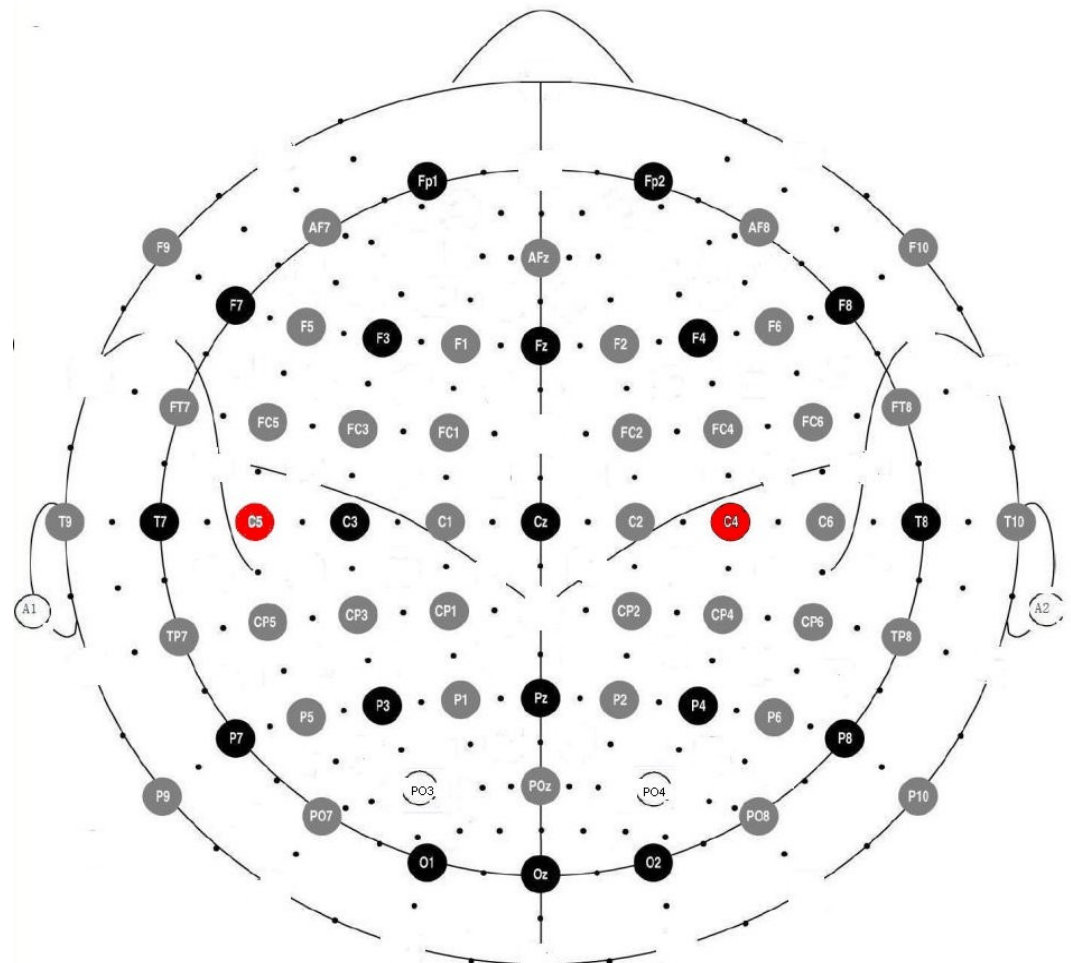
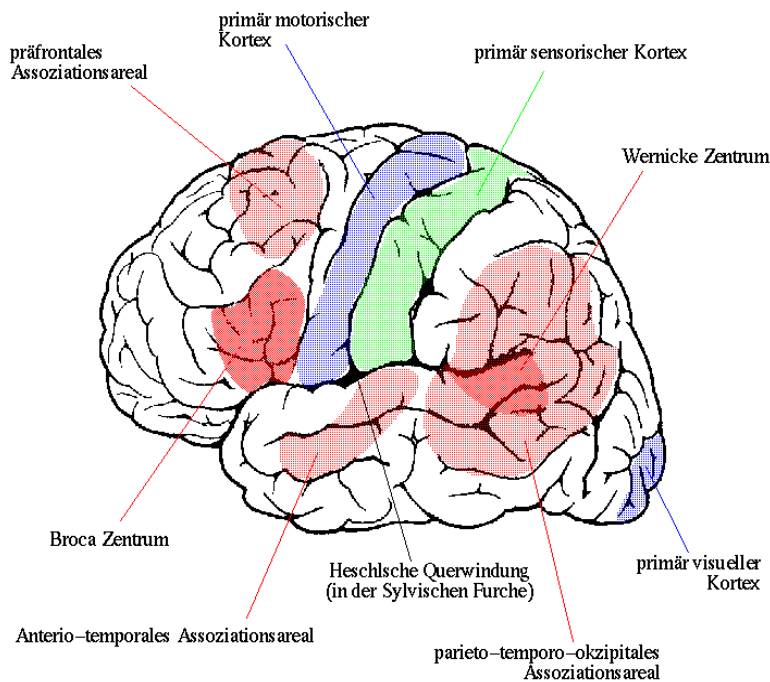
Das Experiment

Die Versuchsperson

- 33 Jahre alt, männlich
- Traumatische Verletzung des Rückenmarks 1998
- Vollständige motorische und sensorische Läsion unterhalb C5, unvollständige Läsion unter C5
- Navigation durch Vorstellung von Fußbewegung

Das Experiment

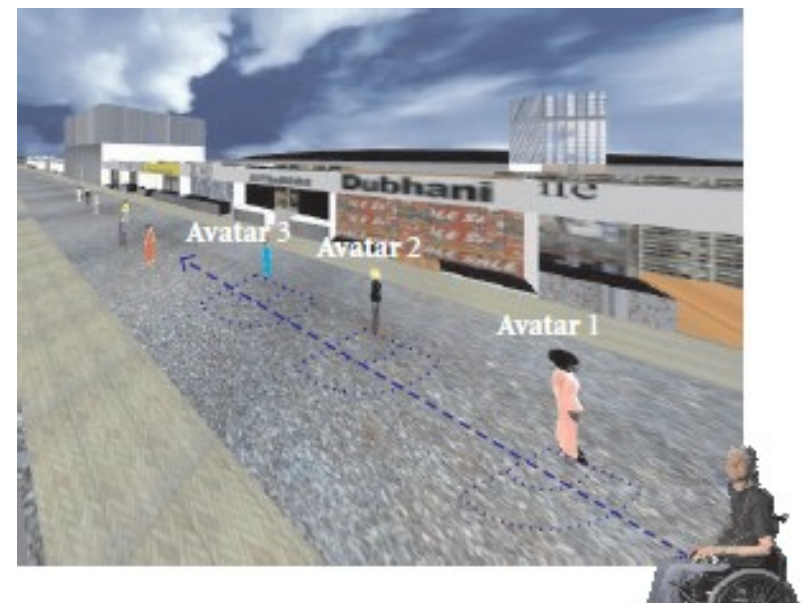
Die Versuchsperson



Das Experiment


Die Umgebung

- Versuchsperson mit Rollstuhl in CAVE
 - 4 projizierte Flächen (3 Wände + Boden)
- Datentransfer zwischen BCI und VR alle 40 ms
- Szenario:
 - Straße mit beidseitigen Shops (65 LE)
 - 15 Avatare entlang der Straßenmitte




Das Experiment

Datenerfassung ...

- Je ein einfacher EEG Kanal 2.5cm anterior und posterior der Cz Position 
- Ground-Elektrode bei Fz
- Bandpassfilter auf 0.5 – 30 Hz
- Samplefrequenz von 250 Hz

Das Experiment

... und Signalverarbeitung

- Quadrat, Mittelwert und Logarithmus von Spannungsmerkmal
- Schwellwert zur Unterscheidung von IC/NC (threshold)
 - $TH = \bar{x} + 3 * SD$ 
 - ~ 99,85% Gaussverteilung
- Keine Verweildauer oder Refraktärzeit

Das Experiment

Die Aufgabe

- Navigation von Avatar zu Avatar (1.25 LE/s)
- Kommunikation mit jedem der Avatare
 - Unsichtbare Kommunikationssphäre (0.5 – 2.5 LE)
 - Zeitfenster von ca. 1.6s (2 LE)
 - Gespräch nach 1s Stillstand

Die Ergebnisse

- 10 Durchläufe in 2 Tagen
- Versuchsperson hielt bei 90% der 150 Avatare
 - 4x mit 100% der Avatare kommuniziert
- Mittlere Dauer der Bewegungsvorstellung $1.58s \pm 1.07s$
- Bei 11 der 15 verpassten Avatare:
 - Versuchsperson hielt innerhalb der Sphäre
 - Aber: Haltezeit von 1s nicht eingehalten