



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Nicht-invasive Messung und Auswertung von Biosignalen zur Entwicklung eines Brain-Computer-Interfaces

Vortrag zum Projekt:

Der spinale Querschnitt – Wege aus der Hilflosigkeit unter Nutzung modulierter Hirnströme

Referent: Dominik Wetzel

Workshop: „Mathematik in Forschung und Lehre“ – Waschleithe 2017

Kooperationspartner:



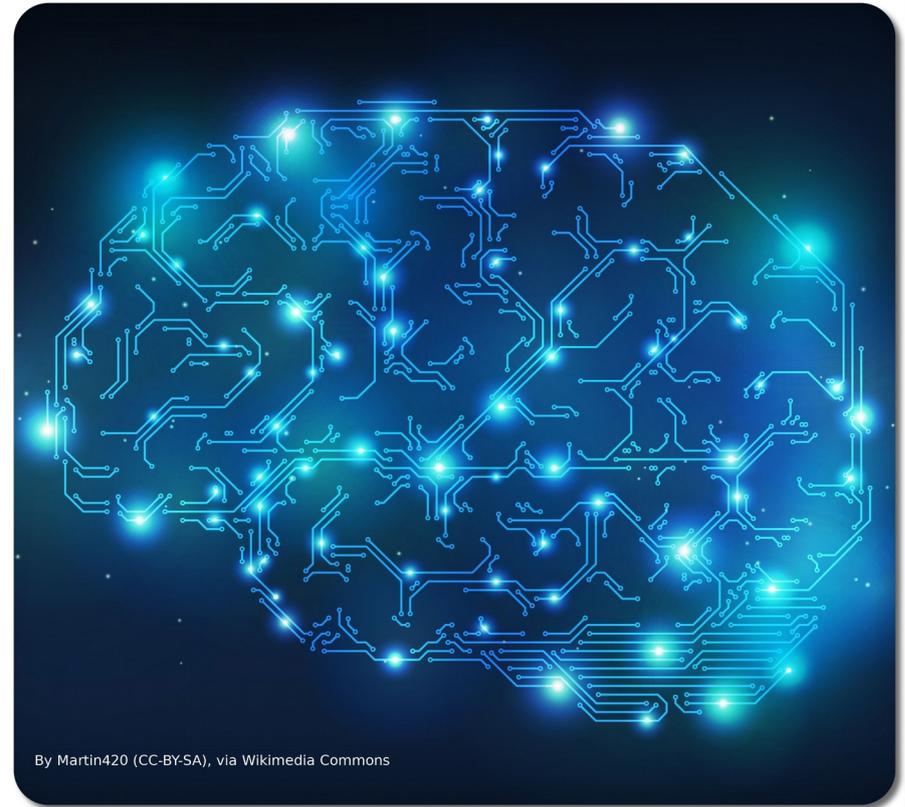
UNIVERSITÄT LEIPZIG



Europa fördert Sachsen.
ESF
Europäischer Sozialfonds

Inhalt

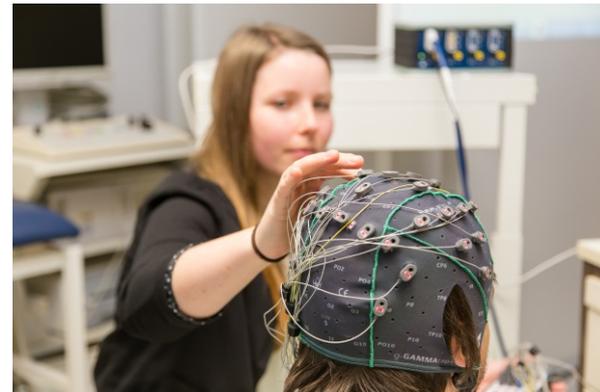
- Überblick
- Messungen
- EMG Auswertung
- EEG Auswertung
- Stimulation
- Ausblick
- Zusammenfassung



[1]

Forscherguppe

- Gründung einer Nachwuchsforschergruppe im August 2016
- Interdisziplinäres Team
- Leitung: Prof. Dr. Ralf Hinderer, Prof. Dr. Silke Kolbig
- Einsatz von Brain Computer Interfaces in der Medizin



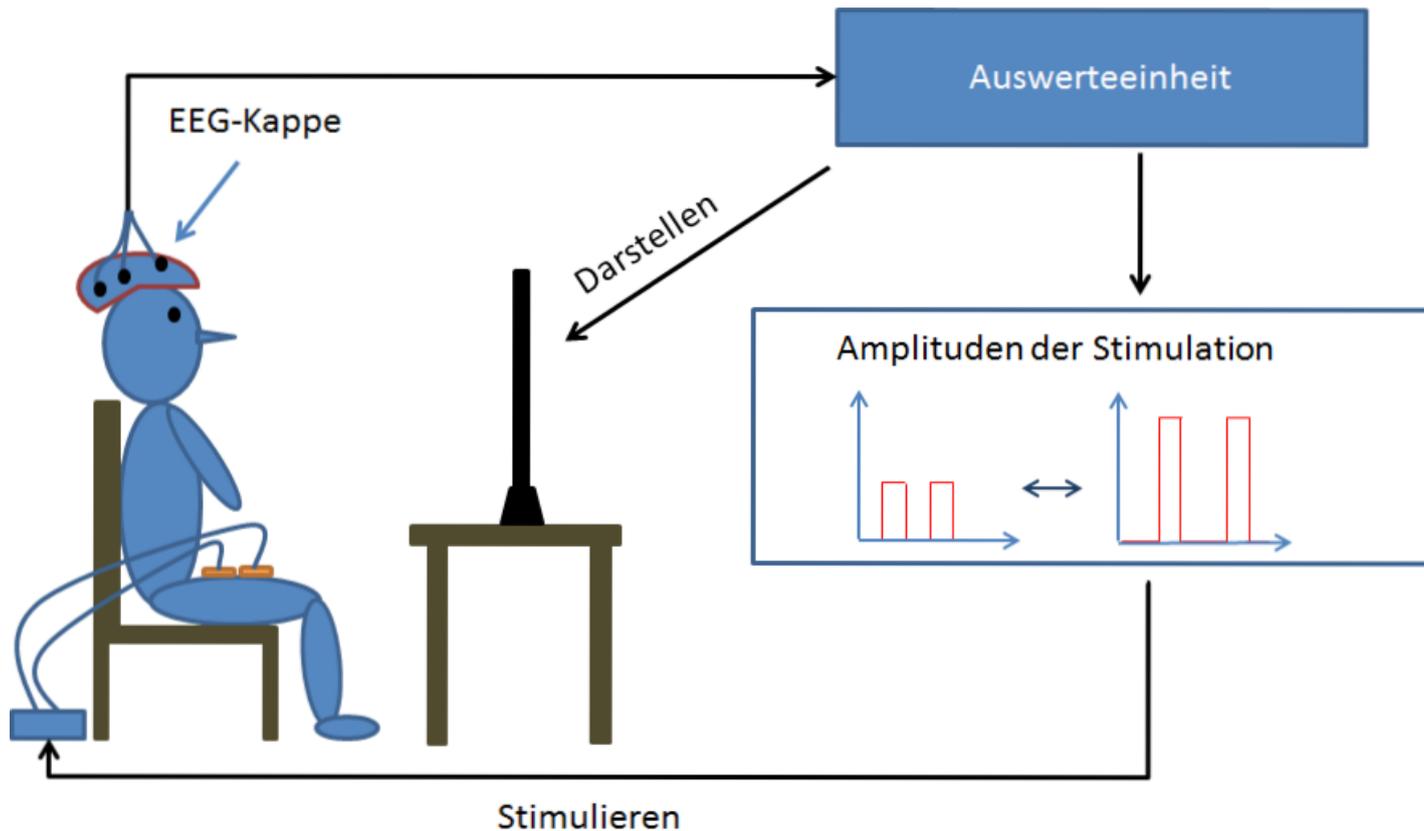
Elektrische Biosignale

- „elektrische Spannung als Ergebnis biologischer Aktivitäten“[2].
- z. B.:
 - Elektrokardiogramm (EKG) → Herzaktivität
 - Elektrookulographie (EOG) → Augenbewegung
 - Elektroenzephalographie (EEG) → Hirnströme
 - Elektromyographie (EMG) → Muskelpotentiale

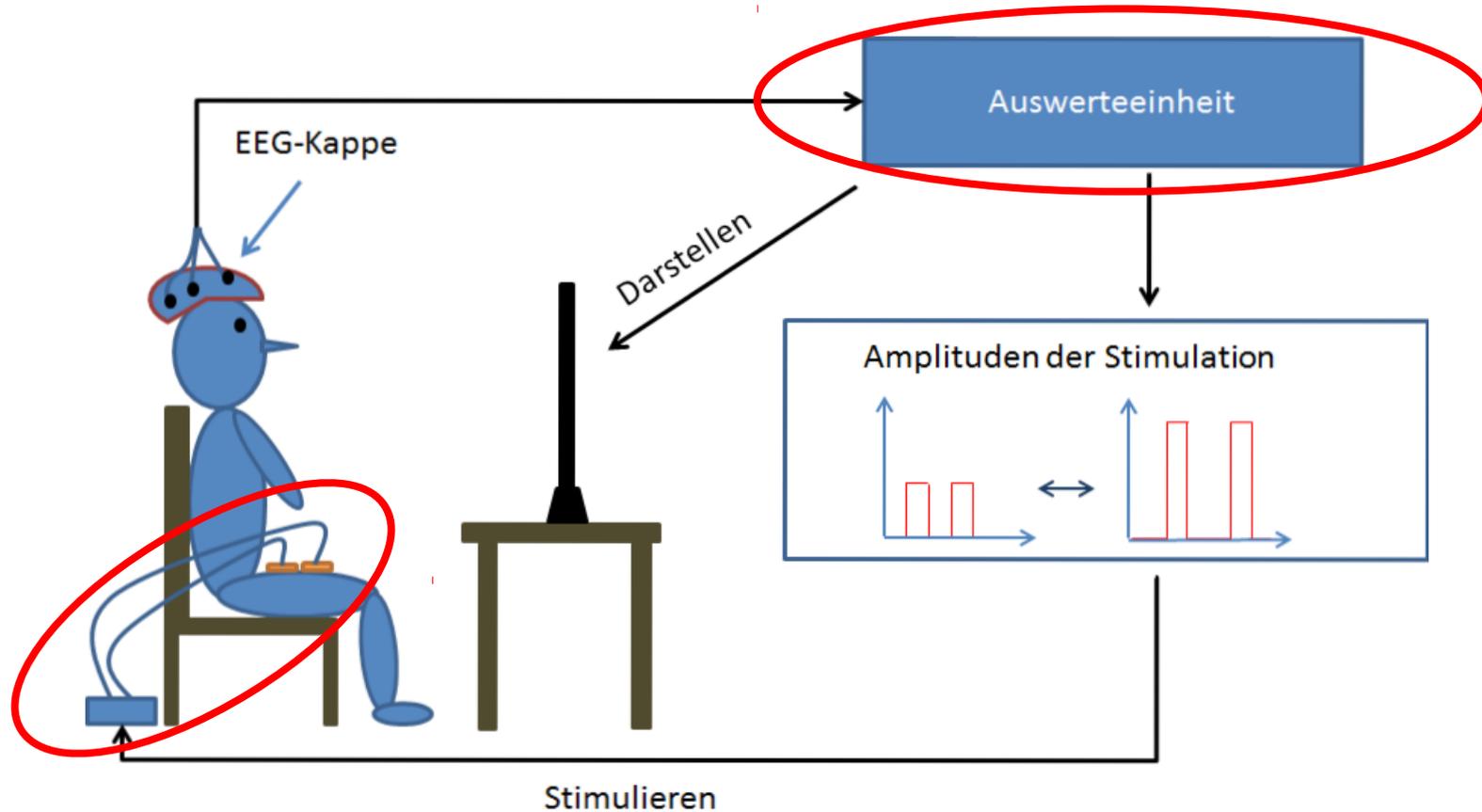
Elektrische Biosignale

- „elektrische Spannung als Ergebnis biologischer Aktivitäten“[2].
- z. B.:
 - Elektrokardiogramm (EKG) → Herzaktivität
 - Elektroofulographie (EOG) → Augenbewegung
 - Elektroenzephalographie (EEG) → Hirnströme
 - Elektromyographie (EMG) → Muskelpotentiale

Forschungsidee

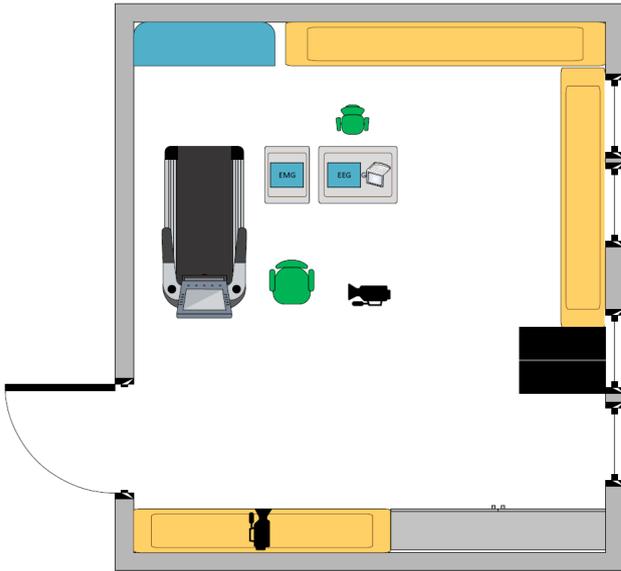


Forschungsidee

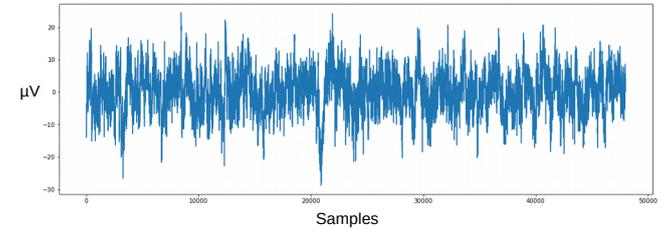


Messungen

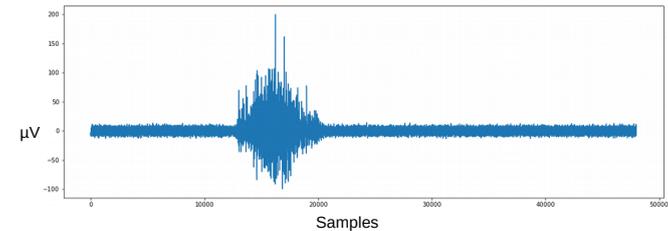
Messplatz → Vorbereitung → Versuchspläne



EEG – Daten

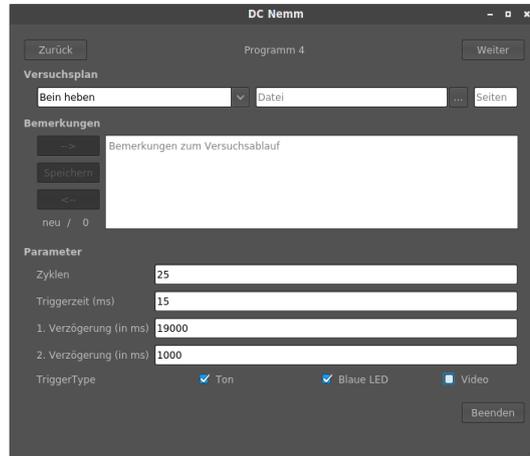


EMG – Daten

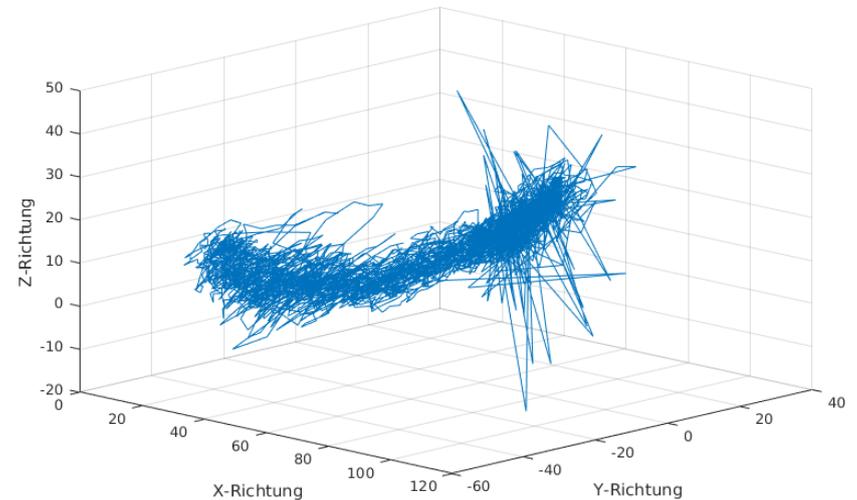


Messungen

Triggerbox (Synchronisierung) + Beschleunigungssensor

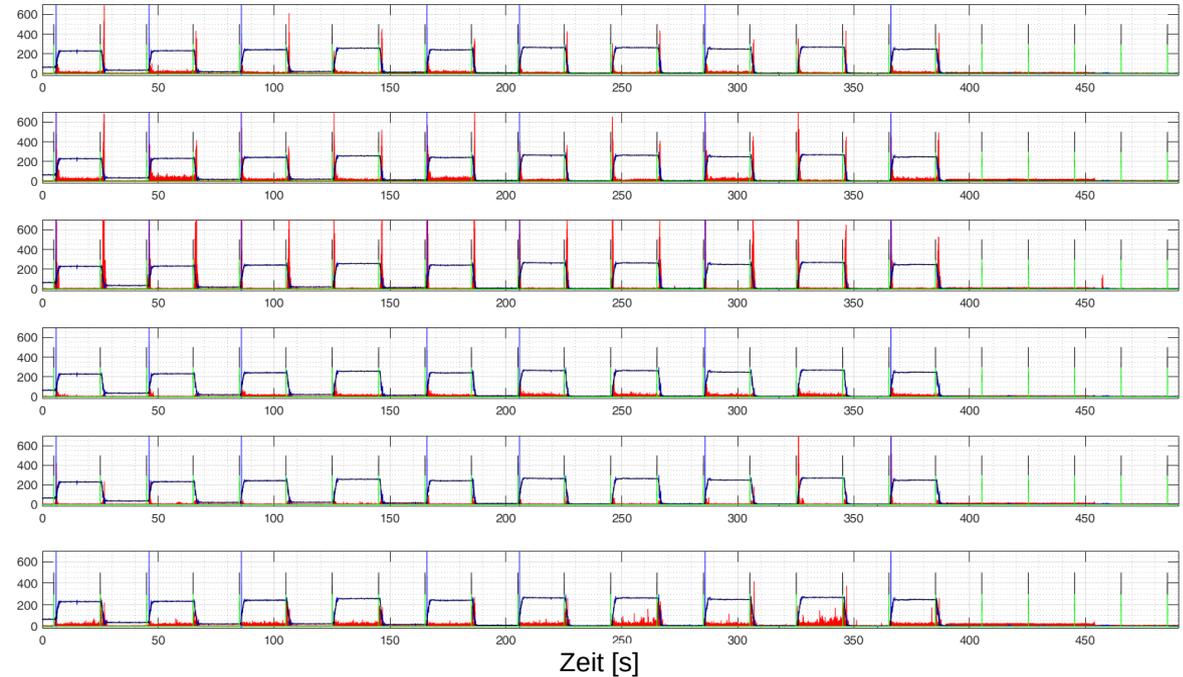
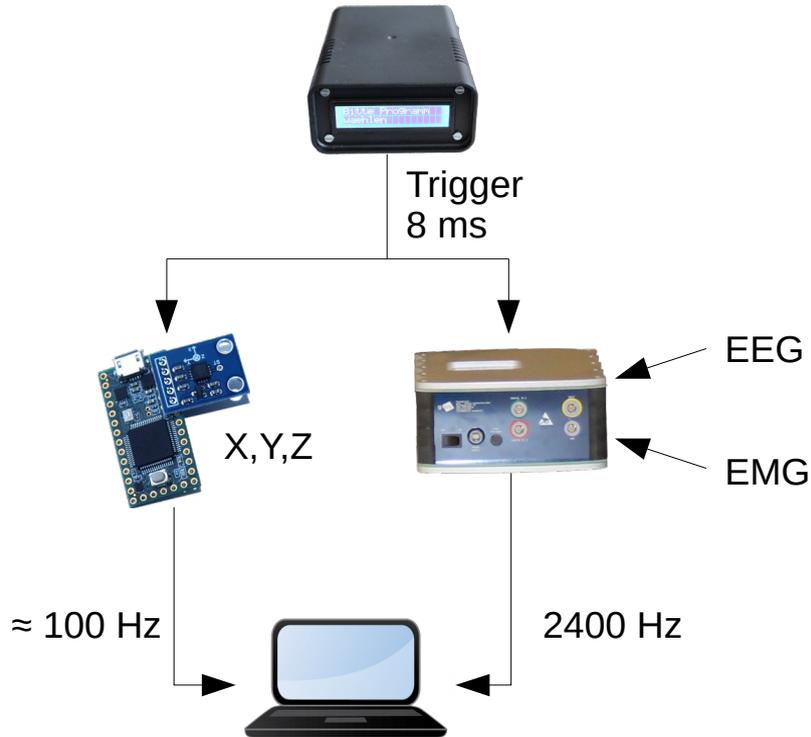


Signal →
Bewegung



Synchronisierung der Daten

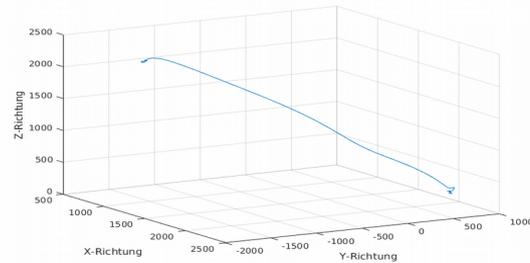
- Fehlende Trigger + Upsampling



– EMG Daten – Winkel Daten – Trigger Gtec – Trigger Box

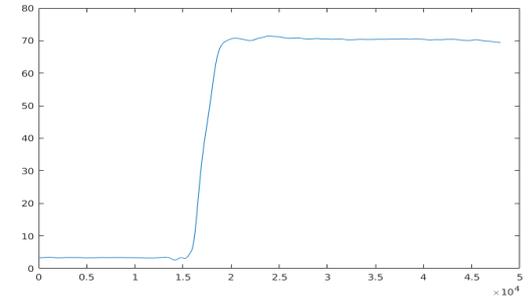
Auswertung EMG – Daten

- Beschleunigungssensordaten
 - Glätten + Umrechnung auf Winkeldaten

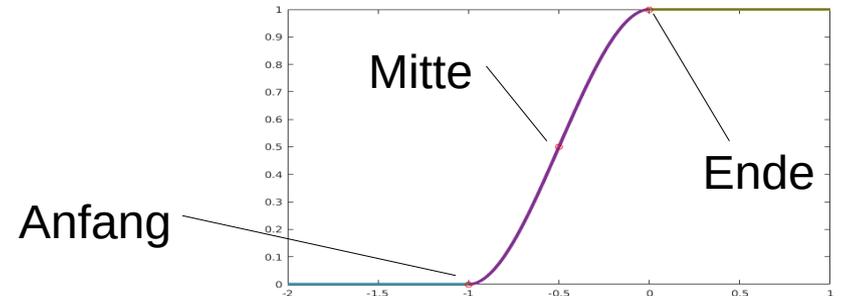


$$\angle(x, y, z) = \frac{180}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{x\tilde{x} + y\tilde{y} + z\tilde{z}}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)(\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2 + \tilde{z}^2)}} \right)$$

mit $\tilde{w} = \frac{1}{b} \sum_{i=m-b}^m w_i$, mit $m =$ Gesamtanzahl Samples
und $b =$ Anzahl Samples der letzten 5 Trials (in Ruhe)



- Anpassen an Modellfunktion
(Konstanten + Polynome 3. und 6. Grades)
 - Anfangs- und Endpunkte
 - Mitte der Bewegung



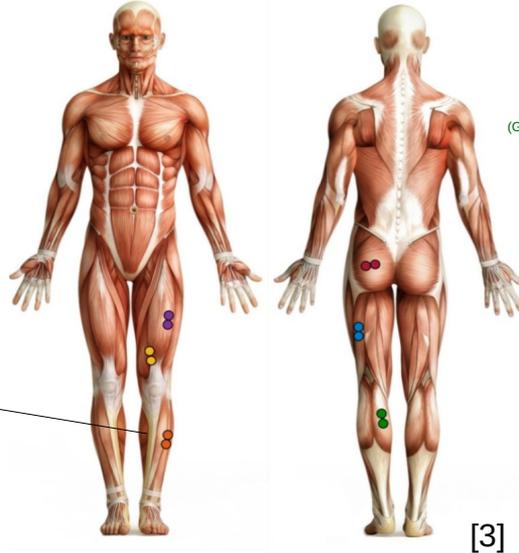
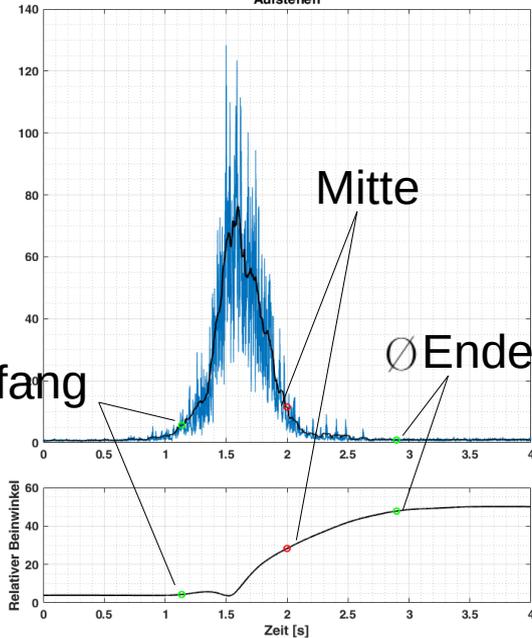
Auswertung EMG – Daten

- Ausrichtung Muskeln und Trials mit Winkeldaten

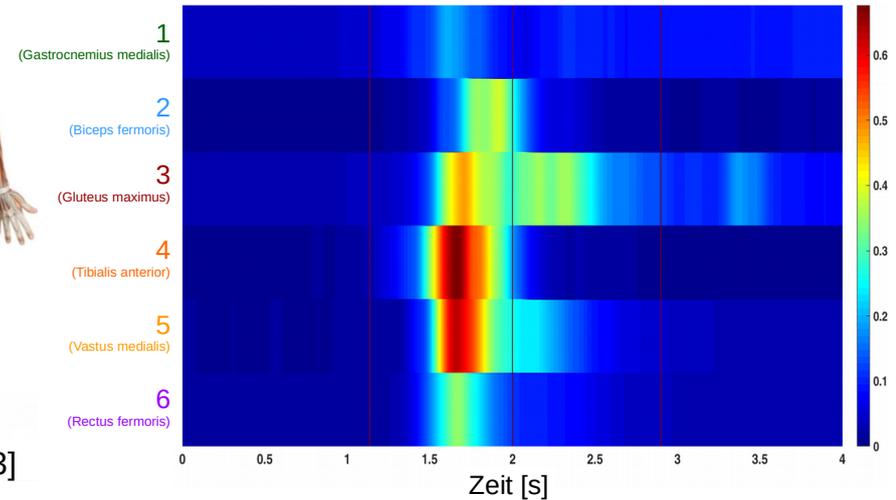
→ Ablauf Bewegung

Musculus Tibialis anterior (Schienbein, aussen)

Aufstehen



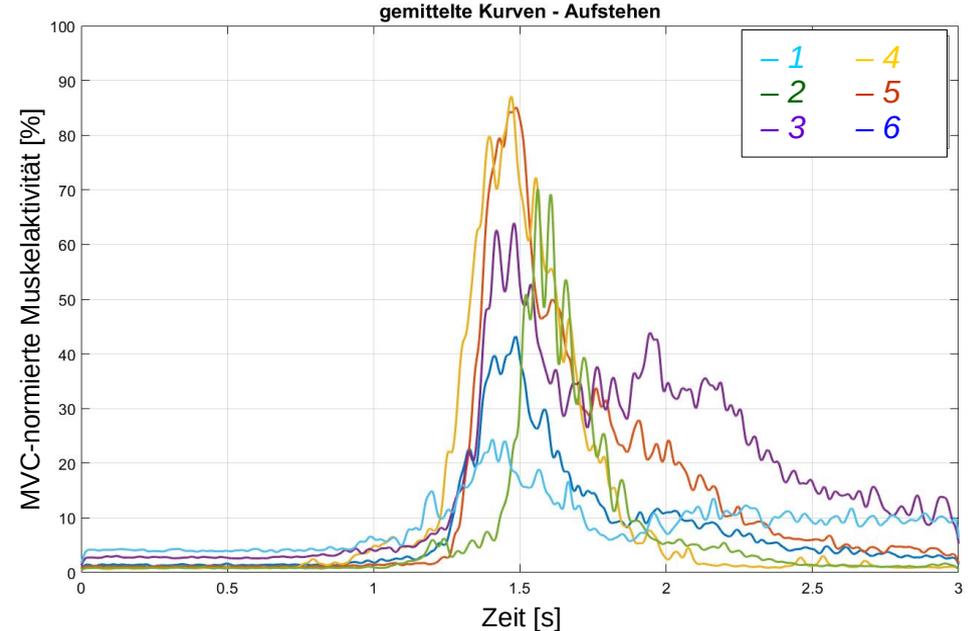
Aufstehen



Maximal Voluntary Contraction (MVC)

- Bestimmung vor (eigentl.) Messung
- Anspannung gegen festen Gegenstand
- Berechnung relativer Kraft
→ Vergleichbarkeit

$$F_{rel} = \frac{EMG}{MVC}$$



Ziel der EEG Auswertung

- Erkennung Bewegungsintention
 - Welche Bewegung?
 - Intensität?

Ziel der EEG Auswertung

- Erkennung Bewegungsintention
 - Welche Bewegung?
 - Intensität?
- Klassifizierung der Bewegung
 - anschließend Stimulationsprotokoll

Ziel der EEG Auswertung

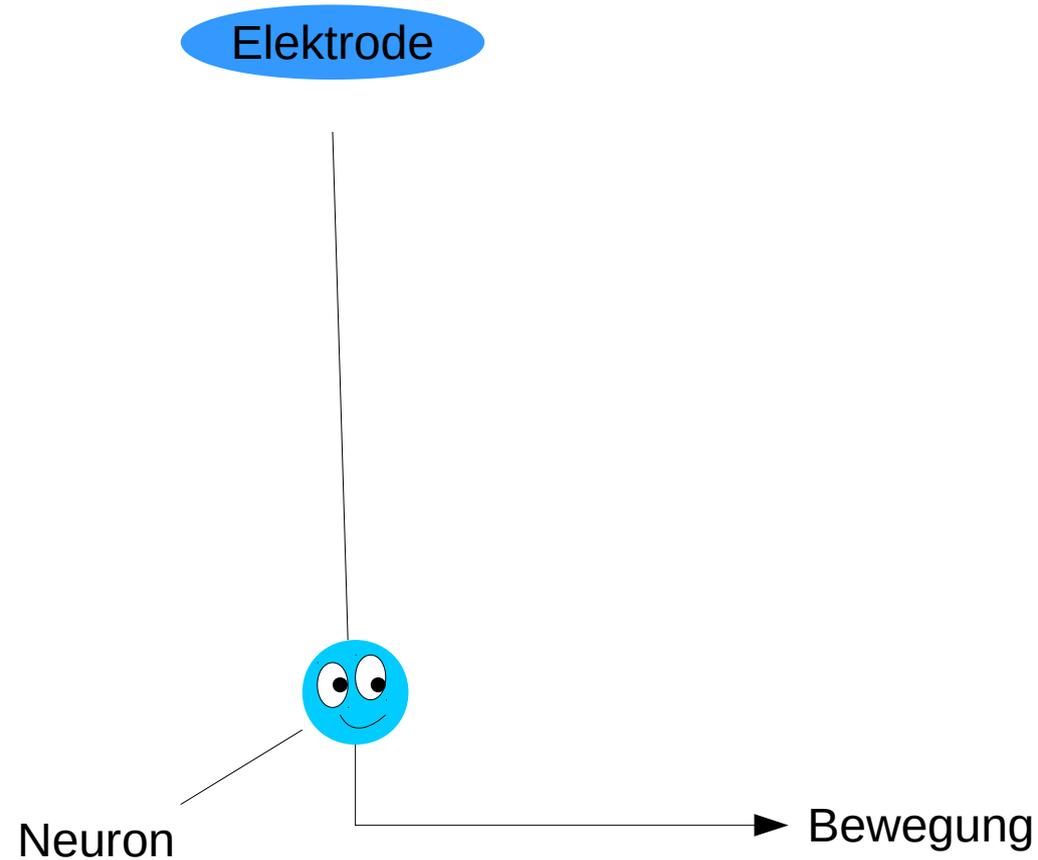
- Erkennung Bewegungsintention
 - Welche Bewegung?
 - Intensität?
- ~~• Klassifizierung der Bewegung
 - anschließend Stimulationsprotokoll~~

Ziel der EEG Auswertung

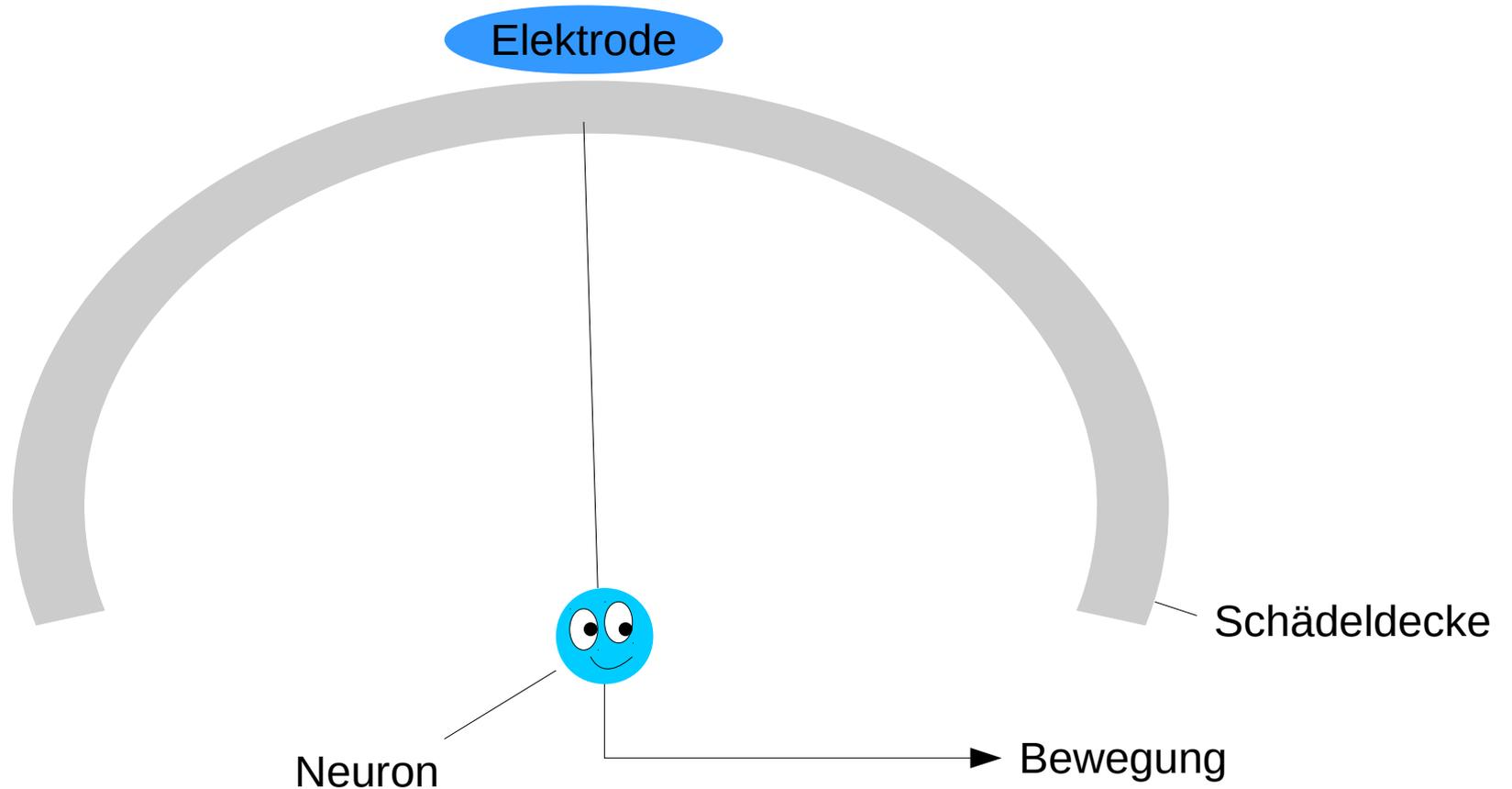
- Erkennung Bewegungsintention
 - Welche Bewegung?
 - Intensität?
- ~~• Klassifizierung der Bewegung
 - anschließend Stimulationsprotokoll~~
- Proband lernt mit Gerät
 - Bereitstellung Schnittstelle



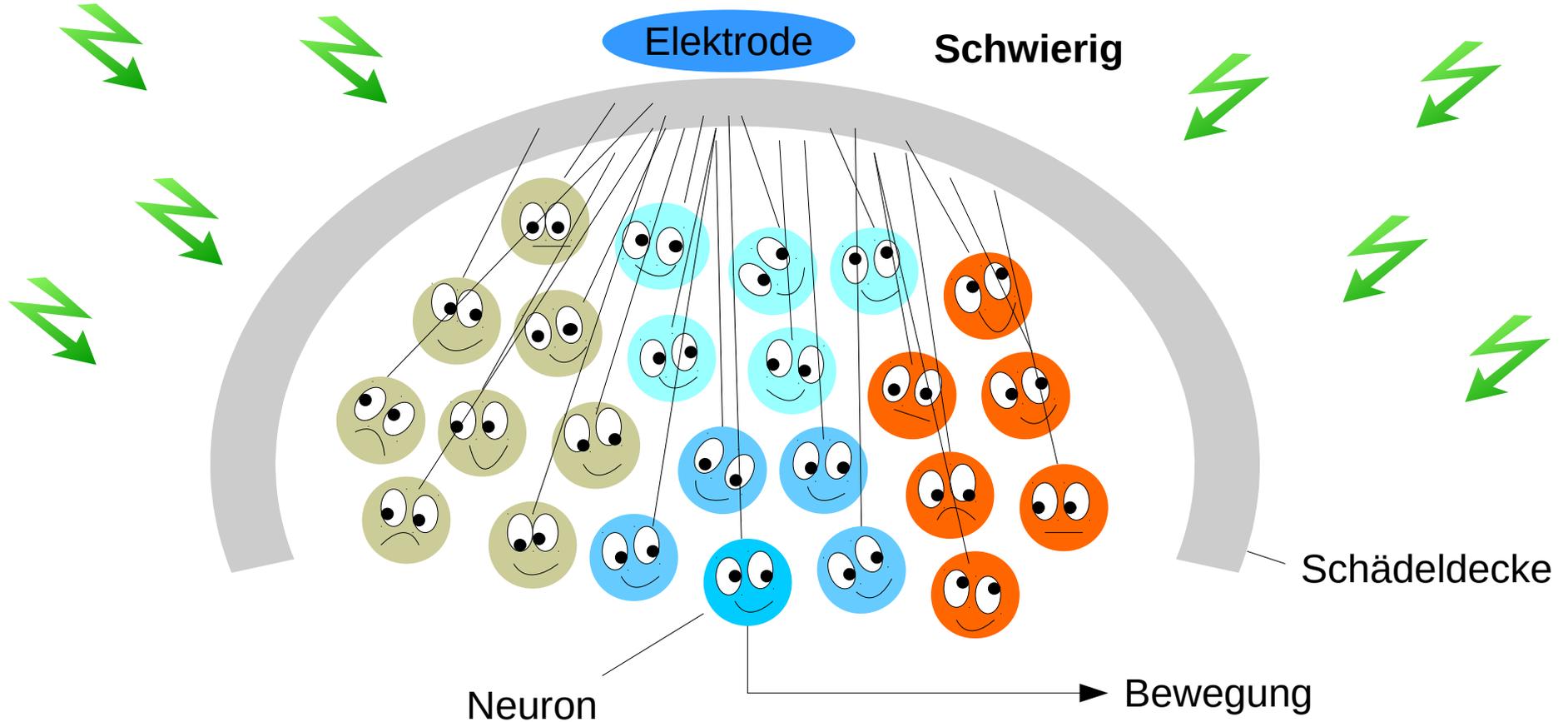
Problem



Problem



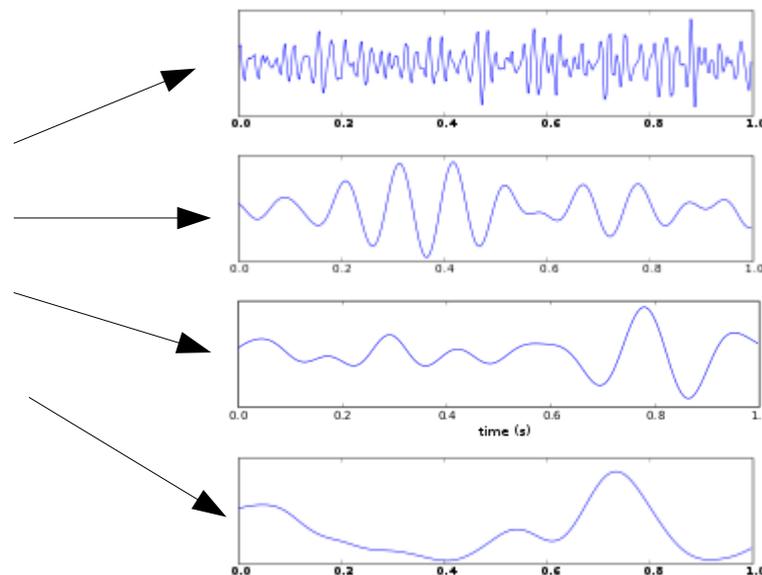
Problem



Aufbau EEG – Signal

- Verschiedene Frequenzbänder

Wellenart	Frequenz [Hz]	Auftreten
β	13 – 30	Wach, Augen auf, Denken
α	8 – 13	Wach, Augen zu
θ	4 – 7	Leichter Schlaf, psychische Störungen, Stress
δ	0,5 – 3	Tiefschlaf
μ	8 – 25	Vorstellung und Durchführung einer Bewegung

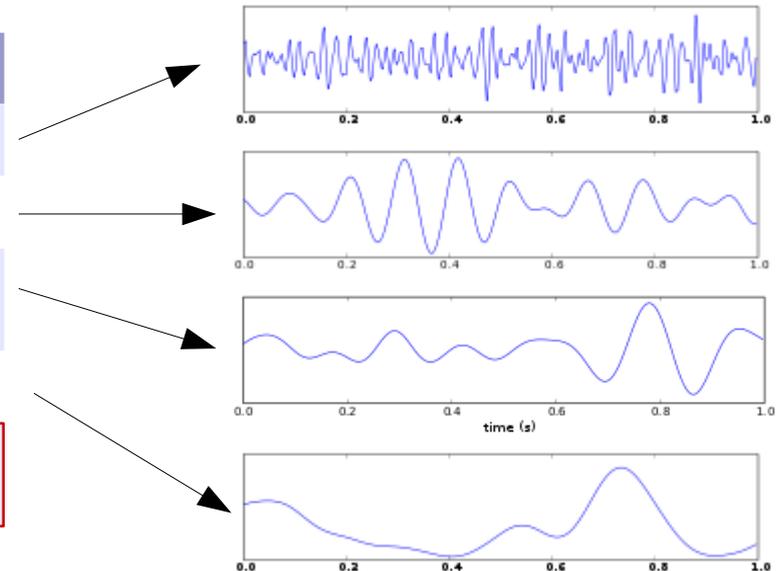


[6]

Aufbau EEG – Signal

- Verschiedene Frequenzbänder

Wellenart	Frequenz [Hz]	Auftreten
β	13 – 30	Wach, Augen auf, Denken
α	8 – 13	Wach, Augen zu
θ	4 – 7	Leichter Schlaf, psychische Störungen, Stress
δ	0,5 – 3	Tiefschlaf
μ	8 – 25	Vorstellung und Durchführung einer Bewegung

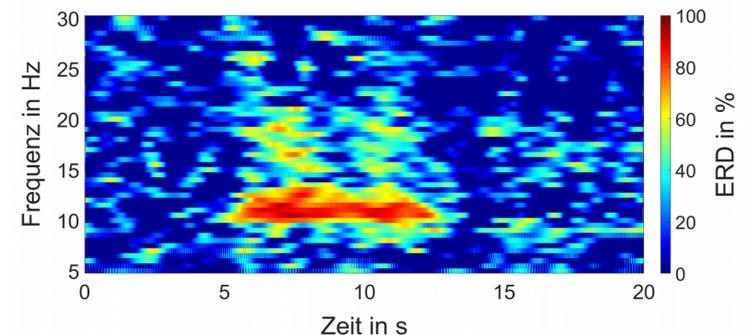


[6]

Event Related Desynchronisation (ERD)

- Bei Ausführung / Vorstellung Bewegung
→ Leistungseinbruch im μ -Band
- Berechnung:
 - Bandpass-Filter (8-11Hz) → Quadrieren (Bandpower)
 - Mitteln über Bereich in Ruhe = $Leistung_{ref}(f)$
 - $ERD = \frac{Leistung_{ref}(f) - Leistung(f, t)}{Leistung_{ref}(f)}$

Mittelung über alle Trials

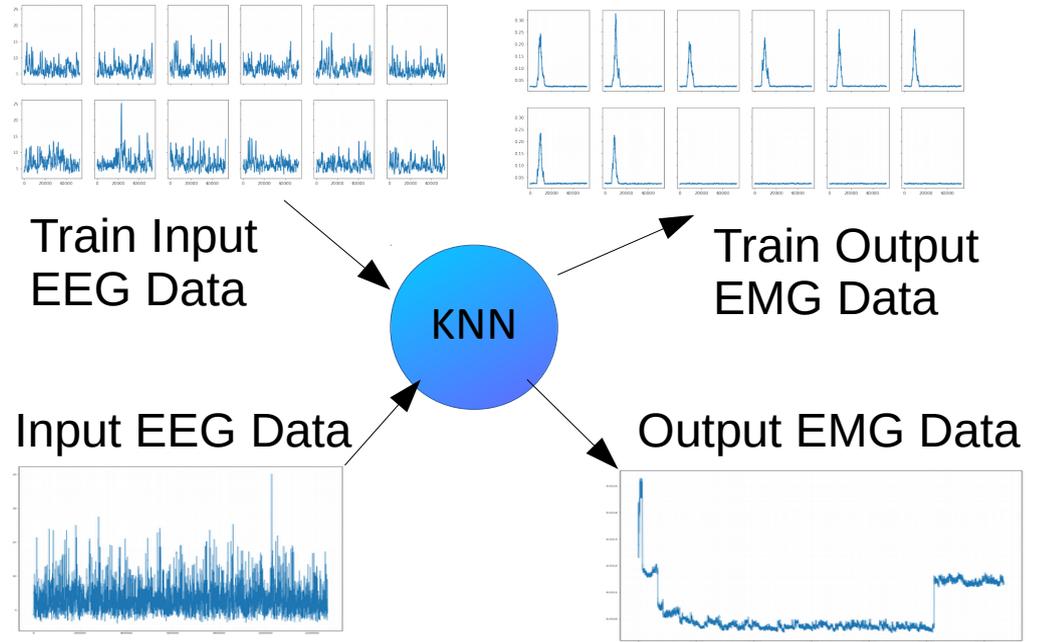


Event Related Desynchronisation (ERD)

- Online-Berechnung benötigt Ruhephase
 - Erreichen Ruhephase?
 - Entspannungsmusik?
 - Andere Techniken?
- Bewegungsdetektion anhand Threshold in Bandpower
→ ungünstig, da Artefakte
- Andere Merkmale?

Künstliche Neuronale Netze

- Transformation lernen
EEG → EMG
- Ausgabe für Stimulation
- Vorverarbeitung:
 - EEG-Daten
(Laplace-gefiltert + RMS)
 - EMG-Daten (Muskel RMS)
- Recurrent Network (nutzt temporale Information)
→ bisher nicht erfolgreich

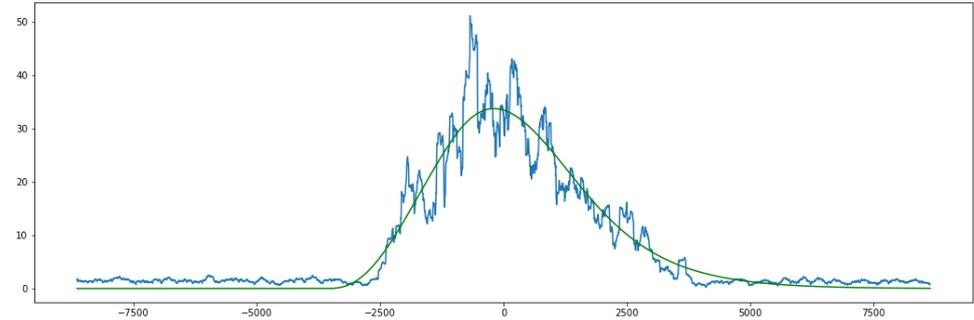


$$RMS_i = \frac{1}{w} \sqrt{\sum_{j=0}^{w-1} x_{i+j}^2} \text{ mit } i = \{0, 1, \dots, m - w\},$$

w = Fenstergröße und m = Gesamtanzahl Samples

Künstliche Neuronale Netze

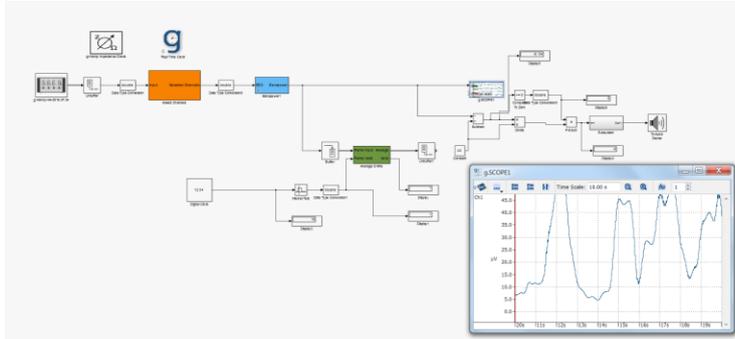
- Andere Merkmale?:
 - Statistische Kenngrößen
 - Autokorrelation
 - Leistungsspektrum
 - Wavelet Transformation
- Reduktion Varianz:
 - Fit der EMG-Daten auf Modellfunktion (z. B. schiefe Glockenkurve)
 - Filterung Eingangssignale



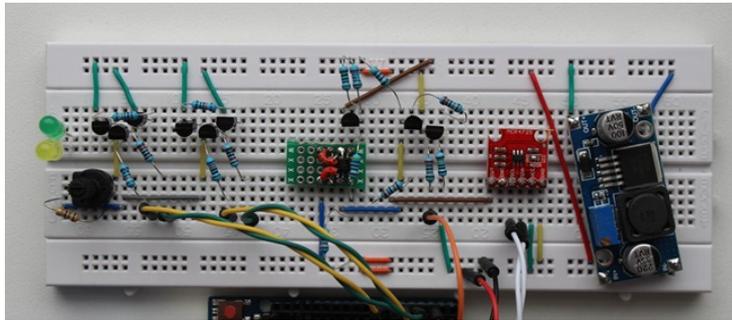
$$\mathcal{N}_s(X, \mu, \sigma^2, \lambda) \approx 2\mathcal{N}(X, \mu, \sigma^2) \begin{cases} 0 & \lambda X < -3 \\ \frac{1}{16}(9X + 3X^2 + \frac{X^3}{3} + 9) & -3 \leq \lambda X < -1 \\ \frac{1}{8}(3X - \frac{X^3}{3} + 4) & -1 \leq \lambda X < 1 \\ \frac{1}{16}(9X - 3X^2 + \frac{X^3}{3} + 7) & 1 \leq \lambda X < 3 \\ 1 & 3 \leq \lambda X \end{cases} \quad [7]$$

Stimulation

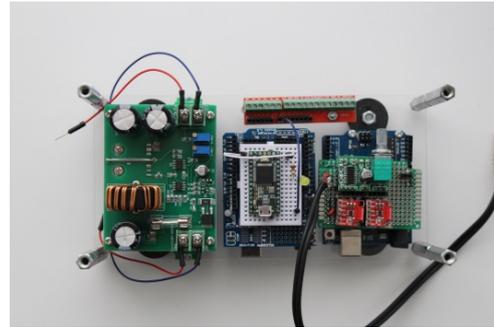
Online-Auswertung EEG



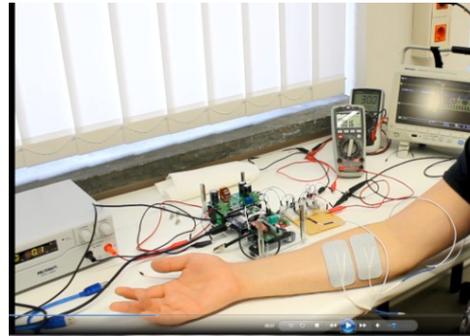
Verstärkung und Zuschalten des Stimulationssignales



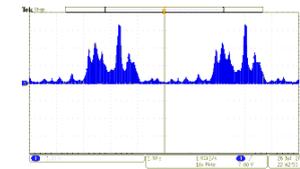
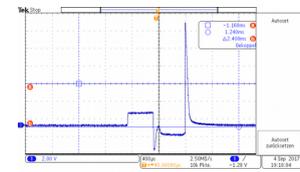
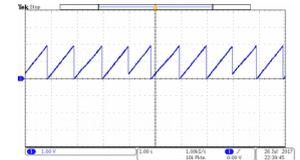
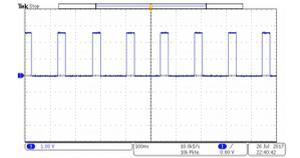
Erzeugung der Stimulationssignale



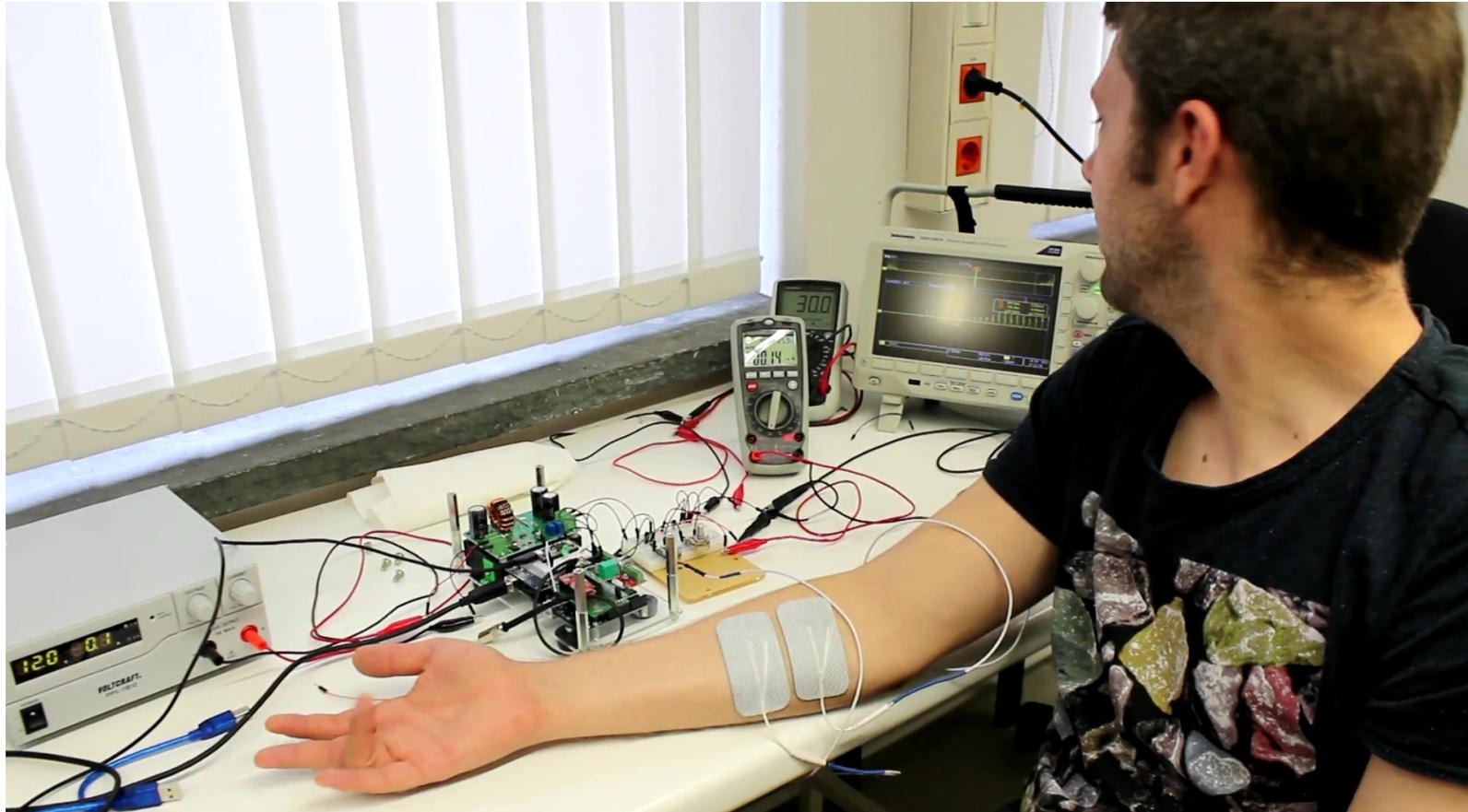
Muskelstimulation



Stimulationssignale



Stimulation



Weiteres Vorgehen

- Evaluierung verschiedener EEG-Merkmale
- Weiterentwicklung Bewegungsdetektion im EEG
- Finden geeigneter Stimulationsparameter
- Ansteuerung physischen Gerätes zum Testen und Training

 sphero



[8]

Zusammenfassung

- Aufnahme von EEG- und EMG-Daten
 - Entwicklung Messplatz und Versuchsablaufplan
- Auswertung der EMG-Daten
 - Ablauf der Bewegung und relative Muskelkraft
- Auswertung der EEG-Daten
 - ERD zur Bewegungsdetektion, suchen geeigneter Alternativen
- Stimulationssystem
 - Ansteuerung möglich, finden geeigneter Parameter

Quellen

- [1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brain_anatomy_medical_head_skull_digital_3_d_x_ray_xray_psychedelic_3720x2631.jpg
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Biosignal>, besucht am 07.09.2017
- [3] https://letsbands.com/media/olegnax/athlete/blog/Fotolia_45501169_M.jpg
- [4] <https://pixabay.com/en/quadrocopter-camera-drone-fly-1658967/>
- [5] <https://pixabay.com/en/controller-joystick-playstation-161579/>
- [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektroenzephalografie>, besucht am 07.09.2017
- [7] Samir K. Ashour, Mahmood A. Abdel-hameed, Approximate skew normal distribution, Journal of Advanced Research, Volume 1, Issue 4, 2010, Pages 341-350, ISSN 2090-1232, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2010.06.004>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209012321000069X>)
- [8] <https://store.sphero.com>, besucht am 08.09.2017

Fragen/Diskussion

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

