

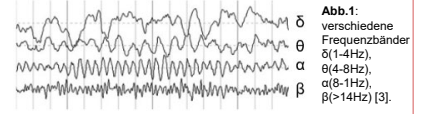


Ziel

Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer Demo-Applikation, die mithilfe der EEG-Daten über ein Headset (Muse-Headset, Muse™) angesteuert wird und ein visuelles Feedback über die Gehirnaktivität oder Artefakte aufzeigt. Hierfür werden bei Tests an Probanden kognitive bzw. physische Reize ausgelöst und deren Signalantworten auf Robustheit und Reproduzierbarkeit untersucht.

Einleitung

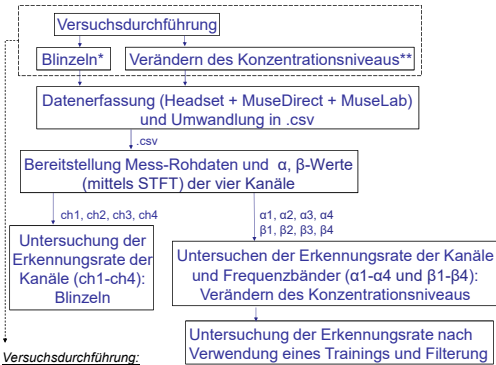
Die Elektroenzephalographie (EEG) ist eine kostengünstige, nicht invasive Methode, bei der die elektrische Aktivität des Gehirns in Form von Wellenmustern aufgezeichnet wird. Dadurch lassen sich unter anderem Anfallskrankheiten, Schlafstörungen und strukturelle Fehlbildungen des Gehirns feststellen [1]. Zur Aufzeichnung werden Elektroden auf die Kopfhaut des Patienten geklebt. Die Elektroden sind über Drähte mit einem Elektroenzephalograf verbunden, welcher den zeitlichen und örtlichen Verlauf der an der Kopfoberfläche gemessenen Potentialdifferenzen registriert [2]. EEG-Rhythmen werden per Konvention in mehrere Frequenzbänder unterteilt. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen α -, β -, γ -, δ - und θ -Wellen (siehe Abb. 1), welche sich je nach Gehirnaktivität in Frequenzen zwischen 1 Hz und 100 Hz unterteilen [3].



EEG-Signale können allerdings nicht nur nach Krankheitsbildern untersucht werden, sondern bieten über eine geeignete Signalverarbeitung auch die Möglichkeit, Prothesen oder Computeranimationen anzusteuern. Durch eine Analyse der Frequenzanteile in den Frequenzbändern im zeitlichen Verlauf kann auf die Gehirnaktivität zurück geschlossen werden. Außerdem erzeugen unterschiedliche Stimuli verschiedene Charakteristika im Signalverlauf, nach welchen im EEG-Signal abgetastet wird, um bei einer Detektion eine gewünschte Aktion in der Ansteuerung zu realisieren.

Methode

Versuchsablauf zur Untersuchung verschiedener Stimuli:



* **Blinzeln:** Proband blinzelt auf Anweisung.
 ** **Verändern des Konzentrationsniveaus:** Proband stellt sich auf Anweisung abwechselnd im 10 Sekunden Intervall den Bewegungsablauf von Laufen und Stehen vor.

Abb. 2: Versuchsablauf zur Untersuchung verschiedener Stimuli.

Flussdiagramm zur Ansteuerung der Animation:

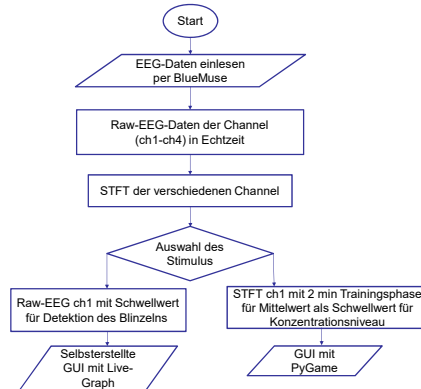


Abb. 3: Flussdiagramm zur Ansteuerung der Animation.

Verwendete Tools:

Untersuchung der Stimuli:

Stimuli	Tools	Funktionen
Konzentration/ Blinzeln	1. MuseDirect 	1. BCI-Schnittstelle
	2. MuseLab 	2. Speichern der Daten

Abb. 4: Verwendete Tools der Signalanalyse

Ansteuerung der Animation:

Stimuli	Tools	Funktionen	Animation
Blinzeln	1. BluseMuse 	1. BCI-Schnittstelle	PySimpleGui
	2. Python (Spyder) 	2. Animationsansteuerung	PyGame

Abb. 5: Verwendete Tools der Animationsansteuerung

Ergebnis

Veränderung des Konzentrationsniveaus:

Untersuchung der Erkennungsrate verschiedener Frequenzbänder und Kanäle:

	Alpha Kanal 1	Alpha Kanal 2	Alpha Kanal 3	Alpha Kanal 4	Beta Kanal 1	Beta Kanal 2	Beta Kanal 3	Beta Kanal 4
Proband 1	58,7	63,9	58,4	46,3	57,4	57,4	56,9	49
Proband 2	37	53,5	50	50	62,5	53,7	54,5	38
Proband 3	43,8	51,1	56,8	35,8	40	44,7	40,1	39
Proband 4	50	46,3	53,7	44,7	47,1	52,5	60,7	47
Durchschnitt	47,4	54,2	50	44,2	58,8	50,6	51	55,7

Abb. 6: Auswertung der Erkennungsrate der Alpha- und Beta Frequenzbänder, sowie der vier Kanäle ($\alpha 1$ - $\alpha 4$, $\beta 1$ - $\beta 4$). Kanal 1 im Beta Frequenzband ($\beta 1$) erzeugt die höchste Erkennungsrate.

Untersuchung der Erkennungsrate nach Training und Filterung:

	Proband 1	Proband 2	Proband 3	Proband 4	Durchschnitt
Versuch 1 in %	57,4	62,5	56,2	53,7	57,4
Versuch 2 in %	62,1	61,3	60	53,5	59,22
Versuch 2 mit Mittelwertfilter in %	66,6	62,3	53,2	52,1	63,52

Abb. 9: Auswertung der Erkennungsrate nach Durchführung von ein, bzw. zwei Versuchsdurchführungen, sowie einer Mittelwertfilterung nach dem zweiten Durchgang. Durchschnittlich erreichen die Versuche nach Filterung die höchste Erkennungsrate.

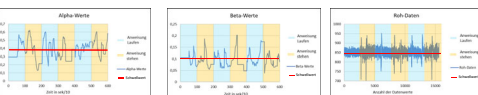


Abb. 7: Vergleich von Alpha-, Beta-, und Roh-EEG-Daten des 3. Probanden ($\alpha 1$, $\beta 1$, ch1). Im blau markierte Bereich hat der Proband die Anweisung „Laufen vorstellen“, im Orange markierten Bereich „Stehen vorstellen“. Die Beta-Wellen von Kanal 1 ($\beta 1$) erzeugen die höchste Erkennungsrate.

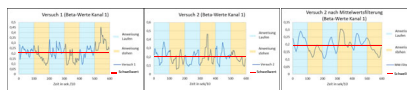


Abb. 10: Vergleich der Beta-Wellen Kanal 1 ($\beta 1$) des 1. Probanden nach einer bzw. zwei Versuchsdurchführungen, sowie einer Mittelwertfilterung nach dem zweiten Durchgang. Im blau markierten Bereich hat der Proband die Anweisung „Laufen vorstellen“, im Orange markierten Bereich „Stehen vorstellen“. Die Versuche nach Filterung erreichen die höchste Erkennungsrate.

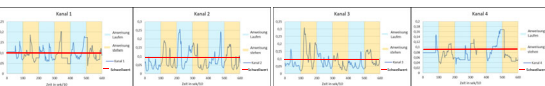


Abb. 8: Vergleich der vier Kanäle der Beta-Wellen ($\beta 1$ - $\beta 4$) des 3. Probanden. Im blau markierte Bereich hat der Proband die Anweisung „Laufen vorstellen“, im Orange markierten Bereich „Stehen vorstellen“. Kanal 1 ($\beta 1$) erzeugt die höchste Erkennungsrate.

Darstellung in Pygame

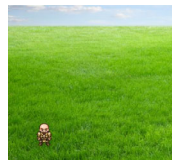
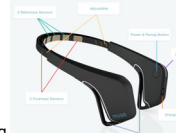


Abb. 11: Angesteuerte Animation in Pygame. Anhand einer Erhöhung des Konzentrationsniveaus (Vorstellung Laufen) bewegt sich die Figur [9] auf horizontaler Ebene. Sobald das Konzentrationsniveau sinkt (Vorstellung Stehen) bleibt die Figur stehen.

Diskussion

Abb. 16: Komponenten des Headsets, [4]



Datengenerierung: Das Headset besitzt mehrere Elektroden zum Abgreifen der Signale (siehe Abb. 16). Falls die Elektroden unzureichenden Hautkontakt haben, kann es zu Problemen bei der Signalübermittlung kommen. Für die Versuche zur Untersuchung der Signale wird die Software MuseDirect (Verbindung von Headset und PC) und MuseLab (Datenaufnahme) verwendet. Hier können die Signale in einem Live-View graphisch ausgegeben werden und für die Offline-Auswertung gespeichert werden. Für die Animationsansteuerung wird die Software BlueMuse verwendet, welche als Verbindungstool zu Python dient.

Verwendete Stimuli: Blinzeln erzeugt einen hohen Ausschlag der Amplitude im Signalverlauf und ist im Rohsignal gut zu detektieren. Um eine Veränderung des Konzentrationsniveaus hervorzurufen, wird die Methode Vorstellen des Bewegungsablaufes Laufen zur Konzentrationssteigerung bzw. Stehen zur Entspannung verwendet.

Signaluntersuchung: Da Blinzeln als Artefakt im Signalverlauf auftritt und somit eine Unterteilung in unterschiedliche Frequenzbänder zur Betrachtung der Gehirnaktivität nicht notwendig ist, werden zur Detektion die Roh-EEG-Daten verwendet. Bezüglich der Kanäle ist zu erwarten, dass die Elektroden an der Stirn für die Detektion geeignet sind. Jedoch ist in Abbildung 13 zu erkennen, dass die Elektroden hinter den Ohren (Kanal 1 und 4) zu einer höheren Erkennungsrate führen.

Für die Versuche des Konzentrationsniveaus wird die Gehirnaktivität auf Veränderung untersucht, weshalb die α - und β -Frequenzbänder analysiert werden. Die Auswertung in Abb. 6 zeigt, dass die Erkennungsrate der Beta-Wellen von Kanal 1 am höchsten sind. Für viele Probanden ist es schwer sich auf Anweisung zu konzentrieren, bzw. zu entspannen. Durchschnittlich ist nach einem zweiten Durchgang des Versuchsablaufes die Erkennungsrate um 2 % gestiegen. (siehe Abb. 9) Durch eine Glättung anhand des Mittels von 30 Werten, konnten die Ergebnisse um weitere 4,3% verbessert werden. (siehe Abb. 9)

Schwellwert: Für das Blinzeln, wird ein fester Schwellwert festgelegt. Dieser liegt bei -20 . Für die Veränderung des Konzentrationsniveaus wird der Schwellwert durch die Mittelung der Trainingsdaten vor Animationsbeginn ermittelt. Allerdings ist die Erkennungsrate durch eine Schwellwertdetektion hier nicht ausreichend hoch, weshalb in späteren Projekte eine Mustererkennung hinzugefügt werden kann.

Pygame und SimplePyGui: Über Pygame können schnell und einfach Animationen erstellt werden, welche als spielerische Demo für Laborführungen gut geeignet sind. Für die Ansteuerung des Blinzeln wird die Bibliothek PySimpleGui verwendet. Hier können neben der Animationsdarstellung die EEG-Signale zusätzlich in einem Live-Graph dargestellt werden, wodurch sie sich sehr gut für einen Praktikumsversuch oder kommende Projekte eignet.

Untersuchung der Erkennungsrate:

Untersuchung der Erkennungsrate verschiedener Kanäle:

```

Channel1: [20, 88899375] + Alpha_Rez: [0, 1088973302963]
Channel2: [20, 88899375] + Alpha_Rez: [0, 1088973302963]
Channel3: [20, 92578125] + Alpha_Rez: [0, 8818833934144227]
Channel4: [20, 57268250] + Alpha_Rez: [0, 4073123862249779]
Cleaning
  
```

Abb. 12: Live Ausgabe der Roh-EEG-Daten mit zugehöriger STFT (Kanalanalysen) in der Python Konsole



Abb. 14: Kanalanalyse der Rohdaten mit 60 Sekunden Testphase für die Eignung der Kanalwahl als Stimulierung

Darstellung in GUI mit PySimpleGui:

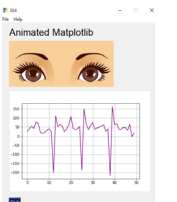


Abb. 15: GUI mit Bildwechsel in Abhängigkeit des Probandenstatus (offene/ geschlossene Augen), sowie eines Live-Graphen.

	Kanal 1 Schwellwert: (-20)	Kanal 2 Schwellwert: (+20)	Kanal 3 Schwellwert: (+28)	Kanal 4 Schwellwert: (0)
Versuch 1	94	55	44	87
Versuch 2	72	30	51	82
Versuch 3	100	33	26	92
Durchschnitt	88,67	39,33	40,33	87

Abb. 13: Tabellarische Auswertung der Untersuchung der Erkennungsrate der Kanäle (ch1-ch4).

Literatur

[1] Michael C. Levin, "Teils bei Hirn-, Rückenmark- und Nervenentzündungen", November 2016, <https://www.wissenschaft.de/gesundheitswesen/medizin/teils-bei-hirn-rueckenmark-und-nervenentzuendungen/>
 [2] Z. J. Wang, S. J. Wang, "EEG-Based Brain Activity Monitoring for BCI", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 57, no. 10, pp. 2488-2497, Oct. 2010.
 [3] J. Müller, A. Cariani, G. Kropotov, J. (2011) EEG-Rhythmen. In: ADH-Neurodiagnostik in der Praxis, Berlin, Heidelberg: Springer
 [4] New Ideas Music work", <https://www.newideasmusic.com/brain-activity-headband/> (Zugriff am 20.06.2019)
 [5] Muse Direct, <https://www.musedirect.com/> (Zugriff am 02.07.2019)
 [6] Muse Lab, <https://www.muselab.com/> (Zugriff am 02.07.2019)
 [7] Python, <https://www.python.org/> (Zugriff am 02.07.2019)
 [8] PySimpleGui, <https://pysimplegui.readthedocs.io/en/latest/> (Zugriff am 02.07.2019)
 [9] PyGame, <https://www.pygame.org/> (Zugriff am 02.07.2019)

Danksgiving

Wir bedanken uns recht herzlich bei den Kommilitonen/innen für die hilfsbereite Teilnahme an unseren Probandentests.