

HCI 2030: BRAIN-COMPUTER INTERFACE ALS UNTERSTÜTZUNG DER KOMMUNIKATION

ELENA KIRSCH*

CONTENTS

1	Zusammenfassung Projekt	1
2	Suchstrategie	2
3	Relevante Suchergebnisse	3
4	Bearbeitete Literatur	4
5	Zukünftige Literatur	6
	References	6

LIST OF FIGURES

Figure 1	Arbeitsrahmen für die Überblickarbeit nach Lazarou et. al. (2018)	5
	Keywords: Brain-Computer Interfaces, Communication, EEG, neuromuscular disease	

1 ZUSAMMENFASSUNG PROJEKT

Das Wort "Kommunikation" stammt aus dem lateinischen und bedeutet: teilen, mitteilen, teilnehmen lassen; gemeinsam machen, vereinigen.

Die Kommunikation ermöglicht es Beziehungen zwischen Menschen aufzubauen und zu halten. Neuromuskuläre Erkrankungen können dazu führen, dass sich der Patient nicht mehr mitteilen kann, er ist in seinem eigenen Körper gefangen und kann so keine Beziehung mehr zu anderen Menschen aufbauen.

In unserem Projekt geht es um Brain-Computer Interfaces (BCI's), die eine Steigerung der Lebensqualität herbeiführen sollen für Menschen, die an einer schweren muskulären Erkrankung leiden und so beispielsweise nicht mehr in der Lage sind ihre Augen zu bewegen. Aus diesem Grund ist es für die Menschen nicht mehr möglich über ihre Augenfunktion ein Tablet oder ähnliches zu bedienen. Somit müssen Alternativen gefunden werden, um diesen Menschen sowohl Kommunikation als auch Bewegung so gut es geht wieder zu ermöglichen.

Im Rahmen des Projekts HCI 2030 werden drei Bereiche beschrieben. Zum einen soll gezeigt werden wie eine Kommunikation durch BCI's unterstützt werden kann, zudem wird beschrieben wie eine Rehabilitation durch BCI's ermöglicht wird. Als dritter Bereich soll die Ethik erläutert werden. An welche Grenzen stößt hier die Medizin?

* Informatik - Fach: Interaktive Systeme, Hochschule Reutlingen, Reutlingen, Deutschland

Der Bereich Kommunikation wird in dieser Vertiefungsarbeit beschrieben. So sollen Patienten beispielsweise dabei unterstützt werden wieder auf einfache Ja-/ Nein- Fragen antworten zu können. Ein anderes Beispiel ist die Möglichkeit schneller und effizienter Nachrichten Tippen zu können. Zudem soll es für die Patienten wieder möglich sein gelähmte Körperteile bis zu einem gewissen Grad wieder bewegen zu können. Vielleicht ist es bis 2030 wieder möglich, dass die Menschen selbst ein Glas halten können und aus eigener Kraft trinken.

Durch die Recherche haben sich verschiedene Fragen ergeben.

- 1.) Warum genau spielen BCI's eine so große Rolle in der Medizin? Schließlich gibt es beispielsweise barrierefreie Software
- 2.) Welche Arten der von Hirnarealen können genutzt werden, damit der Patient einen Bildschirm oder Webbrowser wieder bedienen kann?
- 3.) Welche EEG Signale werden verwendet, um eine Kommunikation zu ermöglichen? Ist es bereits möglich, dass BCI's Sprache rekonstruieren können?
- 4.) Gibt es einen qualitativen Unterschieden zwischen invasiven und nicht-invasiven BCI's?
- 5.) Welche Voraussetzungen entscheiden darüber, ob ein invasiver oder nicht-invasiver BCI eingesetzt wird?

2 SUCHSTRATEGIE

Meine Suchstrategie verläuft in drei drei Iterationen. Aufgrund dessen, dass ich mich bis zu diesem Zeitpunkt noch nie mit BCI's beschäftigt habe, muss ich mir in der ersten Iterationen einen Überblick über das allgemeine Themengebiet erarbeiten. Die zweite Iteration besteht darin eine Eingrenzung meines Themenbereich vorzunehmen sowie einen Überblick in der Forschung zu erhalten. Durch das Auffinden einer Veröffentlichung der Stanford University, ist es mir möglich die dritte Iteration auf sehr populäre und bekannte Forschungsarbeiten und -gruppen einzugrenzen. Erste Iteration:

- Elon Musk Chip Gehirn
- Brain-Computer Interfaces
- Neuromuscular Disorder

Zweite Iteration:

- Brain-Computer Interfaces
- non-invasive BCI AND invasive BCI
- BCI AND Communication

Dritte Iteration:

- Brain-Computer Interfaces
- Slow Cortical Potential
- Evoked Potentials

3 RELEVANTE SUCHERGEBNISSE

Titel(conf/journal) bzw. Person/Gruppe	Bemerkungen/Link	Kürzel (bspw. (SIGCHI))
International Conference on Brain- Computer Interface	https://conferenceindex.org/ conferences/brain-computer-interfaces	BCI
Jonathan R. Wolpaw Brain-Computer Inter- faces for Communication and Control	sehr häufig zitiertes Paper aus dem Jahr 2011, 10.1145/1941487.1941506, insgesamt sehr viele Paper geschrieben, die im Gesamten sehr oft zitiert werden	WOL
J.J. Vidal - Toward Direct Brain-Computer Commu- nication	Vidal (1973) war einer der Ersten Forscher, der sich mit der Möglichkeit der Kommunikation über einen Brain-Computer auseinandergesetzt hat	VID
V. Gilja	sehr viele Paper auf dem Gebiet BCI'S herausgebracht	GIL

4 BEARBEITETET LITERATUR

Aufgrund der Übersichtlichkeit sind in der Tabelle lediglich die Quelle sowie Autor und Titel der Veröffentlichungen beschrieben. Die Herausforderungen, Probleme, Studien, Lösungen und Technologien sind im Abschnitt darunter zu finden.

Quelle/Kürzel	Autor	Titel
Google Scholar/Human Neuroscience	Ioulietta Lazarou, Spiros Nikolopoulos, Panagiotis C. Petrantonakis, Ioannis Kompatsiaris and Magda Tsolaki	EEG-Based Brain-Computer Interfaces for Communication and Rehabilitation of People with Motor Impairment: A Novel Approach of the 21st Century (Lazarou, Nikolopoulos, Petrantonakis, Kompatsiaris, & Tsolaki, 2018)
IEEE/Paper	Chang-Hee Han and Chang-Hwan Im	EEG-based Brain-Computer Interface for Real-Time Communication of Patients in Completely Locked-in State (Han & Im, 2018)
ACM/Journal Paper	Chethan Pandarinath, Paul Nuyujukian, Christine H. Blabe, Brittany L. Sorice, Jad Saab, Francis R. Willett, Leigh R. Hochberg, Krishna V. Shenoy and Jaimie M. Henderson	High performance communication by people with paralysis using an intracortical brain-computer interface (Pandarinath et al., 2017)
IEEE/Conference Paper	Ruida Zeng, Ajay Bandi and Abdelaziz Fellah	Designing a Brain Computer Interface Using EMOTIV Headset and Programming Languages (Zeng, Bandi, & Fellah, 2018)
Nature	Ujwal Chaudhary, Niels Birbaumer and Ander Ramos-Murguialday	Biosignal-Based Spoken Communication A Survey (Chaudhary, Birbaumer, & Ramos-Murguialday, 2016)

Han and IM (2018) führen eine Studie durch, bei der sie einen EEG-basierten BCI Paradigma entwickelt haben, das eine binäre Online-Kommunikation von locked-in Patienten ermöglichen soll. Die Herausforderung besteht darin die Studie validieren zu können. Dabei kommen zwei Offline-Ansätze ins Spiel, die die Ergebnisse der binären Online-Kommunikation validieren sollen. In dieser Studie war es möglich eine Genauigkeit von 87,5% zu erreichen. Allerdings wurde die Studie lediglich mit einem Patienten durchgeführt.

Lazarou et. al. (2018) erläutern in ihrer Veröffentlichungen drei nicht-invasive BCI Systeme, die schwer gelähmten und locked-in Patienten dabei unterstützen sollen eine geeignete Kommunikation durchführen zu können. Zusätzlich beschreiben sie in einem sehr ausführlich Abschnitt aus welchen Gründen BCI's Sinn ergeben und vorhandene Lösungen wie Tablets, barrierefreie Software oder ähnliches unterstützen bzw. neben diesen Technologien existieren sollten. Abbildung 1 zeigt die drei verschiedenen BCI Systeme und deren Möglichkeit die Kommunikation bzw. Kontrolle über bestimmte Geräte wie beispielsweise einer Maus zu erlangen. Grundsätzlich versuchen Lazarou et. al. (2018) aufgrund einer detaillierten Literaturrecherche herauszuarbeiten welche BCI Systeme aktuell die erfolgreichsten sind. Dabei werden sowohl die Probleme als auch Herausforderungen der einzelnen Paper diskutiert. In einer Tabelle wird dabei dargestellt unter wem die Studie durchgeführt wurde, die Anzahl der Teilnehmer an der Studie sowie deren Erkrankung. Das Ergebnis dieser Arbeit war, dass es sinnvoll ist BCI's in Kombination mit anderen Technologien wie Eye-Tracking zu verwenden, um den Patienten den bestmöglichen Erfolg zu gewährleisten.

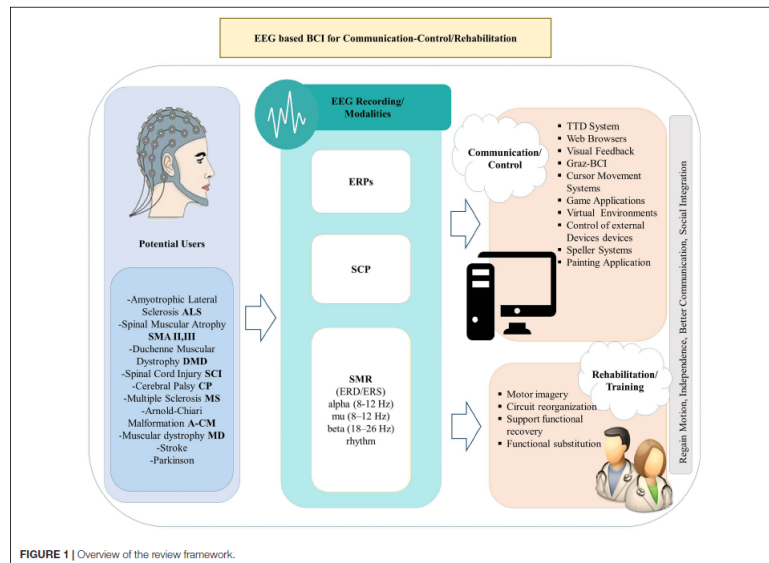


Figure 1: Arbeitsrahmen für die Überblickarbeit nach Lazarou et. al. (2018)

Pandarath et. al. (2017) berichten von einer Studie, die einen high-performance Intrakortikal BCI System an drei verschiedenen Probanden getestet hat. Dabei sollte diese Art von BCI System das Tippen einer Nachricht positiv beeinflussen. In der Studie konnte gezeigt werden, dass durch das BCI System eine Steigerung von 3,7 Worte pro Minute auf 6,3 Worte pro Minute erreicht werden konnte. In einer Umfrage gaben 72% der ALS Patienten an, dass sie bereits mit einer Wortrate von 3-3,8 zufrieden wären.

Zeng et. al. (2018) untersuchen ein biosensorische Headset im Zusammenhang mit Gehirn-Computer-Schnittstellen, die die Signale des Gehirns aufzeichnen und in Tastatureingaben umsetzen. Verstärkt durch eine Implementierung ist es möglich durch diese Signale einen kleinen Roboter zu steuern, der eine kleine Glühbirne auf einem Mikrocontroller bedienen kann. In dieser Studie können zwei Probleme festgehalten werden. Zum einen die Frustrationen der Patienten und zum anderen die sehr zeitaufwendige Trainingsphase des Geräts. Insgesamt sollten mehr Studien zu dem Thema eines biosensorischen Headset durchgeführt werden, da auch dieses Gerät eine Möglichkeit sein kann Patienten ihre Lebensqualität ein Stück weit zurück zu geben. Gehirn-Computer-Schnittstellen.

Chaudhary et. al. (2016) betrachten in ihrer Veröffentlichung eine Vielzahl von invasiven und nicht-invasiven Techniken zur Kontrolle von BCIs, zudem wird eine neue Technik betrachtet, die sich im Bereich der Nah-Infrarot-Spektroskopie befindet. Außerdem werden experimentelle und klinische Studien von BCI's untersucht, die die Kommunikation insbesondere Patienten mit dem Locked-in-Syndrom, verbessern sollen. Wie bei den meisten Studien fällt auch hier auf, dass häufig die Frustration der Probanden eine große Rolle spielt.

5 ZUKÜNFTIGE LITERATUR

Quelle/Kürzel	Autor	Titel
1 IEEE	Eugene Teo, Alvin Huang, Yong Lian, Cuntai Guan, Yuanqing Li and Haihong Zhang	Media communication center using brain computer interface (Teo et al., 2006)
2 BioSMART	Avid Roman-Gonzalez, Natalia I. Vargas-Cuentas, Miguel Hoyos, Joel Diaz and Mirko Zimic	Brain computer interface to answer yes-no questions (Roman-Gonzalez, Vargas-Cuentas, Hoyos, Diaz, & Zimic, 2017)
3 IEEE	Tanja Schultz, Michael Wand, Thomas Hueber, Dean J. Krusienski, Christian Herff and Jonathan S. Brumberg	Biosignal-Based Spoken Communication: A Survey (Schultz et al., 2017)
4 IEEE	Febo Cincotti, Fabio Aloise, Simona Bufalari, Gerwin Schalk, Giuseppe Oriolo, Andrea Cherubini, Fabrizio Davide, Fabio Babiloni, Maria Grazia Marciani and Donatella Mattia	Non-Invasive Brain-Computer Interface System to Operate Assistive Devices (Cincotti et al., 2007)
5 BNCI HORIZON/Bericht	Clemens Brunner, Niels Birbaumer, Benjamin Guger, Christopg Guger, Andrea Kübler und Donatella Mattia	Towards a Roadmap for the BCI community (Brunner et al., 2015)

REFERENCES

- Brunner, C., Birbaumer, N., Blankertz, B., Guger, C., Kübler, A., Mattia, D., ... Müller-Putz, G. R. (2015). Bnci horizon 2020: towards a roadmap for the bci community. *Brain-Computer Interfaces*, 2(1), 1–10. doi: 10.1080/2326263X.2015.1008956
- Chaudhary, U., Birbaumer, N., & Ramos-Murguialday, A. (2016). Brain-computer interfaces for communication and rehabilitation. *Nature reviews. Neurology*, 12(9), 513–525. doi: 10.1038/nrneurol.2016.113
- Cincotti, F., Aloise, F., Bufalari, S., Schalk, G., Oriolo, G., Cherubini, A., ... Mattia, D. (2007). Non-invasive brain-computer interface system to operate assistive devices. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2007*, 2532–2535. doi: 10.1109/IEMBS.2007.4352844
- Han, C.-H., & Im, C.-H. (2018). Eeg-based brain-computer interface for real-time communication of patients in completely locked-in state. In *2018 6th international conference on brain-computer interface (bci)* (pp. 1–2). IEEE. doi: 10.1109/IWW-BCI.2018.8311509
- Lazarou, I., Nikolopoulos, S., Petrantonakis, P. C., Kompatsiaris, I., & Tsolaki, M. (2018). Eeg-based brain-computer interfaces for communication and rehabilitation of people with motor impairment: A novel approach of the 21 st century. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 14. doi: 10.3389/fnhum.2018.00014
- Pandarínath, C., Nuyujukian, P., Blabe, C. H., Sorice, B. L., Saab, J., Willett, F. R., ... Henderson, J. M. (2017). High performance communication by people with paralysis using an intracortical brain-computer interface. *eLife*, 6. doi: 10.7554/eLife.18554
- Roman-Gonzalez, A., Vargas-Cuentas, N. I., Hoyos, M., Diaz, J., & Zimic, M. (2017). Brain computer interface to answer yes-no questions. In *2017 2nd international conference on bio-engineering for smart technologies (biosmart)* (pp. 1–4). IEEE. doi: 10.1109/BIOSMART.2017.8095323
- Schultz, T., Wand, M., Hueber, T., Krusienski, D. J., Herff, C., & Brumberg, J. S. (2017). Biosignal-based spoken communication: A survey. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 25(12), 2257–2271. doi: 10.1109/TASLP.2017.2752365

- Teo, E., Huang, A., Lian, Y., Guan, C., Li, Y., & Zhang, H. (2006). Media communication center using brain computer interface. *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference, 2006*, 2954–2957. doi: 10.1109/IEMBS.2006.260092
- Zeng, R., Bandi, A., & Fellah, A. (2018). Designing a brain computer interface using emotiv headset and programming languages. In *2018 second international conference on computing methodologies and communication (iccmc)* (pp. 908–913). IEEE. doi: 10.1109/ICCMC.2018.8487684