

# REHABILITATION DURCH BRAIN COMPUTER INTERFACES

TOBIAS LAUXMANN

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung Projekt	2
1.1	Projektübersicht . . . . .	2
1.2	Brain-computer interface . . . . .	2
1.3	Fragen . . . . .	2
2	Suchstrategie	3
2.1	Google Suche . . . . .	3
2.2	Web of Science . . . . .	3
2.3	Snowballing . . . . .	3
2.4	Weitere Evaluationsschritte . . . . .	3
3	Relevante Suchergebnisse	4
4	Bearbeitet Literatur	4
5	Zukünftige Literatur	5
6	Literatur	5

# 1 ZUSAMMENFASSUNG PROJEKT

## 1.1 Projektübersicht

Im Rahmen des Fachs Interaktive Systeme, im Studiengang Human-Centered Computing an der Hochschule Reutlingen, wird ein Gruppenprojekt mit dem Titel „Human-computer interaction - 2030“ durchgeführt. Dabei soll zu einem bestimmten Thema der Stand der Forschung im Jahr 2030 prognostiziert werden.

Die Gruppe bestehend aus Elena Kirsch, Philipp Hackh, Tobias Lauxmann befasst sich mit dem Thema Brain-computer interface (BCI). Um eine Prognose für das Jahr 2030 machen zu können, muss die Gruppe zunächst mit dem heutigen Stand der Technik vertraut sein. Dazu dient eine Literaturrecherche, die hauptsächlich Literatur der letzten 5 Jahre umfasst.

Das Interesse der Gruppe bezieht sich vor allem auf Einsatzmöglichkeiten von BCIs im medizinischen Bereich. Um das Wissen zu verteilen und einen tieferen Einblick in einzelne Themengebiete zu bekommen befasst sich jedes Gruppenmitglied mit einem Unterthema. BCI und Kommunikation wird von Elena Kirsch untersucht, ethische Gesichtspunkte von Philipp Hackh und BCI zur Rehabilitation von Tobias Lauxmann.

## 1.2 Brain-computer interface

Im folgenden wird das Thema BCI in einem kurzen Abschnitt allgemein und im Bezug auf Rehabilitation von Patienten erklärt.

Ein BCI ist ein Computergestütztes System das Gehirnsignale in Befehle übersetzt und an eine externe Anwendung oder ein Gerät weiterleitet, um die Absicht des Benutzers zu erleichtern (Chaudhary, Birbaumer & Ramos-Murguialday, 2016). Dabei wird zwischen invasiven und nicht-invasiven BCIs unterschieden. Invasive BCI benötigen einen chirurgischen Eingriff, nicht-invasive dagegen nicht. Der Hauptunterschied ist die Signalstärke, die durch die BCI verarbeitet wird. In vielen Untersuchungen werden BCIs mit der Messung einer Elektroenzephalografie (EEG) durchgeführt.

Es gibt viele Einsatzgebiete für BCIs: Medizin, Neuroergonomics und intelligente Umgebung, Neuromarketing und Werbung, Bildung und Selbstregulierung, Spiele und Unterhaltung sowie Sicherheit und Authentifizierung (Abdulkader, Atia & Mostafa, 2015).

Dabei können die BCIs unterschiedlich eingesetzt werden: Als Ersatz der Ausgabe des zentralen Nervensystems (ZNS), Wiederherstellung der Ausgabe des ZNS, Verbesserung der Ausgabe des ZNS, als Zusatz für die Ausgabe des ZNS, als Verbesserung der Ausgabe des ZNS und als Werkzeug zu Forschungszwecken (Brunner et al., 2015).

Im Medizinbereich werden BCIs meist in assistierenden Systemen eingesetzt. Dabei wird versucht ein Teil von verloren gegangenen Funktionen, wie zum Beispiel von Kommunikation oder Motorik zu ersetzen oder wiederherzustellen. Viele Patienten leiden dabei an einer neuromuskulären Erkrankung, befinden sich im Locked-in-Syndrom oder haben durch einen Schlaganfall eingeschränkte Bewegungsfähigkeiten. In längeren Trainingsabschnitten lernen Patienten zum Beispiel durch die Vorstellung des Bewegens eines Arms, Prothesen zu steuern. Auch fehlende Muskelfunktionen können wieder trainiert werden. Andere Möglichkeiten zur Rehabilitation sind beispielsweise die Steuerung von Rollstühlen.

## 1.3 Fragen

Bereits vor der und auch während der Literaturrecherche sind Fragen zum Thema BCI aufgekommen, die nach Abschluss der Literaturrecherche beantwortet werden können. Diese Fragen werden in diesem Abschnitt aufgelistet:

1. Welche Möglichkeiten zur Rehabilitation von neuromuskulär erkrankten Patienten gibt es?
2. Welche Nebenwirkungen können bei der Verwendung von invasiven und nicht-invasiven BCI auftreten?
3. Wie unterscheiden sich die erfassten Signale von oberen und unteren Extremitäten?
4. Kann die Steuerung einer Prothese mittels eines BCI über eine generische Signalabfrage durchgeführt werden?

5. Warum hat das Interessenfeld BCI erst in den letzten Jahren mehr Aufmerksamkeit von Forschung und Gesellschaft erlangt?
6. Wie genau lassen sich die erfassten Signale eines Gehirns unterscheiden? (Beispielsweise emotionale und motorische Signale)

## 2 SUCHSTRATEGIE

### 2.1 Google Suche

Eine Recherche über Google lieferte eine grobe Übersicht über das Thema. Dabei kristallisierten sich bereits Unterthemen, wie der Einsatz von BCI in der Medizin heraus.

### 2.2 Web of Science

Für einen tieferen Einblick wurde eine gezielte Suche über das Suchportal Web of Science durchgeführt. Dabei wurden die meist zitierten Paper der letzten 5 Jahre unter folgenden Suchbegriffen analysiert:

1. ts=(brain computer interface OR BCI) AND TS=(rehabilitation)
2. ts=(brain computer interface OR BCI) AND TS=(prosthesis)

### 2.3 Snowballing

Um das Wissen zu einem sehr spezifischen Bereich noch zu vertiefen wurde die snowballing Technik angewendet. Dabei werden gezielt Referenzen einer bereits bearbeiteten Quelle untersucht. Die herausgesuchten Referenzen liefern neue Einblicke oder mehr Details zum untersuchten Themenausschnitt.

Zusätzlich wurden mittels forward-snowballing, zeitlich neuere Artikel ermittelt. Diese ermittelten Artikel referenzieren auf die bereits ausgewählten Quellen.

### 2.4 Weitere Evaluationsschritte

Während der Bearbeitung der bis dahin erfassten Literatur, ergaben sich noch weitere Suchbegriffe, wie zum Beispiel der zu BCI synonyme Begriff „Brain computer machine“. Dieser und weitere fachspezifischen Begriffe wurden für eine erneute Suche auf Web of Science verwendet. Außerdem wurden die Suchportale ACM und IEEE ebenfalls eingesetzt. Vor allem über ACM konnten noch weitere Artikel als relevant identifiziert werden. In der Rezension von Kögel et al (Kögel, Schmid, Jox & Friedrich, 2019), wurde unter anderem die medizinische Datenbank PubMed als Suchportal verwendet. Eine Recherche mit diesem Suchportal lieferte noch weitere relevante Artikel.

Zuletzt stellten einige Artikel bekannte Firmen oder Projekte vor, die zusätzlich in die Recherche mitaufgenommen wurden.

### 3 RELEVANTE SUCHERGEBNISSE

	Titel(conf/journal) Person/Gruppe		Bemerkungen/Link	Kürzel
1	BNCI	Horizon 2020	Einer der wertvollsten Quellen im Bezug auf "HCI -2030", Paper: (Brunner et al., 2015), Webseite: <a href="http://bnci-horizon-2020.eu/">http://bnci-horizon-2020.eu/</a> 15.11.2020	BNCI
2	Scoping review of studies (Kögel et al., 2019)		Untersuchung von BCI Artikeln, Einteilung unter anderem in Usability, Performance, Satisfaction, Psychological factors, Workload, Quality of life	
3	Nature (Journal)		Einige gute Artikel zu BCI	
4	Neurosky (Firma)		BCI auf Basis von EEG & ECG, Webseite: <a href="http://neurosky.com/">http://neurosky.com/</a> 15.11.2020	
5	Emotiv (Firma)		BCI auf Basis von EEG, Webseite: <a href="https://www.emotiv.com/">https://www.emotiv.com/</a> 15.11.2020	

### 4 BEARBEITETET LITERATUR

	Quelle	Herausforderungen, Probleme, Studien, Lösungen, Technologien
1	(Abdulkader et al., 2015)	Überblick BCI; Themenbereiche: Bildung, Selbstregulierung, Produktion, Marketing, Sicherheit, Spiele und Unterhaltung; Vergleich von Messmethoden; Beschreibt Herausforderungen
2	(Nicolas-Alonso & Gomez-Gil, 2012)*	Überblick BCI; Methoden zur Messung; Algorithmen zur Klassifizierung; Anwendungen von BCI;
3	(Abiri, Borhani, Sellers, Jiang & Zhao, 2019)	Vor- und Nachteile von verschiedenen BCI Paradigmen basierend auf EEG
4	(Wodlinger et al., 2014)	Steuerung von Prothese; Virtuelles Training; Steuerung unterschiedlicher Bewegungen
5	(Brunner et al., 2015)	Idee und Ziel der BNCI Horizon 2020; Ergebnisse einer Konferenz bezüglich „Was ist ein BCI und wie wird es sich in der Zukunft entwickeln“
6	(Lazarou, Nikolopoulos, Petrantonakis, Kompatsiaris & Tsolaki, 2018)	Kommunikation als auch Rehabilitation und Training mit EEG-basiertem BCI
7	(Chaudhary et al., 2016)	Geschichte von BCI; Patiententypen von BCI; Tabelle mit laufenden Studien (Stand 2015)

Die bearbeitete Literatur liefert viele Einblicke in das Thema BCI. Ein grundlegendes Gesamtwissen über BCIs konnte dadurch erlangt werden. Im Bereich der Rehabilitation gibt es noch Wissensbedarf, der aber mit der zukünftigen Literatur abgedeckt wird. Insgesamt gibt es viele Herausforderungen und Probleme im Bereich BCI:

- Lange Trainingszeiten bei der Rehabilitation der Patienten (z.B. Prothesensteuerung)
- Schnelle Ermüdung und Konzentrationsverlust während des Trainings
- In der Prothesensteuerung durch BCIs gibt es wenig Forschung zur Kinetik (Einwirkung von Kräften)
- Kaum Forschung von invasiven BCI an Menschen, da der Eingriff medizinische Risiken mit sich bringt

\* Dieser Artikel wurde sehr häufig zitiert und wurde deswegen trotz des Suchkriteriums "Quellen aus den letzten 5 Jahren" bearbeitet

- Andere Techniken wie Eye-Tracking erzielen in bestimmten Einsatzgebieten und im momentanen Stand der Forschung bessere Ergebnisse
- EEG Signale sind mit momentanen Verarbeitungsalgorithmen noch nicht ausreichend, um Prothesen mit mehreren Freiheitsgraden zu steuern

Die Fragen die im Abschnitt 1.3 gestellt wurden, konnten mit dem recherchierten Artikeln weitgehend beantwortet werden und liefern zusammen mit den Herausforderungen und Problemen wichtige Informationen für das entstehende Gesamtprojekt BCI im Jahr 2030.

## 5 ZUKÜNFTIGE LITERATUR

1. Brain–computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery (Pichiorri et al., 2015)
2. Identification of Raw EEG Signal for Prosthetic Hand Application (Miskon, Djonhari, Azhar, Thanakodi & Tawil, 2019)
3. Utilizing Deep Neural Networks for Brain: Computer Interface-Based Prosthesis Control (Noel & Snider, 2019)
4. FNIRS-Based BCI for Robot Control (Tumanov, Goebel, Möckel, Sorger & Weiss, 2015)
5. Brain computer interfaces in rehabilitation medicine (Bockbrader et al., 2018)
6. Außerdem liefert die BNCI Horizon 2020 eine Roadmap\* für BCI .

## 6 LITERATUR

- Abdulkader, S. N., Atia, A. & Mostafa, M.-S. M. (2015). Brain computer interfacing: Applications and challenges. *Egyptian Informatics Journal*, 16 (2), 213–230.
- Abiri, R., Borhani, S., Sellers, E. W., Jiang, Y. & Zhao, X. (2019). A comprehensive review of eeg-based brain–computer interface paradigms. *Journal of neural engineering*, 16 (1), 011001.
- Bockbrader, M. A., Francisco, G., Lee, R., Olson, J., Solinsky, R. & Boninger, M. L. (2018). Brain computer interfaces in rehabilitation medicine. *PM&R*, 10 (9), S233–S243.
- Brunner, C., Birbaumer, N., Blankertz, B., Guger, C., Kübler, A., Mattia, D., ... others (2015). Bnci horizon 2020: towards a roadmap for the bci community. *Brain-computer interfaces*, 2 (1), 1–10.
- Chaudhary, U., Birbaumer, N. & Ramos-Murguialday, A. (2016). Brain–computer interfaces for communication and rehabilitation. *Nature Reviews Neurology*, 12 (9), 513.
- Kögel, J., Schmid, J. R., Jox, R. J. & Friedrich, O. (2019). Using brain-computer interfaces: a scoping review of studies employing social research methods. *BMC medical ethics*, 20 (1), 18.
- 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 21st century. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 14.
- Miskon, A., Djonhari, A. K. S., Azhar, S. M. H., Thanakodi, S. A. & Tawil, S. N. M. (2019). Identification of raw eeg signal for prosthetic hand application. In *Proceedings of the 2019 6th international conference on bioinformatics research and applications* (S. 78–83). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. Zugriff auf <https://doi.org/10.1145/3383783.3383810> doi: 10.1145/3383783.3383810
- Nicolas-Alonso, L. F. & Gomez-Gil, J. (2012). Brain computer interfaces, a review. *sensors*, 12 (2), 1211–1279.
- Noel, T. C. & Snider, B. R. (2019, Oktober). Utilizing deep neural networks for brain: Computer interface-based prosthesis control. *J. Comput. Sci. Coll.*, 35 (1), 93–101.
- Pichiorri, F., Morone, G., Petti, M., Toppi, J., Pisotta, I., Molinari, M., ... others (2015). Brain–computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery. *Annals of neurology*, 77 (5), 851–865.

---

\* <http://bnci-horizon-2020.eu/roadmap> 15.11.2020

- Tumanov, K., Goebel, R., Möckel, R., Sorger, B. & Weiss, G. (2015). Fnirs-based bci for robot control. In *Proceedings of the 2015 international conference on autonomous agents and multiagent systems* (S. 1953–1954). Richland, SC: International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- Wodlinger, B., Downey, J., Tyler-Kabara, E., Schwartz, A., Boninger, M. & Collinger, J. (2014). Ten-dimensional anthropomorphic arm control in a human brain- machine interface: difficulties, solutions, and limitations. *Journal of neural engineering*, 12 (1), 016011.