



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

Gehirn-Computer-Schnittstellen in Neuroprothesen

20. Juni 2018

Fachbereich: 4 (Informatik, Kommunikation und Wirtschaft)
Studiengang: Angewandte Informatik (SoSe2018)
Seminar: B15 Gesellschaftliche Aspekte der Informatik
Dozentin: Prof.-Dr. Christin Schmidt

Gruppe: 5

Gruppenmitglied	Matrikelnummer	Kapitel
Louis Knorn	566546	1
John-Kevin Gold	566538	2
Jeremy Etienne Seipelt	566847	3
Kathrin Klocke	514403	4

Inhaltsverzeichnis

1 Funktionsweise der Gerätetechnik von Gelenkarmrobotern	5
1.1 Einführung	5
1.2 Kinematik	7
1.3 Aktorik	9
1.4 Sensorik	9
1.5 Fazit	10
2 Ethische Aspekte und Einstellung zu Human Enhancement und Gehirn-Computer-Schnittstellen	11
2.1 Einleitung	11
2.2 Der Trend Human Enhancement	11
2.3 Ethische Aspekte zu Human Enhancement und zu Gehirn-Computer-Schnittstellen	12
2.4 Umfrage im Zuge der Semesterarbeit	12
2.5 Zusammenfassung	16
Literatur	18

Abbildungsverzeichnis

1	Knickarmrobotersteuerung durch Kopfbewegungen	5
2	Einteilung von Handhabungsgeräten	7
3	Translation (a) und Rotation (b)	8
4	KR AGILUS sixx	8
5	Diagramm zu den Antworten der Frage: „Wie wichtig ist es Ihnen, sich selbst zu verbessern und zu optimieren?“	13
6	Diagramm zu den Antworten der Frage: „Würden Sie für therapeutische Zwecke eine invasive Gehirn-Computer-Schnittstelle wählen ...?“	14
7	Diagramm zu den Antworten der Frage: „Würden Sie für nicht-therapeutische Zwecke eine invasive Gehirn-Computer-Schnittstelle wählen ...?“	15
8	Akzeptanz einer invasiven BCI für nicht-therapeutische Zwecke nach Altersgruppe	15
9	Akzeptanz einer invasiven BCI für nicht-therapeutische Zwecke nach Technikvorerfahrung	16

Tabellenverzeichnis

1 Funktionsweise der Gerätetechnik von Gelenkarmrobotern

1.1 Einführung

Der Artikel „Neuroprothese: Gelähmter steuert Roboterarm mit bloßer Vorstellungskraft“ aus dem Jahr 2015 beschreibt, wie ein Mensch einen Industrieroboter-ähnlichen Gelenk- bzw. Knickarmroboter mittels eines Brain-Computer-Interface steuert (vgl. Merkelt 2015). Die Idee, verlorene oder gelähmte Gliedmaßen durch Roboterarme zu ersetzen, ist allerdings nicht völlig neu. Bereits im Jahr 1979 veröffentlichten Guittet u. a. eine Fallstudie, die eine vergleichbare Anwendung untersuchte. Man bezeichnete einen solchen Roboterarm auch als Telethese, allerdings wurde der Arm damals durch einfache Kopfbewegungen kontrolliert (vgl. Guittet u. a. 1979).

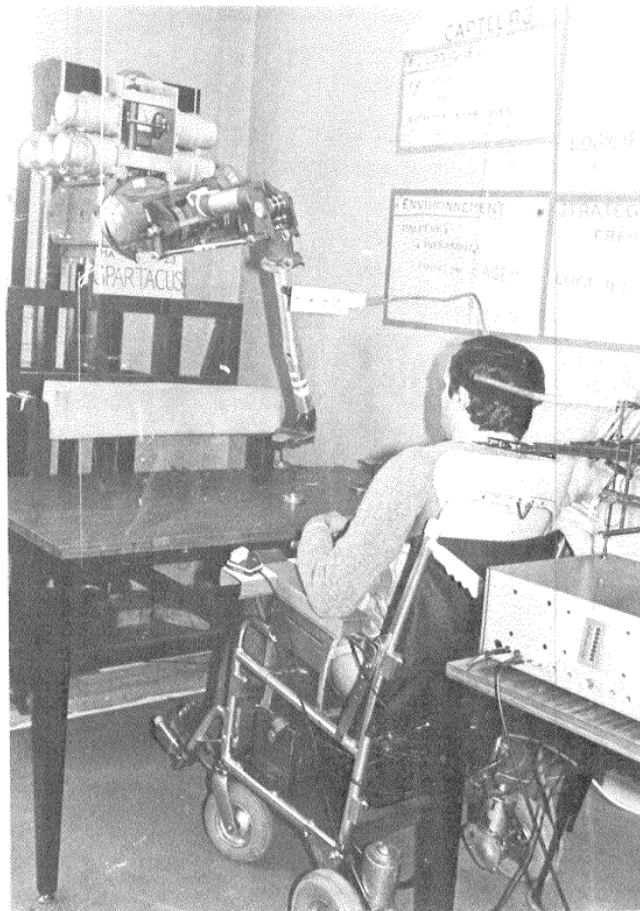


Abbildung 1: Knickarmrobotersteuerung durch Kopfbewegungen
(Guittet u. a. 1979, S. 84)

Nachdem im ersten Kapitel der Gruppenarbeit die Funktionsweise von BCI erläutert wurde, beschäftigt sich der folgende Abschnitt mit der Gerätetechnik eines Gelenkarmoboters sowie Begriffen und Grundlagen der Robotik im Allgemeinen. Die Gerätetechnik gehört zu den Kernkomponenten in einem Robotersystem und beinhaltet technische Elemente für Kinematik, Sensorik und Aktorik. Zu den weiteren Kernkomponenten, die im Rahmen der Belegarbeit nicht weiter behandelt werden, zählen:

- Steuerung (z.B. Rechnerkopplung, Interpolation)
- Programmierung (z.B. Punkt- und Bahnsteuerung, Prozessbeschreibung)
- Prozessführung (Geometrie- und Technologiedatenverarbeitung, Steuer- und Regelstrategie)
- Endeffektor (z.B. Greifer, Werkzeuge)

(vgl. Hesse und Malisa 2016, S. 40)

Der Begriff Robotik ist laut DIN definiert als:

Robotertechnik, zu der man Entwurf und Berechnung, Herstellung, Steuerung von Robotern, Einsatz in Standard- und Problemlösungen, Erforschung von Steuerungsvorgängen bei Mensch und Maschine, Sensoren und Endeffektoren sowie deren Anwendung zählt (DIN EN ISO 8373, zitiert nach ebd., S. 39).

Roboter können nach verschiedenen Kriterien, wie Anwendungsbereich, Einsatzgebiet, Ausführung und Aufgaben, gruppiert werden (vgl. ebd., S. 25 f.). Die VDI-Richtlinie 2860 beschreibt Industrieroboter beispielsweise wie folgt:

Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei programmierbar (d.h. ohne mechanischen Eingriff vorzugeben bzw. änderbar) und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabe- oder andere Fertigungsaufgaben ausführen (VDI-Richtlinie 2860, zitiert nach Weber 2017, S. 16).

Roboter, insbesondere Industrieroboter, können demnach auch als Handhabungsgeräte bzw. -technik betrachtet werden. Abbildung 2 zeigt, dass Handhabungsgeräte primär in manuell gesteuerte oder programmgesteuerte Geräte eingeteilt werden können. Es gibt darüber hinaus aber auch Mischformen in der Robotik, z.B. beim Serviceroboter. Dieser ist ein Hybrid aus Industrieroboter und Manipulator, welcher Dienstleistungen für den Menschen erbringt. Serviceroboter reagieren auf menschliche Anweisungen (manuelle Steuerung) führen Teilaufgaben aber auch automatisch bzw. programmgesteuert aus. (vgl. ebd., S. 15–17)

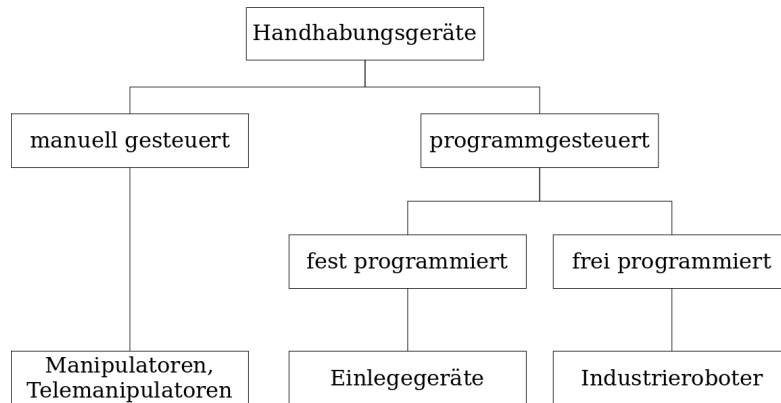


Abbildung 2: Einteilung von Handhabungsgeräten
(Weber 2017, S. 16)

1.2 Kinematik

Die Anordnung der Armteile und Gelenke bestimmt die kinematische Struktur eines Roboters, hierbei unterscheidet man hauptsächlich zwischen serieller Kinematik und Parallelkinematik. Roboter die aus einer Aneinanderreihung von Armteilen bestehen, welche wiederum durch Gelenke bzw. Achsen verbunden sind, ordnet man der seriellen Kinematik zu. Das letzte Armteil in einer solchen Anordnung, kann auch als Effektor bzw. Endeffektor bezeichnet werden. Hierbei handelt es sich um das Teil des Roboters, welches in Kontakt mit der Umgebung tritt, um z.B. Objekte zu greifen. Bei der Parallelkinematik hingegen sind mehrere Schub- oder Drehgelenke mit dem Effektor verbunden und wirken direkt auf diesen. Der Gelenkarmroboter weist eine serielle Kinematik auf. Die kinematische Struktur eines Roboters bestimmt wiederum seinen Freiheits- bzw. Getriebefreiheitsgrad. (vgl. Weber 2017, S. 17–20)

Der Freiheitsgrad f beschreibt „[...] die Anzahl der möglichen unabhängigen Bewegungen (Verschiebungen, Drehungen) eines starren Körpers gegenüber einem Bezugssystem“ (ebd., S. 18). Es gibt hierbei zwei wesentliche Grundbewegungen, die Translation (Gleit- oder Verschiebewegung) und die Rotation (Drehbewegung). Bei der Translation bewegt sich der Körper theoretisch ohne sich selbst zu drehen (starr) entlang einer oder mehrerer Raumachsen (x-, y- und z-Achse). Bei der Rotation hingegen dreht sich der Körper um einen bestimmten Mittelpunkt bzw. um eine bestimmte Achse, die innerhalb oder außerhalb des Körpers liegen kann. (vgl. Schünke 2014, S. 53 f.)

Abbildung 3 stellt die Freiheitsgrade am Beispiel der Bewegungsmöglichkeiten eines Tennisballs im Raum dar.

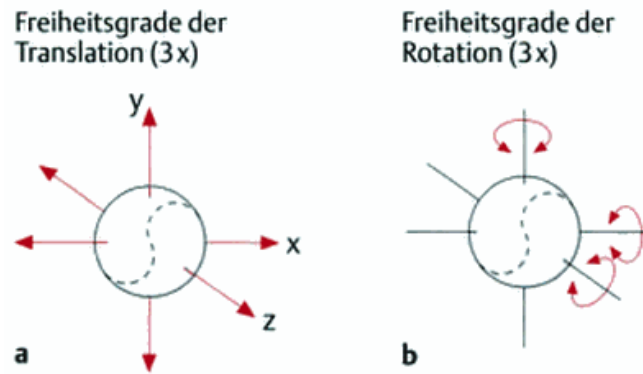


Abbildung 3: Translation (a) und Rotation (b)
(Schünke 2014, S. 53)

Der Getriebefreiheitsgrad F gibt an, „[...] wie viele unabhängig voneinander angetriebene Achsen zu einer eindeutigen Bewegung des Roboterarms führen“ (Weber 2017, S. 18). Bei Gelenkarmrobotern mit sechs Achsen ($F=6$), kann der Effektor durch geschickte Anordnung der Gelenke, den maximalen Freiheitsgrad $f=6$ erreichen. Roboter können generell aber auch mit mehr als sechs Achsen ($F>6$) konstruiert werden, dies bezeichnet man als redundante Kinematiken. Hierdurch erzielt man auf Kosten eines erhöhten Steuerungsaufwands eine Verbesserung der Feinbewegungen. (vgl. ebd.)

Abbildung 4 zeigt die Drehrichtung der Roboterachsen des Gelenkroboters KUKA KR AGILUS sixx.

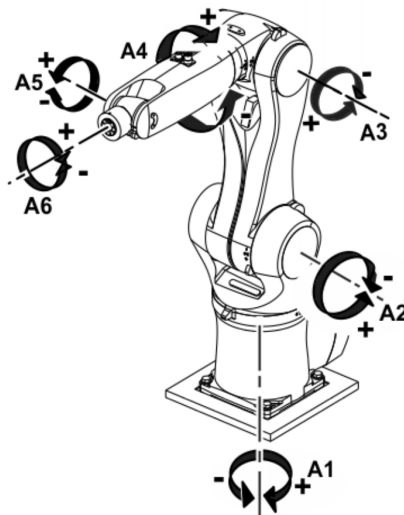


Abbildung 4: KR AGILUS sixx
(KUKA GmbH 2018)

1.3 Aktorik

Gelenkmodule und Achsverbindungen werden durch die Aktorik eines Roboters angetrieben und ermöglichen somit die Bewegung des Effektors. Der Aktor hat demnach die Aufgabe eine Achse von einer Position auf eine andere zu bewegen, hierzu gibt es vier typische Betriebszustände:

- Antrieb und Beschleunigung im Rechtslauf
- Abbremsung im Rechtslauf
- Antrieb und Beschleunigung im Linkslauf
- Abbremsung im Linkslauf

Zu den wesentlichen Gruppen in der Aktorik gehören pneumatische oder hydraulische Aktoren (z.B. doppeltwirkende Zylinder oder Druckluftmotoren) sowie elektrische Aktoren (z.B. bürstenbehaftete und bürstenlose Gleichstrommaschinen). Jede Gruppe hat ihre individuellen Vor- und Nachteile, weshalb in einem Robotersystem, und so z.B. auch bei einem Gelenkarmroboter, verschiedene Kombinationen von Aktoren zum Einsatz kommen können. Generell lässt sich festhalten, dass pneumatische und hydraulische Aktoren die höchsten Kräfte erzielen und daher sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen können, allerdings erreichen sie nicht die hohe Positioniergenauigkeit von elektrischen Aktoren. (vgl. Hesse und Malisa 2016, S. 63–79)

Neben dem eigentlichen Antrieb bzw. Motor sind auch Getriebe Teil der Aktorik in einem Roboter. Getriebe sind notwendig, da die Bewegungen der Aktoren nicht immer direkt den Anforderungen des mechatronischen Systems entsprechen. Sie dienen allgemein der Übertragung und Umformung von Bewegungen sowie von Kräften, mittels der Änderung von Drehmomenten, -richtungen oder der Umsetzung einer Drehbewegung in eine Linearbewegung. Auch hier gibt es viele verschiedene Bauformen, deren Anwendung je nach Anforderung variiert, z.B. Kugelumlaufspindeln, Planetengetriebe, Kegelradgetriebe oder Zahnriemengetriebe. (vgl. MacCloy und Harris 1989, S. 121 f.; Hesse und Malisa 2016, S. 89–96)

1.4 Sensorik

Die Sensorik in einem Robotersystem ermittelt inner- und außerhalb des Systems vorliegende Informationen. Dies ist erforderlich, um die komplexen Bewegungsabläufe in einer nur teilweise bestimmbar Umwelt auszuführen. Die Robotik stützt sich dabei häufig auf Erkenntnisse aus der Bionik¹ und man unterscheidet primär zwischen internen (interozeptiven bzw. propriozeptiven) und externen (exterozeptiven) Sensoren. Interozeptive Sensoren messen interne Zustände wie Motorgeschwindigkeit, Ladezustand oder Greifkraft und exterozeptive Sensoren ermitteln Informationen aus der Umgebung, z.B. zur Entfernungsmessung von Objekten. Nutzt ein Sensor dabei nur die Energie bzw. Signale aus der Umgebung, bezeichnet man ihn auch als passiven Sensor (z.B. Kameras oder Kontaktsensoren). Aktive Sensoren hingegen senden Energie aus und messen die Reaktion der Umgebung darauf (z.B. Laser- & Ultraschallscanner sowie

¹Die Bionik erforscht, wie biologische Phänomene auf technische Systeme übertragen werden können. (Feess 2018)

Infrarotsensoren). (vgl. Hertzberg, Lingemann und Nüchter 2012, S. 23 f.; Kruse 2013, S. 73; Hesse und Malisa 2016, S. 97)

Zu den wesentlichen Aufgaben der Sensorik zählen: „

- Bewegungsüberwachung (z.B. Abgleich- und Justiervorgänge)
- Bewegungssteuerung (z.B. Konturverfolgung)
- Kraftsteuerung (z.B. Einpressen, Zusammenstecken)
- Sensorgesteuertes Erreichen einer Zielposition (unbekannte Position und Orientierung eines Teils)
- Programmablaufkontrolle (z.B. selektive Montage)
- Überwachung von Endeffektoren (z.B. Greifkraft, Rutschsensoren)

“ (Hesse und Malisa 2016, S. 97)

Zu den wichtigsten Sensoren gehören Positionssensoren, Beschleunigungssensoren und Sensoren zur Kräftemessung. Positionssensoren ermitteln die Position bewegter Komponenten wie dem Endeffektor und lassen sich z.B. durch inkrementale Weg- und Winkelgeber, Resolver oder elektrische Kompass realisieren. Zur optischen Positionsmessung gibt es neben Kameras eine Vielzahl von Lasersensoren mit unterschiedlichen Funktionsweisen wie Laserlaufzeitmessung, Lasermodulation, -triangulation oder -interferometrie. Beschleunigungssensoren messen Beschleunigungen und Rotationsraten, um die aktuelle Position und Orientierung eines betrachteten Körpers ausgehend von einer bestimmten Startposition zu berechnen. Hier kommen z.B. elektrische oder optische Gyroskope zum Einsatz. Zur Kräftemessung werden in der modernen Robotik Kraft-Moment-Sensoren eingesetzt, welche in der Regel alle drei Raumkräfte und -momente messen. Die Messung erfolgt dabei über piezoelektrische Elemente oder Dehnmessstreifen. (vgl. ebd., S. 98–117)

1.5 Fazit

Roboter sind höchst komplexe mechatronische Systeme, die primär aufgrund ihrer industriellen Nutzung weiterentwickelt wurden. Es hat sich gezeigt, dass der Effektor eines Gelenkarmroboters im Vergleich zu anderen kinematischen Strukturen den höchsten Freiheitsgrad erreichen kann. Daraus begründet sich auch der geeignete Einsatz als Telethese. Allerdings konnten im Rahmen der Belegarbeit viele wichtige Fragen, wie beispielsweise zur Steuerung, Prozessführung oder den Endeffektoren, nicht geklärt werden. In Anbetracht der Komplexität von Robotersystemen stellt sich auch die Frage nach sicherheitstechnischen Anforderungen, insbesondere wenn solche Systeme als Prothesen genutzt werden. Während bei stationären Industrierobotern z.B. umzäunte Sperrbereiche eingerichtet werden können, bestünde im Fall von Fehlfunktionen bei einem mobilen Roboterarm die Gefahr Lebewesen oder Objekte im unmittelbaren Umfeld oder den Anwender selbst zu verletzen.

2 Ethische Aspekte und Einstellung zu Human Enhancement und Gehirn-Computer-Schnittstellen

2.1 Einleitung

In der Dokumentation „Du sollst dich optimieren“ stellen sich zu Beginn Menschen vor, die Methoden zur Selbstoptimierung verinnerlicht haben. Sie sind der Meinung: „Immer besser sein, immer besser sein als gestern.“ oder „Das Leben verlangt von dir jeden Tag aufs Neue, dich zu verbessern“. (Dettmer-Finke 2017, Min. 0–1)

Damit soll verdeutlicht werden, wie stark dieser Trend unserer Zeit ist und Selbstoptimierungstechnologien boomen. (vgl. defi-filmproduktion 2018) Die Dokumentation hinterfragt aber auch: „Muss ich da mitmachen? Will ich das überhaupt?“ (Dettmer-Finke 2017, Min. 1–2) Die Frage nach dem „Wollen“ und „Müssen“ soll der abschließende Teil der Gruppenarbeit im Bezug auf den Einsatz von Gehirn-Computer-Schnittstellen als mögliche Technologie zur Selbstoptimierung oder als therapeutisches Mittel bei betroffenen Patienten untersuchen. Dazu werden die ethischen Aspekte von Human Enhancement, frei übersetzt als Selbstoptimierung, und der Verwendung der konkreten Technologie BCI betrachtet. Im Rahmen der Semesterarbeit wurde eine Umfrage erstellt, durchgeführt und analysiert. Sie soll klären: Wie ist die Einstellung zu Human Enhancement zum Zeitpunkt der Erstellung der Semesterarbeit, insbesondere die Akzeptanz von BCIs, und welche Risiken werden beim Einsatz von BCIs vermutet?

2.2 Der Trend Human Enhancement

Human Enhancement bezeichnet allgemein, dass sich Menschen verbessern und optimieren, also ihre Möglichkeiten erweitern und ihre Leistungsfähigkeit steigern. Es können gesunde, kranke oder behinderte Menschen sein, die sich durch chemische, biologische und technische Mittel optimieren. (vgl. Bendel 2018) Ein Bereich des Human Enhancement konzentriert sich auf die Verbindung des Menschen mit Technologien zur körperlichen oder geistigen Erweiterung, meist zu nichttherapeutischen Zwecken. In diesem Zusammenhang wird von der Weiterentwicklung des Menschen zum Cyborg gesprochen, wobei eine Verschmelzung von Mensch und Maschine durchgeführt wird um Körper und Geist zu perfektionieren und menschliche Schwächen auszugleichen. (vgl. Bendel 2015, S. 75) Die entsprechende philosophische Denkrichtung ist der Transhumanismus. Sie setzt als Schwerpunkt die Anwendung neuer und künftiger Technologien, welche mit dem menschlichen Körper zu einer Einheit werden. Zu diesen Technologien gehören u. a. Gehirn-Computer-Schnittstellen. (vgl. Edlmeier 2018) Ausgehend vom therapeutischen Einsatz sind Gehirn-Computer-Schnittstellen für kranke und behinderte Patienten eine große Hoffnung auf mehr Selbstbestimmung und Unabhängigkeit.

2.3 Ethische Aspekte zu Human Enhancement und zu Gehirn-Computer-Schnittstellen

Für Human Enhancement können mehrere Bereichsethiken zuständig sein. Das ist die Informationsethik, die zum Gegenstand die Moral der Informationsgesellschaft hat. Sie untersucht, wie wir uns bei dem Anbieten und Verwenden von Informations- und Kommunikationstechnik sowie digitalen Medien moralisch verhalten. (Bendel 2015, S. 77–78) Zum anderen ist es die Technikethik. Sie befasst sich mit moralischen Fragen zum Einsatz von Technik- und Technologie, beispielsweise die Technik von Fahrzeugen oder Kernenergie. (ebd., S. 78)

Bendel führt drei Aspekte zu Human Enhancement aus, die aus Sicht der Informations- und Technikethik untersucht werden sollten um Lösungsansätze für kritische Entwicklungen aufzuzeigen: Identitäts- und Wirklichkeitsverlust, Informationsgerechtigkeit und Persönliche und informationelle Autonomie. (ebd., S. 78–80) Bei der Erforschung, Entwicklung und dem Einsatz von BCIs ergeben sich spezifische ethische Fragen. Deren Reflektion könnte gewährleisten, dass BCIs in den verschiedenen Stadien „eine ethisch vertretbare und gesellschaftlich erwünschte Richtung nehmen kann“ (Clausen 2006, S. 26 f.).

Durch den invasiven Eingriff bei einer BCI gibt es medizinische Risiken. Beim Eingriff ins Gehirn könnte es zu Komplikationen während der Operation oder zu Infektionen kommen. Zudem stellt sich die Frage der Langzeitverträglichkeit der Elektroden. (ebd., S. 28) Bewusstseinsfähigkeit, Persönlichkeit und Identität hängen sehr eng mit dem Gehirn zusammen. Daher ist zu klären ob und wie sich das BCI am Kortex auf die Identität des Verwenders auswirkt. (ebd.) Kommen durch falsche Interpretation der abgeleiteten Signale der BCI Dritte zu Schaden, z. B. bei der Steuerung der Prothese nach rechts anstatt nach links, ergibt sich die Frage der Verantwortlichkeit. Hersteller und Programmierer werden den Decodierungsalgorithmus so zuverlässig wie möglich gestalten. Dennoch bleibt eine gewisse Unsicherheit, die bei keinem technischen Gerät vollkommen ausgeschlossen werden kann. Ist es deshalb notwendig eine Versicherungspflicht bei bestimmten Verwendungen von BCIs einzuführen, um gravierende Folgen bei möglichen Fehlfunktionen abzudecken? (ebd., S. 29) Die decodierten Signale aus der BCI müssen zur Steuerung und Kontrolle an das Endgerät übertragen werden. Die kabellose Übertragung ist komfortabel und wenig infektionsanfällig. Hier lässt sich leicht ein Missbrauchszenario ausmalen, bei dem eine Prothese fremdgesteuert wird, aber die Handlung dem Träger zugeschrieben wird. (ebd., S. 30)

2.4 Umfrage im Zuge der Semesterarbeit

Um herauszufinden, wie aktuell die Einstellung zu Human Enhancement und zur Nutzung einer Gehirn-Computer-Schnittstellen ist, wurde eine Umfrage entwickelt. Der Fragebogen ist in drei Abschnitte geteilt. Der erste Teil beschäftigt sich mit Human Enhancement als Oberbegriff und soll herausfinden, welchen Stellenwert Selbstoptimierung für die Befragten hat. Gefragt wurde auch, welche Bereiche es betrifft, ob technische Hilfsmittel verwendet werden und wie oft. Der zweite Abschnitt befasst sich mit invasiven BCIs. Um Erkenntnisse zur Akzeptanz zu

gewinnen, wurde hier nach der Wahrscheinlichkeit der Verwendung einer invasiven BCI gefragt, einerseits für therapeutische Zwecke und andererseits für nicht-therapeutische Anwendungen. Des Weiteren sollten die Befragten ausgewählte mögliche Risiken bei der Verwendung bewerten. Der dritter und abschließende Teil enthält allgemeine Fragen zum Geschlecht, zur Altersgruppe und zur Selbsteinschätzung der Technikvorerfahrung. Es vermutet, dass es sich beim befragten Personenkreisen zum großen Teil um Studenten der angewandten Informatik an der HTW Berlin, Personen, die in der Lehre an der HTW Berlin für den Studiengang angewandte Informatik tätig sind, sowie Familie, Freunde und Bekannte der Verfasserin.

Der Fragebogen wurde digital gestreut, so dass die Befragten während dem Antworten keine Möglichkeit hatten nachzufragen. An der Umfrage haben insgesamt 64 Personen teilgenommen, wobei es einen Abbruch gab. Für die Analyse der Antworten liegt der Fokus auf der Einstellung zu Human Enhancement und dem Einsatz einer invasiven BCI.

Wie wichtig ist es Ihnen, sich selbst zu verbessern und zu optimieren?

64 Antworten

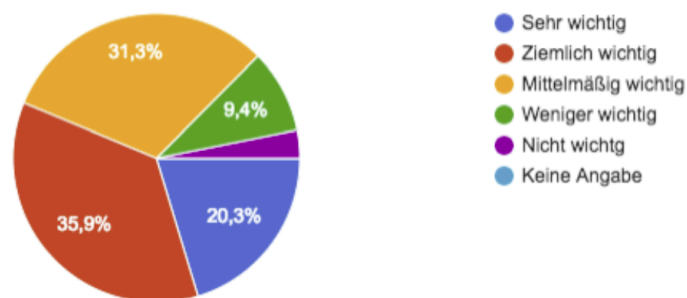


Abbildung 5: Diagramm zu den Antworten der Frage: „Wie wichtig ist es Ihnen, sich selbst zu verbessern und zu optimieren?“

Selbstoptimierung ist für 36 von 64 (56,3%) sehr oder ziemlich wichtig, 20 mittelmäßig wichtig und für 8 (12,5%) weniger oder nicht wichtig, wobei sich keine Auffälligkeiten für die verschiedenen Geschlechter, Altersgruppen oder Technikvorerfahrungen gibt.

Mit 39 Nennungen ist Bildung der stärkste Bereich, in dem die Befragten sich verbessern, gefolgt von Sport (35) und Ernährung (29). 24 Personen geben an sich beim Zeit- und Selbstmanagement, 21 Personen beim Sprache(n) lernen und 5 in kleinem Bereich zu optimieren.

Bei der Verwendung technischer Hilfsmittel liegt das Smartphone mit 39 Nennungen vorne, danach folgen Wearables (10) und die Sprachsteuerung (4). Aus 8 Freitextantworten ergeben sich folgende Hilfsmittel: PC bzw. Computer, Bücher, Fachliteratur, Meditation, Medikamente, Excel, Websites oder Empfehlungen. 18 Befragte geben an keine Hilfsmittel zu nutzen.

Die Auswertung zur Häufigkeit der Hilfsmittelnutzung zeigt, dass drei Antwortmöglichkeiten dominieren: mehrmals am Tag mit 14 (21,9%), mehrmals in einer Woche mit 17 (26,6%) und gar nicht mit 16 (25%).

Würden Sie für therapeutische Zwecke eine invasive Gehirn-Computer-Schnittstelle wählen...einer Armprothese bei einer Lähmung?

63 Antworten

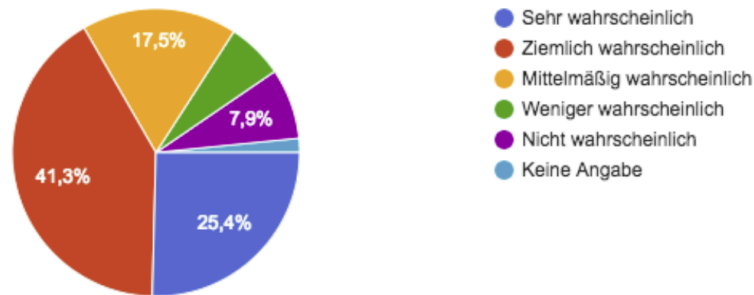


Abbildung 6: Diagramm zu den Antworten der Frage: „Würden Sie für therapeutische Zwecke eine invasive Gehirn-Computer-Schnittstelle wählen ...?“

Für therapeutische Zwecke würden 42 von 63 (66,7%) sehr oder ziemlich wahrscheinlich, eine invasive BCI wählen. Damit ist der Prozentsatz hier höher als bei der Frage zur Selbstoptimierung, vermutlich durch den Ausgangspunkt einer Krankheit oder Behinderung. 11 antworten mit mittelmäßig wahrscheinlich, 9 (14,3%) mit weniger oder nicht wichtig. Eine leichte Abweichung gibt es bei den Geschlechtern: bei Männern sind die Angaben sehr oder ziemlich wahrscheinlich etwas höher, 27 von 38 (71,1%), als bei den Frauen, 13 von 20 (65%). Für die Altersgruppen und Technikvorerfahrungen sind keine Unterschiede zu erkennen.

Würden Sie für nicht-therapeutische Zwecke eine invasive Gehirn-Computer-Schnittstelle wähle...rmgeber bei Ablenkung und Ermüdung?

63 Antworten

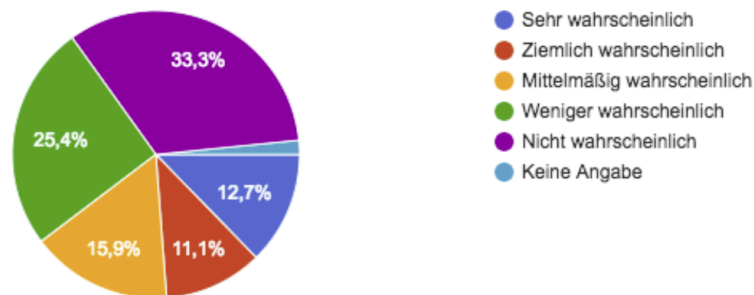


Abbildung 7: Diagramm zu den Antworten der Frage: „Würden Sie für nicht-therapeutische Zwecke eine invasive Gehirn-Computer-Schnittstelle wählen ...?“

Bei den Antworten zur Verwendung einer invasiven BCI für nicht-therapeutische Zwecke zeigt sich ein fast umgekehrtes Bild, 15 von 63 (23,8%) nennen sehr oder ziemlich wahrscheinlich, 10 mittelmäßig und 37 (58,7%) weniger oder nicht wahrscheinlich. Diese ausgeprägte Zurückhaltung variiert stark innerhalb der Geschlechter, Altersgruppen und Technikvorerfahrungen. Männer sind offener für die nicht-therapeutische Verwendung, 12 von 38 (31,6%) antworten sehr oder ziemlich wahrscheinlich. Bei Frauen schneit es große Skepsis beim Einsatz bei einem gesunden Menschen zu geben: 14 von 20 (70%) sagen weniger oder nicht wahrscheinlich.

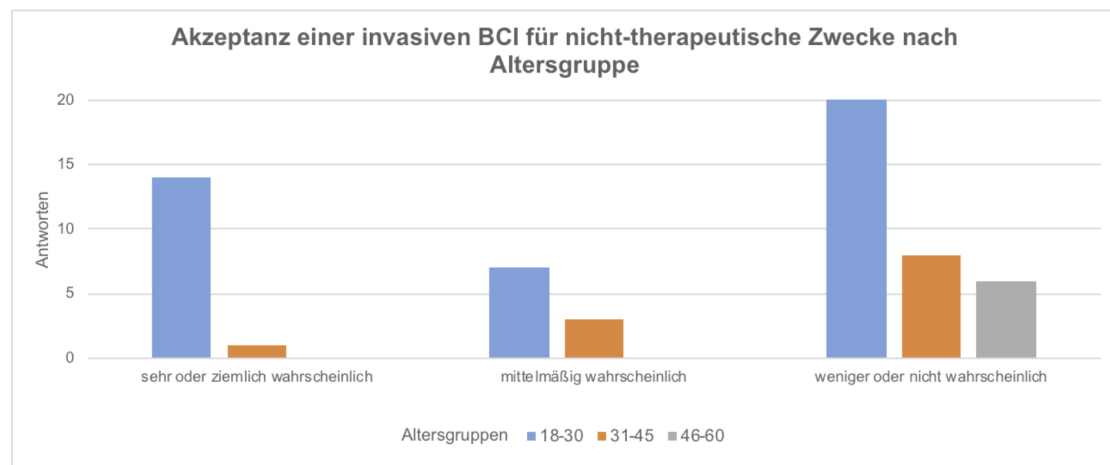


Abbildung 8: Akzeptanz einer invasiven BCI für nicht-therapeutische Zwecke nach Altersgruppe

Für die Altersgruppen lässt sich sagen, dass mit steigendem Alter die Akzeptanz deutlich sinkt. In der Altersgruppe 46-60 ist die Basis mit 6 Antworten gering.

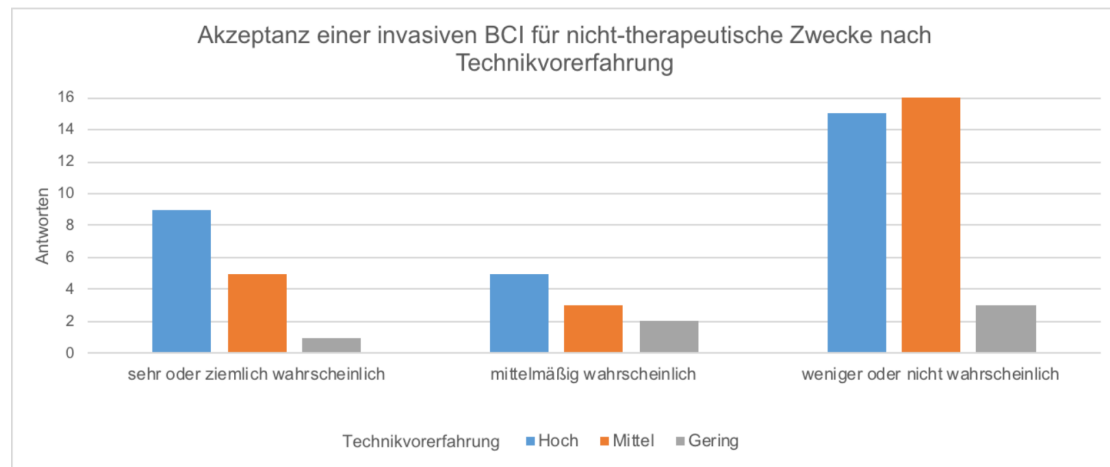


Abbildung 9: Akzeptanz einer invasiven BCI für nicht-therapeutische Zwecke nach Technikvorerfahrung

Ebenso korreliert die Akzeptanz mit der Technikvorerfahrung. Für die Technikvorerfahrung „Gering“ ist die Basis mit 6 Antworten klein. Die etwas komplexere Frage zur Risikobewertung haben 62 Personen beantwortet. Die Risiken werden absteigend nach den Nennungen für sehr hohes oder hohes Risiko aufgeführt. Als stärkstes Risiko wird der Missbrauch von im Gehirn erhobenen Daten angesehen, 43 (69,4%) geben dafür an. Die Klärung der Verantwortung bei Schädigung Dritter und das Risiko von Ungerechtigkeit sind mit 38 bzw. 37 Nennungen (61,3% bzw. 60,0%) ähnlich bewertet. Bei den medizinischen Risiken sind es 32 Antworten (51,6%), allerdings ist der Wert für das mittelmäßige Risiko mit 21 hier hoch. Danach folgt das Risiko zur Ausgrenzung von Individuen und Gruppen, hier sind es 29 (46,8%). Am wenigsten bedrohlich werden die unbefugte Steuerung von Außen und die Veränderung der eigenen Persönlichkeit wahrgenommen, 23 bzw. 21 gaben dies an (37,0% bzw. 33,9%). Bei beiden ist sind die Nennung für das mittelmäßige Risiko mit 24 bzw. 22 stark ausgeprägt.

2.5 Zusammenfassung

Zu Human Enhancement und der Verwendung von BCIs gibt es eine Vielzahl von ethischen Aspekten. Deren Reflektion kann helfen, das BCIs eine breite Akzeptanz in der Gesellschaft finden. Die Analyse der Umfragewerte hat ergeben, dass der befragte Personenkreis Selbstoptimierung zu 50% als ziemlich oder sehr wichtig bewertet und nur für wenige einen kleinen oder gar keinen Stellenwert hat. Noch höher ist die Akzeptanz von BCIs zu therapeutischen Zwecken mit 67%, vermutlich aus der Not einer Krankheit oder Behinderung heraus. Bei der Verwendung von BCIs bei gesunden Menschen zur Selbstoptimierung dreht sich das Bild, nur

noch 24% haben eine bejahende Einstellung zur Verwendung. Bei dieser Frage gibt es große Unterschiede innerhalb der Geschlechter, Altersgruppen und Technikvorerfahrungen.

Literatur

- Bendel, Oliver (Aug. 2015). „Human Enhancement aus ethischer Sicht. Die informationstechnische Erweiterung und ihre Folgen“. In: *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis* 24.2, S. 75–85. ISSN: 1619-7623.
- Bendel, Oliver (2018). *Definition: Human Enhancement*. In: *Gabler Wirtschaftslexikon Online*. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/human-enhancement-54034/version-277089> (besucht am 20. 06. 2018).
- Clausen, Jens (Sep. 2006). „Ethische Aspekte von Gehirn-Computer-Schnittstellen in motorischen Neuroprothesen“. In: *International Review of Information Ethics* 5, S. 25–32. ISSN: 1614-1687.
- defi-filmproduktion (2018). *Text zum Film: Du sollst dich optimieren!* defi-filmproduktion.de. URL: <http://www.defi-filmproduktion.de/de/filme/du-sollst-dich-optimieren> (besucht am 09. 06. 2018).
- Dettmer-Finke (2017). *Du sollst dich optimieren!* ZDF/ARTE/SRF. Freiburg.
- Edlmeier, W. (2018). *Transhumanismus*. In: *Wikipedia*. Page Version ID: 177418008. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Transhumanismus&oldid=177418008> (besucht am 20. 06. 2018).
- Feess, Eberhard (2018). *Definition: Bionik*. In: *Gabler Wirtschaftslexikon Online*. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/bionik-27087/version-250750> (besucht am 19. 06. 2018).
- Guittet, J. u. a. (1979). „The Spartacus telethesis: manipulator control studies“. In: *Bulletin of Prosthetics Research* 16.2, S. 69–105. ISSN: 0007-506X.
- Hertzberg, Joachim, Kai Lingemann und Andreas Nüchter (2012). *Mobile Roboter: eine Einführung aus Sicht der Informatik*. eXamen.press. OCLC: 554956189. Berlin: Springer Vieweg. 389 S. ISBN: 978-3-642-01726-1 978-3-642-01725-4.
- Hesse, Stefan und Viktorio Malisa, Hrsg. (2016). *Taschenbuch Robotik - Montage - Handhabung*. 2., neu bearbeitete Auflage. OCLC: 932644906. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. 614 S. ISBN: 978-3-446-44365-5 978-3-446-44549-9.
- Kruse, Marco (2013). *Mehrobjekt-Zustandsschätzung mit verteilten Sensorträgern am Beispiel der Umfeldwahrnehmung im Straßenverkehr*. Forschungsberichte aus der industriellen Informationstechnik Bd. 5. OCLC: 840010245. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. 186 S. ISBN: 978-3-86644-982-4.
- KUKA GmbH (19. Apr. 2018). *KR AGILUS sixx Spezifikation*.
- MacCloy, Don und Michael J. Harris (1989). *Robotertechnik: Einführung*. Robotik. OCLC: 75094788. Weinheim: VCH. 412 S. ISBN: 978-3-527-26917-4.

- Merkelt, Judith (Mai 2015). „Neuroprothesen: High-Five mit Roboterarm“. In: *Spektrum - Die Woche* 21.5. URL: <https://www.spektrum.de/news/neuroprothese-gelaehmter-steuert-roboterarm-mit-blosser-vorstellungskraft/1347474> (besucht am 13. 06. 2018).
- Schünke, Michael (2014). *Funktionelle Anatomie: Topografie und Funktion des Bewegungssystems*. 2., vollständig überarbeitete Auflage. OCLC: 875226062. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag. 391 S. ISBN: 978-3-13-118572-3 978-3-13-169402-7 978-3-13-199682-4.
- Weber, Wolfgang (2017). *Industrieroboter: Methoden der Steuerung und Regelung*. 3., neu bearbeitete Auflage. OCLC: 947105564. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. 242 S. ISBN: 978-3-446-43355-7 978-3-446-43578-0.