Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Hausarbeit

Jan Martin

BCI: Usability und nutzerorientierte Gestaltung

Fakultät Technik und Informatik
Department Informatik

Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science

Jan Martin

BCI: Usability und nutzerorientierte Gestaltung

Hausarbeit eingereicht im Rahmen der Ringvorlesung

im Studiengang Next Media
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. Kai von Luck
Zweitgutachter : Kai Rosseburg

Abgegeben am 24.02.2014

Jan Martin

Thema der Arbeit

BCI: Usability und nutzerorientierte Gestaltung

Stichworte

Brain-Computer-Interface, Usability, User Experience, Mental Tasks

Kurzzusammenfassung

Die ersten BCIs wurden entwickelt, um vollständig paralysierten Personen eine neue Möglichkeit zu eröffnen, mit ihrer Umwelt zu interagieren. Mit wachsendem technologischem Fortschritt und dadurch schwindenden Nutzungskosten stellt sich immer mehr die Frage, ob sich BCIs auch für die Anwendung durch eine breitere Nutzeröffentlichkeit eignen. Neben einigen, grundlegenden technologischen Herausforderungen, die es in Zukunft zu bewältigen gilt, i.e. Verbesserung der Sensorik und Vervollkommnung der Analysemethoden, mangelt es heutigen BCIs nach wie vor an „Intuitivität“ und einfacher Bedienbarkeit.

Um diese Probleme zu adressieren, muss der Entwicklungsprozess von BCIs an die Leitlinien des User-Centered Designs angepasst werden. Sowohl die Steuerungsmechanismen als auch die mentalen Aufgaben zur Kontrolle der BCIs müssen in enger Abstimmung mit zukünftigen Nutzern erarbeitet werden. Der Erfolg moderner BCIs wird, gerade vor dem Hintergrund der stetigen Weiterentwicklung in den Bereichen Sensorik und Signalverwendung, langfristig von ihrer Orientierung an den realen Bedürfnissen ihrer Nutzer (Usability) abhängig sein.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5

2 Brain-Computer-Interface (BCI) 6

2.1 Invasive BCIs 7

2.2 Partial-invasive BCIs 7

2.3 Non-invasive BCIs 8

3 Komponentenstruktur von BCIs 8

3.1 Signalaufnahme (Signal Acquisition) 9

3.2 Signalverarbeitung (Signal Processing) 10

3.3 Implementierung (Application Interface) 10

3.4 Signalanwendung (Devices & Applications) 10

4 Nutzerorientierte Ansätze 11

4.1 Standards für Nutzerorientierung 11

4.1.1 ISO Standard 9241-210 12

4.1.2 HCI-Konzepte 12

4.2 Strukturelle Schwächen von BCIs 12

4.3 Konklusion 13

5 Fazit & Ausblick 13

Literaturverzeichnis 15

Abbildungsverzeichnis 17

1 Einleitung

Die Faszination für mental gesteuerte Systeme ist beinahe so alt, wie die digitale Welt. Die Möglichkeit mit unserer Umwelt durch die bloße Kraft der Gedanken zu interagieren, hat in unserer Forschungswelt aber mittlerweile großes Interesse gefunden. D. A. Todd, P. J. McCullagh, M. D. Mulvenna und G. Lightbody schreiben diesbezüglich in ihrer Arbeit „Investigating the Use of Brain-Computer Interaction to Facilitate Creativity" (2012):

> „The idea of being able to exert control over a computer using only the 'power of thought' has for many years been in the realm of science fiction. However for over ten years, this concept has been very much a scientific fact. Admittedly, this idea of Brain-Computer Interaction (BCI) is far from commonplace, but it is a technology that may be set to augment the human's senses and enhance the more accepted ways of interacting with the world; both real and virtual."

Brain-Computer-Interfaces (BCIs) könnten auf lange Sicht die Art und Weise, wie wir mit Computern interagieren grundsätzlich verändern. Wie so häufig sind auch sie ein Resultat des Versuchs, physiologisch eingeschränkte Menschen durch den Einsatz technischer Artefakte (Assistive Technolgy) zu unterstützen (siehe Abbildung 1). Angetrieben durch den stetigen, technologischen Fortschritt bahnen sich BCIs heute, über die Gaming Industrie und andere technikaffine Branchen, ihren Weg hin zu einer wesentlich breiteren Nutzergruppe: „These and other emerging applications adumbrate dramatic changes in user groups."(Allison 2011, S.19). Leider weisen BCI-Systeme nach wie vor Defizite im Hinblick auf Usability und User Experience auf, die auf konzeptionelle Schwächen im Entwicklungsprozess zurückgeführt werden können (Plass-Oude Bos et al. 2011; Blankertz et al. 2008).

Abbildung 1: Smart Wheelchair (Rebsamen et al. 2008)

Im Rahmen der Ringvorlesung zum Studiengang Next Media (Themenbereich Barrierefreiheit), sollen in dieser Arbeit, anhand einer Strukturanalyse von BCI-Systemen, Grundlagen für eine nutzerorientierte Gestaltung abgeleitet werden. Kapitel 2 und 3 befassen sich dabei mit den verschiedenen BCI-Typen, deren mentalen Befehlsmodalitäten und der Komponentenstruktur heutiger BCIs. In Kapitel 4 werden anschließend benutzerorientierte Ansätze vorgestellt und in Verbindung mit den Grundlagen aus den vorherigen Kapiteln gebracht, um in Kapitel 5 ein angemessenes Fazit anbieten zu können.

2 Brain-Computer-Interface (BCI)

Ein Brain-Computer-Interface (BCI), zu Deutsch: Gehirn-Computer-Schnittstelle, ist ein System, das jegliche muskuläre Informationsübermittlung oder die Übermittlung via Nervenzellen umgeht und direkte Signale des Gehirns in Befehle übersetzt, die an ein externes Device übermittelt werden können (Migliore et al. 2008). Da BCIs grundsätzlich häufig im Bereich Assistive Technology (AT) eingesetzt werden, handelt es sich bei den Annahmegeräten im Forschungsalltag häufig um automatische Rollstühle oder sogenannte Speller (automatisierte Sprachausgabegeräte). Obwohl BCIs zum Bereich Human-Computer-Interface (HCI) zählen, definieren sie sich gerade dadurch, dass eine Interaktion mittels BCI ausschließlich auf die mentale Domäne beschränkt ist und praktisch allein durch die „Kraft der Gedanken" arbeitet (Todd et al. 2012). Aktuelle Ansätze stellen häufig außerdem darauf ab, dass BCIs Informationen unmittelbar aus dem Gehirn ablesen, Echtzeitfeedback generieren und ausschließlich intentional steuerbar sein müssen (Pfurtscheller et al. 2010)[1].

Bis jetzt beschränkt sich die Forschung im Hinblick auf Hirnaktivitäten, die für die Befehlsübermittlung genutzt werden hauptsächlich auf vier Bereiche (Plass-Oude Bos et al. 2011):

I Slow Cortical Potentials (SCP): Langsam veränderliche kortikale Potentialschwankungen in der Größenordnung von 100 bis 200µV und einer zeitlichen Dauer von einer bis wenige Sekunden.

II Imaginary Movement: Fiktive Bewegungen der Gliedmaßen, die zu messbaren Veränderungen der Aktivitätsniveaus beanspruchter Areale führen.

III P300: Eine positive, gut nachweisebare Welle, die etwa 300ms nach einem applizierten Zielreiz ausgelöst wird. Da die P300 zuverlässig durch auditorische (abweichende Töne) oder visuelle Reize (abweichende Bilder) erzeugt werden kann, handelt es sich um die am häufigsten verwendete Modalität um Benutzeraufmerksamkeit abzubilden.

IV Steady-State Visually-Evoked Potentials (SSVEP): Signale, die als natürliche Reaktion auf visuelle Stimuli auf bestimmten Frequenzen entstehen. Visuelle Stimuli im Frequenzbereich von 3,5Hz bis 75Hz erzeugen Hirnaktivitäten mit gleicher (oder einem Vielfachen der) Frequenz bei überdurchschnittlich gutem Signal-to-Noise Ratio (Signal-Rausch-Verhältnis).

Damit diese (und weniger häufig verwendete) Signale aufgenommen und an ein externes Gerät weitergegeben werden können, ist eine Schnittstelle notwendig – ein BCI. Diese Schnittstellen können dabei mehr oder weniger invasiv implementiert werden.

[1] Vor einigen Jahren versuchte die Europäische Kommission den Begriff der „Brain-Neuronal Computer Interaction (BNCI)" zu prägen. Eingeschlossen wurden hier neben klassischen BCIs auch Systeme, die andere physiologische Impulse wie muskuläre Aktivität oder Augenbewegungen aufzeichneten. Der Begriff der BNCI konnte sich bis jetzt jedoch nicht durchsetzen.

2.1 Invasive BCIs

Die invasive BCI-Technologie konzentriert sich größtenteils auf die Wiederherstellung von Seh- und Bewegungsfähigkeit physiologisch eingeschränkter Personen. Hierbei werden Signalabnehmer mittels neurochirurgischer Operation direkt in die Graue Substanz (lat. substantia grisea) des Gehirns implantiert. Als graue Substanz bezeichnet man die Gebiete des Zentralnervensystems, im Kontrast zur Weißen Substanz der Nervenfasern, die vorwiegend aus Nervenzellkörpern bestehen (Purves et al. 2008).
Da die BCIs im Falle der invasiven Implantation direkt in der Grauen Materie liegen, erzeugen sie die beste Signalqualität aller BCI-Kategorien. Allerdings neigen die Implantate dazu, eine intensive Narbenbildung zu verursachen, die langfristig zu einer Schwächung oder sogar zum totalen Ausfall dieser Signale führt und das Implantat damit unbrauchbar macht.

Im visuellen Bereich wurden BCIs bis jetzt ausschließlich eingesetzt, um die Sehfähigkeit eines Patienten wieder herzustellen. Es handelte sich bei den Patienten also um Menschen, die im Laufe ihres Lebens ihre Sehfähigkeit verloren hatten (nicht-angeborene Blindheit) (Naumann 2012). Auch im motorischen Bereich konzentriert sich die Forschung hauptsächlich darauf, die Bewegungsfähigkeit partiell bzw. vollständig gelähmter Menschen wiederherzustellen oder ihnen durch mechanische Gliedmaßen in Verbindung mit invasiven BCIs neuroprothetische Lösungen anzubieten.

2.2 Partial-invasive BCIs

Partial-invasive BCIs werden zwar innerhalb des Schädels, aber nicht innerhalb des Gehirns selbst (wie im Fall der invasiven BCIs) implantiert. Dadurch werden Signalverzerrungen oder Störungen durch die Knochenstruktur der Hirnschale verhindert. Die Signalstärke partial-invasiver BCIs liegt damit zwischen invasiven und non-invasiven BCIs. Da nicht direkt in das Gehirn implantiert wird, kann außerdem die Gefahr der oben beschriebenen Narbenbildung drastisch reduziert werden. Ein dauerhafter Verbleib des BCIs im Schädel des Patienten ist auch hier vorgesehen.

Diese Technik dient, ähnlich wie Elektroenzephalographie (EEG) non-invasiver BCIs, der Aufnahme elektrischer Aktivitäten des Gehirns, mit dem Unterschied, dass bei der Elektrokortikographie (ECoG) bei partial-invasiven BCIs Elektroden mittels eines dünnen Plastikplättchens direkt auf dem Cortex unterhalb der dura mater (äußerste Hirnmembran) eingebracht werden (Serruya & Donoghue 2003).

2.3 Non-invasive BCIs

Unter der Gruppe der nicht-invasiven BCIs werden alle Systeme zusammengefasst, die nicht implantiert werden müssen und sich außerhalb des Schädels befinden. Die bei Weitem prominenteste dieser Technologien ist die oben bereits erwähnte Elektroenzephalographie (EEP). Die EEP nimmt elektrische Hirnaktivitäten via Elektroden (heute auch ohne Elektroden-Gel) auf der Schädeloberfläche wahr. Diese Elektroden werden in der Regel durch eine Haube befestigt. Non-invasive BCIs bergen durch ihre einfache Anwendung (keine Implantation), gute Portabilität, vergleichsweise geringen Kosten und im Fall des EEP, ihre zeitliche Messgenauigkeit, eine Menge an Vorteilen. Leider ist ihre Signalqualität vergleichsweise schlecht. Gerade die so relevante Lokalisierung von Hirnaktivitäten bei der EEP gestaltet sich äußerst schwierig. Hinzu kommt, dass es durch das zwischengelagerte Knochenmaterial häufig zu Störungen und Verzerrungen kommt (Noise).
Dennoch gehört die EEP, speziell außerhalb der AT Domäne, zur zentralen Technologie im Bereich der Brain-Computer-Interfaces – etwa 80% aller BCIs sind non-invasiv (Allison 2011).

3 Komponentenstruktur von BCIs

BCIs sind grundsätzlich aus vier Komponenten zusammengesetzt. Diese betreffen die Methode der Signalaufnahme, Signalverarbeitung, Implementierung und Verwendung relevanter Signale aus dem Gehirn:

> „All BCIs require four components: methods to acquire, process, implement, and manage relevant brain and/or other signals."(Allison 2011, S.18)

Die wachsende Begeisterung für BCIs, die sich mittlerweile nicht nur in der Forschung sondern auch der Privatwirtschaft, im Speziellen der Gaming Industrie, niederschlägt, ist darauf zurückzuführen, dass die stetige Verbesserung dieser einzelnen Komponenten die allgemeine Leistung aller BCIs verbessert (Nijholt et al. 2008).

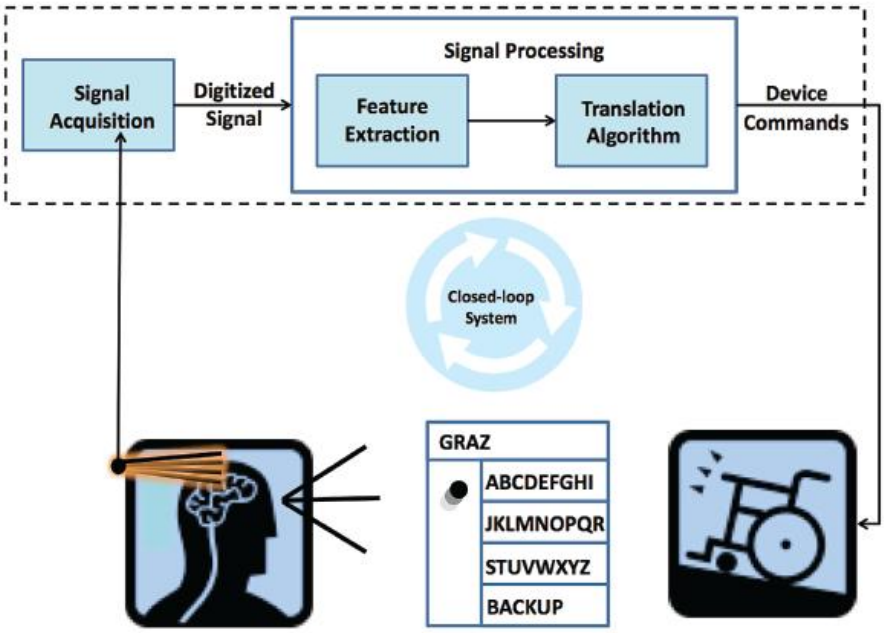

Abbildung 2: Ablaufstruktur eines BCI am Beispiel Speller/Smart Wheelchair (Allison 2011)

Die Ergebnisqualität des von Allison beschriebenen Feedback-Loops ist von der Qualität jeder der vier beschriebenen Komponenten abhängig. Deshalb müssen im Hinblick auf eine systemische Weiterentwicklung alle Komponenten auch individuell betrachten werden.

3.1 Signalaufnahme (Signal Acquisition)

Die Signalaufnahme extrahiert die Impulse des Gehirns, die anschließend als Befehl oder Nachricht verwendet werden sollen. Die dahinterstehende Sensoren-Technik hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht. Elektrodenhauben (für EEP) können ohne Elektrodengel verwendet werden und sind deshalb portabler und einfacher zu handhaben. Stirnhauben können heute neben Hirnsignalen via Elektrookulographie (EOG) und Elektromyographie (EMG) parallel auch Potentialveränderungen der Netzhaut und muskuläre Gesichtsimpulse erfassen und so eine weitreichendere Signalgrundlage anbieten.[2] Auch die Anwendungsmöglichkeiten funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI) und der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) werden erprobt. Beide Verfahren können aktuell noch keinen konkreten Vorteil gegenüber der EEP verzeichnen, sind jedoch aufwendiger in der Verfahrenstechnik (Allison 2011).
Gerade die vereinfachte Handhabung ruft neuerdings die Privatwirtschaft auf den Plan: Firmen wie Quasar, Emotiv und NeuroSky bewerben ihr Trocken-Elektrodensystem immer stärker für den Computerspielsektor und andere Bereiche. Das System von ENOBIO (entwickelt von Starlab) ist bereits erhältlich, während Starlab parallel an Verbesserungen arbeitet.

[2] Streng genommen befinden wir uns mit EOG und EMG nicht mehr im engen Definitionsbereich der BCIs wie er eingangs umrissen wurde. Die unterstützende Wirkung hybrider Technologie führt allerdings dazu, dass auf sie im Forschungsalltag immer häufiger zurückgegriffen wird.

Dennoch steckt die BCI-Technologie noch in ihren Kinderschuhen. Das ist nicht zuletzt der Grund dafür, weshalb BCIs in vielen Bereichen, neben klassischen Eingabemöglichkeiten wie Tastaturen oder Joypads, letztlich als zusätzliche Eingabedimension genutzt werden. Die Interaktion zwischen Computer und Nutzer kann so bereits jetzt signifikant verbessert werden.

3.2 Signalverarbeitung (Signal Processing)

Nach der Aufnahme müssen die Impulse mittels der Signalverarbeitung in verwendbare Befehle oder Nachrichten übersetzt werden. Durch neue Ansätze konnte die Trainingszeit, die bis jetzt nötig war, Probanden mit der Anwendung vertraut zu machen, reduziert werden. Dennoch kann nicht von einer intuitiven Steuerbarkeit der BCIs gesprochen werden. Die in Kapitel 2 skizzierten Befehlsmodalitäten sind häufig nur schwer und unzuverlässig durch die Testpersonen zu kontrollieren. Das Problem besteht deshalb auch weiterhin darin, Befehle als solche zu erkennen und von anderen Potentialveränderungen zu unterscheiden (Zickler et al. 2011).
Erfolge werden in diesem Bereich hauptsächlich durch hybride Systeme verzeichnet, die nicht allein auf die Messung der Hirnaktivität abstellen, sondern auch andere neuromuskuläre Impulse mit einbeziehen (Klasse der Brain-Neuronal Computer Interaction (BNCI)). Eine engere Zusammenarbeit der Forschungsbereiche für Signalaufnahme und Verarbeitung sowie nutzerorientierte Systeme könnten in Zukunft deutliche Fortschritte ermöglichen (Guger, Allison & Edlinger 2013).

3.3 Implementierung (Application Interface)

Diese Ebene (auch: Operating Environment) entscheidet darüber, wie die einzelnen Komponenten mit dem Nutzer interagieren. Sie bildet - wie Bildschirm, Tastatur und Maus eines herkömmlichen Computers - die Nutzerumgebung. Zwar konnten auch hier in den letzten fünf Jahren sichtbare Fortschritte erzielt werden, im Gegensatz zur üblichen Vorgehensweise der Übergruppe HCI, orientieren sich BCI-Systeme in aller Regel aber immer noch weniger am Nutzer und seinen Bedürfnissen, als an der Aufgabenstellung. Zentrale Herausforderungen der „No Control State“ Erkennung[3] oder wann und in welcher Form dem Nutzer Feedback gegeben werden sollte, können nur durch eine Fokussierung auf den Nutzer selbst bewältigt werden.

3.4 Signalanwendung (Devices & Applications)

Das Feld der Signalanwendung war von allen Komponenten in den letzten zehn Jahren dem größten Wandel unterworfen. Neben der Anwendung für prothetischen Apparaturen wie künstliche Gliedmaßen, intelligente Rollstühle, Sprachausgabegeräte und andere Robotiksysteme aus dem AT-Bereich, finden BCIs nun ihren Weg in „Smart Homes“ und andere virtuell unterstützte Umgebungen (Ambient Intelligence), Spiele und Anwendungen, die nicht für die Hilfs- und

[3] „No Control State“ bezeichnet die Phase in der der Nutzer keine willentlichen Befehle erteilt. Gerade bei Potentialmessungen kommt es hier häufig zu Fehlinterpretationen (Rebsamen et al. 2008).

Pflegetechnologie entwickelt wurden (D'Albis et al. 2012). Diese neuen Anwendungsfelder eröffnen BCIs völlig neue, potentielle Nutzergruppen. Nachdem sich die Forschung der vergangenen Jahre häufig auf eingeschränkte und behinderte Nutzer fokussiert hat, stehen BCIs vor der Schwelle, einer breiten Öffentlichkeit Nutzen zu spenden. Es ist deshalb davon auszugehen, dass der Bereich der Signalanwendung auch weiterhin als Katalysator auf die Entwicklung neuer Interfaces wirken wird (Allison 2011).

Wie oben skizziert, konnten in den Bereichen der Signalaufnahme und Anwendung in den vergangenen Jahren deutlich mehr Erfolge erzielt werden als in den Bereichen der Signalverarbeitung und Implementierung (Wolpaw et al. 2006; Wolpaw et al. 2002). In den letzteren beiden Fällen kann angenommen werden, dass sich viele Schwierigkeiten dieser Bereiche auf Mängel in der konzeptionelle Entwicklungsweise zurückführen lassen. Während Bemühungen im HCI-Bereich zeigen konnten, dass eine nachhaltige Konzentration auf den Nutzer und seine Konstitution positive Ergebnisse begünstigt oder erst möglich macht, mangelt es in den Forschungsansätzen für BCIs häufig noch an dieser Einsicht (Plass-Oude Bos et al. 2011).

4 Nutzerorientierte Ansätze

Auch wenn die Technologie im Forschungsprozess immer wieder an Probanden getestet wird, scheint der Einfluss potentieller Nutzer auf die Entwicklungskonzepte für BCIs noch sehr beschränkt zu sein (Zickler et al. 2011, Plass-Oude Bos et al. 2011):

> „Current BCI research concentrates on improving the recognition accuracy and speed, which are two important factors of how BCI systems are experienced. On the other hand […] other factors of usability and user experience have to be taken into account as well."(Plass-Oude Bos et al. 2011, S.122)

Um diesem Ungleichgewicht entgegenzuwirken, ist es notwendig, gerade in der frühen Entwicklungsphase, in der sich die Technologie für BCIs befindet, nutzerorientierte Ansätze zu entwickeln und zu unterstützen.

4.1 Standards für Nutzerorientierung

Relevante Grundlagen für eine solche Nutzerorientierung finden sich beispielsweise in allgemeinen Entwicklungsstandards oder dem Forschungsbereich für HCI.

4.1.1 ISO Standard 9241-210

Der Begriff des „User-Centered Design“ wurde in den 1980ern geprägt und wird seitdem weltweit verwendet (Abras et al. 2004). Heute existiert für das Konzept der nutzerorientierten Gestaltung eine Standardisierung in Form der ISO 9241-210. In ihr werden folgende Prinzipien für eine nutzerorientierte Technologiengestaltung festgehalten:

(a) Nutzer, Aufgabe und Umgebungsbedingungen müssen nachvollzogen werden.
(b) Nutzer müssen schon in der frühen Entwicklungsphase involviert werden.
(c) Gestaltungsimpulse müssen aus Nutzerbedürfnissen abgeleitet werden.
(d) Dieser Ablauf muss auf den einzelnen Entwicklungsebenen wiederholt werden.
(e) Die gesamte User-Experience muss in Betracht gezogen werden.
(f) Multi-Disziplinarität sollte während der Entwicklung gefördert werden.

4.1.2 HCI-Konzepte

Moderne HCI-Konzepte konnten nachweislich den Erfolg nutzerorientierter Entwicklungsprozesse unter Beweis stellen (Abras et al. 2004). Im Zentrum des Forschungsbereichs steht der Versuch, Computer und ihre Interfaces den natürlichen Bedürfnissen und Intuitionen von Nutzern anzupassen – nicht umgekehrt. Dafür ist es notwendig, bereits die Ideen für die Konzeptgrundlagen, i.e. Ziele der Entwicklung, Steuerung der Anwendung, Interaktion mit dem Nutzer etc., in Zusammenarbeit mit potentiellen Nutzern zu erarbeiten.

4.2 Strukturelle Schwächen von BCIs

Neben Problemen wie verbesserungsfähiger Hardware, zeitlichen Verzerrungen oder der schwachen Bestätigungsrate relevanter Hirnaktivitäten, sind es die in Kapitel 2 erwähnten mentalen Befehlsformen, die Nutzer vor enorme Herausforderungen stellen. Grundsätzlich wird im heutigen Forschungsalltag fast ausschließlich auf Befehlsformen abgestellt, die, wie bereits beschrieben, eine hohe Identifikationswahrscheinlichkeit für die EEP generieren können. Dabei wird allerdings außer Acht gelassen, dass die dahinterliegenden, mentalen Aufgaben in aller Regel ausgesprochen unintuitiv sind, in keiner Verbindung zu der realen Aufgabenstellung stehen und deshalb extensives Training der Nutzer erforderlich machen.

Eine der bekanntesten experimentellen Studien im BCI-Bereich wurde bereits Mitte der 1990er Jahre an der Universität Tübingen unter der Führung von Niels Birbaumer durchgeführt. Mehrere schwer gelähmte Probanden wurden instruiert, mittels Slow Cortical Potentials (SCP) über ein EEP einen Binärcode zu erzeugen, der die Steuerung eines Computer-Cursors ermöglichen sollte. Trotz der scheinbar geringen Komplexität dieser Aufgabe benötigten die Probanden im Schnitt auch nach monatelangem Training noch mehr als eine Stunde, um mit dem Computer-Cursor eine Reihe von 100 Buchstaben in das Interface einzugeben (Psychology Today 2004).

Auch in diesem Experiment wurde von den Probanden wiederholt ein Defizit an Inuitivität und Natürlichkeit des Interfaces angemerkt.

D. Plass-Oude Bos, M. Poel und A. Nijholt untersuchen vor diesem Hintergrund in ihrem Artikel „A Study in User-Centered Design and Evaluation of Mental Tasks for BCI“ den Ansatz,

Nutzern die Möglichkeiten zu geben, mentale Befehlsformen selbständig mit bestimmten realen Aufgaben zu verknüpfen. Die Probanden erhielten somit die Möglichkeit, mentale Aktivitäten zu wählen, die sie intuitiv mit der zu bewältigenden, realen Aufgabenstellung assoziierten, e.g. die Vorstellung einen schweren Gegenstand nach vorne zu schieben führt zu einer Vorwärtsbewegung eines Avatars in einer Videospielumgebung. Auch wenn die praktische Verwertbarkeit der Untersuchung wegen ihrer noch unzureichenden Erkennungsrate durch die EEP gering ist, konnte eine enorme Steigerung der Nutzeridentifikation verzeichnet werden (Plass-Oude Bos et al. 2011). Mit einer anhaltenden Verbesserung der Sensorik und Analysemethoden kann durchaus angenommen werden, dass diese Kategorie alternativer, nutzerorientierter Ansätze zukunftsweisend für die BCI-Technologie sein könnte.[4]

4.3 Konklusion

Im Hinblick auf die in Kapitel 3 beschriebene Komponentenstruktur von BCIs sollte darauf hingewiesen werden, dass wegen des andauernden, technologischen Fortschritts davon auszugehen ist, dass sowohl Signalaufnahme als auch Signalanwendung in Zukunft stetig verbessert werden können. Die Signalverarbeitung und Implementierung werden allerdings abseits dieses Fortschritts auch weiterhin von der Konzeption der ihnen zugrundeliegenden Entwicklungsprozesse abhängig bleiben. Gerade unter der Annahme, dass Signalaufnahme und Anwendung in Zukunft weiter perfektioniert werden können, wird die Güte von BCIs langfristig von deren Ausrichtung auf den Nutzer abhängig sein (Graimann et al. 2007).
Dabei steht auch für Plass-Oude Bos et al. außer Frage, dass die korrekte und schnelle Erkennung mentaler Befehlsformen zentral für ein befriedigendes Nutzererlebnis bleiben wird. Dennoch müssen diese technologischen Fortschritte durch angemessene Reformen der betrachteten Steuerungsmechanismen begleitet werden, um ein nachhaltiges Entwicklungskonzept bilden zu können (Plass-Oude Bos et al. 2011).

5 Fazit & Ausblick

Die ersten BCIs wurden entwickelt, um vollständig paralysierten Personen eine neue Möglichkeit zu eröffnen, mit ihrer Umwelt zu interagieren. Mit wachsendem technologischem Fortschritt und dadurch schwindenden Nutzungskosten stellt sich immer mehr die Frage, ob sich BCIs auch für die Anwendung durch eine breitere Nutzeröffentlichkeit eignen. Neben einigen, grundlegenden technologischen Herausforderungen, die es in Zukunft zu bewältigen gilt, i.e.

[4] Allgemein stehen eine ganze Reihe verschiedener Ansätze aus dem User-Centered Design zur Lösung der beschriebenen Herausforderungen zur Verfügung. Das Experiment von Plass-Oude Bos et al. soll lediglich als richtungsweisendes Beispiel dienen.

Verbesserung der Sensorik und Vervollkommnung der Analysemethoden, mangelt es heutigen BCIs nach wie vor an Intuitivität und einfacher Bedienbarkeit (Zickler et al. 2011).

> „[T]he mental tasks that are available are limited in their applicability for intuitive interaction. New mental tasks are needed that can be mapped in an intuitive manner with the system action. One way to discover mental tasks that are suitable from a user perspective is to simply ask the user what they would like to do to trigger certain actions."(Plass-Oude Bos et al. 2011, S. 123)

Um diese Probleme zu adressieren, ist es notwendig, potentielle Nutzer stärker in den konzeptionellen Entwicklungsprozess einzubinden („User-Centered Design"). Die psychische und physiologische Konstitution späterer Nutzer muss schon während der Wahl der Steuerungsmechanismen im Fokus der Entwickler stehen. Dafür ist es notwendig, sich weniger auf eine sterile Problemstellung und mehr auf die realen Bedürfnisse des Nutzers zu konzentrieren.

Aus der Darstellung in Kapitel 2 und 3 geht hervor, weshalb die Bereiche der Signalverarbeitung und Implementierung auch in Zukunft der konzeptionellen Beschaffenheit des Entwicklungsprozesses für BCIs unterworfen sein werden und nicht im gleichen Maßen von dem zu erwartenden technologischen Fortschritt profitieren werden wie die Signalaufnahme und Verarbeitung. Aus eben diesem Grund ist es notwendig, die Steuerungsmöglichkeiten und Interface-Gestaltungen moderner BCIs durch einen nutzerorientierten Ansatz zu ergänzen und weiterzuentwickeln.

> „When the performance of BCI systems gets better, other aspects of user experience, such as ease, fun and intuitiveness, will play a more prominent role."(Plass-Oude Bos et al. 2011, S. 132)

Auf der Basis des jetzigen Forschungsstandes kann nicht abschließend eingeschätzt werden, ob sich alle Klassen mentaler Prozesse für die Steuerung von BCIs eignen. Spätere Nutzergruppen aber schon in der Entwicklungsphase mit einzubeziehen, erscheint vor dem Hintergrund der Recherche für diese Arbeit allerdings nicht nur sinnvoll, sondern notwendig. So könnten zukünftige Systeme intuitiver gestaltet und Konflikte mit dem Nutzer früher erkannt werden.

Literaturverzeichnis

Abras, C.; Maloney-Krichmar, D.; Preece, J. (2004): *User-Centered Design*. In: Bainbridge W (ed). Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications.

Allison, B. (2011): *Trends in BCI Research: Progress Today, Backlash Tomorrow?* In: XRDS, Vol.18, No.1.

Blankertz, B., Popescu, F., Krauledat, M., Fazli, S., Tangermann, M., Müller, K. (2008): *Challenges for Brain-Computer Interface Research for Human-Computer Interaction Applications*. In: ACM CHI Workshop on Brain-Computer Interfaces for HCI and Games.

D'Albis, T.; Blatt, R.; Tedesco, R.; Sbattella, L.; Matteucci, M. (2012): *A Predictive Speller Controlled by a Brain-Computer Interface Based on Motor Imagery*. In: ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 19, No. 3, Article 20.

Graimann, B.; Allison, B.; Gräser, A. (2007): *New Applications for Non-invasive Brain-Computer Interfaces and the Need for Engaging Training Environments*. In: BRAINPLAY 2007 Brain-Computer Interfaces and Games Workshop at ACE (Advances in Computer Entertainment), S.25–28.

Guger, C.; Allison, B.Z., Edlinger, G. (2013): *Brain-Computer Interface Research: A State-of-the-Art Summary*.

Migliore, D.; Blatt, R.; Matteucci, M.; Ceriani, S.; Fontana, G.; Seno, B.D. (2008): *Brain control of a smart wheelchair*. In Proceedings of International Conference on Inteligent Autonomous Systems. S.221–228.

Naumann, J. (2012): *Search for Paradise: A Patient's Account of the Artificial Vision Experiment*. Xlibris Corporation.

Nijholt, A.; Tan, D.; Pfurtscheller, G.; Brunner, C.; Mill´an, J.d.R.; Allison, B.; Graimann, B.; Popescu, F.; Blankertz, B.; M¨uller, K.R. (2008): *Brain-computer interfacing for intelligent systems*. IEEE Intelligent Systems, S.76–83.

Pfurtscheller, G.; Allison, B.Z.; Brunner, C.; Bauernfeind, G.; Solis-Escalante, T.; Scherer, R.; Zander, T.O.; Müller-Putz, G.; Neuper, C.; Birbaumer, N. (2010): *The hybrid BCI*. In: Frontiers in Neuroprosthetics 4, 42.

Plass-Oude Bos, D.; Poel, M.; Nijholt, A. (2011): *A Study in User-Centered Design and Evaluation of Mental Tasks for BCI*. University of Twente, Faculty of EEMCS, K.-T. Lee et al. (Eds.): MMM 2011, Part II, LNCS 6524, S.122–134, 2011. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Psychology Today (2003): *Just short of telepathy: can you interact with the outside world if you can't even blink an eye?* May–June 2003.

Purves, D.; Augustine, G.J.; Fitzpatrick, D.; Hall, W.C.; LaMantia, A.-S.; McNamara, J.O.; White, L.E. (2008): *Neuroscience. 4th ed.* Sinauer Associates. S.15–16.

Rebsamen, B.; Burdet, E.; Zeng, Q.; Zhang, H.; Ang, M.; Teo, C.L.; Guan, C.; Laugier, C. (2008): *Hybrid P300 and Mu-Beta Brain Computer Interface to operate a Brain Controlled Wheelchair.* In: Proceeding iCREATe '08 Proceedings of the 2nd International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology, S.51-55.

Serruya, M.D.; Donoghue, J.P. (2003): *Neuroprosthetics: Theory and Practice.* Chapter III: Design Principles of a Neuromotor Prosthetic Device. Ed.. Kenneth W. Horch, Gurpreet S. Dhillon. Imperial College Press.

Todd, D.A.; McCullagh, P.J.; Mulvenna, M.D.; Lightbody, G. (2012): *Investigating the Use of Brain-Computer Interaction to Facilitate Creativity.* School of Computing and Mathematics, University of Ulster, Shore Road, Newtownabbey, BT37 0QB, UK

Wolpaw, J.R.; Loeb, G.E.; Allison, B.Z.; Donchin, E.; Nascimento, O.F.; Heetderks, W.J.; Nijboer, F.; Shain, W.G.; Turner, J.N. (2006): *BCI meeting 2005 – workshop on signals and recording methods.* IEEE Transactions on Neural System and Rehabilitation Engineering 14(2), S.138–141.

Wolpaw, J.; Birbaumer, N.; McFarland, D.; Pfurtscheller, G.; Vaughan, T. (2002): *Brain-computer interfaces for communication and control.* Clinical Neurophysiology 113(6), S.767–791.

Zickler, C.; Riccio, A.; Leotta, F.; Hillian-Tress, S.; Halder, S.; Holz, E.; Staiger-Sälzer, P.; Hoogerwerf, E.-J.; Desideri, L.; Mattia, D.; Kübler, A. (2011): *A Brain-Computer Interface as Input Channel for a Standard Assistive Technology Software.* Vol.42, No.4.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Smart Wheelchair 5
Abbildung 2: Ablaufstruktur eines BCI am Beispiel Speller/Smart Wheelchair 9

Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, den *23.02.2014* _____