



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit

Jan Martin

BCIs in Computerspielen



Alternative Ansätze für virtuelle Interaktion

Jan Martin

BCIs in Computerspielen

Alternative Ansätze für virtuelle Interaktion

Hausarbeit eingereicht im Rahmen des Aufbauseminars

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

Abgegeben am 01.09.2014

Jan Martin

Thema der Arbeit

BCIS in Computerspielen – Alternative Ansätze für virtuelle Interaktion

Stichworte

Brain-Computer-Interface, BCI, Computerspiele, Games, Immersion

Kurzzusammenfassung

Erst seit wenigen Jahren drängt das Konzept der Brain-Computer Interfaces (BCIs) in Forschungsfelder außerhalb der Assistive Technology (AT) – unter ihnen die Computerspielindustrie. Aktuelle Bemühungen, BCIs in einen virtuellen Spielkontext einzubinden, konzentrieren sich allerdings nach wie vor fast exklusiv darauf, herkömmliche Eingabemodi (wie beispielsweise Maus und Tastatur) zu ersetzen; befriedigende Ergebnisse sind, auf dem Hintergrund aktueller, technologischer Limitationen, nicht absehbar. Um das immersive Potential von BCIs einerseits und die Forschungsfreiräume der Computerspielwelt andererseits nutzbar zu machen, ist es deshalb notwendig, Strukturmodelle zu entwickeln, die sowohl Stärken als auch Schwächen heutiger BCIs berücksichtigen.

Alternative Ansätze, die versuchen diesem Anspruch gerecht zu werden, begreifen BCIs als eine zusätzliche Eingabedimension, die in der Lage ist, bestehende Modalitäten angemessen zu ergänzen. Aus diesen Ansätzen gehen bereits jetzt intuitive Systeme hervor, die in der Lage sind, strukturelle Schwächen von BCIs zu kompensieren und eine immersive Einbindung des Nutzers in die Spielwelt zu ermöglichen. Es bleibt abzuwarten, welchen Einfluss zukünftige Forschungsimpulse und der anhaltende, technologische Fortschritt auf die Rolle von BCIs im Computerspielkontext haben werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Grundlagen & Status quo	6
2.1	Brain-Computer Interface (BCI)	6
2.1.1	Funktionsweise & Definition	6
2.1.2	Elektroenzephalographie (EEG)	8
2.2	Aktuelle Integration in Computerspiele	8
3	Strukturelle Analyse	9
3.1	Stärken	9
3.2	Schwächen	10
3.3	Problemstellung & Konklusion	10
4	Alternative Ansätze	11
4.1	Passive Anpassung	11
4.2	Unterbewusste Steuerung	12
4.3	Zusatzherausforderung (strange interfaces)	12
5	Fazit & Ausblick	13
	Literaturverzeichnis	15
	Abbildungsverzeichnis	17

1 Einleitung

Wie schon eine Vielzahl an Innovationen vor ihnen, sind auch Brain-Computer Interfaces (BCIs) aus dem Versuch hervorgegangen, die Lebensqualität körperlich beeinträchtigter Menschen zu verbessern. Noch Jahre nach den ersten Forschungsergebnissen konzentriert sich der Einsatz von BCIs vorwiegend auf die Domäne der Assistive Technology (AT) (Rebsamen et al. 2008, Zickler et al. 2011). Erst seit kurzem drängt das neuartige Interface auch auf andere Märkte – unter ihnen die Computerspielindustrie. Angesichts der mangelnden Robustheit und Zuverlässigkeit heutiger BCI-Systeme

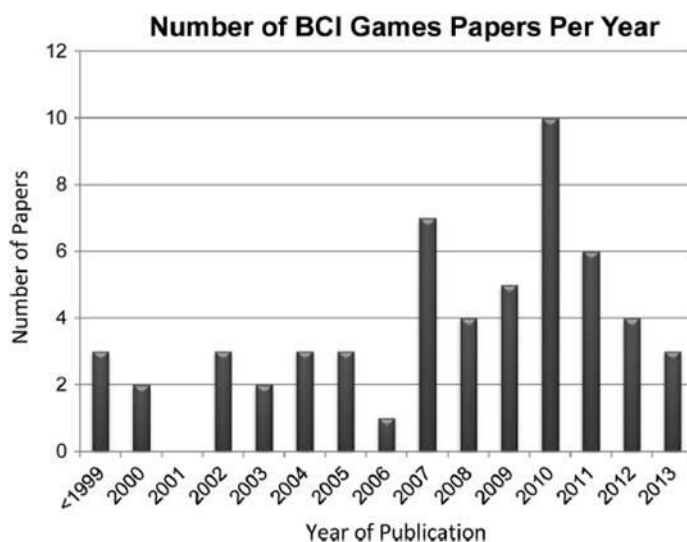


Abbildung 1: Artikel über BCIs im Computerspielbereich per Jahr (Marshall et al. 2013)

ist es allerdings verwunderlich, dass die experimentellen Freiheiten, die die virtuelle Spielwelt der Forschung im Gegensatz zur AT anbieten kann, kaum ausgenutzt werden. Während das fehlerfreie Funktionieren eines „Smart Wheelchair“ in der AT über die Sicherheit eines Patienten entscheidet, beeinflussen Fehlfunktionen in Computerspielen allenfalls die User Experience des Spielers (Nijholt et al. 2009). Darüber hinaus bietet der Computerspielmarkt motivierte Testgruppen und kapitalstarke Investoren – Vorzüge die sich in Entwicklungserfolge übersetzen könnten, die im Gegenzug auch die Lebensqualität körperlich beeinträchtigter Menschen positiv beeinflussen würden (Allison 2011). Wie aber aus Abbildung 1 hervorgeht, ist bis dato kein konkreter Trend zu erkennen, der auf eine stärkere Einbindung von BCIs in den Computerspielkontext hoffen ließe.

Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die Erkennungsraten heutiger BCIs als exklusives Eingabemedium auch für den Einsatz in Computerspielen nicht ausreichend sind. Andererseits verspricht die geschickte Integration von BCIs in die virtuelle Spielwelt aber ihr immersives und intuitives Potential nutzbar zu machen:

„The possibility of measuring cognitive states offers novel types of interaction paradigms. [...] Ultimately, this work seeks to create a totally intuitive control system with associated interaction of the remote virtual world using brain electrophysiological abilities: the *think-and-play* mode.“ (Lécuyer et al. 2008, S. 7)

Sowohl die Forschung, als auch die Computerspielindustrie (Microsoft, Emotiv, NeuroSky, IBM etc.) stehen deshalb vor der Herausforderung Integrationsmodelle zu entwickeln, die dem charakteristischen Stärken- und Schwächen-Profil aktueller BCI-Systeme gerecht werden (Nijholt et al. 2009). In der vorliegenden Arbeit sollen beispielhaft drei alternative Ansätze vorgestellt werden, die sich eben dieser Herausforderung widmen.

Hierzu erfolgt in Kapitel 2 zunächst eine kurze Zusammenfassung relevanter Grundlagen im Forschungsfeld der BCIs. In Kapitel 3 werden innerhalb einer strukturellen Analyse die charakteristischen Stärken und Schwächen heutiger BCIs herausgearbeitet, um anschließend drei aktuelle Ansätze vorzustellen, die auf die vorangegangene Analyse abstellen. Nachdem die Ansätze hinsichtlich ihrer Vorzüge gegenüber herkömmlichen Herangehensweisen beleuchtet wurden, folgt ein Fazit mit abschließendem Ausblick.

2 Grundlagen & Status quo

Da sich die Forschung im Bereich von BCIs bislang weitestgehend auf die Domäne der AT beschränkt, sind auch die Grundlagenbeschreibungen zumeist auf den Kontext von Hilfstechnologien zugeschnitten. Funktionsmodelle lassen sich allerdings ohne weiteres auf den Computerspielkontext übertragen (Pfurtscheller et al. 2010).

2.1 Brain-Computer Interface (BCI)

2.1.1 Funktionsweise & Definition

Der Ausdruck des Brain-Computer Interface (BCI), zu Deutsch: Gehirn-Computer Schnittstelle, beschreibt ein System aus der Human-Computer Interaction (HCI/CHI), das jegliche muskuläre Informationsübermittlung oder die Übermittlung via Nervenzellen umgeht und direkte Signale des Gehirns in Befehle umsetzt, welche an ein externes Device übermittelt werden können (Migliore et al. 2008). Während Todd et al. (2012) entsprechende Systeme vereinfacht als Steuerung mittels der „Kraft der Gedanken“ skizzieren, verweisen Pfurtscheller et al. in aktuellen Ansätzen verstärkt darauf, dass BCIs Informationen unmittelbar aus dem Gehirn lesen¹, Echtzeitfeedback generieren und ausschließlich intentional steuerbar sein müssen (Pfurtscheller et al. 2010).

¹ Diese Definition kontradiert den von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen Begriff der „Brain-Neuronal Computer Interaction (BNCI)“, der neben klassischen BCIs auch Systeme einschließen sollte, die andere physiologische Impulse wie muskuläre Aktivität oder Augenbewegungen detektieren und als Eingabemodi erkennen.

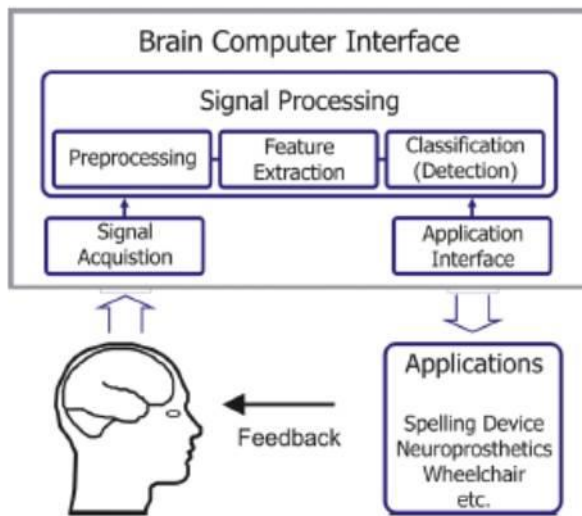


Abbildung 2: Model eines BCI (Kaiser et al. 2011)

darüber, wie das gesamte System mit dem Nutzer interagiert und bildet - wie Bildschirm, Tastatur und Maus eines herkömmlichen Computers - die Nutzerumgebung (Implementierung). Abschließend werden die Nutzereingaben an den vorgesehenen Empfänger, beispielsweise einen Rollstuhl oder Speller, weitergegeben und dort umgesetzt (Signalanwendung).

Für eine adäquate Befehlsübermittlung sind entsprechende mentale Aufgaben vom Nutzer zu bewältigen, die ein erkennbares, charakteristisches Muster von Gehirnwellen erzeugen. Aktuelle Systeme verwenden für die Befehlsübermittlung fast ausschließlich Slow Cortical Potentials (SCP), Imaginary Movement, P300 oder Steady-State Visually-Evoked Potentials (SSVEP) (Plass-Oude Bos et al. 2011). Dabei werden elektromagnetische Impulse im Bereich 0,5 – 4 Hz (Delta-Wellen) bis 13-30 Hz (Beta-Wellen) gemessen. Erkannt werden diese Impulse durch invasive bzw. partial-invasive Detektoren (i.e. chirurgisch implantierte Detektoren) oder non-invasive Lösungen, die beispielsweise einfache Elektrodenkappen verwenden, die der Nutzer an seinem Kopf anbringt. Beide Varianten bieten sowohl Vor- als auch Nachteile (Purves et al. 2008).

Nicht zuletzt, weil die Gruppe invasiver bzw. partial-invasiver BCIs einen operativen Eingriff notwendig macht, wird sie für Betrachtungen im Computerspielbereich auch in Zukunft weniger relevant bleiben.² Mit einem Anteil von 80% wird die Domäne der BCIs, inklusive der Systeme aus dem AT-Bereich, klar durch non-invasive Anwendungen dominiert – allen voran die Elektroenzephalographie (EEG) (Allison 2011).

² Im Kontrast zur AT sind Spielanwendungen für freiwillige Nutzer entworfen, für die, per se, keine Notwendigkeit bzw. kein gesundheitlicher Anreiz existiert, sich unter Inkaufnahme entsprechender Risiken für die Implantierung eines invasiven BCI zu entscheiden.

Wie im Model aus Abbildung 2 dargestellt, kann die Funktionsweise eines BCI angemessen durch eine Komponentenstruktur beschrieben werden (Allison 2011): Zunächst werden Impulse aus dem Gehirn extrahiert, welche später als Nachrichten oder Befehle verwendet werden sollen (Signalaufnahme). Anschließend müssen die detektierten Signale in übermittlungsfähige Befehle oder Nachrichten übersetzt werden (Signalverarbeitung). Die dritte Komponente entscheidet

2.1.2 Elektroenzephalographie (EEG)

Fast alle Anwendungen von BCIs im Computerspielkontext bedienen sich der EEG zur Signalaufnahme. Die EEG nimmt die charakteristischen, von Hirnaktivitäten erzeugten elektromagnetischen Wellen mittels Elektroden (heute auch ohne Elektroden-Gel), wie in Abbildung 3³ dargestellt, direkt an der Schädeloberfläche auf. Ähnlich wie in der Abbildung werden die Elektroden zumeist durch eine Haube am Kopf fixiert. Die vergleichbar niedrigen Anschaffungskosten und der hohe Grad an Portabilität prädestiniert die EEG praktisch für den privaten Einsatz zu Unterhaltungszwecken.



Abbildung 3: EEG-Haube

Leider lässt gerade die Verlässlichkeit der systemrelevanten Lokalisierung von Hirnaktivitäten auch weiterhin viel Raum für Verbesserungen. Im Kontrast zu modernen, invasiven BCIs kommt außerdem hinzu, dass das zwischengelagerte Knochenmaterial zu Verzerrungen und Verlusten der Signalqualität (Noise) führt. Insgesamt stellt deshalb die adäquate Signalerkennung nach wie vor die größte Herausforderung in der Entwicklung robuster EEG-Systeme dar (Allison 2011).

2.2 Aktuelle Integration in Computerspiele

Trotz einiger struktureller Schwächen werden BCIs bereits seit mehreren Jahren auch im Computerspielkontext eingesetzt. Bislang erfolgt ihre Einbindung allerdings kaum unter Berücksichtigung ihrer originären Eigenschaften. Stattdessen findet sich auch in aktuellen Forschungsprojekten überwiegend der Ansatz wieder, BCIs lediglich als Ersatz für bisherige Eingabemodalitäten einzusetzen (Nijholt et al. 2008a). Gerade im Hinblick auf die noch schwachen Erkennungsraten und die mangelnde Robustheit von BCIs führt dieser Ansatz bisher leider weder in der AT, noch im Computerspielbereich zu befriedigenden Ergebnissen (Nijholt et al. 2008b).

„[T]here now is the need to start thinking about brain-computer interface applications [...] where brain activity can be seen as one of many of the possible input modalities that can be used sequentially or parallel with other input modalities.“(Nijholt et al. 2008a, S. 3926)

Natürlich ist davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren auch in der Domäne der BCIs der stetige technologische Fortschritt allein bereits zur Lösung einiger der genannten Probleme beitragen wird. Wie an aktuellen Beispielen allerdings unschwer zu erkennen ist (Kapeller et al. 2012), wird den charakteristischen Schwächen von BCIs im heutigen Computerspielkontext bis dato nicht ausreichend Rechnung getragen. Alternative Ansätze für den Einsatz von BCIs in

³ http://iaf.org.il/Sip_Storage/FILES/8/35738.jpg.

Kombination mit herkömmlichen Eingabemethoden (i.e. Controller, Joystick, Maus und Tastatur etc.) versprechend hingegen eine Verbesserung der User Experience, während systeminhärente Schwächen bewusst als zusätzliche Herausforderung im Spiel integriert werden oder durch den Spieler unbemerkt bleiben (Plass-Oude Bos et al. 2011, Marshall et al. 2013, Nijholt et al. 2009, Lotte 2011).

3 Strukturelle Analyse

Um den ausgewogenen Einsatz von BCIs in Computerspielen zu ermöglichen und mit ihrer Hilfe das Spielerlebnis zu bereichern, müssen sowohl die Stärken, als auch die Schwächen bisheriger Systeme, im Speziellen der EEG, dezidiert betrachtet werden.

3.1 Stärken

Das heute wohl augenfälligste Charakteristikum eines BCI ist, einfach ausgedrückt, seine Neuartigkeit, die es fraglos zu einem sogenannten *strange interface* macht. Allein weil Nutzern die Bedienstrukturen eines BCI unbekannt sind, entwickeln sie häufig einen überdurchschnittlich hohen Maß an Motivation, die Funktionalität des Interfaces spielerisch zu erforschen und durch wiederholte Trainingseinheiten Bedienerfolge zu erzielen. Gleichzeitig ist ihre Toleranz für Fehlfunktionen dabei deutlich höher als bei gewohnten Eingabemodi (Plass-Oude Bos et al. 2011). Es ist deshalb möglich, Nutzern bereits die Bedienung des Interfaces selbst als spielerische Herausforderung zu präsentieren – eine Qualität, die sich nach Plass-Oude Bos et al. gerade im Computerspielkontext ausnutzen ließe: „Within the large group of healthy users, gamers are an interesting target group. Fed by a hunger of novelty and challenge, gamers are often early adopters of new paradigms.” (2011, S. 123).

Darüber hinaus verfügen BCI-Systeme potentiell über ein praktisch unbegrenztes Maß an Intuitivität und sich daraus ableitender Immersion, welches lediglich durch heutige Mess- und Erkennungstechniken eingeschränkt wird. Im Kontrast zu herkömmlichen Eingabegeräten sind die Eingabedimensionen eines BCI im engeren Sinne nur durch unsere Vorstellungskraft limitiert und könnten deshalb für jeden Spielkontext individuell zugeordnet werden.

„[A] BCI could also be used to increase this immersion by being used to send commands that cannot be intuitively issued with other devices such as a Wiimote or a Kinect. [...] Whether such a mental state could be detected in EEG signals is still an open question but even so, using a BCI in this way could again benefit to the player’s immersive feeling [...] and thus to the fun of the game.”(Lotte 2011, S. 326)

3.2 Schwächen

Aus dem zuversichtlichen Zitat von Fabien Lotte aus ihrem Forschungsartikel in 2011 wird allerdings gleichfalls die fundamentale Herausforderung von BCI-System offensichtlich, die auch bis dato nicht bewältigt werden konnte: Die weiterhin schwachen Erkennungs- und Detektionsraten von BCIs (im Speziellen im Bereich der EEG) machen sie untauglich für den Gaming-Mainstream solange sie als zentrales Eingabemedium verwendet werden. Auch in Lottes Artikel folgt deshalb im Anschluss eine eher verhaltene Zukunftsperspektive:

„[I]n terms of performance, a BCI is far below all existing game devices. [...] Actually, the very limited performances of an EEG-based BCI make its use as the main control device of a 3D VG (virtual game) rather unlikely, even in the future.”(Lotte 2011, S. 326)

Diese unterdurchschnittlichen Leistungen lassen sich hauptsächlich auf das verhältnismäßig schlechte Signal-to-Noise Ratio (Signal-Rausch-Verhältnis) zurückführen, das Messungen menschlicher Hirnwellen außerhalb einer kontrollierten Laborumgebung inhärent ist. Auch deshalb bieten sich nur eine Hand voll mentaler Aufgaben an, die sich, wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben, als Eingabemodalität nutzen lassen. Diese mentalen Aufgaben erweisen sich allerdings häufig als unintuitiv oder mühsam und machen häufig längere Trainings- und Übungszeiten erforderlich (Plass-Oude Bos et al. 2011).

Gerade wegen der ungewissen Zukunftsprognose für die Entwicklung belastbarer Detektionsmethoden erscheint es deshalb sinnvoll, BCIs bereits jetzt entsprechend ihrer aktuellen Stärken und Schwächen als Gaming-Interface zu integrieren.

3.3 Problemstellung & Konklusion

Angesichts der vorangegangenen Analyse wird klar, dass sowohl Forschung als auch Computer-spielindustrie vor der Herausforderung stehen, das immersive Potential von BCIs trotz ihrer momentanen strukturellen Mängel nutzbar zu machen. Wie dargelegt wird dies nicht möglich sein, solange lediglich der Ansatz verfolgt wird, BCIs als Ersatz für herkömmliche Interfaces einzusetzen (Nijholt et al. 2008a, Lotte 2011 et al.).

Stattdessen entstehen zurzeit kreative Konzepte, die BCIs als Ergänzungen herkömmlicher Eingabemodi begreifen oder sie als nebenläufige Systeme in den Spielablauf integrieren. Im folgenden Kapitel sollen deshalb beispielhaft drei entsprechende Ansätze kurz skizziert und hinsichtlich ihrer Vorzüge beleuchtet werden.

4 Alternative Ansätze

4.1 Passive Anpassung

Da BCIs ohnehin kontinuierlich die elektro-magnetischen Hirnwellen des Nutzers in der Erwartung potentieller Eingabeimpulse überwachen, sammelt das Interface gleichzeitig eine Vielfalt aufschlussreicher Statusinformationen über den mentalen Zustand des Nutzers. Dieser Umstand könnte naheliegender Weise für adaptive Spielelemente in der virtuellen Spielumgebung genutzt werden.

„If we tighten the iteration between measurement, evaluation, and redesign, we could design interfaces that automatically adapt depending on the cognitive state of the user. Interfaces that adapt themselves to available resources in order to provide pleasant and optimal user experience are not a new concept. In fact we have put quite a bit of thought into dynamically adapting interfaces to best utilize such things as display space, available input mechanisms, device processing capabilities, and even user task or context.” (Nijholt et al. 2008a, S. 3927)

Im praktischen Kontext können diese dynamischen Anpassungen beinhalten, dass sich beispielsweise Musik und Farbgebung dem Gemütszustand anpassen oder sich der Schwierigkeitsgrad fortlaufend am Forderungsniveau des Spielers orientiert, um jedem Nutzer, entsprechend seinem kognitiven Zustand, eine individuell, auf ihn zugeschnittene Spielwelt anbieten zu können. Welche Dimensionen von dieser Dynamik beeinflusst werden könnten, ist letztlich allein durch die Kreativität der Spielentwickler begrenzt (Marshall et al. 2013, Nijholt et al. 2008a).

Zu den zentralen Vorzügen dieser Integrationsform gehört, dass der Spieler niemals eine Trainingsphase durchlaufen muss, in der er mit der Funktionalität des Interfaces vertraut gemacht wird, da lediglich sein natürlicher, kognitiver Zustand ermittelt wird, um über potentielle Anpassungsprozesse zu entscheiden. Eine aktive Steuerung durch den Spieler ist nicht notwendig. Die Daten, die in diesem Prozess ohnehin gesammelt werden, könnten als Indikatoren schon während der Testphase des Spiels eingesetzt werden, um die User Experience entscheidend zu verbessern. Abschließend ist auf dem Hintergrund der beschriebenen strukturellen Schwächen von BCIs darauf hinzuweisen, dass eine Fehlfunktion des Interfaces wahrscheinlich meist unbemerkt bliebe, den Spielablauf aber jedenfalls nie merklich beeinträchtigen würde. Stattdessen ist es möglich, durch den fortlaufenden Abgleich zwischen Spiel und Nutzer einen immersiven Feedbackloop zu erzeugen, ohne das Risiko eingehen zu müssen, dass potentielle Fehlfunktionen des Systems den Spieler frustrieren könnten (Marshall et al. 2013, Lotte 2011, Nijholt et al. 2008a).

4.2 Unterbewusste Steuerung

Ähnlich wie im vorherigen Ansatz macht auch die Integrationsform mittels unterbewusster Beeinflussung des Spielgeschehens keinen aktiven Eingabeprozess durch den Spieler notwendig, weshalb eine Frustrierung des Spielers auch in diesem Fall unwahrscheinlich ist. Dieser zweite Ansatz nimmt den Zustand des Spielers auf und löst auf Basis detektierter Impulse konkrete Spielereignisse aus. Im Beispiel von Marshall et al. (2013) wird, innerhalb des massively multiplayer online role-playing game (MMORPG) World of Warcraft (WoW), der Avatar des Spielers



Abbildung 4: Shape Shifting via BCI (Marshall et al. 2013)

entsprechend seines Stressniveaus vom Normalzustand (Charakterklasse Elfe) in den Konfrontationsmodus (Charakterklasse Bär) versetzt. Wird der Spieler in eine virtuelle Kampfhandlung versetzt, verwandelt sich durch steigendes Stressniveau die Spielfigur in einen Bären, dargestellt in Abbildung 4. Die magische Fähigkeit des „shape shifting“ wird

insofern via BCI unterbewusst durch den Spieler kontrolliert. Auch hier handelt es sich um eine Ergänzung der bisherigen Eingabemodalitäten, die im besten Fall ein extrem hohes Maß an Immersion für den Nutzer erzeugen kann. Auch in diesem Fall ist eine mühsame Trainingsphase nicht notwendig, da statt einer intentionalen Steuerung natürliches Biofeedback, i.e. der Erregungszustand des Spielers, als Kontrollmodus genutzt wird. Die hinter diesem Ansatz liegende Potentialmessung⁴ ist darüber hinaus sogar mit heutigen BCIs bereits vergleichsweise verlässlich (Plass-Oude Bos et al. 2011). Letztlich zeichnet sich dieser Ansatz aber vor allem durch das überdurchschnittliche Niveau an Immersion aus, das durch die direkte Verquickung mentaler Zustände des Spielers mit den Eigenschaften des Avatars erzielt werden kann (Plass-Oude Bos et al. 2011, Marshall 2013).

4.3 Zusatzherausforderung (strange interfaces)

Der dritte und letzte Ansatz nutzt im Kontrast zu den zuvor skizzierten Herangehensweisen direkte, intentionale Eingaben durch den Nutzer. Gleichzeitig werden aber die strukturellen Schwächen des BCI, wie die schwache Erkennungsrate oder die mangelnde Intuitivität erkennbarer mentaler Aufgaben, ausgenutzt und als zusätzliche Herausforderung direkt in das Spiel integriert: „In this sense, [...] the shortcomings of BCI are turned into a challenge for the player.“ (Lotte 2011, S. 326).

Im Spielablauf könnte dies bedeuten, dass der Spieler beispielsweise in bestimmten Momenten im Spiel explizit herausgefordert ist, das BCI erfolgreich zu verwenden, um beispielsweise einen

⁴ Verglichen wird der zuvor bestimmten Ruhezustandes mit dem Stressniveau im Erregungszustand.

bestimmten Zauber anwenden zu können. Ebenso ist vorstellbar, dass durch das BCI über das gesamte Spiel hinweg einfach zusätzliche Fähigkeiten in Aussicht gestellt werden, deren Beherrschung dem Spieler einen erheblichen Vorteil verspricht.

„Game designers have even more freedom. They can translate shortcomings in current BCI technology in challenges that need to be solved by a gamer and in decision moments that explicitly require a gamer to issue BCI commands.”(Nijholt et al. 2009, S. 89)

Auch in diesem Ansatz wird das BCI als eine Ergänzung der herkömmlichen Steuerung integriert. Die momentanen Schwächen von BCIs werden vom Spieler nicht mehr als Fehlfunktion, sondern als Herausforderung oder entsprechender Schwierigkeitsgrad verstanden. Dabei macht sich das Interface seine Stellung als „strange interface“⁵ zunutze (Nijholt et al. 2009). Eine Trainingsphase wird durch diese Form der Implementierung zwar nicht unnötig, jedoch als spielinterne (in-game) Herausforderung in den allgemeinen Spielablauf integriert und deshalb nicht als „mühsame Vorbereitung“ wahrgenommen. Dieser Ansatz hat außerdem den Vorzug, dass Nutzer so spielerisch auch mit Blick auf andere Anwendungen an die Steuerung durch ein BCI gewöhnt werden könnten und sich durch den Wettstreit einiger, überdurchschnittlich ehrgeiziger Spieler eine beachtliche Trainingsmotivation erzeugen ließe (Lotte 2011, Nijholt et al. 2009).

Allen drei Ansätzen ist gemein, dass sie nicht versuchen, herkömmliche Eingabemedien zu ersetzen, sondern diese geschickt auf dem Hintergrund des aktuellen Stärke- und Schwäche-Profiles von BCIs zu ergänzen. Wie groß die Einflussnahme des BCI auf den Spielablauf letztlich ist, muss individuell für jede Anwendung durch die Entwickler entschieden werden. Fest steht, dass der kreative Einsatz von BCIs im Computerspielbereich für eine weitere Dimension der immersiven Einbindung des Spielers sorgt, deren Potential weiter ausgeschöpft werden sollte (Todd et al. 2012, Nijholt 2008a).

5 Fazit & Ausblick

Natürlich könnten Erfahrungen, die durch eine solche ergänzende Integration eines BCI als Eingabemodalität in Computerspielen gesammelt werden, anschließend in den AT-Bereich rückgeführt werden. Entwicklungen für oder durch die Computerspielindustrie müssten insofern nicht als Wert an sich betrachtet werden, sondern könnten gleichzeitig als Vehikel dienen, Hilfstechnologien zu erforschen (Ron-Angevin et al. 2005, Lécuyer et al. 2008). Das stetige Streben nach Neuartigkeit und die experimentellen Freiheiten in der Computerspielbranche würden zusätzlich als Katalysator für alternative BCI-Konzepte dienen (Cairns et al. 2006). Die

⁵ Der Begriff des „strange interface“ wurde in Kapitel 3.1 eingeführt und erklärt.

Bereitschaft motivierter Computerspieler, sich neuen Paradigmen zu öffnen, lässt nach Lotte im Zweifelsfall drastische Ausblicke zu:

„Finally, it should be mentioned that, while EEG signals have many limitations, many of these limitations can be solved by using sensors implanted within the brain. Naturally, this comes with the strong limitations of being highly invasive. However, one may expect that, in the future, some hardcore gamers would ask for such invasive sensors in order to be able to play more advanced and innovative VG.”(Lotte 2011, S. 327)

Es bleibt abzuwarten, welche Trends der anhaltende technologische Fortschritt der nächsten Jahre letztlich mit sich bringt (Touyama 2008 et al.). Ziel dieser Arbeit war es, nahezulegen, dass die erfolgreiche Integration von BCIs in die Computerspielwelt wechselseitige Vorzüge für das Forschungsfeld der BCIs, aber auch für die Computerspielwelt selbst birgt. Es wurde herausgestellt, dass eine solche Integration auf dem Hintergrund der aktuell verfügbaren Technologien nur mit Rücksicht auf die strukturellen Stärken und Schwächen heutiger BCIs möglich sein wird. Auf Basis dieser Einschätzung wurden drei alternative Ansätze für virtuelle Interaktion dargestellt, die BCIs als Ergänzung für bisherige Eingabeformen implementieren, statt diese zu ersetzen. Auch die Computerspielindustrie konzentriert sich zusehends auf dieses Model:

„There are various possibilities in game design to provide a gamer with ways to control game situations using BCI and to add to other input modalities in order to modify them to control the game. [...] Game companies involved in these activities (Microsoft, Emotiv, Hitachi, Sega Toys, IBM, etc.) are keen on filing patents [...].”(Nijholt et al. 2009, S. 93)

Um BCIs in Zukunft stärker für intentionale Eingabemodalitäten nutzbar zu machen und sie eventuell eines Tages exklusiv für Steuerungsaufgaben in Computerspielen einzusetzen, haben Detektions- und Erkennungsverfahren noch einen weiten Weg vor sich. Raum für Forschungsprojekte in der Arena für BCIs im Computerspielkontext wird es wohl auch in Zukunft geben oder wie Nijholt et al. es beschreiben: „It should be clear from this survey that “games and BCI” is an exciting topic.”(Nijholt et al. 2009, S. 93). Bis diese Herausforderungen bewältigt werden konnten, sollte das Potential der BCIs nicht ungenutzt bleiben.

Literaturverzeichnis

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

Cairns, P.; Cox, A.; Berthouze, N.; Dhoparee, S.; Jennett, C. (2006): *Quantifying the experience of immersion in games*. In: Cognitive Science of Games and Gameplay workshop at Cognitive Science.

Kaiser, V.; Kreiling, A.; Müller-Putz, G.R.; Neuper, C. (2011): *First steps toward a motor imaginary based stroke BCI: new strategy to set up a classifier*. In: Frontiers in Neuroscience 5, 86.

Kapeller, C.; Hintermüller, C.; Guger, C. (2012): *Augmented control of an avatar using an SSVEP based BCI*. AH'12, March 8–9, 2012, Megève, France.

Lécuyer, A.; Lotte, F.; Reilly, R.B.; Leeb, R.; Hirose, M.; Slater, M. (2008): *Brain-computer interfaces, virtual reality, and videogames*. In: IEEE Computer, 41(10), S.66-72.

Lotte, F. (2011): *Brain-Computer Interfaces for 3D Games: Hype or Hope?* FDG'11 June 29-July 1, Bordeaux, France.

Marshall, D.; Coyle, D.; Wilson, S.; Callaghan, M. (2013): *Games, Gameplay, and BCI: The State of the Art*. In: IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, Vol.5, No.2.

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 Intelligent Autonomous Systems. S.221–228.

Nijholt, A.; Allison, B.; Jackson, M.M.; Tan, D.; Millán, J.R.; Graimann, B. (2008a): *Brain-Computer Interfaces for HCI and Games*. In: CHI 2008 Proceedings, Florence, Italy.

Nijholt, A.; Tan, D.; Pfurtscheller, G.; Brunner, C.; Millán, J.R.; Allison, B.; Graimann, B.; Popescu, F.; Blankertz, B.; Müller, K.R. (2008b): *Brain-computer interfacing for intelligent systems*. In: IEEE Intelligent Systems, S.76–83.

Nijholt, A.; Plass-Oude Bos, D.; Reuderink, B. (2009): *Turning shortcomings into challenges: Brain-computer interfaces for games*. In: Entertainment Computing, 1(2), S.85–94.

- 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.
- 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.
- 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.
- Ron-Angevin, R.; Daz Estrella, A.; Reyes-Lecuona, A. (2005): *Development of a Brain-Computer Interface (BCI) Based on Virtual Reality to Improve Training Techniques*. In: *Applied Technologies in Medicine and Neuroscience*, S. 13-20.
- 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.
- Touyama, H. (2008): *Advances in Human Computer Interaction*. Chapter: *Brain-CAVE Interface Based on Steady-State Visual Evoked Potential*, S.437–450. Number 26, InTech.
- 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.

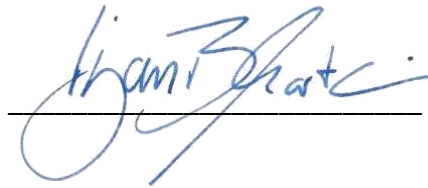
Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Artikel über BCIs im Computerspielbereich per Jahr	5
Abbildung 2: Model eines BCI.....	7
Abbildung 3: EEG-Haube.....	8
Abbildung 4: Shape Shifting via BCI	12

Versicherung über Selbständigkeit

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

Hamburg, den 01.09.2014



A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Kamill Schatz'.