



ulm university universität
uulm

Universität Ulm | 89069 Ulm | Germany

**Fakultät für
Informatik**
Institut für Neuroinformatik

BC(eye) - Augenmaus

Seminararbeit an der Universität Ulm

Vorgelegt von:

Michael Grönert

michael.groenert@uni-ulm.de

Gutachter:

Anke Huckauf

Betreuer:

Anke Huckauf

2011

Fassung 12. Juni 2011

© 2011 Michael Grönert

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/> or send a letter to Creative Commons, 543 Howard Street, 5th Floor, San Francisco, California, 94105, USA.

Satz: PDF- \LaTeX 2_ε

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Eyetracking & Eyetracker	3
2.2	EEG	4
3	Technik	5
3.1	Objektselektion	5
4	Zusammenfassung	9
4.1	Diskussion	9
4.2	Ausblick	9
	Literaturverzeichnis	11
	Abbildungsverzeichnis	13

1 Einleitung

Die Zukunft birgt neue und immer bessere Ein- und Ausgabetechnologien, um die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu gewährleisten. Selbst das Auge dient hier geraume Zeit nicht mehr nur als Wahrnehmungsapparat:

EyeTracker dienen zur Registrierung von Augenbewegungen und ermöglichen somit die Eingabe von Daten, bzw. Selektierung von Objekten im Computer mittels der Augen.

Diese Seminararbeit beschäftigt sich mit dem Thema „*Augenmaus*“, verwirklicht mit einem Eye-Tracker, die genutzten bekanntesten Methoden und den damit verbundenen Vor- und Nachteilen.

Im speziellen wird auf eine Verbindung mit einem *EEG* eingegangen, welcher die „*Augenmaus*“ durch „*Gedankensteuerung*“ unterstützen soll. Dadurch sollen Mausklicks simuliert werden, ohne eine weitere Muskelkontraktion des Benutzers zu benötigen, um so für Komfort zu sorgen, oder Behinderten eine Interaktion mit dem PC zu ermöglichen.

Es stellt sich die Frage, ob sich dieses Verfahren als besser erweisen wird, als vergleichbare Verfahren, bei denen auch die Augen selbst für einen Mausklick genutzt werden.

1 Einleitung

2 Grundlagen

2.1 Eyetracking & Eyetracker

Als *Eyetracking* (*Blickerfassung* bzw. *Okulographie*) wird das Aufzeichnen von Blickbewegungen einer Person bezeichnet. Diese bestehen hauptsächlich aus *Fixationen* (Punkte, die man genau betrachtet), *Sakkaden* (schnellen Augenbewegungen) und *Regressionen* (Verhaltensmuster bei dem die Augen immer wieder zurück springen oder fixieren).

Um Blickbewegungen aufzuzeichnen, zu analysieren und interpretieren, werden Geräte und Systeme, sogenannte *Eyetracker* genutzt. Hierfür kann bereits eine handelsübliche Webcam, oder etwa ein fortschrittlicheres, auf dem Kopf angebrachtes (engl. *head-mounted*) Gerät, wie in Abbildung 2.1, dienen.

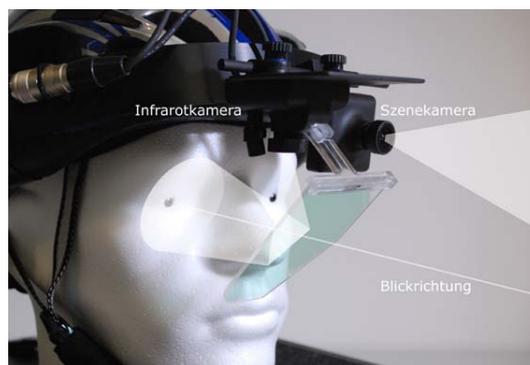


Abbildung 2.1: Head-Mounted Eyetracker - Zeichnet Blickbewegungen auf

Wikipedia - Die freie Enzyklopädie[1], ordnet die Blickerfassung als “wissenschaftliche Methode in den Neurowissenschaften, der Wahrnehmungs-, Kognitions- und Werbepsychologie, der kognitiven bzw. klinischen Linguistik, im Produktdesign und der Leseforschung“ ein. Diese Forschungen reichen mehr als 100 Jahre zurück, **Robert J. K. Jacob** und **Keith S. Karn** verweisen in ihrem Werk **Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises**[4] beispielsweise auf **Javal**[2] (1839

2 Grundlagen

- 1907), welcher die Augenbewegungen erforschte um eine Heilungsmethode für Schielen zu finden.

2.2 EEG

Mittels *Elektroenzephalografie (EEG)* werden die summierten elektrischen Aktivitäten des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche gemessen (siehe Abbildung 2.2).



Abbildung 2.2: Elektroenzephalografie - Hirnstrommessung

Dadurch kann festgestellt werden, welche Regionen des Gehirns, wie stark beansprucht werden, wobei die Ortsauflösung des üblichen EEGs bei mehreren Zentimetern liegt, während aber die zeitliche Auflösung hoch ist. Durch Denken an bestimmte Gefühle oder Aktivitäten können Regionen gezielt angeregt werden. Dies ermöglicht eine Art von „*Gedankensteuerung*“ als Ergänzung zum Eyetracker. Man spricht von einem **BCI** (*Brain-Computer-Interface*) als Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

3 Technik

3.1 Objektselektion

Die Augen, als Instrumente, welche schnell und direkt einen Punkt anvisieren können, scheinen sich theoretisch perfekt als ein mausähnliches Eingabegerät zu eignen. Denn bevor etwas z.B. per Maus ausgewählt werden kann, muss der Benutzer es erstmal entdeckt und somit seinen Blick darauf gerichtet haben. Eine Hardware zu entwickeln, welche es ermöglicht, über die Blickwinkel der Augen, direkt den fixierten Punkt auf einem Bildschirm zu bestimmen, ist noch lange nicht die größte Herausforderung. Die wichtige Funktion der Maustaste muss ebenfalls vergeben werden. Möchte man diese auch den Augen zuteilen, bleiben nicht viele Möglichkeiten. Aktionen wie Schielen, oder mit einem Auge blinzeln kommen nicht in Frage, da sie nicht jeder Mensch beherrscht. Mit beiden Augen blinzeln ist ebenfalls unvorteilhaft, da so der Fokus schnell verloren geht.

Möchte man eine Realisierung durch simples „Hinschauen“ verwirklichen, muss man sich mit dem sogenannten „*midas touch*“ Problem auseinandersetzen.

Midas[3] wird sowohl in griechischen („*Midas von Phrygien*“) als auch in assyrischen („*Mita von Muschki*“) Schriftquellen angeführt (738 v. Chr.). Bekannt für seine Gier und Dummheit konnte er sich die Fähigkeit aneignen, alles in Gold zu verwandeln, was er anfasste. So transmutierte er aus Versehen seine Tochter und hatte Schwierigkeiten Nahrung zu sich zu nehmen.

Übertragen auf die Blicksteuerung bedeutet dies, dass es schwer ist, etwas anzuschauen, ohne es dadurch zu selektieren, wenn das Verfahren nicht entsprechend angepasst wurde. Die gebräuchlichste Methode, um diesem Problem entgegen zu wirken, ist die Kontrolle mittels „*dwell time*“ (Verweildauer) des Fokusses auf einem bestimmten Bereich. Hierbei kann zwischen verschiedenen Dauern unterschieden werden, die ein Objekt angestarrt werden muss, um dieses zu selektieren. Doch diese Variante hat ihre Nachteile:

Wird die Verweildauer zu kurz gewählt oder ist der Benutzer etwa müde und träge, so werden schnell fehlerhafte Auswahlen getroffen. Ist die Verweildauer hingegen zu lang fest-

3 Technik

gelegt, entpuppt sich die Interaktion als unangenehm, da sie im Allgemeinen langsam ist. Schnell wird der Benutzer ungeduldig und schweift oft mit seinem Blick, scheinbar aus Reflex, ab, bevor eine Selektion vollendet ist.

Alternativen wären andere Modalitäten, wie etwa einen Knopf per Hand drücken oder die Stirn zu runzeln. Was sich am besten eignet hängt vom jeweiligen Systemkontext ab. So wird beispielsweise erforscht, wie Menschen, welche aufgrund einer Krankheit gelähmt sind und immer mehr die Kontrolle über ihren Körper verlieren, einen PC bedienen können. Oft bleibt diesen Leuten zum Schluss nur noch die Bewegung der Augen. Dann gibt es nur noch wenige Alternativen, wie etwa Gesten mit den Augen auszuführen. Auch ist es schwer, sich als unbetroffene Person, von dem üblichen Denken zu lösen, um völlig neue Ansätze zu erschaffen. Genau das hat **David J.C. MacKay** getan, mit seinem kostenlosen Programm **Dasher**[5] (Abbildung 3.1).

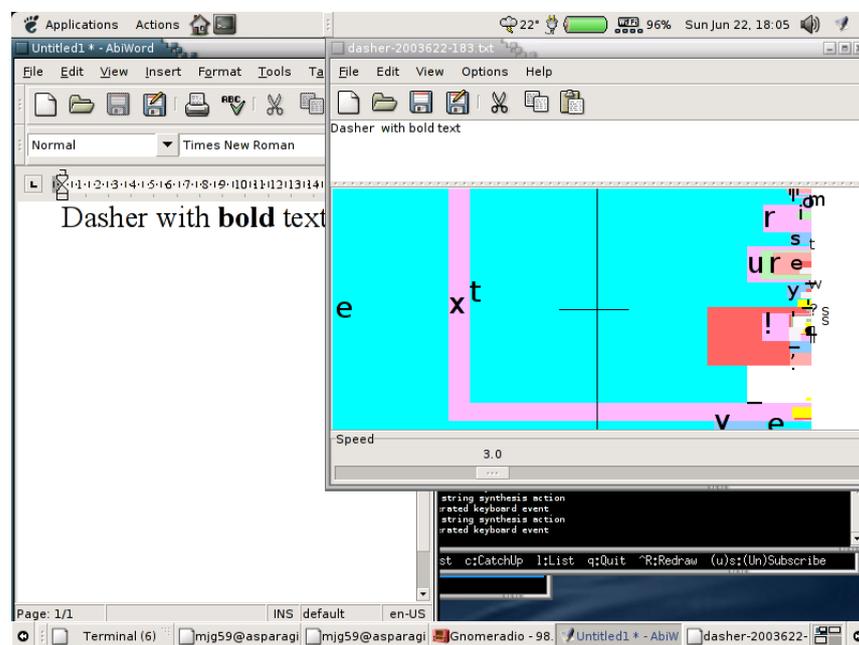


Abbildung 3.1: Schnelles Schreiben mit den Augen - Dasher[5]

Diese Software ermöglicht es mittels Eyetracker „flüssig“ und „schnell“ Texte zu verfassen. Auf der Internetseite der Software[5] wird eine Geschwindigkeit von etwa 29 Worten pro Minute versprochen, wie es auch für handschriftliches Schreiben üblich sei.

Es bleiben jedoch weitere Problemstellungen, wie z.B. das Bedienen einer *GUI* (engl. „*Graphical User Interface*“), eine grafische Benutzerschnittstelle - Herausforderungen, bei de-

nen man nicht um einen Mausklick herumkommt. Hier kommt nun das EEG ins Spiel.

Roman Vilimek und **Thorsten Zander** haben sich in ihrem **BC(eye): Combining Eye-Gaze Input with Brain-Computer Interaction**[6] damit beschäftigt, wie ein Klick mittels Gedanken ausgelöst werden kann und vor allem, wie dieses Verfahren gegenüber denen, mit verschiedenen Verweildauern, abschneidet. Zu erst musste ein „Gedanke“ gefunden werden, auf den das BCI per EEG reagieren kann. Hierfür wählten sie die Vorstellung, man ballte die Hände zu Fäusten zusammen und drehe sie fest gegeneinander, als wolle man ein Kleidungsstück auswringen, ohne dabei eine andere Muskelaktivität zu involvieren. Der Gedanke musste entsprechend komplex sein, weil die Gehirnwellen stark genug sein mussten um diese messen zu können und vor allem, um diese eindeutig und leichter zu identifizieren.

Sind Hard- und Software auf alles abgestimmt, werden desweiteren Metriken benötigt, anhand derer die verschiedenen Verfahren verglichen werden können. Während **Robert J. K. Jacob** und **Keith S. Karn**[4] hier auf Literatur verweisen, welche beispielsweise unter „Anstarr-Zeit pro Minute“, „Anzahl von Fixationen“ oder „Blick-Pfad-Richtung“ unterscheiden, wurde in diesem Fall die „prozentuale Korrektheit“ und die „insgesamt benötigte Zeit für eine festgelegte Anzahl an Aufgaben“ gegenüber gestellt.

Roman Vilimek und **Thorsten Zander**[6] ließen zehn Testpersonen (fünf Frauen, fünf Männer) varriert zwei verschieden schwere Aufgaben lösen. Hierbei wurden BCI und die „dwell time-Methode“, einmal mit langer Verweildauer von $1500ms$ (**DTL**) und einmal mit kurzer Verweildauer von $1000ms$ (**DTS**) eingesetzt. Das Ergebnis ist in Abbildung 3.2 zu sehen.

Es wurde verglichen, in wievielen Fällen es innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer, zu einem Korrekten Ergebnis kam. Man sieht, dass bei den leichteren Aufgaben DTL mit 93,8%, unter den verglichenen Verfahren, an der Spitze liegt, aber nur knapp vor BCI mit 88,0%. Das Schlusslicht bildet DTS. Bei den schwierigeren Aufgaben hingegen, liegt BCI vorne mit 78,8%, gefolgt von DTL mit 75,6% und weit davon entfernt - DTS mit 51,5%.

Offensichtlich kann sich BCI mit diesem Verfahren messen. Die Unterschiede sind äußerst gering und somit statistisch nicht bedeutsam. Für ein eindeutiges Ergebnis reichen nur zehn Testpersonen nicht aus.

Bei einem Test auf Zeit ergab sich allerdings, dass BCI länger benötigt, als DTL oder DTS, was aufgrund des komplizierten Gedankens und der damit verbundenen nötigen Konzentration und Übung zu erwarten war.

Zwar lässt sich noch nicht sagen, welche Methode die bessere ist, aber es wurde zumindest gezeigt, dass die Verwendung eines EEGs funktioniert und mit den anderen Verfahren

3 Technik

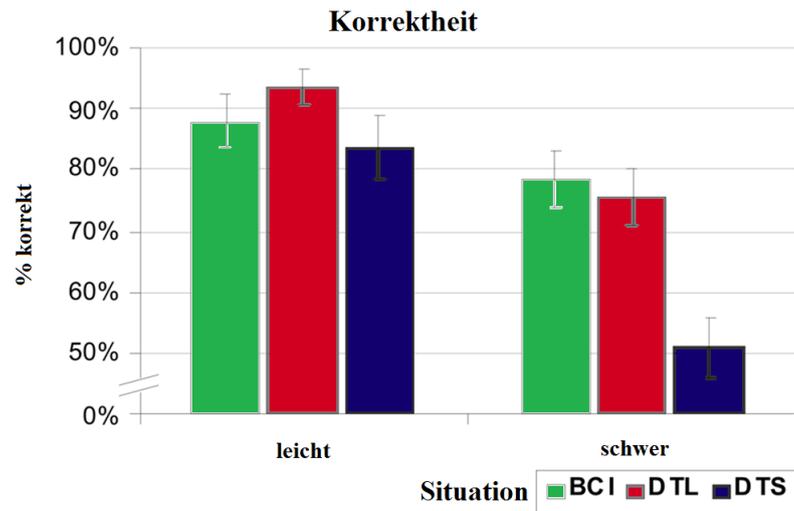


Abbildung 3.2: Vergleich der verschiedenen Verfahren - Korrektheit

mithalten kann. Dies ist eine wichtige Erkenntnis, um abzuwägen, ob weitere Forschungen auf diesem Gebiet sinnvoll sein können, wie es hier der Fall ist. Es ist also eine Optimierung denkbar, welche BCI besser werden lassen kann.

4 Zusammenfassung

4.1 Diskussion

Die Techniken mittels Eyetracker können sinnvoll genutzt werden und es wurde deutlich, dass es hier erheblicher Optimierungsbedarf besteht.

Ausgehend vom zentralen Gedanken dieser Arbeit, einen EEG als Alternative zu dwell-time Methoden zu nutzen, hat sich zunächst einmal gezeigt, dass dies nicht abwegig ist.

Roman Vilimek und **Thorsten Zander**[6] haben mit ihren Versuchen gezeigt, dass beide Verfahren einen vergleichbaren Erfolg versprechen. Zwar mag es bereits ein großer Erfolg sein, bei ersten Versuchen mit BCI, ein System kreiert zu haben, welches mit dwell-time Systemen mithalten kann, jedoch scheinen zweitens momentan noch besser ausgereift zu sein. Allerdings muss beachtet werden, dass Versuche mit nur zehn Testpersonen nicht viel aussagen können. So ist z.B. denkbar, dass alleine eine andere Wahl des aktivierenden Gedankens, das Ergebnis bedeutsam verändern kann.

Nichtsdestotrotz wurde ein Verfahren geschaffen, dessen Potenzial weiter erforscht werden sollte, da die Vorstellung daran sehr vielversprechend erscheint.

4.2 Ausblick

Die Technologien der Blick- oder gar Gedankensteuerung sind noch nicht ausgereift. Ob getrennt oder in Kombination, beide Bereiche können in vielerlei Hinsicht stark verbessert werden.

Während Eyetracker, als Hardware, ihre Aufgabe schon sehr gut machen, ist das Messen von Hirnströmen mittels EEG und die damit verbundene Interpretation noch lange nicht perfekt. Nichtinvasive Messungen sind viel zu ungenau, vor allem was die örtliche Auflösung angeht. Auch steckt die Erforschung des Gehirns an sich noch immer in den Kinderschuhen. Hier kann noch viel verbessert werden.

4 Zusammenfassung

Die Vorstellung eines Eyetrackers, verbunden mit EEG, nur so groß und leicht wie eine Brille, auf einen beliebigen Gedanken programmierbar, auf den perfekt reagiert wird und das für den Privatgebrauch verfügbar und erschwinglich, scheint noch weit entfernt zu sein - aber nicht unmöglich.

Literaturverzeichnis

- [1] Verschiedene Autoren. <http://de.wikipedia.org/wiki/Eyetracker#Aufzeichnungsgger.C3.A4te>
Zugriff: 30.05.2011 16:15.
- [2] Verschiedene Autoren. http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%89mile_Javal
Zugriff: 30.05.2011 16:35.
- [3] Verschiedene Autoren. <http://de.wikipedia.org/wiki/Midas>
Zugriff: 04.06.2011 11:20.
- [4] R. J. K. Jacob and K. S. Karn. Eye tracking in Human-Computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *The Mind's eye: Cognitive The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, pages 573–603, 2003.
- [5] David J.C. MacKay. <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher/DasherSummary.html>
Zugriff: 04.06.2011 13:55.
- [6] Roman Vilimek and Thorsten Zander. Bc(eye): Combining eye-gaze input with brain-computer interaction. In Constantine Stephanidis, editor, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments*, volume 5615 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 593–602. Springer Berlin / Heidelberg, 2009. 10.1007/978-3-642-02710-9_66.

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

2.1	Head-Mounted Eyetracker - Zeichnet Blickbewegungen auf Quelle: http://www.hs-owl.de/fb1/fileadmin/koenig_katharina/PerceptionLab/Eye_Tracking/ET__Erkl_klein.jpg 03.05.2011 20:10Uhr	3
2.2	Elektroenzephalografie - Hirnstrommessung Quelle: http://greentheo.scroggles.com/files/2010/01/eeg2.jpg 03.05.2011 20:05Uhr	4
3.1	Schnelles Schreiben mit den Augen - Dasher[5] Quelle: http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher/images/DasherAppControl.png 04.06.2011 12:25	6
3.2	Vergleich der verschiedenen Verfahren - Korrektheit Quelle: http://www.frontiersin.org/files/TempImages/imagecache/1283_fnins-04-030/images/image_n/fnins-04-030-g008.gif 04.06.2011 15:50 (Übersetzt und eingefärbt)	8

Name: Michael Grönert

Matrikelnummer: 654233

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Ulm, den

Michael Grönert