

Blickinteraktion

Untersuchung des Blicks als Eingabemodalität am Computer

Philipp Gräßer
Goldschnitt Interaktion
Ludwig-Richter-Str. 31
89520 Heidenheim
philipp.graesser@goldschnitt.net

Abstract

Das Projekt „Blickinteraktion“ entstand 2011/2012 im Rahmen der Master-Arbeit von Philipp Gräßer an der Fachhochschule Potsdam. Erstbetreuer war Prof. Dr. Frank Heidmann, Zweitbetreuer war Prof. Reto Wettach.

„Blickinteraktion“ beschreibt die Mensch-Maschine-Interaktion durch den Blick.

Als eine der weniger erforschten Interaktionsmethoden bietet sie viele Facetten, die nur wenige andere Schnittstellen haben. Hierzu zählen die Direktheit, die Geschwindigkeit zwischen dem Gedanken und der Ausführung und die Tatsache, dass dieses Eingabegerät keinerlei zusätzlichen Platz benötigt. Technische Neuigkeiten zeigen einen Trend die Eyetracking-Technologie in Consumer-Geräte zu verbauen und allen zugänglich zu machen. In meiner Masterarbeit wurden die verschiedenen Stadien und Möglichkeiten der Integration von Interaktionen auf Basis des Blicks erforscht:

Reine Blickinteraktion – Wie sehen Interaktionen für ausschließlich augenbasierte Interaktion aus?

Multimodale Blickinteraktion – Welche Möglichkeiten gibt es, gängige Interaktionsmethoden durch den Blick zu erweitern?

Innerhalb dieser Grenzen wurden Interaktionskonzepte entwickelt und einen Teil dieser als funktionierenden Prototypen umgesetzt. Auf einer Art Plattform können diese ausprobiert, bewertet und weiterentwickelt werden. Das Ergebnis soll als Grundlage für weitere Projekte und auch als eine Interaktions-Pattern-Library dienen.

Keywords

Grundlagenforschung, Interaction Pattern Library, Eyetracking, Blickinteraktion, Eingabemethode

1. Relevanz

Erste technische Umsetzungen von Eyetrackern sind schon Ende des 19. Jahrhunderts entstanden (Flothow 2009, Al Nahlaoui 2010). Der herstellende Marktführer im Bereich Eyetracking, Tobii Technologies, existiert mit Erfolg seit dem Jahr 2001. Man sieht: Eyetracking ist keine neuartige Technik. Dennoch wurde sie bisher hauptsächlich zur

Evaluation, Marktforschung und in der Psychologie verwendet.

Doch gibt viele Anwendungsbereiche von z.B. Computern, bei denen die Hände anderweitig genutzt werden müssen. Sei es in der Medizin z.B. im Operationssaal, in der Industrie bei der Fertigung, aber auch bei Menschen mit einem eingeschränkten Bewegungsapparat. Es ist ein Trend in die Anwendung von Eyetracking als Eingabegerät zu erkennen: Auf der CeBit 2011 stellten Tobii und Lenovo einen gemeinsam entwickelten Prototypen eines Consumer-Laptops mit integriertem Eyetrackingsystem vor. Auch erste Interaktionskonzepte wurden hierfür vorgestellt. So wurde z.B. ein für den Blick optimiertes Menü eingeblendet, wenn man an den Rand des Bildschirms blickte. Durch den immer schneller werdenden, technischen Fortschritt wird es schon in naher Zukunft möglich sein, Eyetracking in bestehende und neue Systeme wie Smartphones, Laptops oder Tablet Computer zu integrieren.

Dennoch stehen wir an den Anfängen und es fehlen grundlegende Interface Designs und Interaktionskonzepte in diesem Bereich.

Da das Ziel der Master-Arbeit eine Art „Datenbank“ mit möglichen blickbasierten Interaktionen ist, können diese für Interfaces all dieser Anwendungsbereiche verwendet werden.

2. Konzeption

Das eigentliche Eyetracking gibt im Wesentlichen nur drei Daten wieder: Die x- und y-Position des Blicks auf dem Bildschirm und die Zeit. Hinzu kann noch die Position der Augen im Raum kommen. Doch diese Werte reichen aus, um zum Einen reine blickbasierte Interaktionen durchzuführen und zum Anderen um andere Eingabemethoden unterstützend zu erweitern.

Die Konzepte sind in zwei Bereiche gegliedert. Der erste Bereich „Grundlagen“ behandelt die grundlegenden Eigenschaften und das Verhalten bei einer blickbasierten Interaktion. Diese Basiseigenschaften sind in den meisten Fällen Bestandteil der Interaktionen. Es ist sehr wichtig sie genau zu untersuchen, da sie entscheidend sein können, ob sich eine Interaktion gut anfühlt. In den folgenden Teilen werden zunächst jene Konzepte beschrieben, welche als reine blickbasierte Interaktionen funktionieren, nachfolgend die, welche im Zusammenspiel mit anderen Eingabemodalitäten arbeiten. Im Folgenden wird eine Auswahl der Konzepte beschrieben.

2.1 Grundlagen

2.1.1 Blick glätten

Der Blick ist in der Realität sehr unruhig. Selbst wenn man sich anstrengt an einen bestimmten Punkt möglichst ruhig zu schauen, zittert der Blick sehr schnell hin und her. Grund dafür sind Sakkaden und Fixationen (Berke 2000). Soll nun ein Cursor gezeigt werden, der die aktuelle Blickposition wiedergibt und den Blickverlauf darstellt, so müssen die Sakkaden ausgeglichen werden, damit ein nutzerfreundlicher, ruhigerer Cursor zu sehen ist. Dies kann durch das Glätten der einzelnen Messungen erreicht werden. Da sich die Sakkaden um den „Punkt der Aufmerksamkeit“ herum bewegen, um die Umgebung abzutasten, gilt es einen Durchschnitt der Blickpositionen zu ermitteln und darzustellen. Wird die Bewegung des Cursors zusätzlich noch etwas verzögert, so kann sein Weg nachvollzogen werden.

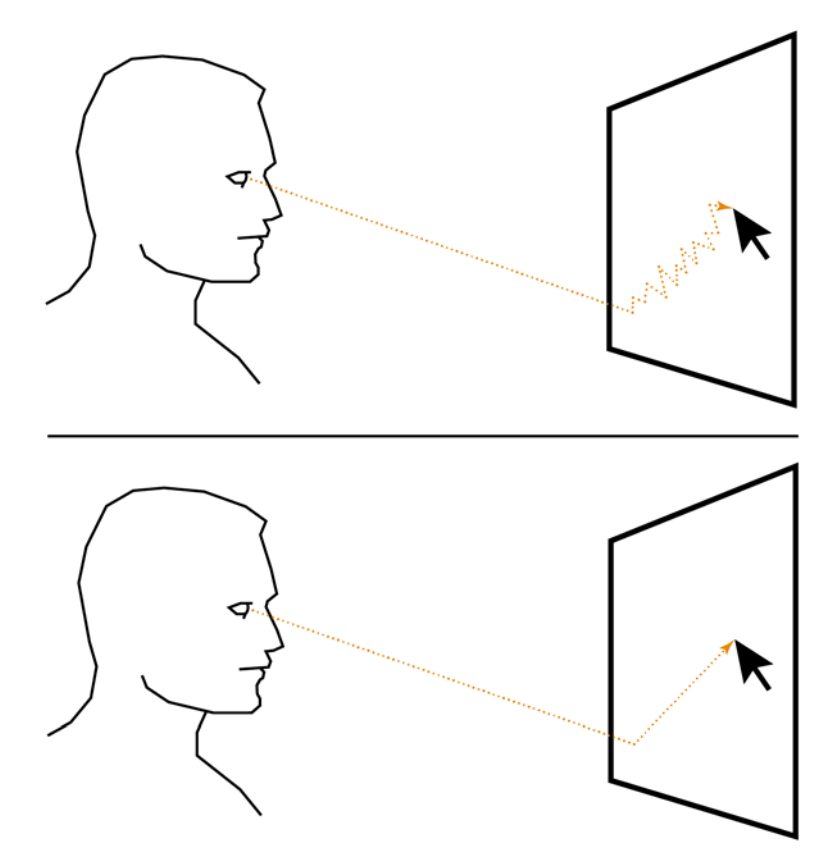


Abbildung 1: Blick Glätten

2.1.2 Gazeover

Aus dem alltäglichen Gebrauch des Computers ist das Mouseover-Verhalten bekannt. Es handelt sich dabei um ein relativ subtiles visuelles Feedback, welches dem Nutzer hilft, die Maus zu kontrollieren und Funktionen zu erkennen. Bei längerem Verweilen des Cursors auf einem Element können Zusatzinformationen eingeblendet werden. Wird der Blick als Eingabe verwendet, so ist dieser direkt auf dem Element, mit welchem interagiert wird. Der Weg der Information ist also direkt. Schon kleinste Veränderungen können sofort wahrgenommen werden. Das Verweilen mit dem Cursor auf einem Objekt erfordert keinerlei Anstrengungen und passiert unbewusst, wohingegen das Verweilen mit dem Blick auf einem Element eher unnatürlich ist, da der Blick schnell abgelenkt wird und dauernd auf der Suche nach Informationen ist. In der Blickverfolgung gibt es also andere Rahmenbedingungen: Ein Mouseover-Verhalten kann wesentlich subtiler ausfallen, die Größe, bzw. der blicksensitive Bereich eines interaktiven Bildelements muss größer sein, eine Zusatzinformation kann schneller eingeblendet werden. Durch ein Gazeover, der Registrierung, dass der Blick ein Interaktionselement fokussiert hat, kann auch Touchscreen-Interaktions-Elementen ein „Mouseover“ gegeben werden.

2.2. Reine Blickinteraktion

2.2.1 Sichtung prüfen

Durch das Erkennen ob etwas angesehen oder gelesen wurde, was das Eyetracking möglich macht, kann auch in einer Form der Überprüfung stattfinden. So könnte der Sender einer Email eine Bestätigung bekommen, wenn die Email vom Empfänger wirklich gelesen und nicht nur geöffnet, bzw. als gelesen markiert wurde. So könnte das Lesen allgemeiner Geschäftsbedingungen, Lizenzvereinbarungen u.Ä. erzwungen werden: Der „Akzeptieren“- oder „Weiter“-Button könnte erst aktiviert werden, wenn alles gelesen wurde. Auch im Bereich der Werbung wäre eine solche Technik denkbar. So könnte für Werbung z.B. pro Sichtung bezahlt werden. Eine Werbung in Form von Videos, Anzeigen o.Ä., welches zur Finanzierung von Websites gerne vor Inhalte wie Videos geschaltet wird, könnte ebenfalls überprüft werden. Man kommt nur zum eigentlichen Inhalt, wenn man die Werbung vollständig gelesen / sich angesehen hat.

Sollte eine solche Technik angewandt werden, wäre dies ein weiterer Schritt in Richtung Kontrolle und Bevormundung von Usern, was nicht erstrebenswert ist.

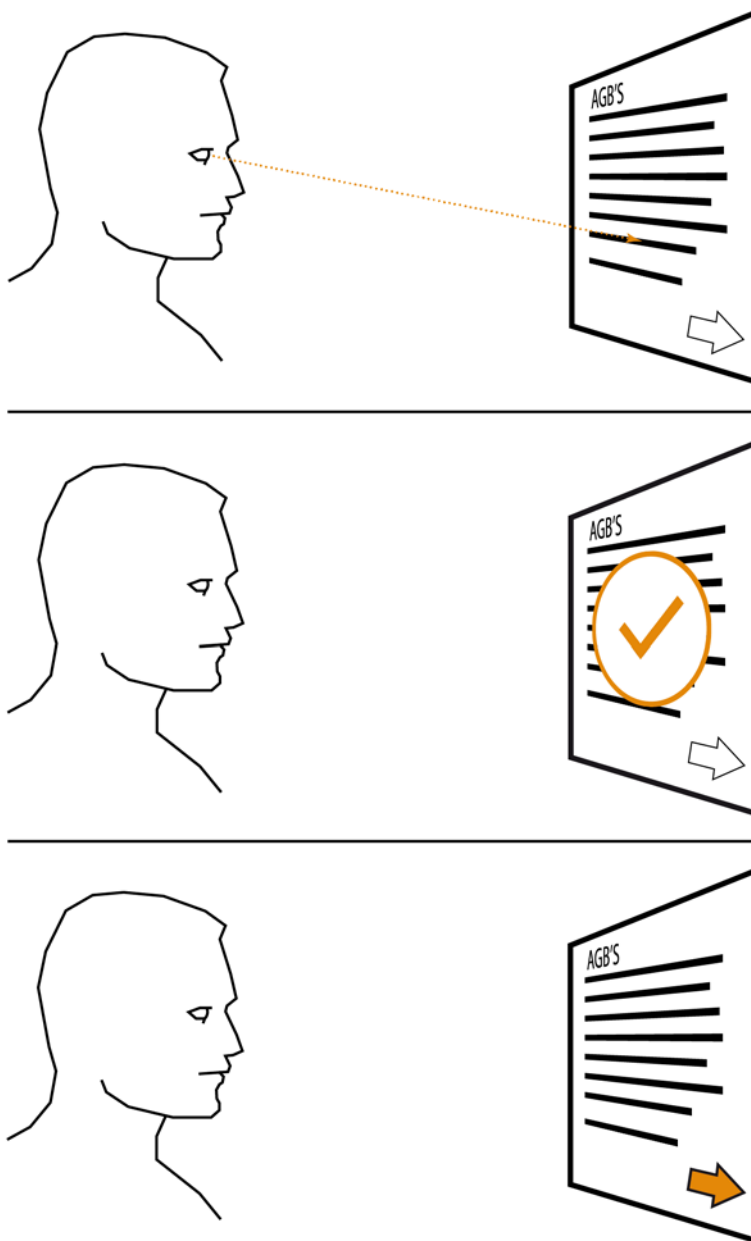


Abbildung 2: Sichtung prüfen

2.2.2 Interessenabhängiger Inhalt

Da durch Eyetracking sehr genau gemessen werden kann, welcher Bildschirminhalt wie genau betrachtet wurde, ist es denkbar, dass somit die Interessen und Vorlieben des Nutzers erkannt werden können. Diese Tatsache kann zum einen bei einer Bilderauswahl, Farbauswahl o.Ä. helfen, zum anderen kann dies aber auch im Bereich der Werbung interessant sein. So könnte z.B. personalisierte, dem Interesse des Nutzers angepasste Werbung angezeigt werden. Auch das Erstellen von Interessensprofilen ist denkbar.

2.2.3 Einblenden von Funktionen

Es gibt diverse Muster, nach denen der User nach Informationen auf dem Bildschirm sucht.

Auch die Anordnung von Funktionen eines User Interfaces folgt einem Muster. Parameter sind hier die Leserichtung und Konventionen, die je nach Kultur und gewohntem Betriebssystem unterschiedlich sein können. So ist die Suche z.B. meist rechts oben zu finden. Das „Dock“ (Apple Mac OS X) oder die „Taskleiste“ (Microsoft Windows) befindet sich standardmäßig unten. Diese Funktionen könnten stets ausgeblendet sein. Ein Blick an die Stelle, an der die Funktion konventionell verortet ist, könnte diese Einblenden und aktivieren. So könnte das Dock oder die Taskleiste ausgeblendet sein und bei Bedarf geht der Blick an die gewohnte Stelle. Das Dock, bzw. die Taskleiste wird dann eingeblendet. Auch die Suche kann „versteckt“ werden. Ein Blick in die rechte obere Ecke lässt die Suchfunktion erscheinen und ist bereit für die Eingabe. Zum einen kann so das Umgreifen zur Maus / zum Touchpad gespart werden, auch der Weg des Cursors zu Funktionen bleibt aus. Weiter würde die Informationsflut, welche auf dem Bildschirm aufgrund der immer neu hinzukommenden Funktionen herrscht, reduziert und nur bei Bedarf eingeblendet werden.

2.2.4 Adaptives UI

Wie im Konzept „Einblenden von Funktionen“ beschrieben, werden Funktionen aufgrund von Konventionen an bestimmten Orten erwartet. Dennoch unterscheiden sie sich oft und Benutzer erwarten oder bevorzugen sie an anderen Orten. Viele vorhandene Funktionen werden nur selten benutzt. Trotzdem kann es sein, dass diese stets im Mittelpunkt des Interfaces stehen. Andere Funktionen wiederum sind versteckt und im Hintergrund, obwohl der Nutzer sie oft benötigt. Um die Intuitivität so gut wie möglich zu gestalten, wäre es am Besten, wenn das User Interface individuell zu jedem Nutzer passend gestaltet werden würde. Doch wissen die Nutzer oft selbst nicht welche Funktion sie am meisten benutzen und wo sie diese erwarten. Zudem können sich die Anforderungen der Nutzer ändern. Durch Eyetracking könnte analysiert werden, welche Funktionen der Nutzer am meisten, nur manchmal, selten oder nie benutzt und wo er diese erwartet. Nie oder selten benutzte Funktionen könnten in den Hintergrund rücken. Öfters benutzte Funktionen dagegen in den Vordergrund. Auch die Anordnung der Funktionen kann angepasst werden: Erkennt das System, dass er diese stets woanders sucht, wird diese in ihrer Verortung angepasst. Bei diesem Konzept ist Vorsicht geboten: Wenn der Nutzer eine Funktion gesucht und gefunden hat, so hat er gelernt wo diese zu finden ist. Im Normalfall wird er diese bei der nächsten Anwendung an der erlernten Stelle suchen und finden. Damit keine Verwirrung entsteht, müsste eine Anpassung langsam und mit Bedacht oder nach einer Bestätigung durchgeführt werden.

2.3 Multimodale Blickinteraktion

2.3.1 Zoom durch Kopfbewegung

Man kennt die Interaktion von der alltäglichen Situation, wenn man etwas genauer betrachten möchte: Man geht entweder mit den Augen näher heran, oder nimmt das Objekt und hält es unmittelbar vor die Augen. Um sich einen Überblick zu verschaffen lehnt man sich wieder zurück oder man hält das Objekt weit von sich weg. Diese Interaktion kann im Zusammenspiel mit blickbasierter Interaktion übernommen werden:

Der Nutzer möchte den Bildschirminhalt genauer betrachten. Hierfür lehnt er sich leicht nach vorne, um den Bildschirminhalt aus der Nähe betrachten zu können. Ab einer bestimmten Entfernung der Augen zum Bildschirm, setzt ein unterstützender Zoom ein. Eine Lupe erscheint, die nur den Bereich des Bildschirms vergrößert, auf dem der Blick im Moment verweilt. Dadurch behält der Nutzer im Augenwinkel den Überblick über den restlichen

Bildschirminhalt. Die Auswahl eines anderen Bildschirmteils ist so nicht mit einem Zurücklehnen verbunden und weniger anstrengend. Je weiter der Nutzer sich nach vorne lehnt, desto stärker wird der Inhalt vergrößert.

Ein dauerndes Vor- und Zurücklehnen ist anstrengend. Zwar wird die Häufigkeit dessen durch den dauernden Überblick über den Bildschirminhalt verringert, dennoch kann sich dies negativ auf die Ergonomie auswirken. Auch wenn der Nutzer z.B. bei einer Bildbearbeitung oder beim Lesen eines Textes hereinzoomen möchte, sollte sich durch die Kopfbewegung nicht jedes Mal der Zoomfaktor verändern, da sonst ein Lesen oder genaues Bearbeiten unmöglich wird.

2.3.2 Blick und Touchpad

In derzeitigen Maus-, bzw. Touchpad-basierten Interfaces wird in der Ausgabe der Cursor immer angezeigt. Dies wäre jedoch nicht unbedingt nötig. Der Cursor könnte ausgeblendet werden, sobald das Touchpad oder die Maus nicht mehr berührt wird. Möchte der Nutzer nun eine bestimmte Funktion auf dem GUI bedienen, so blickt er auf das entsprechende Element und seine Hand berührt die Maus, bzw. das Touchpad. In diesem Moment wird der Cursor an der Stelle eingeblendet, die der Nutzer gerade betrachtet. Auch Gesten auf dem Touchpad könnten weiter bestehen, würden aber an dem fixierten Punkt / fixierten Objekt durchgeführt werden. Als Beispiel sei hier die Geste „Pinch to Zoom“ genannt: Es würde die Stelle hereingezoomt, an der der Blick verweilt. Es könnten weitere Gesten hierzu gefunden werden: Die vertikale oder horizontale Bewegung mit einem Finger auf dem Trackpad könnte ein Scrollen in die entsprechende Richtung auslösen. Ein Wischen mit zwei Fingern zum Nutzer hin ein Ausschneiden, das Wischen in Richtung Bildschirm ein Einfügen. Eine Zick-Zack-Bewegung mit einem Finger könnte das fixierte Objekt „Löschen“.



Abbildung 3: Blick und Touchpad



Abbildung 4: Mögliche Gesten

2.3.3 Blick und Autocorrect

Die Tastatur ist ein sehr gut funktionierendes und schnelles Text-Eingabegerät. Einen weiteren Mehrwert in der Texteingabe bietet die automatische Korrektur und

Vervollständigung von Worten. Diese werden in erster Linie in mobilen Geräten wie Smartphones und Tablet-Computer mit Touchscreens verwendet. Hier ist es einfach während der Eingabe auf einer virtuellen Tastatur an einer Leiste oberhalb dieser per Touch ein Wort auszuwählen.

Der Blick könnte es hier ermöglichen eine solche Vervollständigung, wie sie von mobilen Betriebssystemen bekannt ist, in einen Desktop-Computer oder Laptop zu integrieren. Mit der Tastatur könnte wie gewohnt der Text eingegeben werden. Eine Reihe an Wort-Vorschlägen könnte über dem geschriebenen Wort erscheinen. Erkennt der Benutzer das gewünschte Wort, so kann er dieses anschauen und durch eine Taste, z.B. Leertaste, dieses bestätigen. Da man Worte wiedererkennt wenn man sie sieht, könnte eine solche Eingabe das Schreiben wesentlich beschleunigen, Fehler verringern und angenehmer machen.

2.3.4 Blick und Neuroheadset

Geht man zurück zu dem Ursprung, wo die Entscheidung getroffen wird, dass ein Objekt oder Element ausgewählt, bestätigt, aktiviert oder markiert werden soll, so landet man bei dem Gehirn. Fragt man die Information direkt an ihrem Ursprung ab, so kann sie ohne Umwege verwertet werden. So wird immens an Geschwindigkeit gewonnen. Es stellt sich also nun die Frage, ob es möglich ist schon den Gedanken daran ein Element auszuwählen zu benutzen, um die Aktion ohne Umwege über Eingabegeräte, die per Hand, Auge, Sprache o.Ä. gesteuert werden, auszuführen. Über ein Gerät wie das „EPOC neuroheadset“ der Firma Emotiv könnte es möglich sein nur die Information auszulesen, die der Nutzer bei einem Objekt hat, z.B. einen „bejahenden“, positiven, bestätigenden oder einen verneinenden, negativen, ablehnenden Gedanken. So lässt sich dieser sehr gut mit anderen Eingabemodalitäten kombinieren und vor allem im Zusammenspiel mit Eyetracking kann eine sehr schnelle, intuitive Mensch-Maschine-Interaktion entstehen. Es müsste ein Objekt oder Element nur noch angesehen werden und durch einen Gedanken wie: „Ja, genau das meinte ich!“ bestätigt, ausgewählt oder markiert werden. Auch das Wiedererkennen kann in diesem Zusammenhang eine große Rolle spielen. Ein Beispiel wäre eine Tastatur, die sich an Worte annähert (Buchstabe > Silbe > Wort).

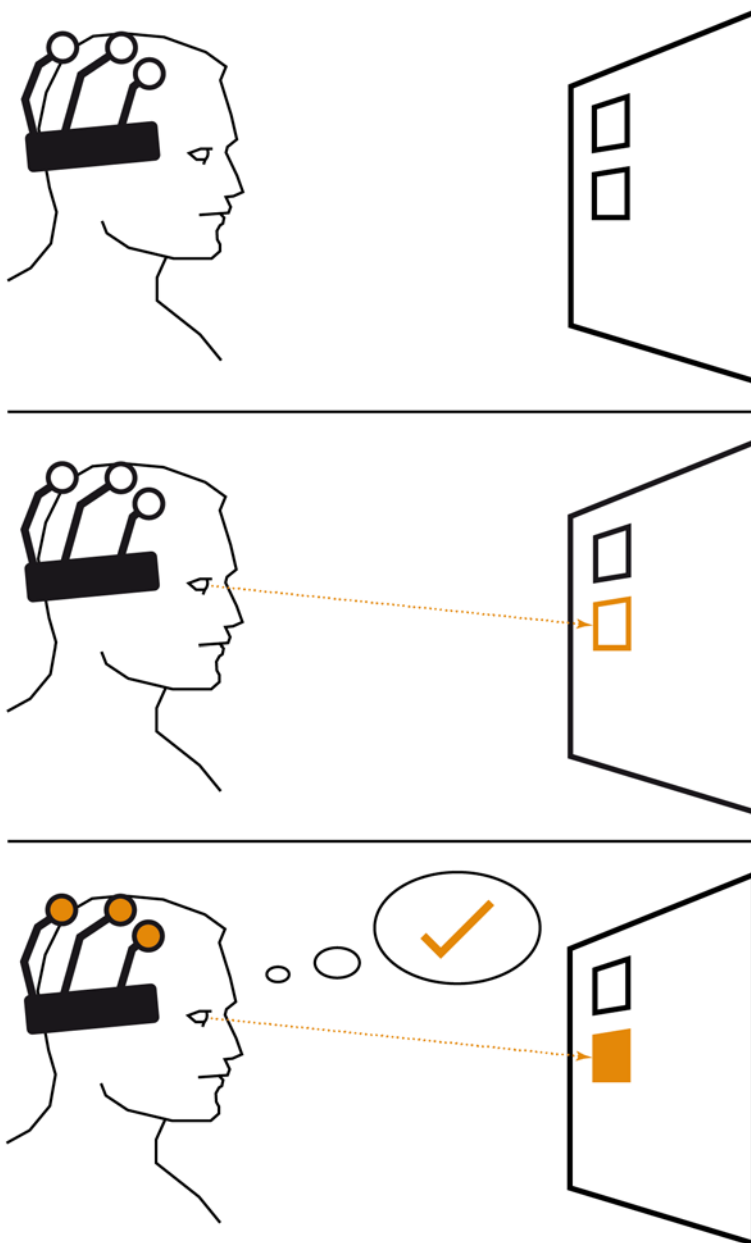


Abbildung 5: Blick und Neuroheadset

2.3.5 Blick und Feedback

Es gibt mehrere Kanäle, um Feedbacks zu geben. Im Grundlagen-Konzept „Gazeover“ wurde das „Mouseover“ mit dem Blick erläutert. Ein weiterer möglicher Kanal wäre der haptische, taktile Kanal.

Es wäre dann spürbar, wenn der Nutzer ein interaktives Bildelement ansieht. Zum einen könnte ein haptisches Signal, bspw. eine kurze Vibration, ausgegeben werden, wenn der Blick des Nutzers ein Element kreuzt, zum anderen könnte es ausgegeben werden, wenn ein solches durch eine Zeitabfrage ausgewählt wurde. Es gilt zu überprüfen, wie stark das Signal sein muss und wo es am Körper stattfindet. Da der Blick dieses auslöst und sich die Hände dann nicht zwingend an einem Eingabegerät befinden, wäre z.B. ein Signal an

einer Brille sinnvoll. Bei einer multimodalen Interaktion z.B. mit dem Blick und einer Tastatur ist dieses jedoch auch an den Händen denkbar.

Ein anderes oder aber auch zusätzlich mögliches Feedback wäre ein auditives Signal. Blickt der Nutzer auf einen entsprechenden Bildschirminhalt, so wird z.B. ein Klicken oder anderes kurzes Geräusch ausgegeben.

3 Prototyping

Da diese Art der Interaktion nur schwer vorstellbar ist, wurde folgende Auswahl an Interaktionskonzepten prototypisch umgesetzt: Blick glätten, Gazeover, Zerlesen, Blicksensitive Bilder, Zoom durch Kopfbewegung, Blick & Dreh- Drückgeber und Blick & Feedback. Diese Prototypen sind in der Regel so aufgebaut, dass ihre Parameter verändert werden können. Sie sind also zum einen da, um die grundsätzliche Interaktion erfahrbar zu machen, zum anderen aber auch um Details und Parameter zu untersuchen.

Um diese Prototypen zu programmieren, wurde die Programmiersprache und - Plattform „Processing“ gewählt. Es handelt sich hierbei um ein Open-Source-Projekt, welches von Ben Fry und Casey Reas am Massachusetts Institute of Technology initiiert wurde.

Um die Daten des Eyetrackers in Processing zu verwenden zu können, wurde das „Processing Easy Eye Tracker Plugin“ („PEEP“) genutzt, welches von Ralf Biedert, Georg Buscher und Florian Mittag am „Deutschen Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH“ („DFKI“) in Karlsruhe im Rahmen des Projekts „Text 2.0“ entwickelt wurde. Mithilfe des Plugins kann die x- und y-Position von Fixationen, rohen Blickdaten (Blickposition mit Sakkaden) und die x-, y- und z-Position des Kopfes ausgelesen und in Processing weiterverarbeitet werden.

Als Hardware stand der Eyetracker „Tobii 1750“, ein Remote Eyetracker mit einem 17“ Bildschirm zur Verfügung.

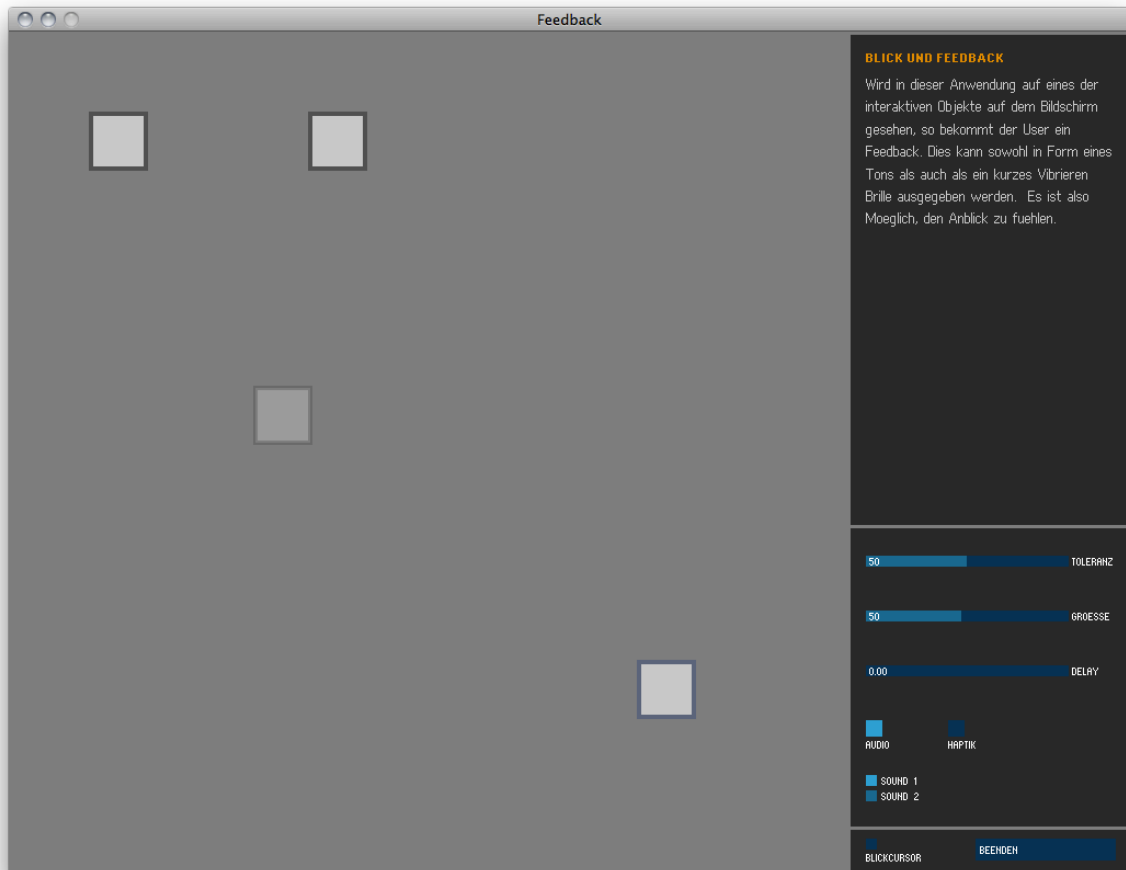


Abbildung 6: Prototyp „Blick & Feedback“

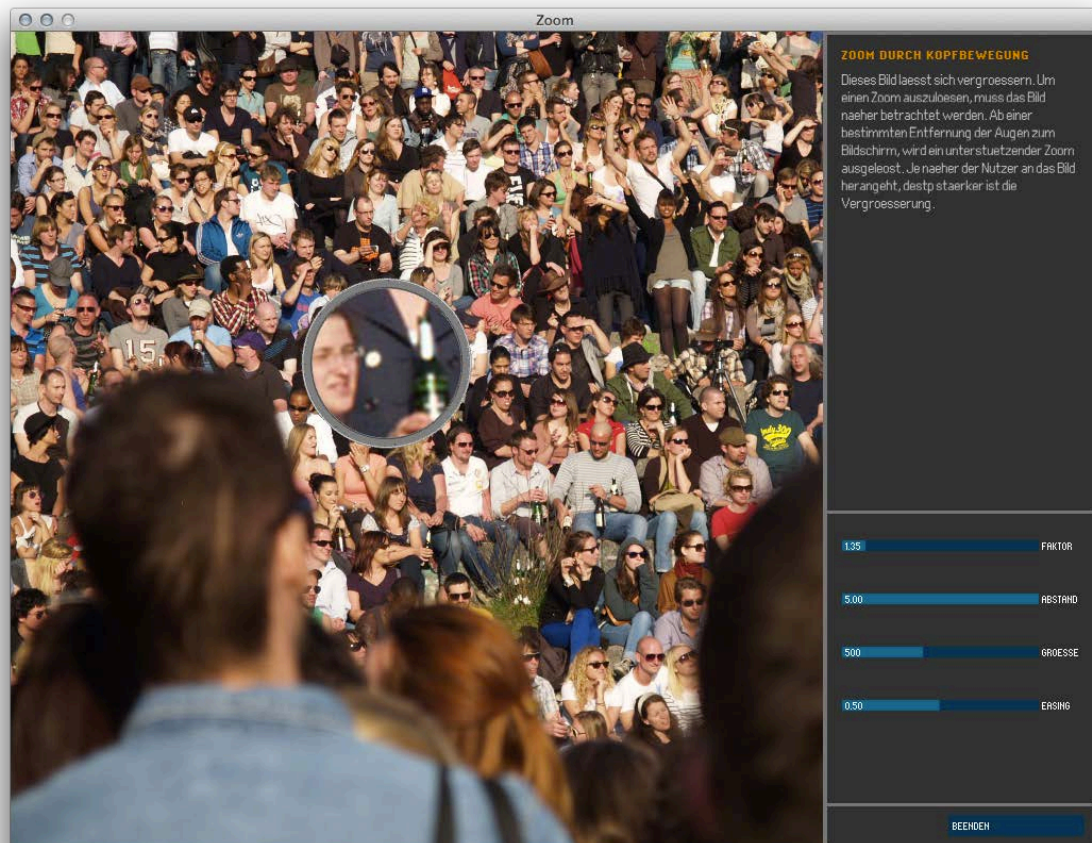


Abbildung 7: Prototyp „Zoom durch Kopfbewegung“

4 Fazit

Der Selbstversuch und die Befragung von Nutzern haben gezeigt, dass die Blickinteraktion durchaus funktioniert. Bevorzugt wird die Kombination zwischen der Blickinteraktion und anderen Eingabegeräten. Muss der Blick zu bewusst eingesetzt werden, entsteht Anstrengung und die Bewegungsfreiheit wird eingeschränkt. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich wiederholende Kalibrierungen in naher Zukunft nicht mehr nötig sein werden. Dies kann z.B. durch ein einmaliges Kalibrieren und gleichzeitigem Erstellen von Profilen umgangen werden. Auch die Kosten und der benötigte Platz für eine Eyetracking-Komponente werden in Zukunft geringer sein. So ist es vorstellbar, dass Eyetracking in Smartphones, Tablet-Computern und E-Readern integriert werden.

Aufgrund der Entwicklungen sowohl im Bereich der Technik als auch des Interfacedesigns scheint eine Einbindung von Eyetracking auch in andere alltagstaugliche Consumergeräte nicht mehr weit entfernt. Es ist eine allgemeine Entwicklung zu großzügigen Interaktionselementen in Interfaces erkennbar. Dies ist nicht zuletzt der Tatsache geschuldet, dass die Touch-, Maus- und Tastatureingabe und die dazugehörigen Geräte immer weiter verschmelzen. Dies kommt auch der Blickinteraktion zugute, da auch hier eher größere Eingabelemente benötigt werden.

Wo die Touchtechnologie unhandlich ist, kann Eyetracking als Unterstützung eingesetzt werden. Hier sei z.B. die Steuerung des Cursors auf einem Trackpad genannt: Während die Gesten hier ein großer Mehrwert sind, ist die Bewegung des Cursors mit dem Finger eher unhandlich. Das direkte Anwählen eines Objekts mit dem Blick und das interagieren durch Gesten kann eine sehr intuitive und angenehme Eingabe bilden und in naher Zukunft in jeden Laptop integriert werden. Es ist vorstellbar, dass zukünftig das Multitouchpad lediglich zur Gesteneingabe existiert und der Cursor durch den Blick ersetzt wird.

Literaturangaben

Al Nahlaoui, M.Y. (2010). Methoden und Konzepte der Blickrichtungserkennung. Aachen: Shaker.

Dr. rer. nat. Berke, A. (2000). Augenmuskeln und Augenbewegungen. Optometrie 1/2000 (S. 13 – 27)

Flothow, S. (2009). Eye Tracking – Ein Überblick über Geschichte, Methoden und Anwendungen. Unveröffentlichte Arbeit.

Vita

Philipp Gräßer wurde 1985 in Heidenheim geboren. 2007 begann er sein Studium der Interaktionsgestaltung an der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd, welches er mit dem Bachelor of Arts 2011 abschloss. Direkt im Anschluss begann er an der Fachhochschule Potsdam mit dem Master-Studiengang Interfacedesign, welchen er 2012 erfolgreich beendete. Es folgte ein Jahr mit Freelance-Projekten und Tätigkeiten in verschiedenen Büros. Er arbeitete u.A. für das Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation. Im Februar 2014 gründete er gemeinsam mit seinem ehemaligen Kommilitonen Thomas Techert das Büro für User Interface Design „Goldschnitt Interaktion“ in Heidenheim.

