



Arbeitsbericht Nr. 2/2011

Hrsg.: Svenja Hagenhoff

Johanna Grüblbauer, Isabella Kapf

Eyetracking Hardware- und Softwarelösungen

Arbeitsbericht
des Instituts für Medienwirtschaft
Fachhochschule St. Pölten GmbH
Matthias-Corvinus-Straße 15
A-3100 St. Pölten

Working Paper
Institute of Media Management
Fachhochschule St. Pölten GmbH
Matthias-Corvinus-Strasse 15
A-3100 St. Pölten

Tel. +43 (0) 2742 / 313 228 422
Fax +43 (0) 2742 / 313 228 409
http://www.fhstp.ac.at/forschung/institute_bereiche/institut fuer medienwirtschaft
imw@fhstp.ac.at



Dieses Werk bzw. Inhalt steht unter einer Creative Commons Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 3.0 Österreich Lizenz.

Abstract

Der Beitrag gibt eine kurze Einführung in aktuelle Hardware- und Softwarelösungen von Eyetracking. Eingangs werden die beiden wichtigsten Anbieter SensoMotoric Instruments (SMI) und Tobii, kurz vorgestellt. Da die FH St. Pölten das System von SMI verwendet, liegt der Fokus in der Folge auf den Lösungen von SMI. Gezeigt werden deren Systeme sowie die Anwendungsbereiche der jeweiligen Hardware. Es werden auch Messmethoden vorgestellt, sowie die verfügbaren Softwarelösungen zur Erhebung und Auswertung der Eyetracking-Daten.

In dem praxisorientierten Teil des Arbeitsberichtes werden diverse, einschlägige Cases, die mit stationärem und mobilem Eyetracking durchgeführt wurden, präsentiert. Es werden die Stärken und Schwächen der jeweiligen Hard- und Softwarelösungen, sowie der Umgang mit Bewegungsartefakten bzw. Datenausfällen gezeigt und besprochen.

Abschließend zeigt eine Tabelle, wofür welches Setting geeignet ist. Stationäres Eyetracking eignet sich vor allem für Computer, Plakattests, aber auch für Zeitungen und Magazine. Mit mobilem Eyetracking können neben zudem auch Tablets, Smartphones sowie Parallelnutzungen z.B. von Handy und TV getestet werden.

Entscheidend bei mobilem Eyetracking ist zudem die Wahl der richtigen Linse für das jeweilige Medium. Während die 30° Linse für kleine Bildschirmausschnitte wie z.B. bei Smartphone geeignet ist, eignet sich die 44° Linse für mittlere Entfernungen und Outdoorszenarien. Die 60° Linse kann als Allroundlösung für die meisten Indoormedien gesehen werden, ist aber auf Grund der hohen Lichtempfindlichkeit eher mäßig geeignet für Outdooranwendungen. Die 104° Linse scheidet bei den meisten Szenarien wegen zu hoher Krümmung aus, kann aber durchaus verwendet werden wenn ein großer Bildschirmausschnitt erforderlich ist.

Über die Qualität der Datenbasis entscheidet insbesondere die Wahl der geeigneten Soft- und Hardware in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand sowie deren Kalibrierung.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	III
1. Einleitung.....	1
2. Anbieter.....	1
3. Anwendungsfelder	2
4. Eye Tracking Systeme	2
5. Kriterien für die Wahl einer Tracking-Methode	2
6. Software Produkte	3
7. Untersuchungsaufbau	4
7.1. Stationäres Eyetracking	4
7.2. Mobiles Eyetracking.....	5
8. Experimente nach Mediengattungen.....	7
8.1. Zeitung	7
8.2. Magazin.....	8
8.3. Webseite	8
8.3.1. Computer stationär.....	9
8.3.2. Computer mobil	9
8.3.3. Tablet	10
8.3.4. Smartphone	11
8.4. Plakat	11
8.4.1. Plakat stationär.....	11
8.4.2. Plakat mobil	12
8.5. TV & Handynutzung (parallel).....	13
9. Datenausfälle.....	14
9.1. Technische Datenausfälle	14
9.2. Personenbedingte Datenausfälle.....	15
10. Fazit und Empfehlungen.....	17
Literaturverzeichnis	18

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot Experiment Center (SMI Vision, o.J.)	3
Abbildung 2: Heatmap BeGaze (SMI Vision, o.J.)	4
Abbildung 3: Stationäres Eyetracking an der Fachhochschule St.Pölten	4
Abbildung 4: Mobiles Eyetracking an der Fachhochschule St.Pölten	5
Abbildung 5: Verschiedene Linsenwinkeln im Vergleich.....	6
Abbildung 6: Kalibrierungsvorlage für eine Zeitung.....	7
Abbildung 7: Eyetracking einer Tageszeitung mittels Einsatz eines Zeitungshalters.....	7
Abbildung 8: Kalibrierung eines Magazins	8
Abbildung 9: Kalibrierungsvorlage für Bildschirme	9
Abbildung 10: Kalibrierung eines Tablets.....	10
Abbildung 11: Geeignete Kalibrierungsfläche im Outdoorbereich	12
Abbildung 12: Parallelnutzung TV & Handy	13
Tabelle 1: Übersicht der empfohlenen Anwendungsszenarien	17

1. Einleitung

Johanna Grüblbauer (Institut für Medienwirtschaft) und Klaus Temper (Institut für Medienproduktion) von der Fachhochschule St. Pölten haben am 1. Juli 2011 am Institut für Publizistikwissenschaft und Medienforschung IMPZ Zürich, im Rahmen des Workshops „*Eye Tracking in der Kommunikationswissenschaft: von der Erhebung bis zur Interpretation von Blickverlaufsdaten*“ der Arbeitsgruppe Beobachtung zum Thema *Eyetracking: Hard- und Softwarelösungen* referiert.

Der Arbeitsbericht gibt eine kurze Einführung in aktuelle Hard- und Softwarelösungen für Eyetracking. Eingangs werden die beiden wichtigsten Anbieter SensoMotoric Instruments (SMI) und Tobii, kurz vorgestellt. Da die FH St. Pölten das System von SMI verwendet, liegt der Fokus in der Folge auf den Lösungen von SMI. Gezeigt werden deren Systeme sowie die Anwendungsbereiche der jeweiligen Hardware. Es werden auch Messmethoden vorgestellt sowie die verfügbaren Softwarelösungen zur Erhebung und Auswertung der Eyetracking-Daten.

Abschließend werden diverse einschlägige Cases, die mit stationärem und mobilem Eyetracking durchgeführt wurden, präsentiert.¹ Es werden die Stärken und Schwächen der jeweiligen Hardware- und Softwarelösungen, sowie der Umgang mit Bewegungsartefakten bzw. Datenausfällen gezeigt und besprochen. Die Anwendungen wurden am Workshop des IPMZ in Zürich per Videoeinspielung bzw. das mobile Eyetracking auch live präsentiert. Die entsprechenden Videos sind bei den jeweiligen Cases unter Beispielclip als Hyperlinks angeführt.

2. Anbieter

Insgesamt gibt es für Eyetracking Hardware und Software nur zwei große Anbieter im europäischen Raum: Tobii Technology AB (www.tobii.com) und die SensoMotoric Instruments GmbH (www.smivision.com).

Tobii wurde 2001 in Stockholm gegründet und bezeichnet sich heute selber als globaler Marktführer für Soft- und Hardwarelösungen in den Bereichen Eye-Tracking und Augensteuerung.

SensoMotoric Instruments (SMI) wurde bereits 1991, als Spin-Off aus der FU Berlin, gegründet. Sie sehen sich als Marktführer im Bereich der Messung von Augenbewegung, Blickrichtung und Pupillendynamik und haben nach eigenen Angaben weltweit mehr als 4.000 SMI Eye Tracker Systeme im Einsatz.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, beziehen sich die folgenden Informationen und Erkenntnisse auf Systeme von SMI, da deren Systeme in der FH St. Pölten verwendet werden.

¹ Für die Aufzeichnung der Experimente sei an dieser Stelle Isabella Kapf und Bernhard Rambauske herzlich gedankt.

3. Anwendungsfelder

Die Anwendungsfelder für Eyetracking sind vielfältig. Die Neurowissenschaften verwenden die Methode um zu analysieren, wie wir visuelle Information verarbeiten und um neue und bessere Diagnosemethoden zu entwickeln. In der Psychologie, Psychiatrie, Psycholinguistik werden die Systeme im Labor oder natürlichen Umgebungen genutzt, um Daten diskret und genau zu sammeln. Den Fachbereich Augenheilkunde unterstützt Eyetracking indem es hilft, das menschliche Auge zu verstehen und neue Ansätze der Diagnose zu entwickeln. In Sport- und Professional-Trainings unterstützt Eyetracking mittels Aufzeichnungen der Augenbewegung während der Performance, deren Analyse und Verbesserung. Für die Marktforschung bietet Eyetracking etwa eine Möglichkeit Produkte und Zielgruppen vor und nach dem Launch zu testen (vgl. SMI Applications, o.J., o.S.).

Für die Rezeptionsforschung ist aber vor allem die Möglichkeit der Aufmerksamkeits-Prüfung interessant. (vgl. Seibert, 2010, o.S.) Es gilt zwar der Grundsatz: „was nicht gesehen wird, kann auch nicht wirken“, dennoch kann die mittels Eyetracking gemessene Aufmerksamkeit nur als eine zentrale Basis für Aussagen über die Wirkung untersuchter Objekte herangezogen werden. Denn nicht die Augen bestimmen was wir wahrnehmen, sondern das Gehirn, dadurch kann nur in Kombination mit Befragungen, Think-Aloud-Protokollen, etc. eine Interpretation der Wahrnehmung stattfinden (vgl. Netz, 2011, o.S.).

Eine gute Basis für die valide Prüfung von Aufmerksamkeitspfaden, besteht in der Optimierung von Hard- und Software für die jeweiligen Untersuchungsbedingungen.

4. Eye Tracking Systeme

SMI bietet diverse Hardware-Systeme für Eyetracking an. An der Fachhochschule St. Pölten werden derzeit SMI Remote als stationäres Eyetrackingsystem sowie SMI HED (Head Mounted in Form einer Kappe) als mobiles Eyetracking System verwendet. Mobile Systeme von SMI sind zudem ein Helm, der den Vorteil bietet, dass das Risiko des Verrutschens verringert wird sowie die SMI Gazeware, eine Brille, die erst ab Herbst 2011 erhältlich ist. Die Kappe ist für unsere Anwendungen die beste, derzeit verfügbare Lösung, da sie in den Versuchen nicht störend verrutscht ist und bei Outdoor-Tests, von den derzeit verfügbaren Geräten, anderen Passanten am wenigsten auffällt. SMI bietet auch noch ein High-Speed-Gerät an, das es ermöglicht durch Fixierung des Kopfes sehr genaue Blickdaten zu erhalten. Ebenso sind Kombinierte Lösungen mit neurologischen Messsystemen möglich.

5. Kriterien für die Wahl einer Tracking-Methode

Die Ergebnisse der Messung werden nicht nur von der Auswahl der Endgeräte, sondern auch von der Methode der Blickregistrierung beeinflusst.

SMI verwendet hier eine Kombination aus Cornea-Reflex-Verfahren und einem Dark-Pupil-Eyetracking.

Das Cornea Reflex Verfahren bezieht sich auf das erste Purkinje-Bild. Hier wird jener Lichtpunkt zur Messung herangezogen, der auf die Cornea auftrifft. Somit können auch leichte Bewegungen des Kopfes während der Messung automatisch korrigiert werden (vgl. Joos, Röttinger & Velichkovsky, 2003, S.151).

Bei den Pupil-Verfahren unterscheidet man das Light- und das Dark-Pupil-Tracking. Der Effekt einer hellen Pupille (Bright Pupil) entsteht durch die Reflexion der Netzhaut, wenn sich die Lichtquelle auf der selben Achse wie die Kamera befindet. (ebd., S. 153) Hier zeigt sich derselbe Effekt, der bei Fotos für rote Augen verantwortlich ist (vgl. Tobii, 2011, o.S.). Ist das Licht seitlich zur Kameraachse angebracht, erscheint die Pupille dunkel, da nicht der direkte IR-Reflex, sondern der Schatten neben dem auftreffenden Strahl erfasst wird (vgl. u.a. Koesling, 2010, o.S. / Zhao, Grigat, 2005, S. 438)

Spannend ist, dass auch die Ethnizität einen Effekt auslöst. Während für europäische Augen die Bright-Pupil-Methode besser ist, liefert die Dark-Pupil-Methode für asiatische Augen bessere Tracking-Ergebnisse (Tobii Technology's Blog, 2010, o.S.).

6. Software Produkte

Bei den Software-Lösungen gibt es drei Programme, die interagieren. Zum einen ist hier iViewX RED bzw. HED zu nennen, also die Steuerungssoftware der Hardwarekomponente des stationären oder mobilen Eyetrackings. Softwarebasiert braucht man das Experiment Center für die Erstellung der Eyetracking-Präsentation für den Probanden und BeGaze für die Auswertung der Blickdaten.

Im Experimentcenter erhält man ein dreigeteiltes Fenster. Links kann man einstellen, ob und wie viele Bilder, Texte oder Webseiten man anzeigen lassen möchte, in welcher Reihenfolge/Rotation dies geschehen soll und ggf. wie lange die Betrachtungsdauer sein soll. Hier ist zu beachten, dass bei Webseiten nur der Windows Internet Explorer als Browser zulässig ist. Das erste Chart stellt dabei immer die Kalibrierung dar. Anhand unterschiedlich vieler Punkte (5, 9, ...) werden mit Hilfe von Vektorberechnungen bei der Kalibrierung die Relationen zwischen den Augen der Probanden und den Positionen im Bild gemessen.



Abbildung 1: Screenshot Experiment Center (SMI Vision, o.J.)

Die rechte Bildschirmseite gliedert sich in eine Vorschau auf den Bildschirm des Probanden sowie eine Hilfe zur Sitzpositionsbestimmung des Probanden. Um einen möglichst günstigen Winkel für die Messung zu schaffen, zeigen Pfeile an, wie sich der Proband hinsetzen soll.

Das Auswertungstool BeGaze beinhaltet sowohl grafische als auch datengestützte Auswertungsmöglichkeiten für stationäres Eyetracking. Grafisch können die Blickverläufe etwa als Heatmap (rote Bereiche sind jene mit der längsten Betrachtungsdauer), Focusmap (nicht gesehene Bereiche bleiben „im Dunklen“) oder als Blickverlauf (Fixationen werden je nach Betrachtungsdauer mittels

verschiedengroßer Kreise und Sakkaden als Linien dargestellt). Mit dem Tool Areas of Interest (AOIs) kann man automatisiert bestimmte Bereiche der gezeigten Seite datengestützt analysieren lassen und damit Aussagen über die Dauer oder die Zeit der Betrachtung treffen. Auch eine zahlengestützte Gesamtübersicht der Blickdaten ist in Tabellenform abrufbar. Von SMI wurde vor Kurzem neu implementiert, dass die Probanden während des Eyetracking auch gefilmt werden und man damit die Mimik und Kopfbewegung des Probanden parallel zum Blickverlauf ansehen kann.



Abbildung 2: Heatmap BeGaze (SMI Vision, o.J.)

7. Untersuchungsaufbau

In diesem Kapitel wird das Setting der Experimente von stationärem und mobilem Eyetracking in verschiedenen Mediengattungen dargelegt. Es wird aufgezeigt, welches Equipment bzw. welche Linsen und Kameras in den einzelnen Systemen zur Verfügung gestanden sind.

7.1. Stationäres Eyetracking

Equipment

An der Fachhochschule St. Pölten wird das RED System von SMI Vision verwendet. In der Hardware wurden hierfür ein Standcomputer und ein zusätzlicher Laptop, der per LAN beziehungsweise per WLAN verbunden ist, kombiniert. Wie in der Abbildung zu sehen ist, wird das RED direkt unter dem Monitor angebracht.



Abbildung 3: Stationäres Eyetracking an der Fachhochschule St.Pölten

Während einer Untersuchung wird auf dem PC, die von SMI entwickelte Software „Experiment Center“ beziehungsweise für die Auswertung „BeGaze“ verwendet. Auf dem Laptop läuft parallel zur Untersuchung „iViewX RED“, d.h. die Hardwaresteuerung des Eyetracking. Der Vorteil einer Aufteilung der Hard- und Softwaresteuerung auf zwei Endgeräte ist, dass der Testleiter auch während laufender Experimente die Möglichkeit hat, mittels „iViewX RED“ zu überwachen, ob die Aufzeichnung ordnungsgemäß funktioniert und ggf. intervenieren kann.

7.2. Mobiles Eyetracking

Equipment

Für Mobiles Eyetracking kommt das HED System von SMI Vision zum Einsatz. Auf dem Laptop, der auch bei dem RED System verwendet wird, dient auch für die Hardwaresteuerung „iViewX HED“. Als Tracker wird an der Fachhochschule die Kappe von SMI verwendet, damit kann zum einen die Augenbewegung des Probanden festgehalten, zum anderen mittels verschiedenen Linsen (vgl. Abbildung 5) per Kopfkamera die Umgebung gefilmt werden. Die Kappe wird per USB Kabel für die Dauer der Untersuchung mit dem Laptop verbunden.

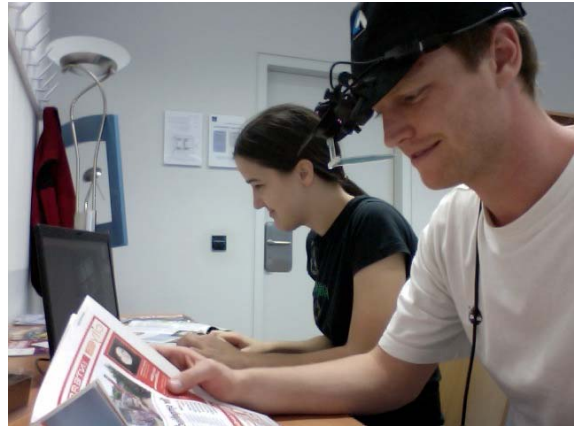


Abbildung 4: Mobiles Eyetracking an der Fachhochschule St. Pölten

Für Outdoortests steht weiters ein Samsung NC10 Ecko Plus Netbook zur Verfügung. Mit diesem ist es möglich, über das Programm „VNC Viewer“, den Laptop, der bei Outdoortests aufgrund der USB Verbindung zwischen Kappe und Laptop üblicherweise im Rucksack des Probanden ist, fremdzusteuern, vorausgesetzt der „VNC Server“ wurde zuvor gestartet. Um die Verbindung zwischen Laptop und Netbook zu ermöglichen wird mit einem mobilen Remote Netzwerk gearbeitet.

Linsen

Als Kameralinsen stehen die von SMI mitgelieferten 15°- und 22°-Linsen zur Verfügung. Da SMI die Linsenbezeichnungen nach Halbwinkeln vergibt, handelt es sich dabei im Endergebnis um Aufnahmen von 30° sowie 44°. Weiters wurden eine 60°- sowie eine 104°-Linse ergänzt, um vielfältigere Testszenarien zu ermöglichen.²

² SMI stellt im Standardpaket auch eine 66°-(33°-)Linse zur Verfügung. Da in der Lieferung statt eine 66°-Linse eine zweite 44°-(22°-) Linse enthalten war, wurde für die Tests eine 60°-Linse zusätzlich angekauft. Weitere Wechselobjektive sind zwischen 10€ und 30€ im Fachhandel erhältlich. (siehe z.B. <http://at.rs-online.com/web/c/?searchTerm=Wechselobjektiv&sra=oss>)

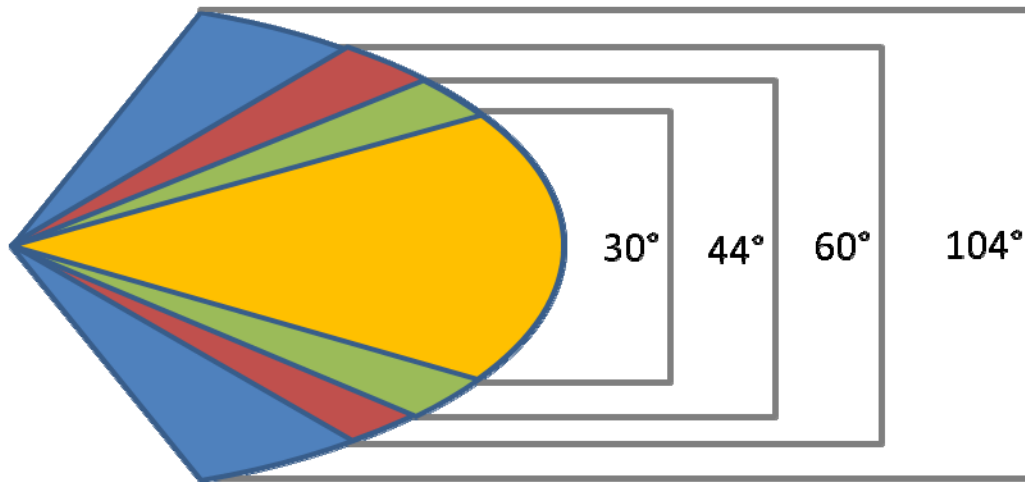


Abbildung 5: Verschiedene Linsenwinkeln im Vergleich

Generell gilt: je größer der Öffnungswinkel ist, desto geringer die Brennweite und umso empfindlicher reagiert das System auf Entfernungsunterschiede. Es sollte sich daher das beobachtete Objekt nach der Kalibrierung nicht mehr wesentlich vom Probanden entfernen oder annähern.

Die 30°-Linse eignet sich auf Grund des kleinen Winkels insbesondere für die Analyse einer möglichst kleinen Fläche. In den unten beschriebenen Szenarien wurde so zum Beispiel eine 30°-Linse bei dem Test eines Smartphones verwendet.

Für mittlere Entfernungen ist die 44°-Linse gut geeignet. Empfehlenswert ist die Linse vor allem im Outdoorbereich, da Witterungsverhältnisse auf Grund der geringen Lichtempfindlichkeit weniger problematisch sind, als bei Linsen mit größeren Winkeln. Weiters kann die Linse als Alternative zur 60°-Linse bei Indoortests verwendet werden.

Die 60°-Linse eignet sich für mittlere Entfernungen im Indoor Bereich wie beispielsweise bei dem Tracking von Zeitungen, Magazinen oder Tablets. Im Outdoorbereich kann es teilweise zu Schwierigkeiten kommen, da die Linse durch eine andere Krümmung sowie den größeren Öffnungswinkel lichtempfindlicher ist, als die von SMI mitgelieferten Linsen. Dies kann insbesondere bei Sonnenschein zu Problemen führen.

Die 104°-Linse kann bei Tests verwendet werden, bei denen ein möglichst weiter Winkel erforderlich ist. In den Testszenarien wurde die Linse unter anderem bei der Parallelnutzung von TV & Handy verwendet. Entscheidend ist allerdings, dass die Linse noch lichtempfindlicher ist, als die 60° Variante und dies auch bei künstlichem Licht zu Problemen in der Augenerkennung führen kann. Auf Grund des hohen Winkels ist hier eine starke Krümmung im Bild feststellbar.

8. Experimente nach Mediengattungen

In diesem Kapitel werden diverse Testszenarien, sortiert nach Mediengattungen, beschrieben. Neben möglichen Forschungsszenarien wird jeweils auch eine Linse empfohlen, die Kalibrierung beschrieben sowie mögliche Probleme erörtert.

8.1. Zeitung

Szenarien: Testen von Werbesujets, Tracking der Augenbewegung während des Lesevorganges, etc.

Beispielclip: http://www.youtube.com/watch?v=H_aW8oeISXU

Empfohlene Linse: 60°

Kalibrierung: Da bei einer großformatigen Zeitung nicht die gesamte Doppelseite im Fokus des Lesers liegt, ist es ausreichend, für eine A4-Seite (statt auf die gesamte Zeitungsgröße) zu kalibrieren. Um den Prozess zu vereinfachen kann zum Beispiel eine Kalibrierungsvorlage im A4-Format in den Zeitungshalter geklemmt werden (siehe Bild). Empfehlenswert ist es weiters, nach der Kalibrierung in der Zeitung anhand verschiedener Punkte (die möglichst weit oben/unten sind, um die Genauigkeit an den „Problemstellen“ zu überprüfen) die Übereinstimmung des tatsächlichen Blickpunktes mit jenem der Anzeige des Eyetrackings zu testen.



Abbildung 6: Kalibrierungsvorlage für eine Zeitung

Mögliche Probleme:

- *Bildausschnitt:* Bei einer Zeitung ist es schwierig, den ganzen Bildausschnitt ohne Kameraschwenk zu erfassen. Der Proband sollte also im Idealfall seinen Kopf immer mit seiner Blickrichtung mitneigen, während der Tester mittels iViewX kontrolliert, ob der getrackte Punkt sowie der ganze Bildschirmausschnitt zu sehen ist.
- *Winkel:* Bei der natürlichen Leseposition (Kopf nach unten geneigt) kann es zu Problemen mit der Erkennung des Blickes kommen, da durch



Abbildung 7: Eyetracking einer Tageszeitung mittels Einsatz eines Zeitungshalters

den Blick nach unten die Pupille durch das Lid des Probanden halb verdeckt ist und somit nicht mehr erkannt werden kann. Um diesem Problem zu entgehen, wird der Einsatz eines Zeitungshalters empfohlen. Durch diesen können genaue Messergebnisse bei natürlicher Haltung des Probanden erzielt werden.

8.2. Magazin

Szenarien: Testen von Contentnutzung und Werbebetrachtung, Augenbewegungen während Rezeption des Contents, Usability- und Akzeptanzprüfung von Layoutelementen, etc.

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=ZTHrycGrijXs>

Empfohlene Linse: 60°

Kalibrierung: Auch bei Magazinen eignet sich die A4-Kalibrierungsvorlage gut, um genaue Ergebnisse zu erzielen. Im Gegensatz zur Zeitung sollte aber für eine A3- bzw. Doppelseite kalibriert werden, da auf Grund des kleineren Formates beide Seiten im Blickfeld des Probanden sind.



Abbildung 8: Kalibrierung eines Magazins

Mögliche Probleme:

- *Entfernung:* Das Magazin kann bei dem Testen von dem Probanden in den Händen gehalten werden, anstatt erneut auf einen Zeitungshalter zurückgreifen zu müssen. Es ist allerdings wichtig darauf zu achten, dass sich die Haltung des Probanden möglichst nicht verändert, um die Entfernung zwischen Magazin und Proband gleich zu halten. Eine Vergrößerung/Verkleinerung des Abstandes führt zu Ungenauigkeiten in Bezug auf die ursprüngliche Distanzen der vorgenommenen Kalibrierung und verfälscht damit das Ergebnis.
- *Winkel:* Ähnlich wie bei der Zeitung muss auch bei Magazinen die natürliche Leseposition und die damit auftretenden Augenerkennungsprobleme beim Blick nach unten berücksichtigt werden. Um den Probanden dennoch eine möglichst angenehme Sitzposition zu ermöglichen, ist es hilfreich, die Kopfkamera leicht nach unten zu neigen.

8.3. Webseite

Bei Webseiten wurden mehrere Nutzungsmodi untersucht. Neben einer Nutzung am stationären Bildschirm wurde auch eine Webseite am Laptop sowie am Tablet und Smartphone aufgezeichnet.

8.3.1. Computer stationär

Szenarien: Test von Websites, Werbungsjets, Spielen, etc.

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=n0A0bj93pmk>

Mögliche Probleme:

- *Verbindung:* Falls beim stationären Eyetracking die Verbindung nicht sofort funktioniert, sollte sich der Tester vergewissern, dass das RED eingeschaltet wurde beziehungsweise falls ein zusätzlicher Laptop vorhanden ist, dass das LAN Kabel eingesteckt wurde. Zudem muss der von SMI mitgelieferte *Dongle*, ein „Kopierschutzstecker“ der die Lizenzierung der Software prüft, an einem USB Port des verwendeten Rechners angesteckt werden. Bei intakter Verbindung wird „Connected“ im Experiment Center angezeigt.
- *Browser:* Wenn im Experiment Center der Modus „Web“ verwendet werden soll, ist es wichtig zu wissen, dass nur der Internet Explorer kompatibel mit der SMI Software ist. Um Proxyprobleme zu vermeiden, kann es notwendig sein, bereits vor dem Test ein Fenster des Internet Explorers zu öffnen.

8.3.2. Computer mobil

Szenarien: Test von Websites, Werbungen, Spielen, etc.

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=JYUxli-Pf5c>

Empfohlene Linse: 44°/60°

Kalibrierung: Zur Kalibrierung wird je nach Bildschirmgröße des Computers ein A4-Querformat oder eine am PC gefertigte Grafik des 5-Punkt-Rasters empfohlen.

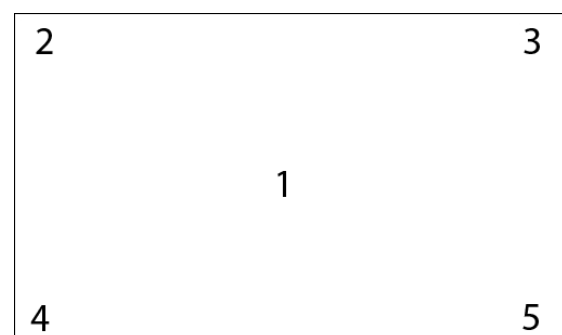


Abbildung 9: Kalibrierungsvorlage für Bildschirme

Mögliche Probleme:

- *Helligkeit des Displays:* Bildschirme stellen Inhalte oft zu hell für eine Kamera dar und „überstrahlen“ somit. Vor einem Test sollte also darauf geachtet werden, die Bildschirmhelligkeit soweit zu reduzieren, dass die dargestellten Inhalte gut lesbar aufgezeichnet werden. Überprüft werden kann das bei einem Testlauf vor dem eigentlichen Test.

- *Schärfe vs. Krümmung:* Je nach verwendeter Linse (empfohlen 44° oder 60°) kann es zu unterschiedlichen Problemen kommen. Mit der 60°-Linse ist es so möglich, alle Inhalte darzustellen – allerdings reduziert sich die Tiefenschärfe des Videos. Im Gegensatz dazu zeichnet die 33°-Linse schärfer auf – da sich der Laptopbildschirm bei dieser Linse über die gesamte Bildbreite erstreckt, kann es auf Grund der Krümmung zu Ungenauigkeiten an den Rändern kommen. Empfohlen wird daher, bei Tests, bei denen schon minimale Abweichungen des Kalibrierungspunktes das Ergebnis des Test verändern könnten, die 60°-Linse zu nehmen, während sich die 33°-Linse auf Grund leichter Abweichungen an den Rändern, bei Szenarien, bei denen gute Lesbarkeit im Vordergrund steht, eignet.

8.3.3. Tablet

Szenarien: Testen von Websites, Werbungen, E-Papers, Augenbewegungen während Rezeption des Contents, etc.

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=HvQkUeOnHuo>

Empfohlene Linse: 60°

Kalibrierung: Bei einem Tablet eignet sich für die Kalibrierung entweder ein A4 Hochformat Zettel (auf Grund der ähnlichen Breite) beziehungsweise eine am Tablet erstellte Grafik des 5-Punkt Rasters. Eine Besonderheit bei Tablets ist, dass es möglich ist den Text beliebig groß zu zoomen, ohne neu Kalibrieren zu müssen, da der Abstand zwischen Gerät und Proband dabei gleich bleibt. Dementsprechend eignen sich Tablets gut für die lesbare Darstellung des Textes im Video und das Tracking der Augenbewegung während des Lesens.

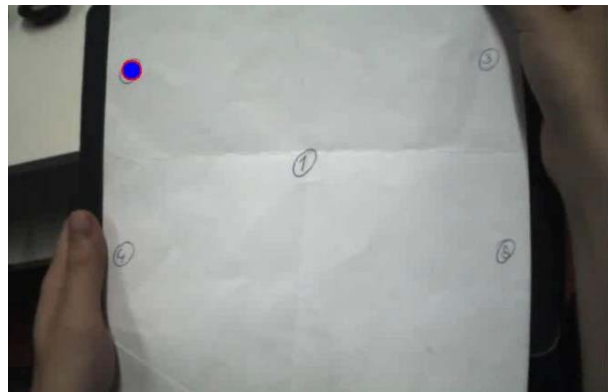


Abbildung 10: Kalibrierung eines Tablets

Mögliche Probleme:

- *Genauigkeit:* Je kleiner die zu messende Fläche ist, desto wichtiger ist eine genaue Kalibrierung. Die Kalibrierungspunkte sollten wie zuvor beschrieben in den Ecken des Displays positioniert werden. Empfohlen wird, vor der Aufnahme mit dem Probanden in einem Testdurchgang mehrere Punkte (z.B. Icons von Apps) durchzugehen um zu überprüfen ob die Kalibrierung exakt war.
- *Helligkeit des Displays:* Wie bei jedem Bildschirm stellt auch der Bildschirm eines Tablets tendenziell zu hell für eine Kamera dar und kann so „überstrahlen“. Vor einem Test sollte also darauf ge-

achtet werden, die Bildschirmhelligkeit soweit zu reduzieren, dass die dargestellten Inhalte gut lesbar aufgezeichnet werden.

8.3.4. Smartphone

Szenarien: Test von Websites, Applikationen, Spielen, Interface, Werbung, etc.

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=R4b0v5e6v4w>

Empfohlene Linse: 30°/60°

Kalibrierung: Bei einem Smartphone eignet sich entweder eine am Gerät abgespeicherte Grafik mit den 5 Kalibrierungspunkten beziehungsweise ein Festlegen der vier Displaykanten sowie der Mitte als Messgrundlage. Vor allem bei der 30°-Linse muss dabei auf die Genauigkeit geachtet werden (siehe unten), da der Bildschirm des Smartphones viel größer dargestellt wird.

Mögliche Probleme:

- *Genauigkeit:* Wie schon beim Tablet beschrieben, ist die Genauigkeit bei der Kalibrierung umso wichtiger, je kleiner die zu messende Fläche ist. Besonders bei einem Smartphone ist es also sinnvoll, vor allem bei der Kalibrierung mit der 30°-Linse möglichst genau zu arbeiten und bei Bedarf die Kalibrierung mehrfach durchzuführen um korrekte Ergebnisse zu erhalten.
- *Display:* Es ist notwendig die Helligkeit des Displays auf rund 1/3 zu reduzieren um dieses auf der fertigen Aufnahme nicht „überstrahlen“ zu lassen. Zusätzlich sollte bei der Aufzeichnung darauf geachtet werden, dass z.B. ein iPhone ein spiegelndes Display hat. Da das Smartphone bei dem Test durchgehend in der Hand gehalten wird muss also darauf geachtet werden, ungewünschte Spiegelungen im Display zu vermeiden.

8.4. Plakat

8.4.1. Plakat stationär

Szenarien: Testen von Abbildungen der Plakat-Werbungen im natürlichen Umfeld/Sujetttests am Bildschirm

Beispielclip: http://www.youtube.com/watch?v=xG_93WG9yH0

Mögliche Probleme:

- *Verbindung:* Falls beim stationären Eyetracking die Verbindung nicht gleich funktioniert, sollte sich der Tester vergewissern, dass das RED eingeschaltet wurde beziehungsweise falls ein zusätzlicher Laptop vorhanden ist, das LAN Kabel eingesteckt wurde.
- Weiters muss der von SMI mitgelieferte *Dongle*, ein „Kopierschutzstecker“ der die Lizenzierung der Software prüft, an einem USB Port des verwendeten Rechners angesteckt werden. Bei intakter Verbindung wird „Connected“ im Experiment Center angezeigt.
- Die stationären Plakattests konnten mit dem auf der Epamedia Website (www.epamedia.at) angebotenen *Public Space Preview* realisiert werden. Hier kann man Plakatsujets einspielen, die mittels Public Space Preview als unterschiedliche Plakate (Art der Außenwerbung, Format, Standort, ...) dargestellt und gespeichert werden können.

8.4.2. Plakat mobil

Szenario: Test von Werbesujets

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=5ydlhf0FX80>

Empfohlene Linse: 44°

Kalibrierung: Bei Outdoor Tests ist die Kalibrierung besonders schwierig. Zum einen gilt hier ebenfalls das die Kalibrierungsentfernung und die Messentfernung möglichst identisch sein sollten, zum anderen muss erst eine geeignete Kalibrierungsfläche (im Idealfall eine einfarbige Wand) gefunden werden. Der Tester sollte sich also Zeit nehmen eine geeignete Stelle zu finden.



Abbildung 11: Geeignete Kalibrierungsfläche im Outdoorbereich

Mögliche Probleme:

- *Witterung:* Durch die Einstrahlung der Sonne in einem ungünstigen Winkel kann es zu Problemen bei der Augenerkennung kommen (z.B. Unterschied Sonne im Gesicht/Sonne im Rücken). Auch das Wechseln von Sonne und Schatten kann bei lichtempfindlichen Linsen zu Problemen führen, da phasenweise die Augenbewegungen nur in den schattigen Bereichen aufgezeichnet werden. Weiters erschwert Sonnenschein das Kalibrieren im Freien, das üblicherweise mit einem Laserpointer durchgeführt wird, da der helle Punkt des Laserpointers nicht mehr erkannt werden kann. Empfohlen wird daher sich im Vorraus über die Wetterlage zu informieren und stets ein Auge auf die Augenerkennung in iViewX zu haben.

8.5. TV & Handynutzung (parallel)

Szenarien: Parallelnutzung zweier Medien, Anzahl und Dauer der Blickkontakte je Medium sowie Identifikation der jeweiligen Aufmerksamkeitspfade

Beispielclip: <http://www.youtube.com/watch?v=UPrPFE1sAJI>

Empfohlene Linse: 104°

Kalibrierung: Allgemein gilt, dass stets für die Messentfernung kalibriert werden muss. Bei der Parallelnutzung zweier Medien ist die exakte Kalibrierung allerdings nur für ein Medium möglich. Daher muss für das Medium, für welches genauere Resultate erforderlich sind (in diesem Fall z.B. Smartphone, da es näher beim Probanden ist) kalibriert werden. Bei dem zweiten Medium sind somit nur Richtwerte vorhanden, weswegen sich diese Methode vor allem bei dem Testen der Aufmerksamkeit pro Medium eignet.



Abbildung 12: Parallelnutzung TV & Handy

Mögliche Probleme:

- *Bildschirmausschnitt:* Bei dem Testen einer Parallelnutzung müssen beide Medien vollständig im Bildausschnitt der Kamera sein. Daher wird eine weitwinklige Linse (in dem Fall 104°) empfohlen. Diese verursacht zwar eine starke Krümmung, ist aber in der Lage die Augenbewegungen sowohl am Smartphone als auch am Fernseher darzustellen.

9. Datenausfälle

Bei den Datenausfällen kann grob zwischen den Kategorien technische und personenbedingte Datenausfälle unterschieden werden. Von Interesse war herauszufinden, wann Datenausfälle auftauchen, wie man ihnen entgegenwirken kann und wie man mit ihnen umgeht.

9.1. Technische Datenausfälle

Bei den Technischen Datenausfällen sind die Punkte

- Kalibrierung
- automatische Belichtung
- (Gegen)Licht

sowohl für mobile als auch stationäre Eyetracking-Anwendungen relevant. Bei mobilen Anwendungen gibt es jedoch noch weitere Gefahrenquellen für Datenausfälle wie:

- Kameraeinstellung
- Linsenauswahl
- Hitzeentwicklung im Rucksack
- Bildkontrolle bei mobilem Einsatz
- Akkulaufzeit des Laptops.

Die *Kalibrierung* ist sowohl bei mobilen als auch bei stationären Systemen die wichtige Grundlage um Daten zu halten bei denen das Ausgewiesene mit dem tatsächlichen Blickverlauf übereinstimmt. Bei stationärem Eyetracking lässt sich hier auch die programmgesteuerte, automatisierte Akzeptanz einsetzen. Zudem kommt man mit fünf Kalibrierungspunkten zur Bestimmung der Vektoren aus. Auch bei mobilem Eyetracking konnte im Ergebnis kein Unterschied zwischen einer 5- oder 9-Punkt Kalibrierung festgestellt werden. Bei der Kalibrierung für mobiles Eyetracking genügt es, mit der Maus bei jedem Begrenzungspunkt doppelt auf das angezeigte Fadenkreuz des Auges zu klicken und die Begrenzungspunkte werden vom Programm entsprechend kombiniert.

Automatische Belichtung: Ändern sich die Lichtverhältnisse im Raum, reagiert der Computer bzw. das technische Endgerät mit einer automatischen Nachbelichtung, die das Programm so nicht erkennen kann. Trackt man jetzt etwa ein Handy oder einen Tablet Computer, kann es passieren, dass das Eyetracking-Programm die Lichtverhältnisse am Umfeld orientiert ausrichtet und das Endgerät die Beleuchtung intensiviert. Das Ergebnis ist eine starke Kontrastabnahme in der Eyetrackingaufnahme, die bis zur Unlesbarkeit reicht.

Gegenlicht ist ein Problem, da die Blickmessung auf eine möglichst gute Sichtbarkeit der Pupille angewiesen ist. Bei Gegenlicht werden die Augen zusammengekniffen und der Bezugspunkt (Pupille) für die Messung wird verloren. Sehr eindrucksvoll konnte dies bei außen durchgeführten Plakattests de-

monstriert werden. Hier hat nur jene Gehrung gut getrackt werden können, bei welcher der Proband die Sonne im Rücken hatte.

Kameraeinstellungen sind insbesondere bei mobilem Eyetracking ein Problem (bei stationärem Eyetracking können Einstellungen wie Erhöhung des Kontrastes nur durch den Hersteller vorgenommen werden). Die Kamera muss für jede Messung justiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass das Bild scharf gestellt wird, etwa um auch in der Aufnahme noch alles lesen zu können. Bei unterschiedlichen Distanzen ist es ratsam, eine Entfernung die ca. in der Mitte des weitesten und nächsten Blickpunktes liegt, für die Justierung zu verwenden. Weiters ist wichtig, dass die Kamera möglichst nahe am Auge positioniert wird, um Messdifferenzen zu minimieren.

Die *Linsenauswahl* bestimmt den Winkel in dem aufgenommen werden kann. Je größer der Winkel gewählt wird, desto mehr bringt man auch in kurzen Distanzen auf das Bild. Allerdings krümmt sich der Rand bei Weitwinkellinsen stark, was zur Verzerrung des Abgebildeten führt. Eine Übersicht, welchen Winkel wir für welche Distanz empfehlen, kann der Tabelle (Tabelle 1 in Kapitel 0) entnommen werden.

Beim Einsatz mobiler Systeme ist die Kappe des Probanden per Kabel mit einem Laptop verbunden, den dieser in einem *Rucksack* mitführt. Die standardmäßig von der Firma SMI mitgelieferten Laptops haben eine starke Hitzeentwicklung, weshalb besonders darauf zu achten ist, dass der Rucksack eine gut zirkulierende Luftzufuhr ermöglicht.

Die *Bildkontrolle bei mobilem Einsatz*, also eine permanente Prüfung während laufender Aufnahmen, ob das Tracking funktioniert, geht nur, wenn ein zweiter Laptop für die Steuerung zum Einsatz kommt, der das selbe Bild wie jener Laptop enthält, den der Proband im Rucksack mitführt.

Die *Akkulaufzeit* des SMI-Laptops (man kann Systeme nur gekoppelt an SMI-Laptops kaufen) ist sehr kurz, was insbesondere bei Außenaufnahmen problematisch ist. Sollen mehrere Tests in Folge durchgeführt werden, muss nach spätestens zwei Stunden eine Pause eingelegt werden, in welcher der Akku geladen wird. Deshalb muss bei den Versuchen auch bedacht werden, dass eine Stromquelle zur Verfügung stehen sollte.

9.2. Personenbedingte Datenausfälle

Die personenbedingten Messstörungen können mehrere Ursachen haben, von denen die am häufigsten auftretenden hier kurz zusammengefasst werden:

- Sehhilfen (Brille, Kontaktlinsen)
- Stark geschminkte Augen
- Lachen
- Kopfhaltung
- Kopfbewegung

Personenabhängig sind vor allem *Sehhilfen* als Störfaktor bei der Messung anzusehen, der schwierig zu lösen ist, da man die Tests nicht ohne Sehhilfe durchführen kann. Bei Probanden mit Brille nimmt die Störanfälligkeit mit der Stärke der Gläser sowie der Rahmenstärke der Brille zu. Testet man Probanden mit Kontaktlinsen fällt auf, dass weiche Kontaktlinsen wenig Ausfälle verursachen, während Probanden, die harte Kontaktlinsen tragen, meist nicht gemessen werden können.

Auch stark *geschminkte Augen* bzw. stark getuschte Wimpern erschwert dem Programm die Suche nach der Pupille des Probanden. Man kann am Kontrollschirm sehen, ob das Programm tatsächlich die Pupille erfasst, oder andere dunkle Bereiche im Nahbereich des Auges.

Bei manchen Probanden verkleinern sich die Augenöffnungen beim *Lachen* so stark, dass der Eyetracker den Bezugspunkt (Pupille) verliert. Dasselbe passiert wenn Probanden (insbesondere bei mobilem Eyetracking) den Blick nach unten richten und das Lid die Pupille fast überdeckt.

Die *Kopfbewegung* ist in kleinem Ausmaß (auf Grund der automatischen Korrekturmöglichkeiten bei der Cornea-Reflex-Methode) während der Messung kein Problem. Ist der Text zu klein geschrieben und der Proband bewegt sich bei stationärem Eyetracking näher zum Bildschirm, kann die dadurch entstandene Fehlmessung zwar durch die parallellaufende Videoaufnahme festgestellt, jedoch nicht mehr ausgebessert werden. Bei mobilem Eyetracking ist die Kopfbewegung vor allem bei genauen Messungen auf geringe Distanzen ein Problem (Zeitung, Handy, Smartphone, Tablet, ...). Hier ist die Toleranzgrenze minimal. Sowohl bei stationärem als auch mobilem Eyetracking ist es wichtig, dass der Kopf des Probanden während der Kalibrierung möglichst nicht bewegt wird.

10. Fazit und Empfehlungen

Zusammenfassend kommt es stets auf die Forschungsfrage und die Nutzungssituation an, ob eine stationäre oder eine mobile Eyetrackinglösung empfehlenswert ist. Das stationäre Eyetracking hat den Vorteil einer sehr großen Genauigkeit der Messwerte sowie ein Programm („BeGaze“) für die automatisierte grafische und zahlenmäßige Auswertung. Aber das stationäre System ist auf die Messung am Bildschirm beschränkt, während das mobile System räumliche Flexibilität und damit ein breiteres Feld der Anwendungsmöglichkeiten bietet.

Die folgende Tabelle gibt einen, nach Mediengattungen aufgeschlüsselten Überblick über die Einsatzmöglichkeiten mobiler und stationärer Systeme, sowie die empfohlenen Linsen bei mobilen Anwendungen.

	Zeitung	Magazin	PC	Tablet	Smart-phone	Plakat	TV & Handy
Stationär	x	x	x			x	
Mobil	x	x	x	x	x	x	x
Linse 30°					x		
Linse 44°			x			x	
Linse 60°	x	x	x	x	x		
Linse 104°							x

Tabelle 1: Übersicht der empfohlenen Anwendungsszenarien

Die Tabelle zeigt, dass sich das stationäre Eyetracking für Computer, Plakattests, aber auch für Zeitungen und Magazine eignet. Mit mobilem Eyetracking können neben zudem auch Tablets, Smartphones sowie Parallelnutzungen z.B. von Handy und TV getestet werden.

Entscheidend bei mobilem Eyetracking ist zudem die Wahl der richtigen Linse für das jeweilige Medium. Während die 30°-Linse für kleine Bildschirmausschnitte wie z.B. bei Smartphone geeignet ist, eignet sich die 44°-Linse für mittlere Entfernungen und Outdoorszenarien. Die 60°-Linse kann als Allroundlösung für die meisten Indoormedien gesehen werden, ist aber auf Grund der hohen Lichtempfindlichkeit eher mäßig geeignet für Outdooranwendungen. Die 104°-Linse scheidet bei den meisten Szenarien wegen zu hoher Krümmung aus, kann aber durchaus verwendet werden wenn ein großer Bildschirmausschnitt erforderlich ist.

Als Fazit zeigt sich, dass Eyetracking sehr gut für die Aufzeichnung des Blickverlaufes in diversen Situationen und Mediennutzungsszenarien geeignet ist. Um eine valide Basis für weitere Anschlussuntersuchungen oder Interpretationen zu schaffen ist es essentiell, noch vor der eigentlichen Untersuchung, die Wahl der geeigneten Eyetracking Hard- und Software präzise in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand vorzunehmen sowie besonders auf deren Abstimmung und Kalibrierung zu achten.

Literaturverzeichnis

- Joos, M.; Rötting, M. & Velichkovsky, B.M. (2003).** Spezielle Verfahren I: Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden und innovative Anwendungen. S. 142-168; In: Rickheit, G. & Deutsch, W. (2003) Psycholinguistik: ein internationales Handbuch. Berlin: Walter de Gruyter.
- Koesling, H. (2010).** Augenbewegungen und visuelle Aufmerksamkeit. http://www.techfak.uni-bielefeld.de/~ihkoesli/vab2010/07-vab2010-hk-augebewegungen_1.pdf (zugeletzt abgerufen am 28.07.2011).
- Netz, J. (2011).** Trauet euren Augen nicht... <http://blog.mediaanalyzer.com/tag/eyetracking/> (zugeletzt abgerufen am 01.07.2011)
- Seibert, M. (2010).** Eye-Tracking: Möglichkeiten, Grenzen und Anwendung. <http://www.drweb.de/magazin/eye-tracking-moeglichkeiten-grenzen-und-anwendung/> (zugeletzt abgerufen am 28.07.2011)
- SMI Applications (o.J.),** Applications. <http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/applications/overview.html> (zugeletzt abgerufen am 01.07.2011)
- Tobii (2011).** The Basics of Eye Tracking, <http://www.tobii.com/group/about-tobii/eye-tracking-by-tobii/the-basics-of-eye-tracking/> (zugeletzt abgerufen am 28.07.2011)
- Tobii Technology's Blog (2010).** An Introduction to Eye Tracking: Part 4 - How do Tobii Eye Trackers work?. <http://tobii.posterous.com/an-introduction-to-eye-tracking-part-4-how-do> (zugeletzt abgerufen am 28.07.2011)
- Zhao, S. & Grigat, R. (2005).** An Automatic Face Recognition System in the Near Infrared Spectrum. S. 437-444; In: Perner, P. & Imiya, A. (2005). Machine learning and data mining in pattern recognition: 4th international conference. Berlin: Springer.