

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Nix, Aalen
 Prof. Dr. Jürgen Nolting, Aalen

A.B.B.E. - Den Augenblick im Überblick

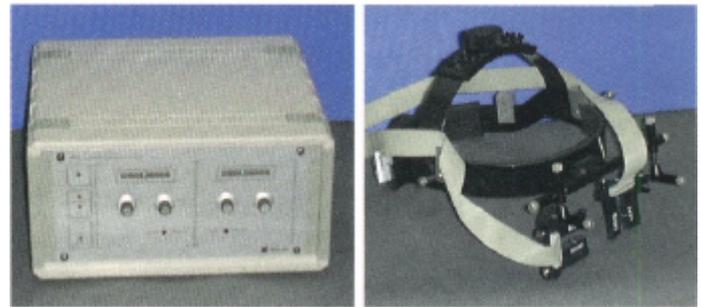


Abb. 1 Komponenten des Eye Trackers: Steuergerät (links) und Headset (helmartige Kopfha/terung für die Infrarot-Sensoreinheiten, rechts)

Im Herbst und Winter 1998 wurde in einer Diplomarbeit unter diesem Titel an der FH Aalen ein System zur Automatisierten Blick-Bewegungs-Erfassung (A.B.B.E.) erstellt. Ziel der Arbeit war, ein möglichst genaues Bild der Blickbewegungen bei bestimmten Sehaufgaben liefern zu können

- also den Augenblick im Überblick darzustellen.

Das hierfür erstellte System hat eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung, ist also sehr detailgenau. Damit erlaubt es eingehende Untersuchungen des Blickverhaltens bei verschiedensten Sehaufgaben. Es ist geplant, das System in einer Nachfolgearbeit mobil einzusetzen, zum Beispiel im Straßenverkehr oder am Computerarbeitsplatz.

Das System besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten:

- einem Eye Tracker, also einem Gerät zur Registrierung von Augenbewegungen (siehe Abb. 1) und
- einem im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Programm namens „A.B.B.E.“ zur Speicherung und bildlichen Darstellung der Augenbewegungen.

1 Das Ziel im Blick: Wozu dient eine solche Arbeit?

Den Augenblick im Überblick zu haben, kann aus vielen Gründen sehr nützlich sein. Aus dem Bewegungsablauf beim Lesen lassen sich Rückschlüsse auf Konzentration und Lesefähigkeit ziehen (siehe dazu Abb. 2). Die Blickbewegungen beim Betrachten von Bildern verraten, welche Bildelemente Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Wie stark die Wirkung optischer Täuschungen ist, kann die Blickfolge auf die einzelnen Elemente der Täuschung zeigen. Bei Stereotesten erlaubt eine Überwachung der Blickrichtung eine Aussage darüber, ob und wie weit sich das Augenpaar aus einer vorherigen Parallelstellung entfernt.

Diese Liste von Anwendungen lässt sich fast beliebig erweitern auf das Sehen im Straßenverkehr, im Sport, beim Musizieren, am Schreibtisch oder Computer... In nahezu jeder Situation können die Blickbewegungen Aufschluss darüber geben, wie ein Mensch in genau dieser Situation sieht.



Abb. 2 Blickbewegungen beim Lesen von Text - die Zahl und Länge der Sakkaden ist gut zu erkennen (fünf bis sechs Buchstaben pro Sakkade)

Erst durch dieses Wissen kann zum Beispiel ein Computerarbeitsplatz ergonomisch sinnvoll eingerichtet werden. Mit diesem Wissen kann aber auch eine Zeitungsanzeige in der Form gestaltet werden, in der ein Leser sie am schnellsten wahrnehmen wird. Auch für die Festlegung von Reaktionszeiten, zum Beispiel in kritischen Situationen beim Autofahren, ist es wichtig, den Augenblick im Überblick zu haben.

2 Die Technik im Blick: Wie funktioniert das System?

In groben Zügen lässt sich das System wie in Abb. 3 schematisch dargestellt zusammenfassen: Ein handelsüblicher Eye Tracker verfolgt die horizontale und vertikale Blickrichtung der Augen des Probanden. Eine Messkarte im Computer nimmt die vom

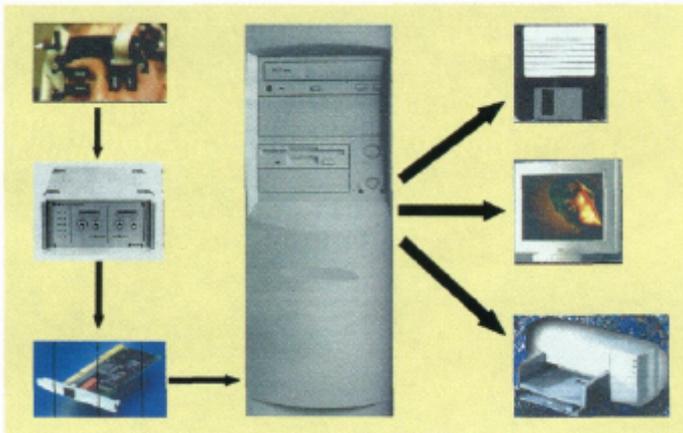


Abb. 3 Datenfluss im A.B.B.E.-System (schematisch)

Eye Tracker ausgesendeten Signale auf und wandelt sie in digitale Informationen um. Diese digitalen Informationen werden von der in dieser Arbeit erstellten A.B.B.E.-Software in Echtzeit in Koordinaten umgewandelt, bildlich dargestellt und für eingehendere Untersuchungen in speziell eingerichteten Dateien archiviert.

Das ist für den technikinteressierten Leser natürlich zu stark vereinfacht dargestellt. Deshalb hier einige Erläuterungen.

Der in dieser Arbeit verwendete IRIS Eye Tracker der holländischen Firma Skalar Medical arbeitet mit dem Reflexdifferenzverfahren. Daher bestrahlt eine Zeile von neun Infrarotdioden die Augenvorderfläche des Probanden im festen Takt von 2 kHz mit Infrarotlicht. Eine Zeile von Photodioden nimmt die von der Augenoberfläche remittierte Strahlung wieder auf und wandelt sie ähnlich wie eine Solarzelle in ein elektrisches Signal um.

Zwischen den beiden Enden der Diodenzeile entsteht also ein Spannungsunterschied, wenn dort unterschiedlich viel Infrarotstrahlung auftrifft, wenn also eine Reflexdifferenz vorliegt. Diese Differenz entsteht durch den unterschiedlichen Remissionsgrad der hellen Lederhaut und der durch die Irispigmente dunkleren Vorderkammer. Beim Blick seitwärts wird also am einen Ende der Diodenzeile mehr Infrarotstrahlung durch die Lederhaut remittiert als auf der anderen Seite von der „Irisregion“. Positionierung und Aufbau der Messsensoren sind in Abb. 4 dargestellt.

Das Spannungssignal der Empfängerdioden wird vom Steuergerät des IRIS-Gerätes verstärkt und gefiltert, um Messfehler durch Fremdlicht (zum Beispiel flackernde Leuchtstoffröhren der Raumbeleuchtung) zu vermeiden. Da das „Messlicht“ im Gegen-

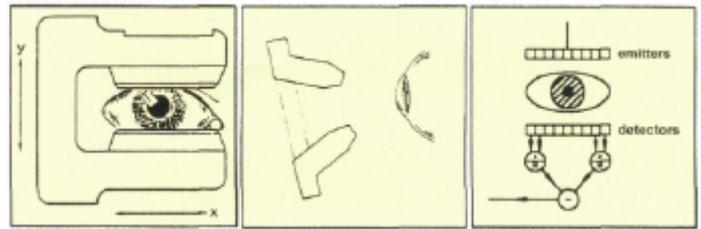


Abb. 4 Positionierung und Aufbau der Sensoren: horizontale Positionierung (links), Abstand zum Auge (Mitte) und Aufbau der Diodenzeilen/Differenzschema (rechts)

satz zum Fremdlicht mit einer Frequenz von 2 kHz getaktet ist, kann durch diese Filterung das Nutzsinal vom Störsignal getrennt werden. Das Steuergerät liefert die aufbereiteten Spannungssignale weiter an eine Analog-/Digital-Wandlerkarte im Computer des Systems. Das analoge Spannungssignal wird von der Karte für den Computer in ein digitales und damit für weitere Berechnungen zur Verfügung stehendes Signal umgewandelt. Abb. 5 zeigt das Ausgangssignal der Steuereinheit in Abhängig-

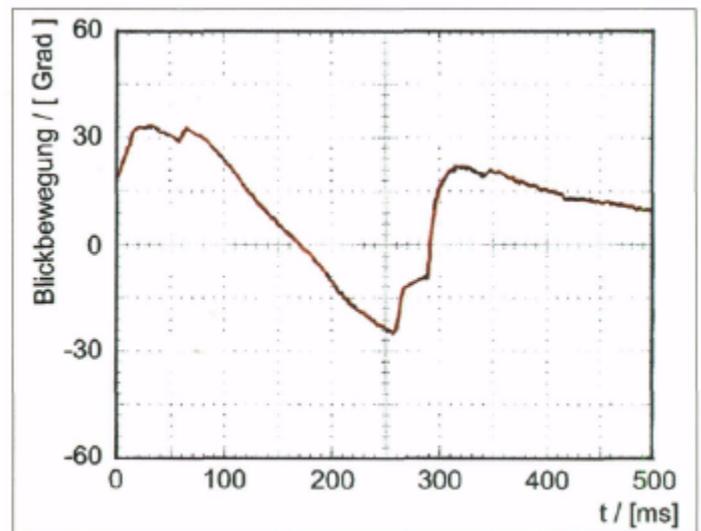


Abb. 5 Spannungssignal des Eye Trackers bei einer vertikalen Blickbewegung; angezeigt ist ausschließlich das Signal des vertikalen Sensors, es liegt also eine eindimensionale Darstellung vor

Umgezogen?



Bitte Nachricht
auch an uns!



Damit Sie keine
Ausgabe verpassen!

DOZ

DOZ-Verlag
Postfach 12 02 01, 69065 Heidelberg
Tel. (0 62 21) 90 51 70, Fax 90 51 71

keit von der Zeit bei einer auf und ab „pendelnden“ Blickbewegung, gemessen mit einem digitalen Speicheroszilloskop.

3 Der fragende Blick: Was macht die A.B.B.E.-Software?

Um die Blickbewegungen des Probanden bei der Betrachtung von Bildern auf einem Computermonitor anzeigen zu können, wurde die A.B.B.E.-Software entwickelt. Dieses in der Sprache DELPHI geschriebene Programm liefert dem Prüfer eine einfach zu bedienende Benutzeroberfläche mit Schaltflächen und Menübefehlen unter Windows 9x/NT (siehe dazu Abb. 6 und 7). Sie hilft ihm durch eine zusätzliche Anzeige bei der Justage der Sensoren, liefert Informationen über die Güte der Justage und sorgt für die Kalibrierung des Systems. Darüber hinaus macht sie alle Messergebnisse graphisch sichtbar und speichert alle Daten der Messung sicher ab.

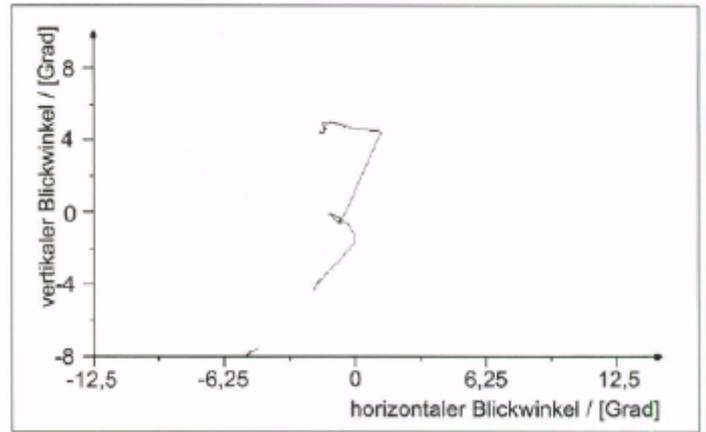


Abb. 8 Von der A.B.B.E.-Software in eine graphische Darstellung umgerechnete Wiedergabe einer vergleichbaren Blickbewegung wie in Abb. 5; die Informationen des vertikalen und des horizontalen Sensors sind hier zweidimensional dargestellt



Abb. 6 Selbsterklärende Bedienleiste der A.B.B.E.-Software (obere Abbildung)

Abb. 7 Alle Befehle zur Bedienung der Software können auch per Menü oder durch Tastaturkürzel gegeben werden (untere Abbildung)

Dazu rechnet die A.B.B.E.-Software mit Korrekturformeln die Signale in Bildschirmkoordinaten um. Die Faktoren dieser Korrekturformeln werden vor jeder Messung in einer automatisch gestarteten Kalibrierroutine speziell berechnet. In dieser Routine fixiert der Proband nacheinander bestimmte, in fester Position auf dem Computermonitor angezeigte Kalibrierpunkte. Aus den Messwerten dieser Punkte werden dann die Korrekturfaktoren für die Messung ermittelt.

Die Kalibrierdaten werden auf der Festplatte abgespeichert, bevor die Messung startet. Dann erst wird dem Probanden das vom Prüfer gewählte Objekt für die jeweilige Sehaufgabe auf dem Monitor präsentiert. Das kann zum Beispiel eine Fotografie, ein Text oder eine optische Täuschung sein. Der Proband kann nun ungestört das Bild betrachten oder den Text lesen. Im Hintergrund wird jede seiner Augenbewegungen von der A.B.B.E.-Software umgerechnet, in Messdateien gespeichert und in mehreren graphischen Darstellungen veranschaulicht.

Sobald der Prüfer die Messung beendet hat, ist es ihm möglich, sich nur das Linienbild der angeblickten Punkte oder die Überlagerung von Objektgraphik und Linienbild anzusehen. Die Darstellungen können nun zur Auswertung ausgedruckt werden. Sie können auch als Bild gespeichert werden, unabhängig von der Datei, die die Daten der Messung enthält.

Abb. 8 zeigt den auf diese Weise dargestellten Verlauf einer ähnlichen vertikalen Blickbewegung wie aus Abb. 5. Die Blickrichtungen beim Betrachten einer Objektgraphik sind in Abb. 9 wiedergegeben.



Abb. 9 Blickbewegungen beim Betrachten eines Bildes

4 Der kritische Blick: Den Überblick behalten

Die Diodenzeilen des IRIS Eye Trackers müssen sehr genau vor den Augen des Probanden ausgerichtet werden. Dazu braucht je der Prüfer etwas Übung und vor allen Dingen klare Anhaltspunkte dafür, ob die Justage gut genug ist oder nicht. Daher wurde eine Kontrollroutine in die A.B.B.E.-Software eingebaut, mit der sich leicht nachvollziehen lässt, wie gut die Justage geraten ist.

In einer kurzen Vormessung - zwischen der Kalibrierung und der eigentlichen Messung - fixiert der Proband ein paar auf dem Monitor angezeigte Punkte. Die dabei vollführten Blickbewegungen werden schon von der A.B.B.E.-Software registriert, umgerechnet und in einer graphischen Darstellung nachvollzogen. Diese Darstellung kann sich der Prüfer vor Beginn der Messung ansehen, um die Güte der Justierung zu beurteilen.

Wenn die in diesem Bild gezeigten Blickbewegungen gut mit den angezeigten Punkten übereinstimmen, ist das System auch gut für die Messung justiert. Sind sie dagegen stark verzerrt, kann die Justage noch weiter verfeinert werden. Da durch Kopfbewegungen des Probanden die Lage der Infrarotsensoren verändert worden sein kann, wird die Kontrollroutine nach der Messung noch ein zweites Mal durchgeführt.

Damit hat der Prüfer ein klares Bild von der Güte seiner Messung: Sieht das Kontrollbild auch nach der Messung gut aus, ist die Messung gelungen. Abb. 10 zeigt zwei Beispiele, bei denen es während der Messung zu einer DeJustierung gekommen ist.

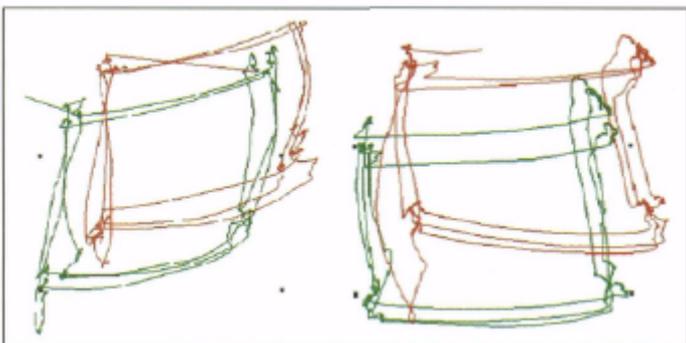


Abb. 10 Bilder von unterschiedlichen Kontrollmessungen des A.B.B.E.-Systems; jeweils grüne Linien: erste Kontrollmessung; rote Linien: zweite Kontrollmessung

5 Der Einblick: Wie läuft eine Messung ab?

Zunächst muss der Proband die helmartige Halterung für die Sensoren aufsetzen. Vor einem Auge werden die Diodenzeilen der Sensoren waagrecht, vor dem anderen senkrecht angebracht. Dadurch kann sowohl die horizontale als auch die vertikale Blickrichtung des Probanden gleichzeitig registriert werden. Sobald der Kopf des Probanden in der Kinnstütze ruhig gestellt ist, kann die Justage beginnen.

Der Prüfer justiert die Sensoren nach den Hinweisen der in dieser Arbeit erstellten Justageanleitung und führt die Kalibrierung des Systems mit dem Probanden durch. Nach der ersten Kontrollmessung lädt der Prüfer das Objektbild bzw. den Objekttext und startet die Messung. Die A.B.B.E.-Software sammelt alle Daten der Kalibrierung, der Kontrollmessung und auch der eigentlichen

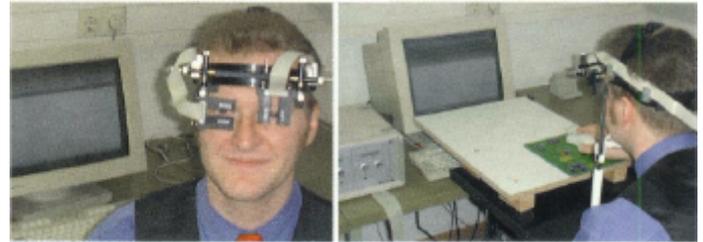


Abb. 17 Proband (A. Nix) mit Headset (links) und bei einer Messung (rechts)

Messung in Messwertdateien und stellt die Ergebnisse graphisch dar. Nach Ende der Messung wird eine zweite Kontrollmessung durchgeführt, um dem Prüfer die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse zu ermöglichen. Die Daten und Graphiken können unter beliebigen Namen abgespeichert werden, auch ein Ausdruck der Graphiken ist möglich. Einmal abgespeicherte Messungen können immer wieder geöffnet werden, um einen Vergleich mit neueren Daten zu ermöglichen.

6 Der Ausblick: Wie geht es weiter?

Das A.B.B.E.-System benutzt einen transportablen Eye Tracker, der auch einen mobilen Einsatz des Gerätes ermöglicht. Dazu werden in einer Folgearbeit an der FH Aalen die Sensoreinheiten zusammen mit einer Minikamera an einer neu zu bauenden Helmmontur angebracht. Im Gegensatz zu der jetzigen, zum Lieferumfang des IRIS-Systems gehörenden Halterung, soll diese so konzipiert werden, dass auch bei Kopfbewegungen und Änderung der Mimik die Justierung nicht beeinträchtigt wird.

Durch eine Videoelektronik soll das Ausgangssignal des Eye Trackers als leuchtender Cursor in das Videobild der Minikamera eingeblendet werden. Damit wird eine einfache Auswertung und die Datenaufzeichnung auf einem tragbaren Videorekorder ermöglicht. Das Steuergerät wird für den mobilen Einsatz zusammen mit einem Datenspeicher in einer Art Rucksack aufgeschnallt werden.

Der derzeitige starre Aufbau des Systems wird zusätzlich weiter für Untersuchungen in der physiologischen Optik und der Augenglasbestimmung im Aalener Institut für Augenoptik benutzt werden.

Wir danken dem Institut für Augenoptik für die Leihgabe des IRIS-Systems im Rahmen dieser und der oben beschriebenen nachfolgenden Arbeit.

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Nix/ Prof. Dr. Jürgen Nolting, FH Aalen - Fachbereich Augenoptik, Gartenstraße 135, 73430 Aalen