

Grundlagen des Eyetrackings

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Einleitung
- Augenbewegungen – Was wird gemessen ?
- Techniken – Wie wird gemessen ?
- Anwendungen – Was kann man mit den Daten machen?
- Bewertung

Einleitung

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Blickbewegungsregistrierung: Aufzeichnung von Augenbewegungen, besonders der Blickbewegungen
- bisher vor allem Einsatz in der medizinischen Diagnose, der psychologischen Forschung und Software-Ergonomie
- Einsatz von Eyetracking-Techniken zur Mensch-Maschine-Interaktion aus Kostengründen selten
- für den zukünftigen Einsatz sprechen
 - leistungsfähigere und günstigere Hardware
 - Verbreitung von Webcams
 - Integration von Kameras in Computer/Monitore

Entwicklung

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- erstmalig 1599 zur Diagnose von Rheuma und Melancholie durch Beobachtung der Augenbewegungen erwähnt; ohne technische Hilfsmittel
- 19. Jhdt. Erforschung retinaler Nachbilder
- 20. Jhdt. Entwicklung verschiedener Apparaturen zur Aufzeichnung der Augenbewegungen
- bis in die 1980er vor allem Einsatz in der medizinischen Diagnose und der psychologischen Forschung
- seitdem auch Einsatz in der Software-Ergonomie
- heutige Forschung: Einsatz als Interaktionsmedium

Augenbewegungen

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Augenbewegungen sind
 - Bewegungen des Augapfels
 - Bewegungen der Lider
 - Pupillenmotorik
- Bewegungen werden von den sechs äußerlich am Augapfel angreifenden Muskeln vollzogen
- Unterscheidung der Bewegungen nach
 - verursachenden Reizen
 - Art der Bewegung
 - Prozessen, die die Bewegung steuern

Augenbewegungen

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Augenbewegungen: Bewegungen des Auges, die durch Beobachtung des Auges erfasst werden können
- Blickbewegungen: Bewegungen des Auges, die in Verbindung mit den vom Auge aufgenommenen Informationen interpretiert werden
- drei Klassen von Augenbewegungen:
 - Stabilisierende Bewegungen des Auges, die ein „Verschieben“ der Information auf der Netzhaut verhindern
 - Zielsuchende Bewegungen des Auges zur Ausrichtung auf neue Sehobjekte
 - Mikrobewegungen des Auges

Augenbewegungen

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Fixation: Betrachtung eines Objektes ohne die Augen zu bewegen
- Sakkade: schnelle und ruckhafte Bewegung, mit der ein Auge bewusst von einem Fixationspunkt zum nächsten bewegt wird; das Auge nimmt *keine* visuellen Informationen auf
- Verfolgung: Bei dieser folgt der Blick einem beweglichen Objekt, indem sich Fixationen und Sakkaden abwechseln

Messen von Augenbewegungen

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Gemessen werden Eigenschaften des Auges, die der Eigen- oder Fremdbeobachtung zugänglich oder technisch erfassbar sind
- Messbare Eigenschaften des Auges:
 - Eigenschaften der Netzhaut oder der Pupille (wie Krümmung oder Wölbung)
 - Elektrische Spannung zwischen Hornhaut und Netzhaut
 - Reflexionen an diversen Teilen des Auges

Messsysteme: Subjektive Erfassung

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Einsatz vor allem in der Medizin
- Retinale Nachbilder
 - durch starke Lichtreize werden auf der Retina Nachbilder erzeugt
 - Bewegt sich währenddessen das Auge, entstehen die Nachbilder an unterschiedlichen Orten der Retina
 - Proband berichtet die Positionen der Nachbilder, woraus auf die Augenbewegungen geschlossen wird
- Direkte Beobachtung
 - Versuchsleiter beobachtet die Augenbewegungen des Probanden direkt

Messsysteme: Elektro-Okulogramme

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Elektro-Okulogramme messen die elektrische Spannung zwischen Netzhaut und der Hornhaut, die sich mit den Augenbewegungen systematisch verändert
- Beeinträchtigung des Anwenders/Probanden, da zur Messung Elektroden neben den Augen befestigt werden müssen

Messsysteme: Kontaktlinsenmethoden

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Sehr exakte Methode, aber auch aufwendig, da speziell auf den Probanden angepasste Kontaktlinsen benötigt werden
- Kontaktlinsen, auf denen ein Spiegel angebracht ist; Reflexion wird von einer Kamera aufgezeichnet
- Search coil: Kontaktlinsen werden mit Spulen versehen und einem magnetischen Feld ausgesetzt; aus der induzierten Spannung kann dann die Augenbewegung errechnet werden

Messsysteme: Videobasiert

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Erfassung des Auges mittels einer Videokamera
- Signal wird mit einem Rechner weiterverarbeitet, um die interessierenden Merkmale des Augenbildes zu extrahieren
- Videobasierte Erfassung von Augenbewegungen benötigt leistungsfähige Hardware
 - Zeitliche Dimension: Dauer der Bewegung (ms)
Anzahl der Messwerte pro Zeiteinheit
 - Örtliche Dimension: Blickwinkel in Grad / Winkelminuten; hohe örtliche Auflösung des Bildes
- Kopfbasierte und berührungsfreie Systeme (Problem: Kopfbewegungen)

Head Mounted Systems

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Kopfgetragene Systeme
- Erlauben Mobilität des Probanden
- Szenenkamera zeichnet ein Video auf, dass i.d.R. dem Sichtfeld des Probanden entspricht
- um Blickbewegungen zu messen, wird zusätzliche Aufnahme der Kopfbewegung benötigt, da Kameras nur Augenbewegungen relativ zum Kopf aufnehmen;
alternativ: fixierter Kopf

Remote Systems

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Berührungsfreie Systeme stören den Anwender nicht
- Methoden zum Ausgleich von Kopfbewegungen:
 - Mechanisch bewegliche Komponenten führen die Kamera den Kopfbewegungen des Probanden nach
 - Während die Kamera raumfest bleibt, erlauben bewegliche Spiegel ein Nachverfolgen des Auges bei Kopfbewegungen
 - Fixed-Camera-Systeme: keine mechanisch beweglichen Komponenten; Bewegungsfreiraum mittels Bildverarbeitung

Messsysteme: Blickachsenmessung

Inhalt

Einleitung

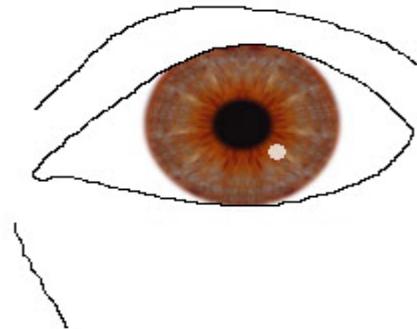
Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Verwendet einen festen Punkt (Pupillenmittelpunkt oder Blutgefäß) des Auges und einen Lichtreflex (IR-Bereich)
- Bei Bewegungen des Kopfes verändert sich die relative Position der beiden Messpunkte nicht.
- Bei Bewegungen des Auges verschiebt sich der Lichtreflex auf der Netzhaut gegenüber dem gewählten Fixpunkt systematisch, woraus die Blickposition bestimmt werden kann.



Anwendungen: Analyse

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- zur Analyse wird Eyetracking in der medizinischen und psychologischen Forschung sowie der Software-Ergonomie eingesetzt
- Messgrößen sind hier z.B.
 - Fixationsdauer als Indikator für die Tiefe der Verarbeitung
 - Pupillengröße als Indikator für die mentale Beanspruchung
 - Lidschlagamplitude als Indikator für emotionale Erregung
 - ‚Scan path‘ – Finden von Objekten
 - ...

Anwendungen: Interaktion

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Bedienung eines Desktop-PCs per Blick
- ‚Midas Touch‘-Problem: Benutzer ist es nicht gewohnt mit einem Objekt zu interagieren, sobald er es ansieht
- deshalb: Eyetracker als zusätzliches Eingabegerät neben Maus, Tastatur

Interaktion: Scrolling

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

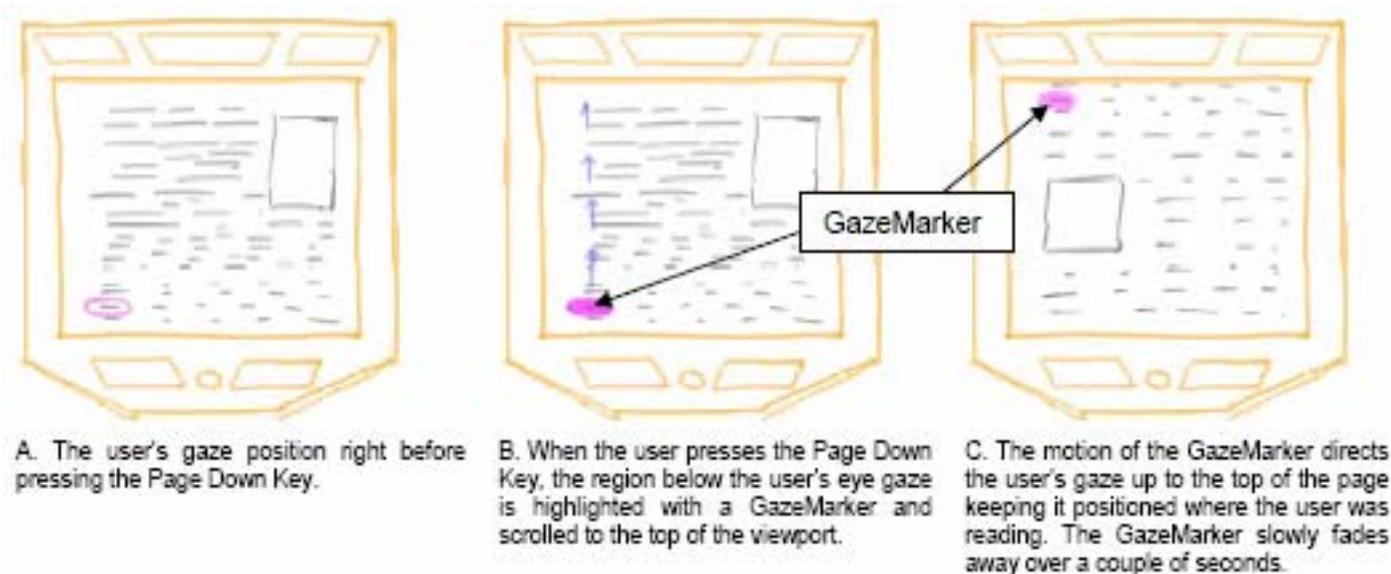


Abbildung aus [KW2007]

Interaktion: Pointing + Selection

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung



Look



Press



Look



Release

Abbildung aus [KWP2007b]

Interaktion: Application switching

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- Halten eines Hotkeys öffnet ein Übersichts-Fenster aller laufenden Anwendungen
- durch einen Blick wird die anzuzeigende Anwendung ausgewählt
- durch loslassen des Hotkeys wird das entsprechende Fenster angezeigt

Interaktion: Beispiele

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

- weitere Beispiele für den Einsatz von Eyetrackern als Eingabegerät sind u.a.
 - Eingabe von Schrift über eine auf dem Monitor eingeblendete Tastatur
 - Zeichnen
 - Musizieren
 - ...

Bewertung

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

Fazit: In bestimmten Anwendungsfällen als zusätzliches Eingabegerät eingesetzt, kann Eyetracking bei der Bedienung von Computern sehr nützlich sein

Ausblick: In welchem Projekt / Szenario kann Eyetracking als Interaktionsmedium sinnvoll eingesetzt werden ?

Quellenverzeichnis

Inhalt

Einleitung

Augenbewegungen

Techniken

Anwendungen

Bewertung

[JRV2003] Joos, M.; Rötting, M.; Velichkovsky, B.M. (2003). Die Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden, innovative Anwendungen. In Rickheit, G.; Herrmann, T.; Deutsch, W. (Hrsg.), *Psycholinguistik/ Psycholinguistics. Ein internationales Handbuch/ An International Handbook* (pp. 142-168). Berlin & NY: de Gruyter

[KPW2007a] Kumar, M., Paepcke, A., Winograd, T. (2007). EyeExposé: Switching Applications with Your Eyes. URL:

<http://hci.stanford.edu/research/GUIDe/publications/Stanford%20CSTR%202007-02%20-%20EyeExpose%20Switching%20Applications%20with%20Your%20Eyes.pdf> (Stand:04.06.2007)

[KPW2007b] Kumar, M., Paepcke, A., Winograd, T. (2007). EyePoint: Practical Pointing and Selection Using Gaze and Keyboard. URL:

[http://hci.stanford.edu/research/GUIDe/publications/CHI%202007%20\(paper\)%20-%20EyePoint%20Practical%20Pointing%20and%20Selection%20Using%20Gaze%20and%20Keyboard.pdf](http://hci.stanford.edu/research/GUIDe/publications/CHI%202007%20(paper)%20-%20EyePoint%20Practical%20Pointing%20and%20Selection%20Using%20Gaze%20and%20Keyboard.pdf) (Stand:04.06.2007)

[KW2007] Kumar, M., Winograd, T. (2007). Gaze-enhanced Scrolling Techniques. URL: <http://hci.stanford.edu/research/GUIDe/publications/Stanford%20CSTR%202007-11%20-%20Gaze-enhanced%20Scrolling%20Techniques.pdf> (Stand:04.06.2007)

[WIKI2007a] Blickbewegungsregistrierung. URL:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Blickbewegungsregistrierung>. (Stand:04.06.2007)