

Eyetracking in 3D Umgebungen: methodische, ergonomische und neurowissenschaftliche Perspektiven

Sascha Weber, Sebastian Pannasch, Jens Helmert, Boris M. Velichkovsky

Institut für Psychologie III, Ingenieurpsychologie und Kognitive Ergonomie

Zusammenfassung

Moderne stereoskopische Visualisierungstechniken ermöglichen eine wirklichkeitsgetreue Darstellung von Objekten bzw. Szenarien in Umgebungen der virtuellen Realität (VR). VR Umgebungen kommen beispielsweise im Zusammenhang mit Assistenzsystemen, im Entertainmentbereich oder bei Fahr- bzw. Flugsimulatoren zum Einsatz. Zur objektiven Analyse von Wahrnehmungsprozessen und visueller Informationsverarbeitung wird Blickbewegungsmessung eingesetzt. Die Kombination beider Technologien bietet vielfältige Möglichkeiten für Forschung und Anwendung. Für eine erfolgreiche Verbindung beider Verfahren ist es zunächst notwendig, den Einfluss der stereoskopischen Visualisierung auf die Messgenauigkeit bei der Blickerfassung zu prüfen. Zusätzlich ist die Entwicklung von Algorithmen für die Berechnung des dreidimensionalen Blickortes notwendig.

1 Einleitung

Für eine wirklichkeitsgetreue Darstellung virtueller Welten werden verschiedene stereoskopische Visualisierungstechnologien wie Shutterbrille, Anaglyph- oder Polarisationsfilter eingesetzt. Diese ermöglichen die getrennte Darstellung zweier Halbbilder für das jeweilige Auge und erzeugen somit einen Tiefeneindruck, der die dargestellte Szene realitätsnah erscheinen lässt. Derartige Technologien erfreuen sich in 3D-Kinos oder im Entertainmentbereich großer Beliebtheit und werden darüber hinaus auch in verschiedenen Forschungs- und Anwendungsbereichen eingesetzt. Durch die Simulation von Situationen mit hinreichender Vergleichbarkeit zur Realität, lassen sich unter anderem Fragen zu ergonomischen Aspekten der Visualisierungstechniken gezielt bearbeiten (Cölln et al., in press). Insbesondere für die Untersuchung sicherheitsrelevanter Aspekte bieten sich damit vielfältige Möglichkeiten zur Analyse von Fehlverhalten und Unfallvermeidung. Die planmäßige und systematische Erzeugung bestimmter Gefahrensituationen, beispielsweise im Straßenverkehr, ist in der Realität nicht möglich und ethisch nicht vertretbar, lässt sich aber in VR Umgebungen gezielt

umsetzen und untersuchen. Dadurch eröffnen sich völlig neue Perspektiven zur Analyse von Aufmerksamkeitsparametern, insbesondere bei Fragen zu Sicherheit und Unfallvorbeugung.

In Abbildung 1 ist eine stereoskopisch dargebotene VR Fahrumgebung mit unterschiedlichen Sichtbedingungen dargestellt, wie sie unter anderem für Schulungszwecke eingesetzt wird.



Abbildung 1: Stereoskopisch dargebotene Fahrsimulation. Klare Sicht (links), Sichtbehinderung durch Nebel (rechts)

Zur Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen bietet sich die Methode der Blickbewegungsmessung an, da das Sehen für uns Menschen die wichtigste Sinnesmodalität darstellt. Grundvoraussetzung für visuelle Wahrnehmung sind die Bewegungen des Auges (vgl. Hayhoe & Ballard, 2005), insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Ausrichtung der visuellen Aufmerksamkeit und die der Augen sehr stark korrespondieren (Henderson, 2007). Für einen Chirurgen ist es während der Diagnose und der Operation von entscheidender Wichtigkeit, alle wesentlichen Informationen wahrzunehmen und entsprechend zu berücksichtigen (Burgert et al. 2007). Im Straßenverkehr ist es oftmals eine Frage von Sekundenbruchteilen, um relevante Aspekte der Fahrumgebung zu sehen und angemessen darauf zu reagieren (Velichkovsky et al. 2002). Weniger zeitkritisch, aber von dennoch wachsender Bedeutung ist die Anwendung der Blickbewegungsmessung im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion, insbesondere wenn es darum geht, Schnittstellen durch die Analyse des Benutzerverhaltens zu evaluieren (Weber et al. 2004).

Für die Erfassung von Blickbewegungen existieren verschiedene Methoden (vgl. Eggert, 2007). Bei videobasierten Eyetracking Systemen wird die jeweilige Blickposition zeitlich hochauflösend (bis 2000 Hz) und räumlich präzise (weniger als 0.5° Fehler) aufgezeichnet. Meist erfolgt die Messung relativ zu einer ebenen Fläche, wie beispielsweise einem Monitor oder einer Projektionsleinwand. Für eine exakte Datenerhebung muss der räumliche Bezug zwischen Benutzer, Eyetracking System und der Betrachtungsoberfläche hergestellt werden, wofür eine 2D-Kalibrierung notwendig ist. Aktuell verfügbare Eyetracking Systeme sind für die Berechnung von Blickbewegungen im dreidimensionalen Raum nicht ausgelegt. Folglich ist auch nicht bekannt, wie sich diese Messsysteme in einer VR-Umgebung verhalten und inwieweit anhand der verfügbaren Messdaten der Tiefenparameter des Blickortes ermittelbar ist.

2 Motivation

In der hier vorgestellten Arbeit sollen beide Technologien kombiniert werden, um die Wahrnehmung und Verarbeitung visueller Informationen in stereoskopisch dargebotenen VR-Umgebungen zu untersuchen. Die Blickbewegungsmessung erfolgt anhand von Videokameras die auf die Augen des Probanden ausgerichtet werden. Aus den aufgezeichneten Videobildern wird mittels spezieller Auswertelgorithmen und anhand spezifischer Parameter wie Pupillenmittelpunkt und Cornea-Reflektion der Blickort berechnet.

Eine stereoskopische Visualisierung erfordert die Zwischenschaltung einer Shutter- oder Polarisationsfilterbrille zwischen die Videokamera des Eyetracking Systems und das Auge des Probanden. Um Technologien stereoskopischer Visualisierung mit Blickbewegungsmessung kombinieren zu können, muss zunächst untersucht werden, ob und inwieweit die Visualisierungstechnologie einen Einfluss auf die Messung hat. Innerhalb einer Versuchsreihe erfolgte die Integration unterschiedlicher virtueller, dreidimensionaler Visualisierungstechniken mit Blickbewegungsmessung. Den Versuchsteilnehmern wurden Objekte dargeboten, deren Zentrum möglichst genau mit den Augen fixiert werden sollte. Dies erfolgte einerseits ohne Visualisierungstechnologien und andererseits unter Verwendung einer Shutter- bzw. einer Polarisationsfilterbrille. Die Messungen wurden an zwei unterschiedlichen Eyetracking-Systemen durchgeführt. Dabei sollen mögliche Abweichungen des gemessenen Blickortes von der Originalposition des jeweiligen Fixationsobjektes unter den verschiedenen experimentellen Bedingungen verglichen werden. Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgt die Entwicklung von Algorithmen zur Berechnung des Blickortes im dreidimensionalen Raum. Damit wird die methodische Basis für die Erkennung von Fixationen und Sakkaden im dreidimensionalen Raum geschaffen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen nächste Schritte dargestellt und Implikationen für verschiedene Anwendungsszenarien diskutiert werden.

3 Ausblick

Mithilfe der Erkennung von Blickbewegungen im dreidimensionalen Raum wird es möglich, dynamische Aspekte visueller Aufmerksamkeitsverteilung im Raum zu erfassen. Neben einer präzisen Zuordnung visueller Aufmerksamkeitsausrichtung zu Objekten im Raum gilt es zu untersuchen, inwieweit sich vorhandene Verfahren und Erkenntnisse über existierende Ansätze zu verschiedenen Stufen der Informationsverarbeitung vom zweidimensionalen auf den dreidimensionalen Bereich übertragen bzw. adaptieren lassen. Von besonderem Interesse ist hierbei der Ansatz zu den Ebenen visueller Informationsverarbeitung und deren Zusammenhang zu Parametern des Blickverhaltens (z.B. Velichkovsky et al. 2005). Erste Erkenntnisse aus diesem mehrstufigen Entwicklungs- und Analyseprozess wurden anhand entsprechender Experimente innerhalb systematischer Versuchsreihen getestet.

Literaturverzeichnis

- Burgert, O., Örn, V., Velichkovsky, B.M., Gessat, M., Joos, M., Strauß, G., Tietjen, C., Preim, B., Hertel, I., *Evaluation of Perception Performance in Neck Dissection Planning using Eye Tracking and Attention Landscapes*, Medical Imaging 2007: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment, (Jiang, Y.; Sahiner, B., ed.), vol. 8, Proceedings of SPIE Vol.6515, no. 34, Bellingham, WA, USA, 2007 p. 65150B
- Cölln, M.C., Kusch, K., Helmert, J.R., Kohler, P., Velichkovsky, B.M., & Pannasch, S. (in press). Comparison of two types of engineering visualizations: Task-related manipulations matter. *Applied Ergonomics*.
- Eggert, T. (2007). Eye movement recordings: Methods. In Straube A & U. Büttner (Eds.), *Neuro-Ophthalmology* (pp. 15-34). Basel: Karger.
- Hayhoe, M.M., & Ballard, D.H. (2005). Eye movements in natural behavior. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(4), 188-194.
- Henderson, J. M. (2007). Regarding scenes. *Current Directions in Psychological Science*, 16(4), 219-222.
- Velichkovsky, B.M., Joos, M., Helmert, J.R., & Pannasch, S. (2005). Two visual systems and their eye movements: evidence from static and dynamic scene perception. CogSci 2005: *Proceedings of the XXVII Conference of the Cognitive Science Society*. July 21-23 Stresa, Italy, pp. 2283-2288.
- Weber S., Joos M. & Velichkovsky, B.M. (2004). *Aufzeichnung und Analyse von Augenbewegungen beim Betrachten von Internetseiten*. 46. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Gießen, April 4-7.