

## Visuelles Suchverhalten bei Unsicherheit

Johanna RENKER, Gerhard RINKENAUER

*IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Muster der Augenbewegung könnten Aufschluss darüber geben inwieweit Nutzer bei der Interaktion mit einer Schnittstelle erfolgreich mentale Repräsentationen aufbauen. Zur Überprüfung dieser Idee wurden Probanden instruiert Wahrscheinlichkeitskonzepte über räumliche Vorgänge zu lernen. Die Ergebnisse zeigten, dass die vorgegebenen Wahrscheinlichkeitskonzepte erlernt wurden. Während des Lernens zeigte sich eine Abnahme der Anzahl der Blickwechsel, während die durchschnittliche Fixationsdauer bei einem gleichzeitigen Rückgang der Anzahl der Fixationen stieg. Die hohe Unsicherheit zu Beginn des Experiments führte demnach zu einer umfangreichen visuellen Suche der Probanden und zu mehr Fehlern. Mit steigender Expertise wurden die visuellen Suchmuster fokussierter und die Vorhersagen genauer, was für eine verbesserte mentale Repräsentation spricht. Muster der Augenbewegung scheinen zusätzlich zum Verhalten des Nutzers, Aufschluss über das Vorhandensein mentaler Repräsentationen und deren Entwicklungsdynamik geben zu können.

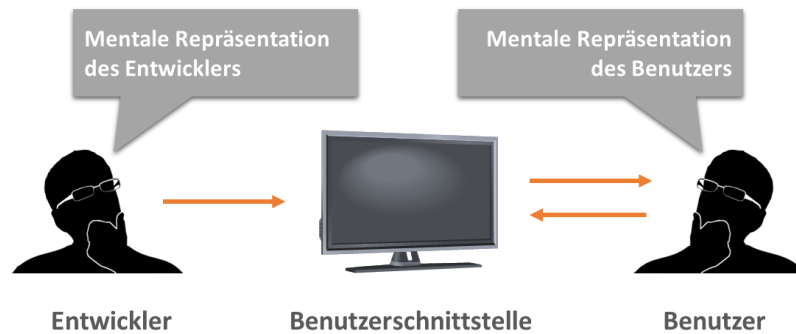
**Schlüsselwörter:** Aufgabenunsicherheit, Augenbewegung, Schnittstelleninteraktion, Wahrscheinlichkeitslernen

### 1. Einleitung

Bei der Interaktion mit einer Schnittstelle müssen Nutzer nach relevanten Informationen suchen, um bestimmte Funktionen nutzen zu können. Die dabei stattfindende visuelle Suche variiert in der Genauigkeit je nach Expertise des Nutzers. Die Expertise des Nutzers kann auch über dessen mentale Repräsentation der Schnittstelle beschrieben werden. Eine mentale Repräsentation wird hier verstanden als langfristige Wissensstruktur, die das Verständnis des Nutzers über die situationsspezifischen Systemfunktionen repräsentiert (Durso & Gronlund, 1999). Der Entwickler eines Systems hat meist ein vollständiges Verständnis über die Funktionen der Schnittstelle, wohingegen der Nutzer erst eine entsprechende mentale Repräsentation während der Interaktion entwickeln muss. Diese ist anfangs oft unvollständig und kann systematische Fehler enthalten (Preim & Dachzelt, 2010; Johnson-Laird & Byrne, 2012). Mit der Zeit wird die mentale Repräsentation des Nutzers immer präziser und nähert sich an die des Entwicklers an (siehe Abbildung 1).

Um nun einen Einblick zu bekommen wie ein adäquater Repräsentationsaufbau verläuft, wurden in dieser Studie Augenbewegungen bei der Interaktion mit einer Schnittstelle aufgenommen. Wir gehen davon aus, dass die Erfassung von Augenbewegung (Eyetracking) Zugang zu unbewussten Repräsentationen erlaubt. Zudem wird Eyetracking allgemein als geeignete Methode zur Erfassung von Lerneffekten in Zusammenhang mit kognitiven Prozesse angesehen (Lai et al., 2013). Ziel war es eine Aufgabe zu entwickeln mit Hilfe derer der Umgang mit

Unsicherheit im Verlaufe der Zeit anhand von visuellem Suchverhalten untersucht werden kann um darauf aufbauend Muster der Augenbewegung abzuleiten.



**Abbildung 1:** Die Gestaltung der Benutzerschnittstelle basiert auf der mentalen Repräsentation des Entwicklers. Je nach Gestaltung der Schnittstelle lernt der Benutzer schneller oder langsamer mit dem System umzugehen und baut ebenfalls eine mentale Repräsentation auf, die mit der Zeit immer detaillierter wird (nach Preim & Dachsel, 2010)

## 2. Methode

### 2.1 Stichprobe

Es wurden 8 weibliche und 2 männliche Probanden getestet, die im Durchschnitt 24 Jahre alt waren ( $SD = 2.8$ ). Alle Probanden hatten ein normales oder korrigiertes Sehvermögen. Sie bekamen als Entschädigung entweder einen finanziellen Ausgleich oder konnten sich die Zeit für ihr Studium anrechnen lassen.

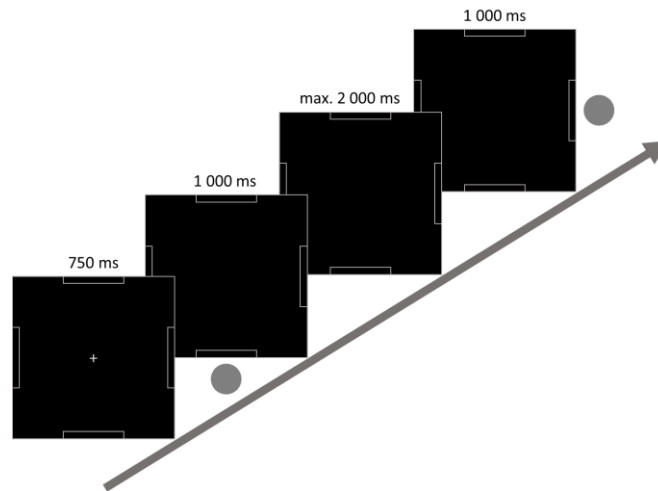
### 2.2 Stimulus und Material

Die Stimuli wurden auf einem 23,6 Zoll Monitor (1080x1920 Pixel) im Abstand von 68 cm präsentiert. Bei den präsentierten Objekten handelt es sich um einen Kreis, ein Dreieck und ein Quadrat mit einem Durchmesser von jeweils 2 cm. Auf dem Bildschirm war ein 20 x 20 cm großes Quadrat mit 3 Ausgängen und einem Eingang eingezeichnet (siehe Abb. 2). Die Augenbewegung wurde mit dem Tobii Eyetracker X50 erfasst, welcher mit einer Bildwiederholungsrate von 50 Hz binokular die Augenbewegung aufnahm. Eine Kinnstütze wurde genutzt, um Kopfbewegungen zu vermeiden.

### 2.3 Versuchsaufbau und Ablauf

Die Aufgabe der Probanden bestand darin mit der linken, oberen und rechten Pfeiltaste der Tastatur vorherzusagen aus welchen von drei Ausgängen (links, oben, rechts) die jeweiligen Objekte aus einem Raum wieder austreten (siehe Abb. 2). In 50% der Fälle trat das Objekt in einer veränderten Farbintensität wieder aus. Bei einer Intensitätsveränderung musste der Proband möglichst schnell nochmal die entsprechende Pfeiltaste drücken. Jedes Objekt war jeweils zu einem der Ausgänge mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von knapp 80% assoziiert und zu den anderen beiden Ausgängen zu einer niedrigen Wahrscheinlichkeit von jeweils etwa 10%. Um Lerneffekte analysieren zu können, wurde das Experiment in vier Blöcke mit jeweils 81 Trials aufgeteilt. Zur Steigerung der Unsicherheit trat jedes Objekt pro Block

einmal aus dem Eingang wieder aus. Nach Beendigung des Experiments wurden die Probanden aufgefordert die Wahrscheinlichkeitsverteilung der drei Objekte zu jedem Ausgang einzuschätzen.



**Abbildung 2:** Die Sequenz eines Trials: Ein Fixationskreuz, erscheint für 750 ms in der Mitte des Raumes. Danach erscheint das Objekt für 1 000 ms am Eingang und bewegt sich anschließend in den Raum. Sobald das Objekt in dem Raum verschwunden ist, muss der Proband mit den Pfeiltasten der Tastatur (links, oben, rechts) vorhersagen aus welchem Ausgang das Objekt wieder austritt. Maximal hat der Proband 2 000 ms Zeit für die Eingabe. Danach tritt das Objekt wieder aus dem Raum aus und verweilt für 1 000 ms in der Endposition.

## 2.4 Datenanalyse

Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden durchgeführt, um Veränderungen über die Blöcke zu testen. Die Fixationsdauer, die Anzahl der Fixationen, der Blickwechsel und der korrekten Antworten sowie die Reaktionszeit wurden dabei als abhängige Variablen und der Experimentalblock als unabhängige Variable genutzt. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Blickwechsel und der Anzahl der korrekten Antworten wurde eine lineare Regression gerechnet. Inkorrekte Trials wurden von der Datenanalyse ausgeschlossen. Über die Diagonalen des Raumes wurde das Display in 4 Bereiche (Areas of Interest, AOI) aufgeteilt, sodass jeweils ein Bereich um die drei Ausgänge und den Eingang lag. Die Blickwechsel zwischen diesen AOIs wurden gezählt. Eine minimale Fixationsdauer von 100 ms wurde festgelegt.

## 3. Ergebnisse

Daten der Augenbewegung lassen darauf schließen, dass sowohl die Anzahl der Blickwechsel ( $F(3,27) = 2.96, p < .05$ ) sowie die Anzahl der Fixationen ( $F(3,27) = 8.03, p < .001$ ) mit der Zeit abnehmen, wohingegen die Fixationsdauer steigt ( $F(3,27) = 772.57, p < .001$ ) (siehe Tabelle 1). Des Weiteren treten Lerneffekte auf, die Anzahl der korrekten Antworten nimmt linear über die Blöcke hinweg zu ( $F(3,27) = 8.93, p < .001$ ). Die Ergebnisse zeigen zusätzlich, dass weniger Blickwechsel zu mehr korrekten Antworten führen ( $t = -13.54, p = .00$ ). Somit scheint hier die Anzahl der Blickwechsel ein Prädiktor von korrekten Antworten zu sein.

Die Auswertung der subjektiven Einschätzung der Wahrscheinlichkeitskonzepte zeigte, dass die vorgegebenen Wahrscheinlichkeitskonzepte von den Probanden

tendenziell richtig eingeschätzt wurden. Die Probanden schätzten am Ende des Experiments ein, dass der Kreis durchschnittlich zu 60%, das Dreieck zu 68% und das Quadrat zu 62% aus dem jeweiligen wahrscheinlicheren Ausgang austreten (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 1:** Übersicht über die Verhaltensdaten und Augenbewegungsdaten pro Experimentalblock

Block	Anzahl der korrekten Antworten	Anzahl der durchschnittlichen Blickwechsel pro Trial	Durchschnittliche Anzahl der Fixationen	Totale Fixationsdauer in ms
1	409	4,92	344	5115
2	450	4,99	338	5434
3	479	4,77	327	5674
4	494	4,47	326	5752

**Tabelle 2:** Die subjektive Einschätzung des Wahrscheinlichkeitskonzepts durch die Probanden. Es wurde eingeschätzt mit welcher Wahrscheinlichkeit die Objekte aus den drei Ausgängen traten.

	Kreis	Dreieck	Quadrat
Linker Ausgang	24 %	19 %	62 %
Oberer Ausgang	60 %	14 %	26 %
Rechter Ausgang	12 %	68 %	12 %

#### 4. Diskussion

Wie anfangs erwähnt wird angenommen, dass der Nutzer vermutlich schon ab dem ersten Kontakt mit einer Schnittstelle eine mentale Repräsentation entwickelt, auf deren Grundlage er agiert. Diese mentale Repräsentation ist anfangs zunächst noch unvollständig und fehlerhaft und wird mit der Dauer der Interaktion immer präziser. Das Ziel der aktuellen Studien war zu überprüfen, in welchem Ausmaß sich der Aufbau solch einer mentalen Repräsentation in den Augenbewegungsmustern widerspiegelt.

Unsere Befunde weisen darauf hin, dass Personen mentale Repräsentationen über Wahrscheinlichkeitskonzepte durch Lernprozesse aufbauen können und dabei Augenbewegungsmuster zeigen, die Rückschlüsse über den Lernstand erlauben.

Die Ergebnisse stimmen mit der Idee mentaler Modelle weitgehend überein (vgl. Johnson-Laird & Byrne, 2012). Zu Beginn des Experiments sind die Wahrscheinlichkeitskonzepte unbekannt und diese Unsicherheit führt zu einem extensiven visuellen Suchverhalten. Es wird nach relevanten Informationen für den Repräsentationsaufbau gesucht. Die Augenbewegungsmuster sind hier gekennzeichnet durch eine höhere Anzahl von Blickwechseln zwischen den AOs und vielen kurzen Fixationen. Dies entspricht der bekannten Tatsache, dass die Akquise neuer Informationen nur durch Fixationen möglich ist (Rayner, 2009). Mit steigender Expertise werden mehr korrekte Antworten abgegeben und parallel dazu werden die Suchmuster fokussierter. Dies äußert sich darin, dass weniger, aber dafür längere Fixationen gezeigt werden und folglich weniger Blickwechsel

stattfinden. Orquin und Mueller Loose (2013) berichteten ebenfalls über Studien in denen Experten kürzere Fixationsdauern zeigen als Laien. Die Befunde legen nahe, dass sich mit zunehmender Dauer der Interaktion die Wissensstrukturen der mentalen Repräsentation aufbauen und festigen. Die abschließende subjektive Einschätzung der Wahrscheinlichkeitskonzepte entspricht tendenziell den vorgegebenen Wahrscheinlichkeitskonzepten und bestätigt, dass diese Konzepte zumindest annähernd erworben wurden.

Um einen tieferen Einblick in die Dynamik mentaler Repräsentationen zu gewinnen sollen in zukünftigen Studien Wahrscheinlichkeitskonzepte verwendet werden, die sich während der experimentellen Sitzung verändern. Hierbei soll überprüft werden wie kohärent Entscheidungs- und Augenbewegungsmuster bei sich verändernden unsicheren Aufgaben verhalten und inwieweit diese Zusammenhänge modelliert werden können.

## 5. Literatur

- Durso, F. T., & Gronlund, S. D. (1999). Situation awareness. In F. T. Durso, R. Nickerson, R. Schvaneveldt, S. Dumais, S. Lindsay, & M. Chi (Hrsg.), *Handbook of applied cognition* (S. 284–314). New York, USA: John Wiley & Sons, Ltd.
- Johnson-Laird, P., & Byrne, R. (2012). *Mental Models in Thinking and Reasoning*. Download am 21.11.2014 von <http://mentalmodelsblog.wordpress.com/>
- Lai, M. L., Tsai, M. J., Yang, F. Y., Hsu, C. Y., Liu, T. C., Lee, S. W. Y., ... & Tsai, C. C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10, 90-115.
- Orquin, Jacob L.; Mueller Loose, Simone (2013): Attention and choice: A review on eye movements in decision making. In: *Acta Psychologica* 144, 190–206.
- Preim, B., & Dachsel, R. (2010). *Interaktive Systeme. Band 1: Grundlagen, Graphical User Interfaces, Informationsvisualisierung*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rayner, Keith (2009): Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 62, 1457–1506.