

Umlernen von unsicheren Konzepten – Wie verändern sich Augenbewegungsmuster parallel zum Lernprozess?

Johanna RENKER, Gerhard RINKENAUER

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund
Projektgruppe Moderne Mensch-Maschine-Interaktion
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Das Anpassen an veränderte Funktionen von technischen Systemen ist für Nutzer meist mit einem zeitaufwendigen Umlernprozess verbunden. In dieser Studie wird untersucht ob Augenbewegungsmuster Aufschluss über den Stand des Lernfortschritts beim Umlernen von unsicheren Konzepten geben. Probanden lernten das einer räumlichen Suchaufgabe zugrundeliegende Wahrscheinlichkeitskonzept während ihre Augenbewegungen aufgenommen wurden. Unwissentlich wurde das zu erlernende Konzept nach der Hälfte des Experiments geändert, sodass umgelernt werden musste. Die generell verringerte Anzahl der richtigen Antworten und die reduzierte Lernrate deuten auf einen weniger effizienten Lernprozess in der Umlernphase hin. Parameter der Augenbewegungen verändern sich systematisch mit dem Lernfortschritt und können in unterschiedlicher Weise Informationen über den Lernstand geben.

Schlüsselwörter: Eye-Tracking, Konzeptlernen, Unsicherheit, Mentale Modelle, visuell-räumliche Suchaufgabe, Industrie 4.0

1. Einleitung

Wenn Nutzer mit technischen Systemen interagieren entwickeln sie eine mentale Repräsentation oder ein mentales Modell über die Funktion und Bedienung des Systems. Mentale Modelle können als langfristige Wissensstrukturen angesehen werden, die das Verständnis des Nutzers über die situationsspezifischen Funktionsweisen eines Systems widerspiegeln (Durso & Gronlund, 1999). Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie mit der Zeit immer detaillierter werden und einmal entwickelt sehr stabil sind (Preim & Dachzelt, 2010). Vor allem im Kontext von Industrie 4.0 sind schnelle technische Veränderungen und Erneuerungen zu erwarten, die für die Anpassungsfähigkeit der mentalen Modelle von Nutzern eine Herausforderung darstellen werden. Ein erster Schritt zur adaptiven Unterstützung wäre es Indikatoren zu identifizieren, die Informationen über den Stand des Lernprozesses geben können ohne eine direkte Leistungserfassung. Solche Indikatoren könnten anhand von Augenbewegungen abgeleitet werden, basierend auf dem Grundgedanken: „What you see is what you get“. Die Eye-Mind Hypothese nimmt an, dass Blickpunkte einen Hinweis darauf geben was Personen gerade denken oder womit sie sich beschäftigen (Just & Carpenter, 1984). Die Aufnahme von Augenbewegungen ermöglicht die dynamische Verfolgung der Aufmerksamkeitsprozesse auf einem visuellen Display wie z.B. einer Systemschnittstelle (Poole & Ball, 2006). Die enge Verbindung zwischen Aufmerksamkeit, die bei Lernaufgaben

vorausgesetzt wird, und Augenbewegungen konnte bereits anhand von verschiedenen kognitiven Aufgaben bestätigt werden (Hoffman & Rheder, 2010).

2. Methode

2.1 Stichprobe

Insgesamt wurden 15 Probanden (7 weiblich und 8 männlich) für diese Studie getestet. Im Durchschnitt waren die Probanden 26 Jahre alt ($SD = 3$) und hatten ein normales Sehvermögen. Für die Teilnahme an der Studie erhielten sie entweder einen finanziellen Ausgleich oder konnten sich die Zeit für ihr Studium anrechnen lassen.

2.2 Stimulus und Material

Die überwiegend verdeckten Bewegungsbahnen unterschiedlicher Objekte (Kreis, Dreieck, Quadrat) mit einem Durchmesser von jeweils 2cm wurden auf einem 23,6 Zoll Monitor (1080x1920) im Abstand von ca. 75 cm präsentiert. Die Objekte bewegten sich hinter einem schwarzen 20 x 20 cm großen Quadrat mit drei eingezeichneten Ausgängen und einem Eingang. Das Quadrat wurde auf einem verrauschten Hintergrund angezeigt (siehe Abb. 1) und als schwarzer Raum instruiert. Die Augenbewegungen wurden mit dem Eyetracker SMI RED500 alle 2 Millisekunden (500 Hz Bildwiederholungsrate) aufgenommen. Zur Vermeidung von Kopfbewegung wurde eine Kinnstütze genutzt.

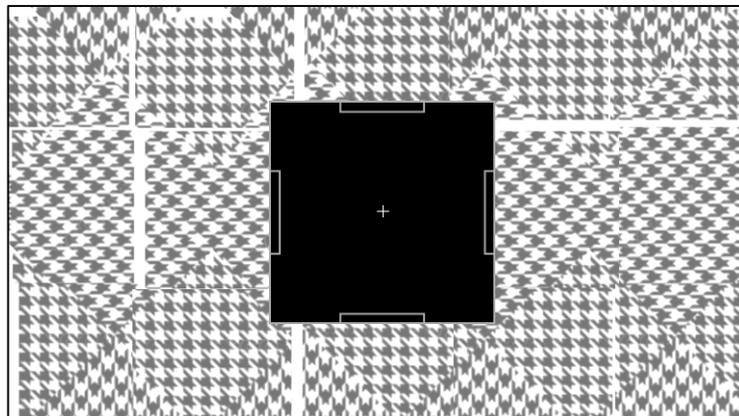


Abbildung 1: Ausgangssituation, die zu Beginn eines jeden Trials angezeigt wird. Probanden werden instruiert das Fixationskreuz in der Mitte des schwarzen Quadrats zu fokussieren, damit die Augenbewegungen zu Beginn jeweils den gleichen Startpunkt haben.

2.3 Versuchsaufbau und Ablauf

Die für das Ziel der Studie entwickelte visuell-räumliche Suchaufgabe bestand aus zwei Aufgaben. Zunächst beobachtete der Proband wie sich eines der drei Objekte in den schwarzen Raum bewegte und wurde dann instruiert mit Hilfe der Pfeiltasten der Tastatur vorherzusagen aus welchem von drei Ausgängen (rechts, oben oder links) das jeweilige Objekt wieder austritt. Jedes Objekt hatte einen präferierten Ausgang

aus dem es mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von 74% austrat. Aus den beiden anderen Ausgängen trat das Objekt mit einer niedrigeren Wahrscheinlichkeit von 11% aus. Die zweite Aufgabe bestand darin das austretende Objekt zu beobachten und möglichst schnell nochmals die entsprechende Pfeiltaste zu drücken, wenn sich die Farbintensität des Objekts geändert hat. Dies geschah in 50% der Fälle. Es gab eine auditive Fehlermeldung, sobald der Proband eine der Aufgaben zu langsam durchführte. Das Experiment wurde in 8 Blöcke aufgeteilt mit jeweils 81 Trials. Nach 4 Blöcken änderten sich die Ausgangspräferenzen der Objekte. Die Abfolge der beiden Wahrscheinlichkeitskonzepte wurde über die Probanden hinweg ausbalanciert. Die Probanden bekamen nach jedem Block Feedback über den Anteil der richtigen Vorhersagen. Des Weiteren trat in 4% der Fälle ein seltenes Ereignis ein bei dem das Objekt aus dem Eingang wieder austrat. Nach Beendigung des Experiments wurden die Probanden aufgefordert die Wahrscheinlichkeitsverteilung der drei Objekte zu den Ausgängen schriftlich mittels Fragebogen einzuschätzen.

2.4 Datenanalyse

Es wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung für die 3 Faktoren *Vorhersage* (richtig, falsch), *Block* (1-4) und *Lernphase* (Konzept 1, Konzept 2) durchgeführt, um Veränderungen im zeitlichen Verlauf zwischen richtigen und falschen Vorhersagen zu testen. Abhängige Variablen waren: Fixationsdauer, Anzahl der Fixationen und die Anzahl der korrekten Antworten. Aufgrund von fehlenden Reaktionen konnten 162 Trials nicht in die Analyse einbezogen werden. Weitere 6 Trials wurden von der Datenanalyse ausgeschlossen, da weniger als 65% der Augenbewegungsdaten vorhanden waren. Fixationen wurden nach dem Sakkaden-Detektions-Algorithmus von SR Research (Tatler, 2007) detektiert und die minimale Fixationsdauer auf 100 ms festgelegt.

3. Ergebnisse

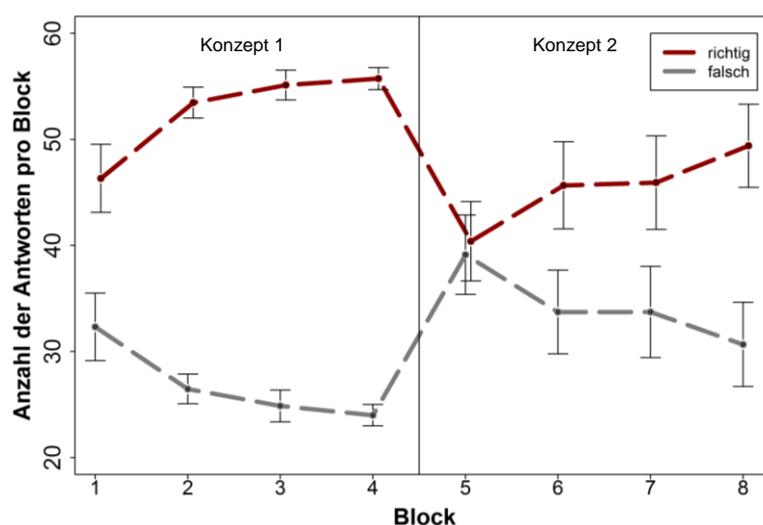


Abbildung 2: Die Anzahl der korrekten und falschen Antworten pro Block. Die Fehlerbalken geben jeweils den Standardfehler an. Die beiden Konzepte (Lernphasen) sind durch eine senkrechte Linie getrennt.

Durchschnittlich geben die Probanden beim Erlernen des ersten Konzepts pro Block 53 richtige Antworten ab und beim Umlernen des zweiten Konzepts 45 richtige Antworten pro Block. Es zeigt sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Block $F(3,42)=3.098$, $p=.037$ für die Anzahl der richtigen und falschen Antworten (siehe Abb. 2).

Die Analyse der Augenbewegungsdaten zeigt für die Fixationsdauer einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Lernphase $F(1,14)=7.108$, $p=.018$. Im Durchschnitt beträgt die Fixationsdauer pro Trial in den ersten vier Blöcken 6,389 ms (SD=0,768) und in den letzten vier Blöcken 6,089 ms (SD=0,945) für richtige Antworten. Die Anzahl der Fixationen verändert sich über die Blöcke. Es gibt einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Block $F(3,42)=4.213$, $p=.011$ und des Faktors Vorhersage $F(1,14)=69.504$, $p<.000$. Vom ersten zum vierten Block sinkt die durchschnittliche Anzahl der Fixationen pro Trial von 12,13 (SD=3,53) auf 10,67 (SD=4,09) für richtige Antworten. Beim Erlernen des zweiten Konzepts sinkt die durchschnittliche Fixationsanzahl pro Trial für korrekte Antworten von 11,83 (SD=4,82) in Block 5 auf 11,60 (SD=4,52) in Block 8 (siehe Abb. 3).

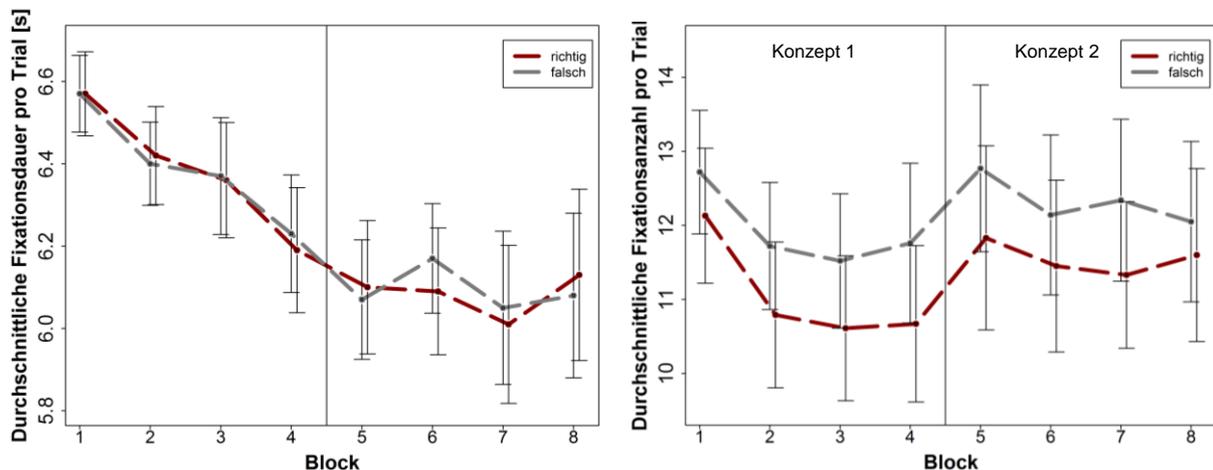


Abbildung 3: Die durchschnittliche Fixationsdauer (links) und die durchschnittliche Fixationsanzahl (rechts) pro Trial im Verlauf der Blöcke. Die Fehlerbalken geben jeweils den Standardfehler an. Die beiden Konzepte (Lernphasen) sind durch eine senkrechte Linie getrennt.

4. Diskussion

Die höhere Anzahl richtig beantworteter Trials für das erste Konzept deutet darauf hin, dass das Erlernen eines gänzlich neuen Konzepts bei der visuell-räumlichen Suchaufgabe für Probanden einfacher ist als das Umlernen des Konzeptes. Zu Beginn eines neu zu erlernenden Konzepts ist die Fixationsanzahl höher und sinkt mit zunehmendem Lernfortschritt. Solch ein Muster spiegelt eine anfängliche extensive Informationssuche wieder, die mit der Zeit immer fokussierter wird. Zusätzlich steigt die Anzahl der richtigen Antworten mit dem Lernfortschritt. Die Fixationsanzahl ist signifikant niedriger für korrekt beantwortet Trials, da hier bereits der relevante Ausgang antizipiert wurde, und im Falle einer Reaktion keine weitere Suche notwendig war. Ein Indikator zur Unterscheidung von Lern- und Umlernphase könnte die Fixationsdauer darstellen. Diese ist für das erste Konzept signifikant

höher als für das zweite. Auffällig sind zudem die höheren Standardabweichungen aller abhängigen Variablen beim Umlernen des Konzepts in den letzten vier Blöcken. Hier scheint es vor allem große interindividuelle Unterschiede zu geben. Einige Probanden können sich der veränderten Situation demnach besser anpassen wohingegen andere mehr Schwierigkeiten haben. Mögliche Gründe dafür könnten effizientere bzw. ineffizientere visuelle Suchmuster sein.

Generell konnte in unserer Studie gezeigt werden, dass sich Augenbewegungsparameter systematisch mit dem Lernfortschritt verändern und dabei spezifische Eigenheiten aufweisen, die sich für das Erkennen des aktuellen Lernniveaus eignen könnten. Die abnehmende Fixationsdauer scheint den Lernfortschritt eindeutig widerzuspiegeln, allerdings reagiert dieser Parameter verzögert auf den Beginn der Umlernphase und könnte damit die verzögerte Anpassung des mentalen Modells darstellen. Die Fixationsanzahl signalisiert hingegen eindeutig den Beginn des Umlernens und die damit einhergehende Informationssuche, aber informiert nur in begrenztem Maß über den Fortschritt in Lern- und Umlernphase, da sie sehr schnell ein stabiles Niveau erreicht. Augenbewegungsmuster könnten somit in unterschiedlicher Hinsicht Informationen über den Stand des Lernprozesses widerspiegeln und zur Identifizierung von individuellen Verständnisproblemen bei der Anpassung an neue Funktionsweisen beitragen, die zur Gestaltung von Unterstützungskonzepten bei technischen Systemen genutzt werden könnten.

Weitere Studien sind jedoch erforderlich um die Generalisierbarkeit der Befunde sicherzustellen, da die hier verwendete Aufgabe sehr spezifisch ist. Aktuell wird überprüft inwieweit sich einfache Verlaufsmodelle für die Augenbewegungsaktivität eignen, um den Lernfortschritt beim Umlernen von Konzepten vorhersagen zu können, ohne die Leistung des Nutzers in Bezug auf die Aufgabenausführung direkt erfassen zu müssen.

5. Literatur

- Durso FT, Gronlund SD (1999) Situation awareness. In Durso FT, Nickerson R, Schvaneveldt R, Dumais S, Lindsay S, Chi M (Hrsg.), Handbook of applied cognition. New York, USA: John Wiley & Sons, Ltd, 284-314.
- Hoffman AB, Rehder B (2010) The costs of supervised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139: 319-340.
- Just MA, Carpenter PA (1984) Using eye fixations to study reading comprehension. In Kieras DE, Just MA (Hrsg.), *New methods in reading comprehension research*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 151-182.
- Poole A, Ball LJ (2006) Eye tracking in HCI and usability research. *Encyclopedia of human computer interaction*, 1: 211-219.
- Preim B, Dachsel R (2010) *Interaktive Systeme. Band 1: Grundlagen, Graphical User Interfaces, Informationsvisualisierung*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Tatler BW (2007) The central fixation bias in scene viewing: Selecting an optimal viewing position independently of motor biases and image feature distributions. *Journal of Vision*, 7: 1-17.