

Alles klar? Blickwechsel als Indikator für Lernfortschritt und Verständnis

Johanna RENKER, Gerhard RINKENAUER

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

Kurzfassung: Subjektive Einschätzungen des Aufgabenverständnisses sind oft fehlerhaft aufgrund von mangelndem Bewusstsein oder verzerrter Selbstwahrnehmung. Daher wurden in der vorliegenden Eye-Tracking Studie die Anzahl der Blickwechsel zwischen relevanten Informationsbereichen als objektives Maß für den Lernfortschritt verwendet. Probanden lernten ein Wahrscheinlichkeitskonzept bei der Durchführung einer räumlichen Suchaufgabe. Mittels Cluster-Analyse wurden die Probanden in gute und schlechte Performer aufgeteilt. Die Ergebnisse zeigten, dass schlechte Performer mehr Blickwechsel durchführten. Bei guten Performern nahm die Anzahl der Blickwechsel parallel zum Lernprozess über die Zeit ab. Die Anzahl der Blickwechsel scheint somit ein nützlicher Parameter zu sein, um den Informationsbedarf und Lernfortschritt zu beurteilen.

Schlüsselwörter: Eye-Tracking, Konzeptlernen, mentale Modelle, Unsicherheit, Performanz, Mensch-Maschine-Interaktion

1. Einleitung

Individuelle Lernprozesse können abgebildet werden indem die betreffende Person explizit gefragt wird, inwieweit das zu lernende Aufgabenkonzept verstanden wurde. Jedoch sind diese subjektiven Einschätzungen oft fehlerhaft, da beispielsweise das Bewusstsein über den eigenen Lernstand fehlt oder sozial erwünscht geantwortet wird (u.a. Fischer & Katz, 1999). Es stellt sich die Frage ob es andere Möglichkeiten gibt herauszufinden ob das Verständnis über eine zu lernende Aufgabe tatsächlich vorhanden ist oder nicht. Eine Möglichkeit bietet die Analyse der Augenbewegungen während des Lernens. Augenbewegungen wurden in der Beurteilung der Nutzerfreundlichkeit von Schnittstellen vielfältig genutzt, um zum einen die Usability von Schnittstellen zu analysieren und optimieren und zum anderen, um Nutzern mit Behinderung z.B. eine augengesteuerte Interaktion zu ermöglichen (Jacob & Karn, 2003). Die Analyse von Augenbewegungen ermöglicht es nachzuvollziehen welche Informationen Aufmerksamkeit auf sich ziehen, in welchen Situationen nach bestimmten Informationen gesucht wird und sie geben darüber hinaus Einblicke in die Informationsverarbeitung (u.a. Poole & Ball, 2006). Auch im Lernkontext schlussfolgern Lai und Kollegen (2012), dass Eye-tracking eine vielversprechende Methode darstellt, um die Verbindung zwischen Lernergebnissen und kognitiven Prozessen zu untersuchen. Dieser Ansatz wird auch von unserer Studie verfolgt. Ein Parameter, der bislang wenig erforscht wurde ist die Anzahl der Blickwechsel zwischen relevanten Bereichen. Häufiges Wechseln zwischen verschiedenen Bereichen in einer Lernumgebung könnte darauf hinweisen, dass weitere relevante Informationen noch gesucht und verarbeitet werden müssen. Daraus könnte man ableiten, dass das

Aufgabenverständnis noch nicht stark ausgeprägt ist und somit weiter Lernbedarf vorhanden ist. In der vorliegenden Studie sollen nun die Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Blickwechsel und dem Lernfortschritt näher untersucht werden.

2. Methode

2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt 22 Probanden (13 weiblich und 9 männlich) teil. Das durchschnittliche Alter lag bei 23 Jahren ($SD=4$). Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war ein normales Sehvermögen. Für die Teilnahme an der Studie erhielten die Probanden entweder einen finanziellen Ausgleich oder sie konnten sich Versuchspersonenstunden für ihr Studium anrechnen lassen.

2.2 Stimulus und Material

Unterschiedliche Objekte (Gabor-Figuren mit vertikalen, horizontalen und senkrechten Linien) mit einem Durchmesser von jeweils 2 cm wurden auf einem 23,6 Zoll Monitor (1080x1920) im Abstand von ca. 75 cm präsentiert. Die Objekte bewegten sich in einen schwarzen Raum, ein schwarzes Quadrat, das 20 x 20 cm groß war und mittig auf dem Bildschirm abgebildet wurde. In dem Quadrat waren ein Eingang (unten) und drei Ausgänge (links, oben und rechts) eingezeichnet (siehe Abb.1). Während der Durchführung des Experiments wurden die Augenbewegungen mit dem Eye-tracker SMI RED500 (SensoMotoric Instruments, Teltow, Deutschland) alle 2 ms (500 Hz Bildwiederholungsrate) aufgenommen. Um Kopfbewegungen zu vermeiden, wurde eine Kinnstütze genutzt. Im Labor wurde eine indirekte Beleuchtung verwendet, damit Lichtreflexionen nicht zu Irritationen des Eye-trackers führten.

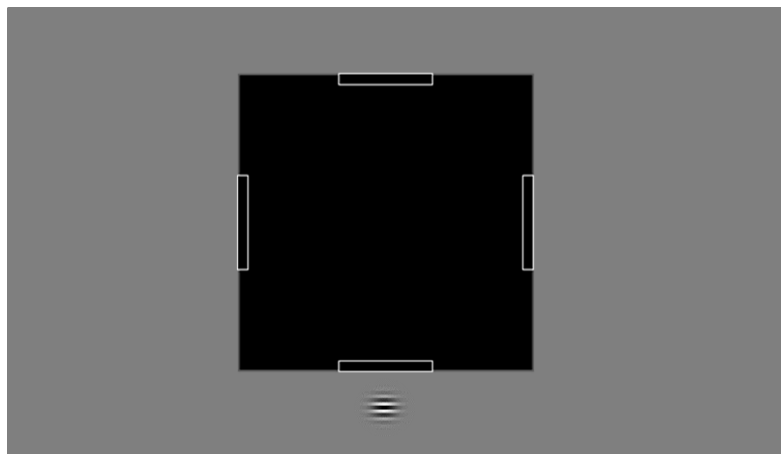


Abbildung 1: Startposition bei der die Probanden aufgefordert wurden mit den Pfeiltasten der Tastatur vorherzusagen wo das präsentierte Objekt wieder austritt (links, oben oder rechts).

2.3 Versuchsaufbau und Ablauf

Die Ausgangsposition zeigt den schwarzen Raum mit einem Fixationskreuz in der Mitte, das von den Probanden zunächst fixiert werden soll. Dann erscheint eines von drei Objekten am Eingang des Raums. Probanden wurden im Rahmen der verwen-

deten visuell-räumlichen Suchaufgabe instruiert mit den Pfeiltasten der Tastatur vorherzusagen aus welchem der drei Ausgänge (links, oben, rechts) das Objekt wieder austritt sobald das Objekt am Eingang erscheint und sich in den Raum bewegt. Die Probanden hatten für die Vorhersage so lange Zeit bis das Objekt in dem Raum vollständig verschwunden war (1 000 ms). Wurde zu lange gewartet, gab es eine auditive Fehlermeldung. Die Vorhersage konnte optimiert werden, indem die Probanden das der Aufgabe zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeitskonzept erlernten. Jedes der drei Objekte hatte einen präferierten Ausgang aus dem es mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von 74% austrat. Aus den anderen beiden Ausgängen trat es mit einer niedrigen Wahrscheinlichkeit von 11% aus. Als seltenes Ereignis trat das Objekt wieder aus dem Eingang heraus ($p=4\%$). Das Experiment bestand aus 4 Blöcken mit jeweils 81 Trials. Nach jedem Block wurden den Probanden Feedback über den Anteil der richtigen Vorhersagen eingeblendet. Nach Abschluss des Experiments wurden die Probanden aufgefordert schriftlich einige Fragen zu beantworten. Hier sollten sie zum einen angeben ob sie überhaupt ein Wahrscheinlichkeitskonzept erkannt hatten. Zusätzlich wurden sie aufgefordert die Wahrscheinlichkeitsverteilung der drei Objekte zu den Ausgängen einzuschätzen.

2.4 Datenanalyse

Die Probanden wurden mittels hierarchischer Cluster-Analyse in gute ($N=14$) und schlechter Performer ($N=8$) eingeteilt. Ein geplanter T-test wurde genutzt, um die Anzahl der Blickwechsel zwischen den beiden Performanz-Clustern zu vergleichen. Zudem wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung über alle Blöcke für gute und schlechte Performer gerechnet, um den Verlauf zu analysieren. Aufgrund von fehlenden Vorhersagen wurden 220 Trials von der Analyse ausgeschlossen. Weitere 84 Trials wurden ausgeschlossen, da weniger als 65% der Augenbewegungsdaten vorhanden waren. Für die Bestimmung der Blickwechsel wurde der Raum in vier gleich großes Areas of Interest (AOIs) um die Ausgänge und den Eingang aufgeteilt (siehe Abb. 2). Blickwechsel zwischen den AOIs, die länger als 100 ms dauerten, wurden gezählt.

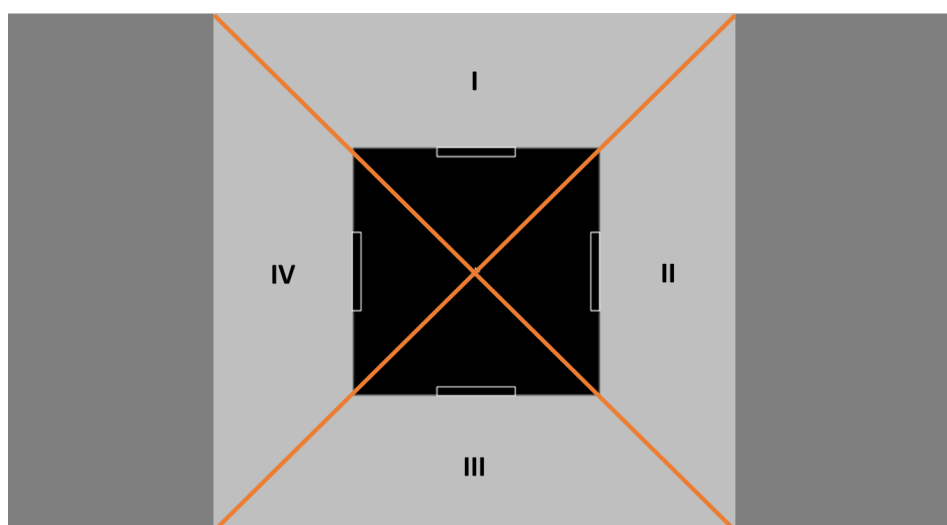





Abbildung 2: Die Aufteilung der vier Areas of Interest (AOIs). Die orangenen Linien zeichnen die Grenzen der AOIs. Es wurden nur Augenbewegungsdaten, die im hellgrauen Bereich aufgenommen wurden analysiert, um gleichgroße AOIs zu haben. Der dunkelgraue Bereich bildet den gesamten Bildschirm ab.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Fragebogenauswertung zeigten, dass sich die Einteilung in die Performanz-Cluster, gute oder schlechte Performer, zu 80% mit der Selbsteinschätzung der Probanden deckte, ob das Konzept verstanden wurde oder nicht. Insgesamt zeigte sich, dass Probanden, die mitteilten ein Konzept erkannt zu haben, die Tendenzen des Wahrscheinlichkeitskonzepts richtig gelernt wurden. Hier gab es im Durchschnitt eine maximale Abweichung von 10% des subjektiven Wahrscheinlichkeitskonzepts vom tatsächlichen Wahrscheinlichkeitskonzept (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Das subjektive Wahrscheinlichkeitskonzept der Probanden. Fett geschriebene Zeilen markieren den präferierten Ausgang (präsentiert zu 74%). Werte in Klammern zeigen die Standardabweichung.

Objekt und Position		Subjektive Wahrscheinlichkeiten
	links	66% (18%)
	oben	17% (11%)
	rechts	17% (8%)
	links	19% (12%)
	oben	17% (8%)
	rechts	64% (19%)
	links	15% (8%)
	oben	70% (16%)
	rechts	15% (8%)

Der Vergleich von der Anzahl der Blickwechsel zwischen guten und schlechten Performern zeigte, dass gute Performer ($M=4.32$; $SD=1.06$) insgesamt signifikant weniger Blickwechsel durchführten als schlechte Performer ($M=5.42$; $SD=1.71$; $t(20)=1.89$, $p=.037$; einseitige Signifikanz). Wie in Abbildung 3 dargestellt, zeigten die Ergebnisse der Varianzanalyse, dass die Anzahl der Blickwechsel bei guten Performern über die Blöcke signifikant abnahm ($F(3;39)=11.09$, $p=.001$) wohingegen sich keine signifikante Veränderung bei schlechten Performern zeigte ($F(3;21)=0.81$, $p=.495$).

4. Diskussion

Die vorliegende Studie deutet darauf hin, dass die Anzahl der Blickwechsel einen Einblick in den Lernfortschritt und somit das Verständnis des Nutzers beim Lernen unter Unsicherheit geben könnte. Der erhöhte Bedarf an Blickwechseln bei den schlechten Performern, könnte auf das fehlende Verständnis über das zu lernende Wahrscheinlichkeitskonzept hindeuten. Gute Performer können hier zielgerichteter das Augenmerk auf den relevanten Bereich richten, wohingegen schlechte Performer offensichtlich nach weiteren Informationen suchen müssen. Zudem spiegelte die Abnahme der Anzahl der Blickwechsel über die Blöcke bei guten Performern direkt den Lernfortschritt wider. Dieser Fortschritt konnte bei schlechten Performern nicht nachgewiesen werden. Augenbewegungsparameter, wie die Anzahl der Blick-

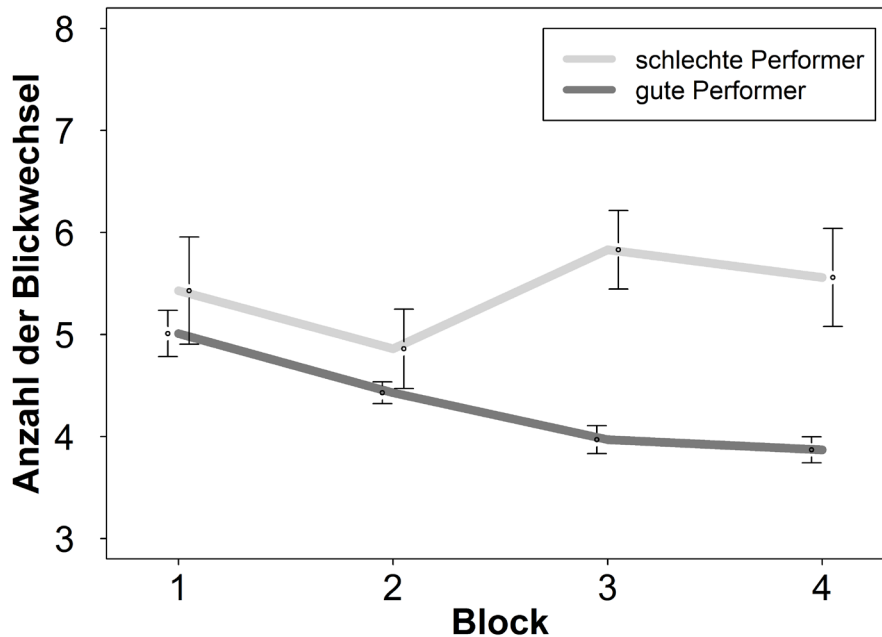


Abbildung 3: Gute Performer zeigten im Vergleich zu schlechten Performern eine Abnahme der Anzahl der Blickwechsel über die Blöcke. Fehlerbalken bilden Konfidenzintervalle nach Morey (2008) ab.

wechsel, können somit offenbar genutzt werden, um festzustellen inwieweit eine Aufgabe verstanden wurde oder in welchem Ausmaß noch weiterer Lernbedarf vorhanden ist, sofern die Orte von relevanten Informationsquellen in der Experimental- oder Arbeitsumgebung bekannt sind.

Weitere Forschung ist nötig, um die Nützlichkeit des Parameters in konkreten Anwendungsfällen zu eruieren. Die für Industrie 4.0 vorgeschlagene virtuellen und erweiterten Lernumgebungen könnte sich hierfür gut eignen. VR- und AR-Brillen sind oftmals schon mit integrierten Eye-trackern ausgestattet und bieten somit eine ideale Möglichkeit zur Datenerfassung. In der Intralogistik existieren bereits virtuelle Umgebungen in denen zum Beispiel das Packen von Kartons erlernt wird (Kretschmer et al., 2018) oder die Interaktion mit technischen Systemen simuliert wird (Plewan et al., 2018). In diesen Umgebungen könnte nun untersucht werden inwieweit sich mit Hilfe von Augenbewegungsparametern einschätzen lässt ob der Mitarbeiter bereits am realen Arbeitsplatz eingesetzt werden kann oder ob noch weitere Trainingsdurchläufe erforderlich sind. Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass die Nutzung von Augenbewegungsparametern, insbesondere der Anzahl der Blickwechsel, ein vielversprechender Ansatz ist, der von uns weiterverfolgt wird, um das Lernen am Arbeitsplatz sinnvoll zu unterstützen.

5. Literatur

- Fisher RJ, Katz JE (2000). Social-desirability bias and the validity of self-reported values. *Psychology & marketing* 17:105-120.
- Jacob RJ, Karn KS (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In: Hyönä J, Radach R, Deubel H (Eds) *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research*. Amsterdam, Boston: North-Holland 573–605.
- Kretschmer V, Bedarf FM, Terharen A (2018). Virtual Training in der Intralogistik: Evaluation eines Virtual Reality-gestützten Serious Games eines Verpackungsarbeitsplatzes. In: Bericht zum 64.

Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. vom 21.–23. Februar 2018 in Frankfurt am Main.

Morey RD (2008). Confidence intervals from normalized data: A correction to Cousineau (2005). *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology* 4:61–64.

Plewan T, Kretschmer V, Mättig B, Rinckenauer G (2018). Augmented Reality in der Logistik: Nutzerunterstützung beim Palettieren. In: Kretschmer V, Spee D (Hrsg) *Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0*. München: Huss-Verlag, 82-88.

Poole A, Ball LJ (2006). Eye tracking in HCI and usability research. *Encyclopedia of human computer interaction* 1:211-219.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Mussmann und Frau Schütz für die technische Unterstützung und Versuchsdurchführung.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de