

## **Evaluation der Methoden zur Erfassung und Analyse der Entscheidungsfindung in kritischen Situationen am Beispiel Eyetracking**

Lisa FROMM, Gundula ZERBES, Christian PLEGGÉ, Thomas ALEXANDER

*Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie  
FKIE, Zanderstraße 5, D-53177 Bonn*

**Kurzfassung:** Einsatzkräfte sind kritischen Situationen ausgesetzt, in denen sie unter hoher körperlicher und psychischer Beanspruchung sicher und zuverlässig Entscheidungen treffen müssen, die überlebenswichtig sein können. Für diese anspruchsvolle Art der Entscheidungsfindung sind besondere Methoden zur Evaluation erforderlich. Zur Nachverfolgung der Abläufe bei Entscheidungsfindungsprozessen existieren bereits einige Methoden, wie beispielsweise Eyetracking. Dieser Beitrag stellt Methoden zur Erfassung, Untersuchung und Analyse von Entscheidungsfindungsprozessen in kritischen Situationen vor und untersucht Eyetracking für den Einsatz in exemplarischen Übungsszenarien. Hierbei werden ergonomische Kriterien, Möglichkeiten und Schwachpunkte der Methode thematisiert.

**Schlüsselwörter:** Entscheidungsfindung, Eyetracking, Einsatzkräfte

### **1. Einleitung**

Einsatzkräfte, z.B. von Feuerwehr, Polizei oder Bundeswehr, sind häufig kritischen Situationen ausgesetzt, in denen sie unter hoher körperlicher und psychischer Beanspruchung sicher und zuverlässig agieren müssen. Die richtige und schnelle Entscheidungsfindung ist in den hochdynamischen Situationen ein besonders sicherheitskritischer Faktor, der überlebenswichtig sein kann. Bei der Übung von Einsätzen nehmen regelbasierte Abläufe und Entscheidungskriterien eine zentrale Rolle ein, da tiefergehende Reflektionen zeitlich häufig nicht möglich sind. Dabei sind folgende Fragen von besonderem Interesse: Welche Merkmale einer Situation sind entscheidend? Wie werden diese am schnellsten erkannt und richtig verarbeitet? Wesentlich für die Wahrnehmung der Situation sind eingeübte Prozessabläufe, Bewegungsschemata und Blickbewegungen. Letztere ermöglichen eine besonders effiziente Erfassung der wesentlichen Merkmale der Situation.

Die Evaluation dieser geübten Abläufe ist jedoch sehr herausfordernd. Häufig erfolgt eine rein subjektive Einschätzung der Leistung durch den Ausbilder. Im Rahmen von Übungsbegleitungen und Interviews mit Fachexperten und Subject Matter Experts konnte festgestellt werden, dass zusätzlich zum Erfahrungswert des Ausbilders vermehrt objektive Maße zur Leistungsbeurteilung und für konstruktives Feedback einzusetzen sind. Zur Nachverfolgung von Prozessabläufen bei der Entscheidungsfindung existieren bereits einige Methoden, die in dieser Arbeit vorgestellt und auf Tauglichkeit für den Einsatz in kritischen Situationen untersucht werden. Eyetracking hat sich in vielen Bereichen bereits als Methode zur Erfassung und Analyse kognitiver Belastung (z.B. in Fahrsimulatoren; siehe Palinko, Kun,

Shyrovkov & Heeman, 2010) und von Entscheidungsfindung bewährt (z.B. Glöckner & Herbold, 2011), weshalb dieses anhand exemplarischer Übungsszenarien für den Einsatz in Übungen mit sicherheitskritischem Bezug getestet wird.

## 2. Vorgehen und Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit besteht aus einer Literaturrecherche zu gängigen Verfahren, mithilfe derer Entscheidungsfindungsprozesse untersucht werden können, einer Expertenbefragung und einer Testreihe zum Einsatz von Eyetracking in der Übungsbegleitung bzw. in der Ausbildung von Einsatzkräften.

### 2.1 Überblick über gängige Verfahren

Der Begriff Entscheidungsfindung wird sehr unterschiedlich gebraucht. Das Treffen von Entscheidungen bezeichnet im engeren Sinne die Auswahl einer Option aus mehreren Alternativen. Im Einsatz von Feuerwehr, Polizei, etc. geht es primär um den kognitiven Prozess des Urteilens, bei dem es um die Einordnung eines einzigen Objekts geht (Pärnamets, Johansson, Gidlöf & Wallin, 2015). Hastie und Dawes (2010, S.48) definieren Urteilen als „the human ability to infer, estimate and predict the character of unknown events“. Frei übersetzt bezieht sich diese Definition auf die menschliche Fähigkeit, eine Einschätzung zu bisher unbekanntem Ereignissen oder Objekten abzugeben. Diese Fähigkeit lässt sich in drei Subaspekte aufteilen (Pachur & Bröder, 2013): Komparative Urteile vergleichen zwei oder mehr Objekten miteinander. Quantitative Urteile weisen einem Objekt einen Wert auf einer kontinuierlichen Skala für eine Merkmalsausprägung zu. Kategoriale Urteile ordnen Objekte zwei oder mehr Merkmalskategorien zu. Diese Urteile auf Basis objektiver Kriterien sind dabei von Präferenzurteilen abzugrenzen, die eine subjektive Wertung beinhalten. Im Umfeld von Einsatzszenarien sind alle Arten von Urteilen denkbar, beispielsweise die Entscheidung zwischen zwei Eintrittsmöglichkeiten in ein Gebäude, die Einschätzung des Gefährdungspotentials durch einen Schwelbrand oder die generelle Unterscheidung in gefährlich oder ungefährlich.

Ein Ziel bei der Erforschung von Urteilen und Entscheidungen ist die Beschreibung der kognitiven Prozesse und Strategien, die zu der Entscheidung führten (Pachur & Bröder, 2013). Eine verbreitete Methode zur Erfassung der beteiligten Prozesse ist das sogenannte Information Board (z.B. Glaholt & Reingold, 2011). Hierbei wird dem Probanden eine Matrix präsentiert, deren Zellen jeweils ein zu beurteilendes Objekt enthalten. Die Zellen sind zu Beginn verdeckt und decken sich nur auf, solange sich der Mauszeiger auf dem Feld befindet. Dies erlaubt die Überwachung der Informationsaufnahme durch den Probanden. Aufgabe des Probanden ist es, eine Entscheidung zwischen den Objekten zu treffen. Diese Methode wird häufig mit Eyetracking kombiniert: Hier ist die Fixation eines Feldes die Bedingung dafür, dass es aufgedeckt wird. Aus dem Verlauf der Blickbewegungen lassen sich Schlussfolgerungen über Entscheidungsprozesse ableiten. Beim Gambling-Task (z.B. Fiedler & Glöckner, 2012) werden dem Probanden zwei Wetten präsentiert, bei denen Gewinn- und Verlustwahrscheinlichkeit sowie der zu gewinnende oder verlierende Geldbetrag variieren. Der Proband hat die Aufgabe unter Maximierung des eigenen Gewinns die bessere Wette auszuwählen. Auch hier wird der Verlauf der Blickbewegungen des Probanden ausgewertet, um Schlussfolgerungen auf Entscheidungsprozesse zu ziehen. Es ist zu prüfen, ob

Eyetracking auch zur Untersuchung von Entscheidungsprozessen in kritischen Einsatzszenarien einsetzbar ist.

## 2.2 Expertenbefragung

Es folgte eine Expertenbefragung zu Kriterien für die Nutzung von Eyetracking in dynamischen Übungsszenaren. Dazu wurden drei Ausbilder zunächst mit dem Eyetrackingsystem ausgestattet und die Funktionen des Systems vorgeführt. Gefragt wurden die Experten nach den Voraussetzungen für die Integration eines solchen Systems in den Ausbildungsprozess. Zudem wurde nach dem möglichen Mehrwert von Eyetracking für die Ausbildung gefragt. Als organisatorische Rahmenbedingung wurde genannt, dass ein akzeptabler Zeitraum für die Nutzung der Auswertung der Blickbewegung im Rahmen einer Übungssequenz bei 10-15 Sekunden liegt. Dies umfasst beispielsweise eine kurze Bewertung einzelner Einsatzkräfte. Bei längeren (>15min) Gruppendurchgängen darf die Nachbereitungszeit, d.h. die Zeit zwischen der Übung und der Nachbesprechung, 10-15 Minuten betragen. Alle Daten, die für eine Nachbesprechung der Übung wichtig sind, müssen dann entsprechend zur Verfügung stehen. Eine Aufzeichnung der Übungen wurde als hilfreich angesehen, wobei insbesondere im Tracking eines gesamten Übungsabschnittes ein Mehrwert gesehen wird.

Als Mehrwert für die Aufzeichnung mittels Blickbewegungserfassung stellt sich besonders die Gefahrendetektion dar, d.h. die Frage danach, ob Personen und Gegenstände entdeckt wurden, von denen eine potenzielle Gefahr für die Einsatzkraft ausgeht. Ein großer Nutzen wird auch insbesondere für die Überprüfung von Einzeltätigkeiten im Rahmen von Gruppenaufgaben gesehen. Aktuell haben Ausbilder keine Möglichkeit, das einzeln trainierte und aufeinander abzustimmende Verhalten in der Gruppe zu überprüfen, insbesondere bei Blickbewegungen.

Bei den technischen Rahmenbedingungen ist vor allem die Integration in die verpflichtende Schutzkleidung zu beachten, wobei beispielsweise Helm und Schutzbrille besonders im Konflikt mit dem Tragen eines Eyetrackingsystems stehen.

## 2.3 Testreihe zum Einsatz von Eyetracking in der Übungsbegleitung

Zur technischen Erprobung der Blickbewegungserfassung in kritischen Situationen wurde ein gängiges System verwendet (*hier*: Dikablis der Fa. Ergoneers). Dieses kann von dem Probanden auf dem Kopf getragen werden. Das Gewicht wird dabei auf Stirn und Nase verteilt. Die Aufzeichnung der Daten erfolgt auf einem Tablet, das zusammen mit Akku und Verteilerbox in einem Rucksack getragen wird. Über eine W-LAN-Verbindung werden die Daten auf den Laptop des Versuchsleiters übertragen. Die Auswertung der Blickbewegungen erfolgt mit Hilfe von Markern, mit deren Hilfe Areas of Interest (AOI) definiert werden können.

Die Erprobung der technischen Rahmenbedingungen stand bei der Testreihe im Mittelpunkt. Untersucht wurden die folgenden Faktoren, die in Hinblick auf die Untersuchung von Entscheidungsfindungsprozessen in kritischen Situationen von besonderer Relevanz sind.

### 2.3.1 Distanz zwischen Marker und Feldkamera

Um die maximale Distanz zur Markerdetektion des Eyetrackers zu erfassen, wurde ein Marker (Santiago #066E) aus verschiedenen Entfernungen mit der

Feldkamera des Eyetrackers aufgenommen. Dabei wurden fünf verschiedene Markergrößen verwendet: 50 cm x 50 cm, 20 cm x 20 cm, 15 cm x 15 cm, 10 cm x 10 cm und 5 cm x 5 cm. Die Entfernung wurde in Abständen von 1 m variiert (mit Ausnahme des 5 x 5 Markers, hier wurde in Abständen von 0,5 m variiert). Die Messung fand in einem gleichmäßig und hell ausgeleuchteten Raum statt. Zusätzlich zur einfachen Markerdetektion durch das Programm wurden drei Detektionsalgorithmen mit unterschiedlich großem Rechenaufwand angewendet. Die Markerdetektion wurde als erfolgreich betrachtet, wenn der Marker bei einer gegebenen Entfernung innerhalb von einer Sekunde erfasst wurde. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse dargestellt.

**Tabelle 1:** Maximale Distanz zur Markerdetektion

Markergröße [cm]	50 x 50	20 x 20	15 x 15	10 x 10	5 x 5
Einfache Detektion	11 m	8 m	7 m	5 m	2,5 m
Schneller Detektionsalgorithmus	11 m	12 m	10 m	7 m	5 m
Normaler Detektionsalgorithmus	23 m	18 m	13 m	12 m	7 m
Langsamer Detektionsalgorithmus	40 m	20 m	18 m	13 m	7 m

### 2.3.2 Maximaler Erfassungswinkel der Feldkamera

Der Eyetracker wurde auf einem Glaskopf in fester Höhe platziert. Der Marker wurde in variierenden Größen (15 cm x 15 cm, 10 cm x 10 cm und 5 cm x 5 cm) und in variierendem Abstand (67 cm und 250 cm) frontal vor dem Eyetracker angebracht. Zur Variation des Winkels wurde der Glaskopf in 5°-Schritten im Uhrzeigersinn gedreht. Die Drehung wurde beendet, sobald der Marker komplett aus dem Sichtfeld der Feldkamera verschwand. In Tabelle 2 sind die maximalen Winkel, bei denen eine Markererkennung noch möglich war, aufgelistet.

### 2.3.3 Maximaler Drehwinkel des Markers

Zur Erfassung der maximalen Neigung eines Markers, bei der noch eine erfolgreiche Markerdetektion stattfinden kann, wurde der Marker in der Größe 10 cm

**Tabelle 2:** Maximaler Winkel des Markers zur Feldkamera

Markergröße [cm]	15 x 15	10 x 10	5 x 5
Abstand von 67 cm	10°	15°	20°
Abstand von 250 cm	25°	25°	25°

x 10 cm an einer stabilen Oberfläche befestigt und in einem Abstand von ca. 50 cm zur Feldkamera des Eyetrackers aufgestellt. Der Marker wurde um die eigene Vertikalachse gedreht, bis die Markerdetektion unmöglich wurde. Der Marker konnte um maximal 75° gedreht werden.

#### *2.3.4 Reichweite der Funkverbindung*

Für die zeitsynchrone Beobachtung der Blickbewegung ist es notwendig, dass der Laptop des Versuchsleiters ununterbrochen mit dem Tablet des Eyetrackers verbunden ist. Zur Überprüfung der Reichweite der Verbindung zwischen dem Eyetracker und dem Rechner zur Datenaufzeichnung, wurde die Entfernung zwischen Eyetracker und Router so lange erhöht, bis die Verbindung abbrach. Bei einer Entfernung in gerader Linie ohne Hindernisse ergab sich eine Distanz von mindestens 55 m, bevor die Verbindung abbricht. Sind Hindernisse (z.B. Wände) im Weg, bricht die Verbindung nach ca. 20 m (zwei Kalksandsteinwände sowie eine metallverstärkte Wand) ab.

#### *2.3.5 Komfort und Handlichkeit*

Zur Erfassung der Nutzerfreundlichkeit wurde ein kurzer Fragebogen erstellt. Dieser enthielt vier Fragen zum festen Sitz des Kopfteils, dem Tragekomfort des Eyetrackers und des Rucksacks, sowie der Beeinträchtigung des Sichtfelds. Dieser Fragebogen wurde von fünf Probanden ausgefüllt, die sich vorher mit dem Tragen des Eyetrackers vertraut gemacht hatten. In dieser Zeit legten die Teilnehmer den Eyetracker an und trugen ihn für eine selbst bestimmte Zeitspanne (zwischen 5 und 10 Minuten). Zusätzlich erhielt einer der Probanden eine kurze Einweisung in die Mess- und Analysesoftware und beurteilte die Nutzerfreundlichkeit. Alle Fragen wurden im freien Antwortformat beantwortet, die Fragen zur Beeinträchtigung des Sichtfelds und der Nutzerfreundlichkeit wurden zusätzlich auf einer vierstufigen (keine bis starke Beeinträchtigung), respektive dreistufigen (leichte bis schwere Bedienung) Ratingskala beurteilt.

Der Sitz des Eyetrackers wurde übereinstimmend als fest und nicht rutschend eingeschätzt. Vier Probanden berichteten ein unangenehmes Drücken auf der Nase und an der Stirn. Es wurde außerdem ein leichtes Ziehen an den vom Eyetracker wegführenden Kabeln angemerkt. Das Tragegefühl des Rucksacks wurde weitgehend als angenehm bewertet, lediglich die begrenzte Verstellbarkeit der Gurte wurde bemängelt. Bezüglich des Sichtfelds wurde eine leichte bis mäßige Beeinträchtigung festgestellt, die sowohl durch die Augenkameras als auch durch den Nasenbügel ausgelöst wurde. Die Nutzungsschwierigkeit der Software wurde als leicht bewertet, jedoch mit dem Hinweis, dass die Nutzung für technisch weniger versierte Menschen erschwert sein könnte.

Als Nebenbefund dieser Untersuchung ergaben sich Probleme bei Brillenträgern. Die Pupillenerkennung wurde durch das Tragen von Korrektionsbrillen beeinträchtigt.

#### *2.3.6 Aufwand zum Erlernen der Grundfunktionen*

Als vierter Punkt wurden der Aufwand zum Erlernen der Funktionalitäten des Eyetrackingsystems und der Nutzen des erlernten Wissens abgeschätzt. Getestet wurde insbesondere, wie schnell eine Videoaufzeichnung durch einen Novizen durchgeführt werden kann, der lediglich eine kurze Einweisung durch einen Experten

erhält. Nach einer kurzen technischen Einweisung von etwa zehn Minuten konnte einer der Ausbilder ohne Vorkenntnisse innerhalb von 8 min das Gerät an einer Person befestigen, kalibrieren und eine erste Videoaufzeichnung starten. Für eine langfristige Festigung der Kenntnisse zur Bedienung des Systems sind allerdings eine Schulung durch einen Experten und die regelmäßige Nutzung des Systems erforderlich.

### 3. Diskussion

Die Evaluation der technischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Eyetracking in sicherheitskritischen, dynamischen Situationen hat ergeben, dass die Integration in die Schutzausrüstung eine zentrale Rolle spielt. Hier sind vor allem Helm und Schutzbrille zu beachten. Die Gestaltung eines Systems, das die Schutzfunktion der Ausrüstung nicht beeinträchtigt und gleichzeitig eine valide Blickbewegungserfassung ermöglicht, ist deshalb von zentralem Interesse für weitere Arbeiten. Das Eyetracking-System wird als handlich eingeschätzt, jedoch muss der Komfort der Stirn- und Nasenhalterungen verbessert werden, damit eine Nutzung über einen Zeitraum von mehreren Stunden und unter starker Dynamik möglich ist.

Die Reichweite des Systems ist abhängig von der Anzahl und Beschaffenheit der zwischenliegenden Wände. Verlässt die Person mit Eyetracker das Messvolumen, sodass die Verbindung abbricht, kann beim erneuten Wiedereintritt die zeitsynchrone Verfolgung der Blickbewegungen am Laptop nicht fortgeführt werden. Durch kombinierten Einsatz mehrerer Sendestationen könnte die Reichweite des Systems erhöht werden.

In kommenden Untersuchungen wird zudem überprüft, inwieweit das System die Erkennung von Markern unter hoch dynamischen und schnellen Abläufen in Übungen von Einsatzkräften ermöglicht. Sind die technischen Rahmenbedingungen definiert, wird eine erste Studie zur Nutzung von Eyetracking in Übungsszenarien empfohlen.

### 4. Literatur

- Fiedler S, Glöckner A (2012). The dynamics of decision making in risky choice: An eye-tracking analysis. *Frontiers of Psychology* 3:1-18.
- Glaholt MG, Reingold EM (2011). Eye movement monitoring as a process tracing methodology in decision making research. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics* 4(2):125-146.
- Glöckner A, Herbold A (2011). An Eye-tracking Study on Information Processing in Risky Decisions: Evidence for Compensatory Strategies Based on Automatic Processes. *Journal of Behavioral Decision Making* 24:71-98.
- Hastie R, Dawes RM (Eds., 2010). *Rational choice in an uncertain world: The psychology of judgment and decision making*. Sage Publications.
- Pachur T, Bröder A (2013). Judgment: A cognitive processing perspective. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* 4(6):665-681.
- Palinko O, Kun AL, Shyrokov A, Heeman P (2010). *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications*:141-144.
- Pärnamets P, Johansson R, Gidlöf K, Wallin A (2016). How information availability interacts with visual attention during judgment and decision tasks. *Journal of Behavioral Decision Making* 29(2-3):218-231.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft**

63. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

---

**GfA Press**

---

**Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017**

**FHNW Brugg-Windisch, Schweiz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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 Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

**Screen design und Umsetzung**

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)