

Konzept für automatische Auswertungen von Blickbewegungen bei dynamischen Informationen

CARMEN BRUDER , SANDRO LEUCHTER & LEON URBAS

MoDyS Research Group,

Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, Technische Universität Berlin

Blickbewegungsmessung, dynamische Informationssysteme, Logfilesynchronisation bei SMI iView

1. Einführung

Dieser Beitrag stellt ein Konzept für eine automatische und objektbezogene Auswertung für Blickverhalten in dynamischen Situationen vor. Die Analyse von Blickbewegungen wird in vielen Domänen eingesetzt, um die visuelle Aufmerksamkeit in alltäglichen Situationen zu untersuchen. Die Blickbewegungen als die Bewegungen des Auges, die im Zusammenhang mit den aufgenommenen Informationen stehen (Seifert, Rötting & Jung, 2001), ermöglichen die Identifikation der selektierten Informationen. Bei der Bewertung der Bedienbarkeit technischer Systeme stellt die Auswertung des Blickverhaltens eine wertvolle Ergänzung zur Erhebung von Leistungs-, Beanspruchungs- und anderen Parametern dar. Ein Einsatzgebiet für die Analyse des Blickverhaltens ist die Flugsicherung. Da die Aufgabe der Fluglotsen vorrangig aus der Überwachung des Luftraums besteht, geben Beobachtungs- und Befragungsmethoden nur begrenzt Aufschluss über die Informationsaufnahme und -verarbeitung bei der Kontrolle des Luftraums. Am Beispiel der Evaluation der visuellen Aufmerksamkeit beim Einsatz des computergestützten Simulatortrainingssystems SAT/ATC (Situation Awareness Training in Air Traffic Control) wird der theoretische Ansatz sowie die technische Konzeption der automatischen Auswertung dynamischer Informationen beschrieben.

Im ersten Abschnitt wird die Blickanalyse als Möglichkeit zur Untersuchung der Aufmerksamkeit diskutiert. Danach folgt eine kurze Beschreibung der Überwachungsaufgabe von Streckenfluglotsen und des Trainingssystems SAT/ATC. Die Untersuchung des Trainingssystems hinsichtlich der Aufmerksamkeit mittels Blick-

analyse sowie die technischen Voraussetzungen für die Auswertung der Blickdaten bilden den Hauptteil dieses Berichtes. Abschließend wird der Stand der Untersuchung dargestellt.

2. Blickanalyse zur Untersuchung der visuellen Aufmerksamkeit

Die Augenbewegungen stellen eine physiologische Reaktionsgröße dar, die im Rahmen der Schlafforschung, der Lernforschung, der Untersuchung des Problemlöseverhaltens sowie der visuellen Aufmerksamkeit eingesetzt wird (Schandry, 1998). Bei alltäglichen Aufgaben ist das Auge aber nicht nur eine passive Reaktionsgröße, sondern wird aktiv zur Exploration der visuellen Umgebung eingesetzt (Rötting, 2001). Bei der Exploration der Situation extrahiert das visuelle System die für die Aufgabe wichtigen Informationen. Die Analyse der Blickbewegungen liefert im Vergleich zu Beobachtungs- und Befragungsmethoden ein zeitlich und örtlich detaillierteres Protokoll darüber, welche Informationen selektiert und in welcher Reihenfolge die Informationen betrachtet wurden (Rötting, 2001). Blickbewegungen sind dabei die Bewegungen des Auges, die in Verbindung mit den vom Auge aufgenommenen Informationen interpretiert werden (Seifert, Rötting & Jung, 2001).

In Untersuchungen zur Bewertung und zum Vergleich von Mensch-Maschine-Systemen kann die Auswertung der Blickbewegungen Aufschluss über die physiologischen Kosten und den Zeitaufwand einzelner Aufgabenbestandteile geben. Die Blickbewegungen als Zeuge der menschlichen Aktivität stellen daher eine wertvolle Ergänzung zur Leistungs- und Beanspruchungsmessung dar. Bei der Untersuchung technischer Systeme bietet der ergänzende Einsatz der Blickanalyse die Möglichkeit ursächliche Zusammenhänge zwischen der visuellen Aufmerksamkeit des Benutzers und seiner Leistung zu klären.

Die Blickerfassung beinhaltet auch die Erfassung des Zielortes des Blickes. Die Identifizierung der fixierten Objekte durch die Analyse des Blickverhaltens ermöglicht die vergleichende Untersuchung der Aufmerksamkeitslenkung bei verschiedenen Aufgaben, in verschiedenen Situationen oder unter Einsatz unterschiedlicher technischer Systeme. Die Blickbewegungen geben Aufschluss darüber, wie die Informations- und Aufgabengestaltung den Fokus der visuellen Aufmerksamkeit beeinflusst.

3. Überwachung des Luftraums und Trainingssystem SAT/ATC

Untersuchungen der Blickbewegungen bei bildlichen Darstellungen zeigen, dass die visuelle Wahrnehmung des Bildes mit der Suche nach hervorstechenden Merkmalen des Bildes beginnt (Seifert & Eyferth, 1999). Bei der Darstellung handlungsrelevanter Prozesse, wie der visuellen Überwachung von Abläufen am Monitor wird die visuelle Aufmerksamkeit gezielt auf Informationen gelenkt, die für die Erfüllung der jeweiligen Aufgabe relevant sind. Je vielfältiger und komplexer die dargestellten Informationen sind, desto wichtiger ist die Untersuchung der Informationsselektion für die Bewertung des visuellen Kontrollprozesses.

Die Überwachung des Luftraums durch die Fluglotsen ist ein Beispiel für die Bedeutsamkeit, relevante Informationen zu selektieren, kritische Verkehrskonstellationen wie beispielsweise drohende Konflikte zu identifizieren und den Luftverkehr durch Anweisungen an die Piloten zu lenken. Die Informationen über die Verkehrssituation stehen den Fluglotsen technisch vermittelt in erster Linie auf dem Radarbild-

schirm (ca. 4.000 x 4.000 Pixel Computermonitor) zur Verfügung. Die Positionsradar-
 dardaten sind mit Informationen zum Rufnamen, Flughöhe, -geschwindigkeit und
 -richtung aufbereitet und als sich bewegende Objekte auf dem Bildschirm dargestellt.
 Zusätzlich gibt es neben weiteren Monitoren mit Wetterinformationen Flugstreifen,
 die flexibel auf Schienen, aber auch auf dem Arbeitstisch angeordnet werden können.
 Wegen der schlecht automatisierbaren Zuordnung von Fixation zu Flugstreifen kon-
 zentrieren wir uns im folgenden auf den Radarmonitor als zentrales Arbeitsmittel.
 Am Zentrum Mensch-Maschine-Systeme der TU Berlin wurde ein Forschungsproto-
 typ eines Situation Awareness Trainings für die Flugsicherung (SAT/ATC) entwik-
 kelt (Leuchter & Jürgensohn, 2001). SAT/ATC ist ein Simulationstraining, bei dem
 basierend auf dem Attention-Guidance-Ansatz von Gopher (1993) und dem Ansatz
 für ein Situation Awareness Training von Bass (1998) relevante Flugzeuge farblich
 markiert werden (siehe Abbildung 1). Attention-Guidance beschreibt eine Methode,
 mit der die Aufmerksamkeitsverteilung bei der Bedienung dynamischer, polyteli-
 scher Mensch-Maschine-Systeme trainiert wird. In solchen Situationen ist die Auf-
 gabenerledigung mit einer wechselnden Priorisierung einzelner Elemente verbunden.
 Die wesentliche Aufgabe ist nach Gopher daher das Training der Gewichtung des
 Aufgabenfokus und der situationsabhängigen Aufmerksamkeitslenkung auf die Ele-
 mente der Aufgabenumgebung. Situation Awareness beschreibt dann die Vollständi-
 gkeit des mentalen Abbildes der Objekte und ihrer Eigenschaften in Bezug auf die
 in der aktuellen Situation benötigten Informationen (Endsley, 1995).

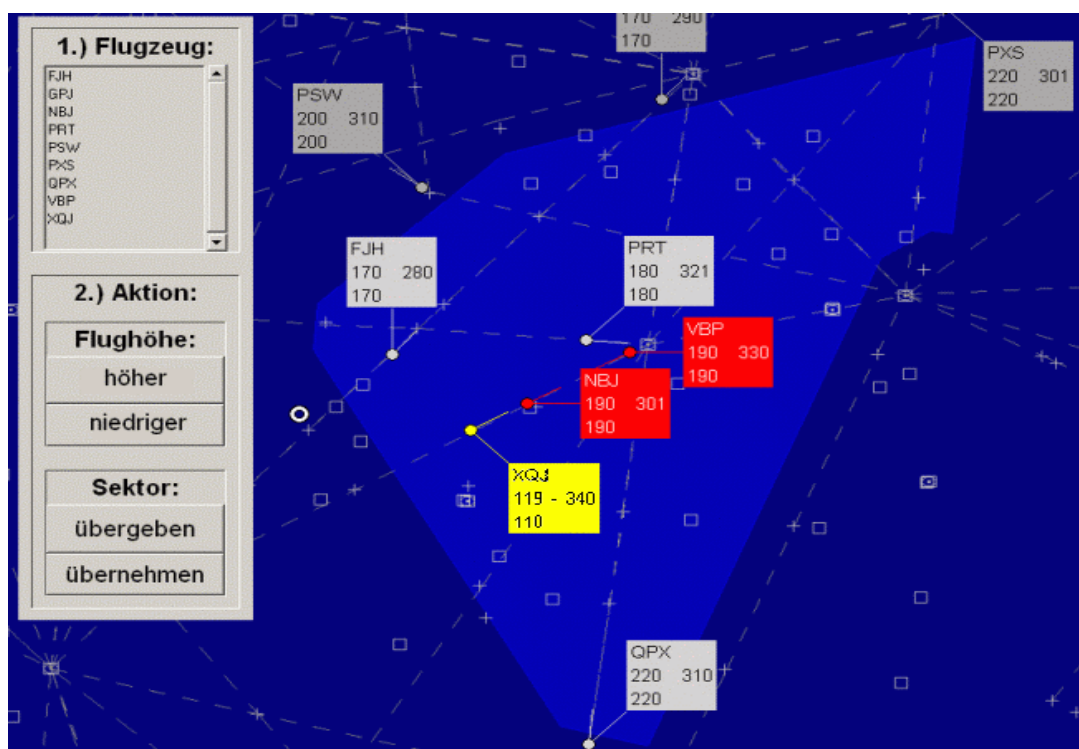


Abbildung 1: Screenshot von SAT/ATC (für Blickbewegungsmessung vereinfachte Version) mit Eingabepanel (links) für Eingriffe, Kontrollsektor (hellblau) und Flugzeugpositionen mit Labels.

Die visuelle Wahrnehmung beinhaltet nach Anderson (1996) neben der Extraktion der Objekte aus der visuellen Szenerie auch die Erkennung der Objekte. Die Interpretation der Verkehrssituation besteht in der Erkennung von Relationen zwischen den einzelnen Objekten, so dass beispielsweise Konflikte zwischen Flugzeugen erkannt

werden. Die Prognose der zukünftigen Verkehrssituation aus der aktuellen ist wichtig für die Ableitung von Eingriffen in den Luftverkehr.

Durch das Training mit SAT/ATC soll die Aufmerksamkeitslenkung auf relevante Konstellationen im Flugverkehr trainiert werden. Der Trainee soll am Modell eines erfahrenen Fluglotsen lernen, welche Informationen in welcher Situation zu beachten sind. Das Training mit SAT/ATC soll vergleichbar zum Training mit einem menschlichen Lotsentrainer sein, der dem Trainierenden am Radarbildschirm kritische Verkehrskonstellationen aufzeigt und erläutert.

4. Untersuchung des Trainingssystems SAT/ATC

Ziel der Untersuchung von SAT/ATC ist die Beantwortung der Fragestellung, ob die Aufmerksamkeit tatsächlich im Sinne einer effizienten Selektion relevanter Informationen gelenkt wird und dieses die Leistung der Fluglotsen bei der Erkennung und Lösung von Konflikten erhöht.

Wird durch SAT/ATC tatsächlich die Aufmerksamkeitsverteilung beeinflusst, dann wird erwartet, dass die Aufmerksamkeit stärker auf die im Sinne des konzeptuellen Modells wichtigen Flugzeuge gerichtet wird. Diese verbesserte Aufmerksamkeit für konflikthafte Flugzeuge zeigt sich auch in einem häufigeren Beachten der Informationen konflikthafter Flugzeuge.

Es ist weiterhin zu erwarten, dass die in Beziehung stehenden Flugzeuge und ihre Informationen bei der Interpretation der Verkehrssituation, wie beispielsweise bei der Identifikation von Konflikten, verglichen werden. Bei Richtigkeit der Annahme, dass SAT/ATC Situation Awareness fördert, sollten konflikthafte Flugzeuge eher und häufiger nacheinander beachtet werden.

Da die Aufgabe der Fluglotsen vorrangig aus der Überwachung des Luftraums besteht, geben Beobachtungs- und Befragungsmethoden nur begrenzt Aufschluss über die Informationsaufnahme und -verarbeitung bei der Kontrolle des Luftraums.

Neben der Messung der Erinnerungsleistung, der Handlungskompetenz und der Beanspruchung zur Erfassung der Situation Awareness wurde die Zuwendung der visuellen Aufmerksamkeit auf konflikthafte Flugzeuge durch Blickanalyse erhoben (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Abhängige Variablen der Evaluation von SAT/ATC (Auszug)

Indikatoren		Parameter
Blickdaten	→	Fixation relevanter Flugzeuge Übergangswahrscheinlichkeiten
Erinnerungsmessung	→	Erinnerung der Parameter relevanter Flugzeuge
Erkennung der Konflikte	→	Fehlerhäufigkeit und Latenzzeit bei der Konflikterkennung
Lösung der Konflikte	→	Fehlerhäufigkeit, Latenzzeit und Güte bei der Konfliktlösung

Wie bereits angesprochen, wird die visuelle Aufmerksamkeit als Indikator für die Wahrnehmung und Interpretation der Verkehrssituation über Blickanalysen erhoben. Dabei wird angenommen, dass das Auge bei der Erfüllung der Aufgaben nicht nur passiver Sensor ist, sondern aktiv zur Exploration der visuellen Umgebung eingesetzt wird (Rötting, 2001). Das Auge extrahiert für die Aufgabe wichtige Informationen.

Die Auswahl der Informationen ist dabei nicht nur von reizspezifischen Merkmalen, sondern insbesondere durch Gedächtnisinhalte der jeweiligen Person bestimmt, so dass sie ihre Umgebung ziel- und modellgeleitet wahrnimmt.

Die in der vorliegenden Untersuchung verwendete Methode zur Erfassung der Blickbewegungen wird als „Cornea-Reflex-Methode“ (Rötting, 2001) bezeichnet.

Die Cornea-Reflex-Methode basiert auf der Ableitung der Messung der relativen Bewegung des Auges mittels der Verschiebung des Cornea-Reflexes auf der Hornhaut. Der Cornea-Reflex ist dabei die Spiegelung des auftreffenden Lichtes auf der Hornhaut.

Die verwendete Anlage iView der Firma SMI ist ein kopfbasiertes Messsystem mit Kopfbewegungsregistrierung. Die Einbeziehung der Kopfbewegungen in die Berechnung der Blickkoordinaten ermöglicht auch bei freier Bewegung des Kopfes eine automatische Auswertung der Blickdaten. Die zeitliche Auflösung liegt bei 50 Hz. Die örtliche Auflösung beträgt 0,5° bis 1,0° und ist höher, wenn die Blickbewegungen im Zentrum des Bildschirms stattfinden.

Entscheidend für die Erfassung der visuellen Aufmerksamkeit ist die Fixation, die als Zustand relativen Stillstandes des Auges bezüglich eines Sehobjektes definiert wird (Rötting, 2001). Parameter der Blickanalyse bei der Bewertung von SAT/ATC sind die relative Fixationshäufigkeit auf Luftfahrzeugen bzw. ihren Labels (s. Abbildung 1), die kumulierte Fixationsdauer und die Übergangswahrscheinlichkeiten von relevanten Flugzeugen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Parameter der Blickdaten (Auszug)

Variable	Beschreibung	Parameter
Aufmerksamkeit	Absolute Häufigkeit der Fixationen auf die einzelnen Labels	Fixationshäufigkeit
Aufmerksamkeit	Relative Dauer der Betrachtung pro Label	Kumulierte Fixationsdauer
Blickverlauf	Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen sicheren Flugzeugen, kritischen Flugzeugen	Übergangshäufigkeit (gesamt)
Blickverlauf bis zum Erkennen des Konfliktes	Übergangswahrscheinlichkeiten vom Start der Simulation bis zur Erkennung des Konfliktes	Übergangshäufigkeit (Erkennung des Konfliktes)
Blickverlauf zum Lösen des Konfliktes	Übergangswahrscheinlichkeiten vom Erkennen des Konfliktes bis zum Eingriff zur Lösung des Konfliktes	Übergangshäufigkeit (Lösung des Konfliktes)

Die Wahrnehmung der Verkehrssituation wird über die relative Fixationshäufigkeit kritischer Flugzeuge im Vergleich zu den sicheren Flugzeugen erhoben. Ebenfalls ausschlaggebend für die Beachtung einzelner Flugzeuge ist die kumulierte Fixationsdauer der kritischen (konfliktbehafteten) Flugzeuge im Vergleich zu den sicheren Flugzeugen. Für die Ableitung der Übergangswahrscheinlichkeit werden die Fixationen zwischen kritischen Flugzeugen im Vergleich zu Fixationen zwischen sicheren Flugzeugen gemessen. Wird die Aufmerksamkeitsverteilung beim Training durch die Relevanz der Flugzeuge gesteuert, so ist über die gesamte Trainingsdauer (unterteilt in 12 Messabschnitte) eine Zunahme der Übergänge zwischen den kritischen Flugzeugen zu erwarten (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Erwartete Veränderung der Übergangshäufigkeit ÜW

	Trainingsphase 1		...	Trainingsphase 12	
	kritisch	sicher		kritisch	sicher
kritisch	ÜW = 0.25	ÜW = 0.25		ÜW > 0.25	ÜW < 0.25
sicher	ÜW = 0.25	ÜW = 0.25		ÜW < 0.25	ÜW < 0.25

5. Technische Voraussetzungen zur Auswertung dynamischer Informationen

Das verwendete szenarienbasierte Material ist dynamisch: Die Flugzeuge bewegen sich in kleinen Sprüngen alle 5-7 Sekunden über den simulierten Radarschirm. Die Standardtools der iView Software bieten jedoch nur die Auswertung statischer Inhalte an. Das bedeutet, dass für eine automatisierte Auswertung der Blickdaten bei dynamischen Bildschirmhalten vorher eine Zuordnung zwischen Blickposition auf dem Bildschirm und interessierendem Objekt hergestellt werden muss. Eine automatisierte Auswertung der Blickdaten ist wünschenswert, weil die anfallenden Daten umfangreich und hochfrequent sind. Die herkömmliche Auswertung per Videoaufzeichnung der Blickpfade verlangt viel Zeit und unabhängige Beobachter, um die Objektivität der Auswertung sicherzustellen. Weiterhin stellt die Entwicklung einer Auswertungsmethodik für dynamische und objektbezogene Blickdaten eine wichtige Aufgabe und Herausforderung dar, die auch in zukünftigen Untersuchungen eingesetzt werden soll.

Die Blickkoordinaten wurden während der Simulation aufgezeichnet und können anschließend automatisiert Bildschirmkoordinaten zugeordnet werden. Für die automatisierte Zuordnung der Fixationen zu den dynamischen Objekten der Simulationen ist eine Synchronisation von Simulationsdaten und Bildschirmblickkoordinaten erforderlich (s. Abbildung 2).

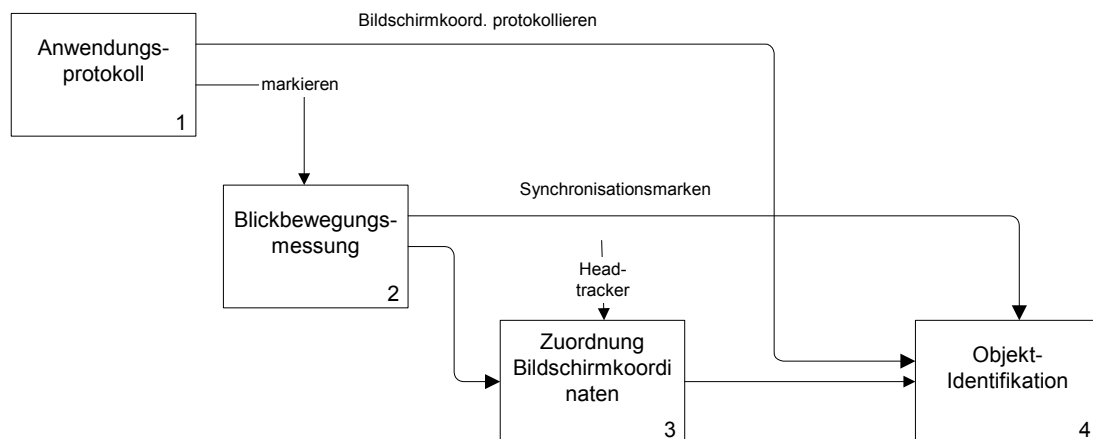


Abbildung 2: Prozess der Identifikation von beweglichen Anwendungsobjekten

Während des Betriebes der Anwendung, in der Blickdaten zu beweglichen Bildschirmobjekten zugeordnet werden sollen, müssen die Bildschirmkoordinaten protokolliert werden (s. Abbildung 2, Anwendungsprotokoll: 1). Gleichzeitig wird zu jedem Zeitpunkt, an dem eine Bewegung eines Objektes protokolliert wird, eine Synchronisationsmarke an die Blickbewegungsmessung geschickt („markieren“). Diese

Synchronisationsmarke wird beim iView-System durch den Befehl „ET_AUX“, der über ein serielles Nullmodemkabel geschickt werden kann, mit einer 16 Bit Zahl, die fortlaufend im Bereich von 0 bis 65534 hochgezählt werden kann, im Blickbewegungsprotokoll vermerkt. Die Blickbewegungsmessung erfolgt *head-mounted* (2). Daher ist eine Zuordnung zu Bildschirmkoordinaten durch den Headtracker erforderlich (3). Die Synchronisationsmarken im Bildschirmblickkoordinatenfile geben dann den Anhaltspunkt für den Abgleich mit dem Anwendungsprotokoll, in dem die Bewegung der zuzuordnenden Objekte vermerkt ist (4).

Während die Phasen 1-3 online während der Blickbewegungsmessung laufen, kann der vierte Schritt erst nach erfolgter Messung durchgeführt werden, wenn die beiden erzeugten Protokolldateien geschlossen wurden. In diesem Schritt werden die Geometrien der fixierbaren Objekte anhand der Bewegungskordinaten für jeden Zeitpunkt berechnet und als Bezugssystem zur Zuordnung der Bildschirmblickkoordinaten herangezogen.

Die Anwendungsprotokollierung (1) muss jede relevante Bewegung protokollieren. Es bietet sich an, Blickbewegungsmessung und Anwendung auf unterschiedlichen Rechnern laufen zu lassen. Neben der Protokollierung in einem Logfile muss daher die Synchronisationsmarkierung über ein serielles Kabel mit 9600 Bit/s gesendet werden. Damit die Uhren der beiden Rechner nicht auseinanderlaufen, sollte jeder Protokolleintrag mit einer Synchronisationsmarkierung im iView-Logfile verbunden werden. Es ist also noch zusätzlicher Arbeitsaufwand bei jeder Bewegung erforderlich. Dadurch sind Messungen bei Anwendungen mit höchstfrequenter Objektbewegung ausgeschlossen. Im Beispiel des SAT/ATC-Trainingsystems konnten Bewegungen aus dem Update des Radarbildes alle 5-7 Sekunden und aus benutzerinitiierten Labeldrehungen resultieren, daher konnten alle Positionsänderungen der Objekte protokolliert werden.

Neben der zeitlichen Synchronisation ist eine örtliche erforderlich, um die Bildschirmblickkoordinaten mit den Anwendungskoordinaten in Relation setzen zu können. Dazu wurde am Anfang einer Messung eine Kalibrierung mit einer definierten Position in der Anwendung durchgeführt (s. Abbildung 3) und der Zeitpunkt im Bildschirmblickkoordinatenprotokoll markiert. Ein zweiter Kalibrierungspunkt sollte Aufschluss über die Genauigkeit liefern. Die Umrechnung erfolgt über ein einfaches lineares Modell.



Abbildung 3: Darstellung zur Kalibrierung für die örtliche Synchronisation

Es wurden zwölf kurze Szenarien gemessen. Jedes Szenario erzeugt einen eigenen Satz Logfiles. Am Anfang jeden Szenarios wurde kalibriert. Die Gesamtdauer über alle Szenarien betrug etwa 1,5 Stunden. Während dieser Zeit war es oft erforderlich, die iView-interne Kalibrierung neu zu justieren. Über die Dauer des Versuches kam

es oft zu Ungenauigkeiten bei der Kalibrierung zur örtlichen Synchronisation (s. Abbildung 4). Aus einer nachträglichen Analyse aller 12x2 Kalibrierungspunkte ergeben sich zumeist jedoch gute Parameter zur Bestimmung des linearen Modells zur Umrechnung von Bildschirmblickkoordinaten in Anwendungskoordinaten. Ein Vergleich über die einzelnen Versuchspersonen und über den Verlauf des gesamten Erhebungs (s. Abbildung 4) zeigt zwei unterschiedliche Fehlertypen, die anhand des Abgleichs von erster und zweiter Kalibrierung ermittelt wurden (Darstellung des max. Fehlers für x- und y-Komponente):

1. Vereinzelt Ausreißer sind auf die fehlerhafte Kalibrierung eines Szenarios zurückzuführen. Als Parameter für das Umrechnungsmodell lassen sich in diesem Fall die besseren Parameter aus der vorigen und folgenden Kalibrierung verwenden (s. z.B. Abbildung 4, (1)).
2. Eine kontinuierliche Verschlechterung ist als ein methodischer Fehler zu werten, der auf eine schlechter werdende interne Kalibrierung hindeutet (s. z.B. Abbildung 4, (2)).

Welche Genauigkeit mit der räumlichen Synchronisation erreicht werden kann, hängt neben der Auflösung von Blickbewegungsmessung und Anwendung von dem minimalen Fehler ab, der für jedes einzelne Szenario pro Versuchsperson aus solch einer Fehleranalyse angenommen werden kann.

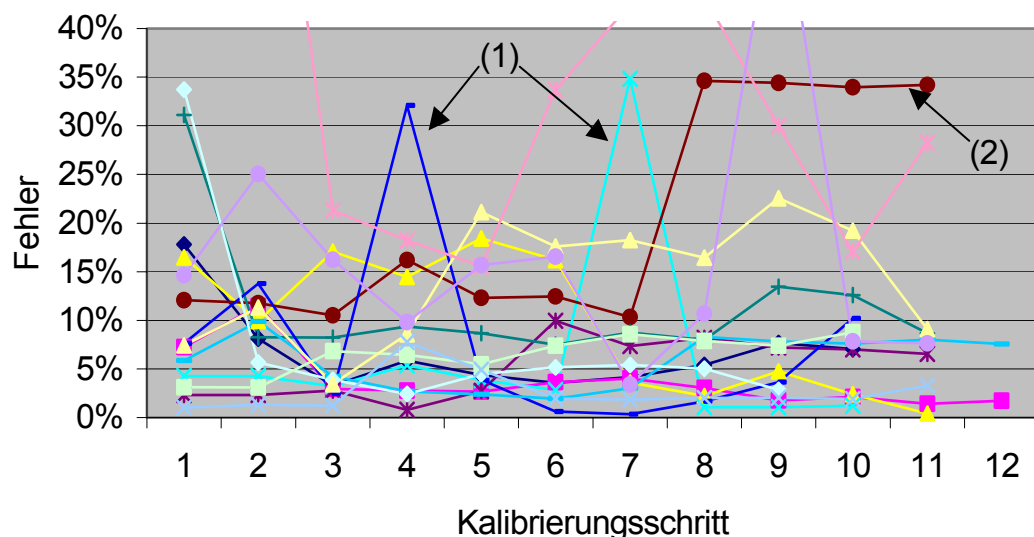


Abbildung 4: Kalibrierungsfehler für die Zuordnung über die bis zu 12 Kalibrierungsschritte pro Versuchsperson

6. Stand der Untersuchung und Ausblick

Die Evaluation des Trainingssystems SAT/ATC wurde im Labor des Zentrums Mensch-Maschine-Systeme (ZMMS) mit 44 Versuchsteilnehmern durchgeführt. Es liegen Daten zur Leistung, zur Erinnerung, zum Blickverhalten, zur Beanspruchung sowie zur subjektiven Einschätzung des Trainingssystems vor. Außer den Blickdaten wurden bereits alle erhobenen Daten ausgewertet. Die Ergebnisse wurden zum einen im Hinblick auf die Handlungskompetenz der Versuchsteilnehmer diskutiert und zum anderen konnten Schwachstellen von SAT/ATC erkannt sowie Verbesserungsvorschläge abgeleitet werden (Bruder, Leuchter, Schulze-Kissing & Urbas, 2002). Die Blickdaten, die einen wichtigen Beitrag zur Aufmerksamkeitslenkung durch

SAT/ATC liefern, konnten bisher aufgrund der noch andauernden technischen Entwicklung der automatischen Auswertung nicht ausgewertet werden. Es ist abzuwarten, welche Hinweise die Blickdaten im Hinblick auf die Aufmerksamkeit der Trainierenden liefern und in welchem Zusammenhang sie zu den anderen Ergebnissen der Untersuchung stehen.

Der Einsatz der Methode zur automatischen Auswertung von Blickbewegungen bei dynamischen Informationen ist abhängig von der Dynamik der Bewegung der Objekte auch bei anderen Informationssystemen einsetzbar. Da die eigentliche Identifikation der fixierten Objekte erst nach der Messung offline geschieht, ist der erhöhte Rechenaufwand bei einer komplizierteren Geometrie der Objekte kein Hemmnis für den Einsatz. Ändert sich jedoch nicht nur die Position der interessierenden Objekte auf dem Bildschirm, sondern ist auch die Form oder Größe der Objekte veränderlich, muss eine komplexere Methode zur Protokollierung der Dynamik benutzt werden. In diesem Fall sinkt der Grad der Dynamik, der mit dieser Methode verarbeitet werden kann, weiter.

Die Anwendungen, deren bewegliche Objekte Fixationen zugeordnet werden sollen, müssen um Routinen zur Synchronisation und Bewegungsprotokollierung erweitert werden. Dies geschieht am effektivsten durch Änderung der Bewegungsroutinen, möglichst durch Erweiterung eines *Hooks*, wenn solche im Anwendungsframework vorgesehen sind. Oft liegen jedoch fertige Anwendungen vor, die nicht in ihrem Quellcode modifiziert werden können. In diesen Fällen ist möglicherweise eine Erweiterung durch Skriptkomponenten durchführbar. Rodriguez & Gostanza (2002) berichten beispielsweise über JavaScript- und Java-Einbettungen in HTML-Seiten, die u.a. bewirken, dass Scrollen in einem Web-Browser, der diese Standards verarbeitet, protokolliert wird. Über einen ähnlichen Mechanismus ließe sich die Bewegung eines Objektes auf einer HTML-Seite in einem Browser beim Seitenwechsel und bei Seitenbewegungen mit Blickbewegungsmessungen verknüpfen. Um Fensterbewegungen zu vermeiden, könnte der Webbrowser in einem entsprechenden Versuchsaufbau im Kioskmodus betrieben werden.

Diese Arbeit wird von der VolkswagenStiftung im Rahmen des Programms „Nachwuchsgruppen an Universitäten“ unterstützt.

7. Literatur

- Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie, Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum Verlag.
- Bass, E. J. (1998). Towards an Intelligent Tutoring System for Situation Awareness-Training in Complex, Dynamic Environments. In: B. Goettl; H. M. Half; C. L. Redfield & J. V. Shute (Hrsg.). *Intelligent Tutoring Systems. Proceedings of the 4th International Conference, ITS'98. San Antonio, Texas, USA. August 1998*, 26-35. Berlin: Springer.
- Bruder, C.; Leuchter, S.; Schulze-Kissing, D. & Urbas, L. (2002). Evaluation von Situation Awareness Training in der Flugsicherung. In: M. Grandt & K.-P. Gärtner (Hrsg.). *Situation Awareness in der Fahrzeug- und Prozessführung*, 319-338. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V. (DGLR Bericht; 2002-04).

- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37 (1) 32-64.
- Gopher, D. (1993). The Skill of Attention Control: Acquisition and Execution of Attention Strategies. In: D. Meyer & S. Kornblum (Hrsg.). *Attention and Performance XIV: Synergies in Experimental Psychology, Artificial Intelligence, and Cognitive Neuroscience - A Silver Jubilee*, 299 - 322. Cambridge, MA: MIT Press.
- Leuchter, S. & Jürgensohn, T. (2001). Situation awareness-Training für Fluglotsenschüler. In: H. Oberquelle; R. Oppermann & J. Krause (Hrsg.). *Mensch & Computer 2001. 1. Fachübergreifende Konferenz*, 437-438. Stuttgart: Teubner.
- Rodriguez, C. G. & Gostanza, P. P. (2002). Ergotracer: An Internet User Behaviour Tracer. In: H. Unger; T. Böhme & A. Mikler (Hrsg.). *Innovative Internet Computing Systems. Second International Workshop, IICS 2002, Kühlungsborn, Germany, June 20-22, 2002. Proceedings*, 121-132. Berlin: Springer.
- Rötting, M. (2001). *Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen*. Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung, Bd. 34. Zugl. Dissertation, RWTH Aachen. Aachen: Shaker.
- Schandry, R. (1998). *Lehrbuch der Psychophysiologie*. Weinheim: Beltz.
- Seifert, K. & Eyferth, K. (1999). Vergleich zweier Methoden zur Kontrolle visueller Suchprozesse: Blickbewegungsmessung und Demaskierungstechnik. In: M. Rötting & K. Seifert (Hrsg.). *Blickbewegungen in der Mensch-Maschine-Systemtechnik*, 71-87 Berlin: Pro Universitate Verlag (ZMMS Spektrum; 8).
- Seifert, K.; Rötting, M. & Jung, R. (2001). Registrierung von Blickbewegungen im Kraftfahrzeug. In: T. Jürgensohn & K.P. Timpe (Hrsg.). *Kraftfahrzeugführung*, 207-228. Berlin: Springer.