

AUFMERKSAMKEITSSTEUERUNG - EIN ANSATZ ZUR PILOTENUNTERSTÜTZUNG IN DER ROLLFÜHRUNG

B.Blom¹, U.Niederée², P.Hecker¹, und M.Vollrath²

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Flugführung,
Hermann-Blenk-Str. 27, 38108 Braunschweig, Deutschland

²Technische Universität Braunschweig, Lehrstuhl für Ingenieur- und
Verkehrspsychologie, Gaußstr. 23, 38106 Braunschweig, Deutschland

Zusammenfassung

Bereits heute, bei 2- oder 3-köpfigen Besatzungen, ist die Rollführung von Flugzeugen auf Verkehrsflughäfen eine fehlerträchtige Aufgabe. Insbesondere im 1-Piloten-Cockpit der Zukunft stellt das sogenannte TAXIING angesichts heutiger Hilfsmittel und Zahlen zu Beinahe-Unfällen eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar. Abhilfe könnte eine Unterstützung der Aufmerksamkeitsverteilung des Piloten schaffen. Verbreitet werden heute als Orientierungshilfe während des Rollvorgangs Tablet-Computer verwendet, die eine MOVING MAP anzeigen. Darauf basierend wird ein Konzept zur Steuerung der Aufmerksamkeitsverteilung vorgestellt und erste Ergebnisse aus der durchgeführten Simulatorstudie werden präsentiert.

1. ROLLFÜHRUNG

Die effiziente und sichere Steuerung der Bewegungen von Verkehrsflugzeugen zwischen Landebahn und Parkpositionen ist die definierende Aufgabe der Rollführung. Da die Verantwortung für die Einhaltung der zugewiesenen Rollstrecken jedoch bei den Piloten liegt, müssen diese Strecken den Piloten angemessen und verständlich präsentiert werden. Diese Präsentation erfolgt bisher ausschließlich auditiv über Funkverbindungen. Um die Kommunikation kurz, eindeutig und möglichst frei von Mißverständnissen gestalten zu können, werden Rollwege mit Bezeichnungen versehen, wodurch sich die zu befolgende Strecke aus den aneinandergereihten Bezeichnungen der einzelnen Rollwege ergibt. Als Bezeichnungen der Rollwege dienen meist einzelne Buchstaben, allerdings sind auch Kombinationen aus Buchstaben und Zahlen verbreitet. Vereinzelt existieren auch Sonderbenennungen. Gemeinsam ist allen, dass die Bezeichnungen für die Informationsübertragung mittels des von der ICAO¹ veröffentlichten *Radiotelephony Spelling Alphabet*² codiert werden, um die Fehlerrate bei der Übertragung zu senken und Missverständnisse zu vermeiden. Zusätzlich findet die Kommunikation in festgelegten Sprechgruppen statt, so dass

Schwierigkeiten bei der Interpretation der Informationen minimiert werden. Die Piloten müssen die freigegebene Rollstrecke zusätzlich zurücklesen, damit der zuständige Lotse Fehler erkennen und korrigieren kann. Erst nach Bestätigung der Korrektheit der zurückgelesenen Rollstrecke darf das Flugzeug die bisherige Position verlassen und die Rollstrecke nutzen.

Nach der korrekten Aufnahme der Informationen über die zugewiesene Rollstrecke muss die Strecke mithilfe von Kartenmaterial des jeweiligen Flughafens von den Piloten identifiziert werden. Als weitere Orientierungshilfe sind die Rollwege farblich markiert (Mittel- und Seitenstreifen, nachts mit farbigem Licht) und mit Schildern versehen, welche die Bezeichnung der jeweiligen Rollwege angeben. Trotz all dieser Sicherheitsmaßnahmen werden Fehler gemacht, welche zu sicherheitsrelevanten Vorfällen führen (Runway Incursion). Definiert sind diese als:

Any occurrence at an aerodrome involving the incorrect presence of an aircraft, vehicle or person on the protected area of a surface designated for the landing and take-off of aircraft. [5]

Im Zeitraum zwischen 1988 und 2000 hat das U.S. Runway Safety Program Office 3420 solcher incursions gemeldet [3]. Zu

¹International Civil Aviation Organization

²vgl. [6]

solchen Situationen trägt unter anderem auch das Flughafen-layout bei. Insbesondere bei sich kreuzenden Landebahnen ergeben sich häufig sehr schwer zu überblickende Rollwege-layouts. Erschwerend kommt hinzu, dass die Piloten während des Rollens noch weitere Aufgaben wahrnehmen müssen. So müssen zum Teil noch Checklisten abgearbeitet werden, um das Flugzeug in Start- oder Parkkonfiguration zu bringen. Ausserdem muss der Funkverkehr beachtet und ggfs. bearbeitet werden. Weiterhin können schlechte Sichtbedingungen und andere Fahrzeuge die Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit der Piloten weiter erhöhen. Bereits durchgeführte Studien zeigen jedoch, dass die Fehlerrate nicht direkt mit der Güte der Sichtbedingungen zusammenhängt [3], was allerdings unter anderem mit der bei schlechten Sichtbedingungen deutlich verringerten Rollgeschwindigkeit erklärbar ist [2].

Seit einiger Zeit werden seitens der Cockpitbesetzungen Tablet-Computer (sogenannte EFBs³) eingesetzt, um Navigationskarten nicht mehr in Form von Papier, sondern elektronisch verfügbar zu haben, was neben dem Zuwachs an Komfort eine Gewichtsreduzierung ermöglicht und auch logistische Erleichterungen mit sich bringt. Solche Anzeigesysteme werden mittlerweile auch standardmäßig in Cockpits verbaut, wobei es sich dabei dann um Spezialgeräte handelt, welche weitgehend in das Cockpitkonzept integriert sind. Neben der statischen Anzeige von Daten bieten EFBs generell den Vorteil, Daten auch dynamisch und ggfs. situationsabhängig anzeigen zu können. Schon mit Geräten für den Konsumentenmarkt lässt sich aufgrund des eingebauten GPS-Empfängers eine Position errechnen und auf Navigationskarten darstellen. Sofern die Anzeige der eigenen Position konstant gehalten und die Karte um diese eigene Position herum dargestellt wird, wird dies auch als MOVING MAP bezeichnet. Eine solche kann weiter verbessert werden, indem die freigegebene Rollstrecke farblich hervorgehoben wird, wie in Bild 1 dargestellt.



BILD 1. MOVING MAP mit Routenhervorhebung

Aber auch eine solche Unterstützung ist kein Garant dafür, dass die dargebotenen Informationen auch wahrgenommen und genutzt werden. Aus diesem Grund stellt sich die Frage,

³Electronic Flight Bag

wie die Wahrscheinlichkeit, mit der der Pilot die dargebotenen Informationen wahrnimmt, erhöht werden kann.

Ziel des Forschungsprojekts DAS BÜRGERNAHE FLUGZEUG, in dessen Rahmen die Untersuchungen durchgeführt werden, ist die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für lärmarme Flugzeuge der Zukunft. Die dem Projekt zugrunde liegende Vision beschreibt eine an den Bedürfnissen der Bürger ausgerichtete Integration von kurzstart- und -landefähigen Verkehrsflugzeugen in die Metropolen. Die gesellschaftlichen Ziele bestehen in der Befriedigung der Mobilitätsanforderungen der Industriegesellschaft bei Minimierung des Flächenverbrauchs. Gleichzeitig werden die technologisch anspruchsvollen Ziele der substantiellen Lärminderung und Minimierung des Verbrauchs der Primär-Energieressourcen verfolgt.

Das Ziel des hier präsentierten Teilprojekts war die Gestaltung eines Human-Machine-Interfaces (HMI) für ein mögliches Ein-Pilotencockpit der Zukunft. Durch diese weitere Reduzierung der Crew verbleiben alle oben beschriebenen Aufgaben bei einer einzelnen Person, wodurch eine zielgerichtete Aufmerksamkeitssteuerung an Bedeutung gewinnt. Die Herausforderung besteht vor allem darin, die Aufmerksamkeit des Besatzungsmitglieds nur wenn nötig auf die MOVING MAP zu lenken, gleichzeitig aber weitestmöglich zu garantieren, dass keine wesentliche Information übersehen wird, weil gerade andere Aufgaben die gleichen mentalen Ressourcen beanspruchen.

2. GRUNDLAGEN

Aus durchgeführten Studien geht hervor, dass der wesentliche Fokus der Cockpitbesetzungen während des Rollens auf der Aussensicht liegt [2]. Dabei wurde von den Besetzungen bereits der Wunsch nach auditiven Benachrichtigungen geäußert, welche signalisieren sollen, wann auf ein Display geschaut werden soll und wann dies nicht nötig ist. Prinzipiell besteht die Möglichkeit ein Head-Up-Display (HUD), einzusetzen, um der Cockpitbesetzung zusätzliche Informationen direkt ins Sichtfeld zu projizieren. Allerdings werden HUDs in der zivilen Luftfahrt spätestens seit den 1980er Jahren diskutiert, eine großflächige Einführung ist jedoch bis heute unterblieben, weshalb auch wir uns auf eine Head-Down-Lösung beschränken. Daher müssen für die Gestaltung einer MOVING MAP für das 1-Piloten Cockpit Grundlagen der Aufmerksamkeitsverteilung des Menschen bei geteilter Aufmerksamkeit berücksichtigt werden.

Das Ziel dieses Teilprojekts war, eine Applikation zu entwickeln, deren Gestaltung dem Piloten bei der Navigation auf dem Flughafengelände

- ein optimales Aufmerksamkeitsmanagement ermöglicht
- ermöglicht, dass sein Aufmerksamkeitsfokus auf der Aussensicht liegt
- schnellstmögliche Eingriffe bei Routenänderungen oder unerwartet kreuzendem Verkehr ermöglicht.

Als Grundlage für die Gestaltung des HMI wurde das Aufmerksamkeitsverteilungsmodell von Wickens et al. verwendet [10], welches im Folgenden kurz dargestellt wird.

DAS SEEV MODELL

Mit Hilfe dieses Modells kann visuelle Suche und Aufmerksamkeitszuwendung sowohl im Allgemeinen als auch für dynamische Umgebungen wie Luftfahrt ([8], [9]) oder Straßenverkehr ([4], [7]) erklärt und berechnet werden. Die Autoren gehen davon aus, dass visuelle Aufmerksamkeitszuwendung von folgenden vier Faktoren beeinflusst wird: Salienz (**Saliency**), Aufwand (**Effort**), Erwartung (**Expectancy**) und Wert (**Value**) (SEEV). Prozesse, die Salienz und Aufwand betreffen, werden als Bottom-Up Prozesse bezeichnet. Sie werden von der Umwelt gesteuert oder ausgelöst. Die beiden Faktoren Erwartung und Wert stellen Top-Down Prozesse dar, das heißt sie sind wissensgesteuert (siehe Bild 2).

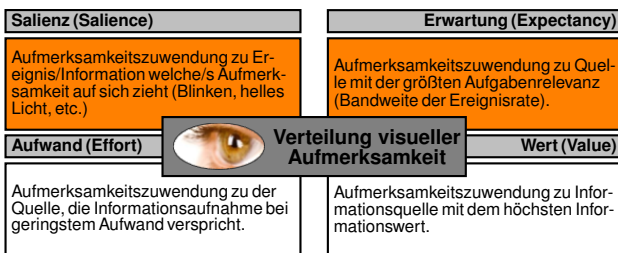


BILD 2. Das SEEV Modell nach [10]

Der Aufwand, der benötigt wird, um eine Information aufzunehmen und zu verarbeiten, ist sowohl von der Komplexität und Präsentation der Information, als auch von dem räumlichen Abstand zum bisherigen Aufmerksamkeitsfokus abhängig. Aufgrund der Nutzung eines Head-Down-Displays ist der Aufwand zur Informationsaufnahme hoch, da nicht nur eine große Distanz zwischen Cockpitfenster und Display liegt, sondern auch das Auge neu akkomodiert werden muss. Zusätzlich können völlig unterschiedliche Lichtverhältnisse herrschen, womit die Informationsaufnahme weiter erschwert wird.

Der Wert einer Information bemisst sich nicht nur aus der Information selbst, sondern auch aus der Situation heraus. Bezogen auf die Rollführung bedeutet dies: hat der Pilot die Orientierung verloren, so rechtfertigt der Blick auf eine Orientierungshilfe einen hohen Aufwand. Dagegen kann schon ein kleiner Aufwand einen Kontrollblick verhindern, sofern sich der Pilot seiner Orientierungsfähigkeit sicher glaubt. In der vorliegenden Arbeit wurde sich daher auf die beiden Faktoren Salienz (Bottom-Up) und Erwartung (Top-Down) bezogen.

Das SEEV-Modell besagt, dass der Anwender bei hoher Erwartung neuer Informationen in einem bestimmten Bereich seine Aufmerksamkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit dorthin lenkt. Dabei kann eine Erwartungshaltung durch Umgebungshinweise (z.B. Signaltöne), oder aus der Frequenz bisheriger Ereignisse erzeugt werden. Ändert z.B. eine Kontrollleuchte häufig den Zustand, so wird auch der Benutzer einer Anlage den Zustand dieser Leuchte häufig kontrollieren. Auf die Rollführung angewendet bedeutet dies, dass der Pilot aufgrund der sich laufend verändernden Situation versucht ist, häufig auf das Display zu schauen. Oftmals ist ein solcher Blick jedoch lediglich den optischen Reizen geschuldet und bietet keinen Informationsgewinn.

Um zu erreichen, dass sich ein Pilot beim durch eine MOVING MAP unterstützten Rollvorgang auf die Außensicht fokussieren kann und nur sofern nötig auf das Display schaut, lässt sich aus dem Modell für die zwei im Fokus dieser Untersuchung stehenden Punkte folgendes für die Gestaltung des HMI ableiten:

- **Salienz:** visuelle Aufmerksamkeit soll möglichst nur dann auf die MOVING MAP gezogen werden, wenn die dargestellte Information den Aufwand für die Informationsaufnahme rechtfertigt. Für die Gestaltung der MOVING MAP bedeutet dies, dass solche Informationen mittels optischer und akustischer Hinweisreize salient gemacht werden sollen. Wenn die Betrachtung der MOVING MAP keinen Wissensgewinn für den Piloten mit sich bringt, soll sie möglichst keine Aufmerksamkeit auf sich ziehen.
- **Erwartung:** Benutzer erhofft sich aus eigenem Antrieb einen Erkenntnisgewinn durch Betrachtung der MOVING MAP. Durch die hohe Änderungsrate der dargestellten Situation wird eine hohe Frequenz von Kontrollblicken beim Nutzer induziert. Durch eine weniger saliente Darstellung soll die Änderungsrate der dargestellten Information verändert werden und somit die Frequenz der Kontrollblicke beim Nutzer herabgesetzt werden, was allerdings deutliche Hinweise auf veränderte Situationen nötig macht, damit der Nutzer immer dann auf die MOVING MAP schaut, wenn dies nötig ist.

3. REALISIERUNG

Der Lösungsansatz für das skizzierte Problem sieht eine MOVING MAP-Applikation vor, welche die beschriebenen Effekte zur Aufmerksamkeitssteuerung beinhaltet und reproduzierbar auslöst. Ziel der Entwicklung war, eine Simulation der Rollführungssituation zu erstellen, um den Effekt der Aufmerksamkeitssteuerung in Versuchen mit Testpersonen untersuchen und bewerten zu können. Die zur Analyse des Konzepts benötigte Software wurde vollständig am Institut für Flugführung entwickelt. Grundlage dafür war eine bereits existierende MOVING MAP-Applikation, welche in der Programmiersprache C++ und mithilfe des Qt-Frameworks entwickelt wurde. Für die Anzeige der Außensicht war ein Beamer vorgesehen, die MOVING MAP wurde auf einem berührungssensitiven Monitor dargestellt. Der Versuchsaufbau wird in Abschnitt 4 genauer beschrieben. Basierend auf dem in Kapitel 2 erläuterten SEEV-Modell wurden drei verschiedene Varianten der MOVING MAP gestaltet und anschließend in einer Flugsimulatorstudie auf ihre Effektivität bei der Aufmerksamkeitslenkung getestet.

Für die Flugsimulatorstudie muss die auf der MOVING MAP dargestellte Situation möglichst exakt in einer Cockpitsicht dargestellt werden. Hierfür wurde die Applikation mit dem FLIGHT SIMULATOR X von MICROSOFT synchronisiert. Alle für die Versuche erstellen Rollszenarien finden auf dem Gelände des Flughafens Frankfurt am Main statt. Hintergrund dieser Wahl ist, dass dieser Flughafen ein komplexes Layout aufweist und mittels einer Erweiterung (MEGA AIRPORT FRANKFURT von AEROSOFT) für die Simulationssoftware auch in hoher Genauigkeit in der Außensicht dargestellt werden kann. Beispielhaft

ist in Bild 4 eines der entwickelten Versuchsszenarien dargestellt.

In der dargestellten Situation ist die bereits freigegebene Rollstrecke grün markiert, der rote Teil darf noch nicht benutzt werden. Erst im Verlauf des Szenarios wird der weitere Teil freigegeben und wird dann auch in grün präsentiert. Dies wird eingeleitet durch ein Fahrzeug, welches die Rollstrecke im noch nicht freigegebenen Teil kurz vor dem Flugzeug kreuzt. Im weiteren Verlauf der Szenarien ist eine weitere solche Begegnung programmiert, allerdings ohne Ankündigung durch eine nicht freigegebene Strecke. Dies wird später erläutert.

Die Aufmerksamkeitssteuerung sorgt dafür, dass der Benutzer vor jeder Kreuzung, an der von der bisherigen Rollrichtung abgewichen werden muss, mittels optischer und ggfs. akustischer Signale auf die MOVING MAP aufmerksam gemacht wird, sofern die jeweiligen Optionen aktiviert werden. Um die Salienz der MOVING MAP erhöhen zu können, muss die Salienz der vorangehenden Darstellung geringer sein. Dies wird durch eine Verdunkelung der Darstellung erreicht, die immer dann einsetzt, wenn die Rollstrecke lediglich geradeaus führt. Bild 5 zeigt diesen Zustand. Erkennbar ist, dass der Teil direkt vor der Repräsentation des eigenen Flugzeugs nicht verdunkelt wird. Diese Darstellung bietet den Vorteil, dass dem Benutzer die wesentlichen Informationen auch dann nicht vorenthalten werden, wenn eine Informationsaufnahme nicht vorgesehen und prinzipiell auch nicht nötig ist.

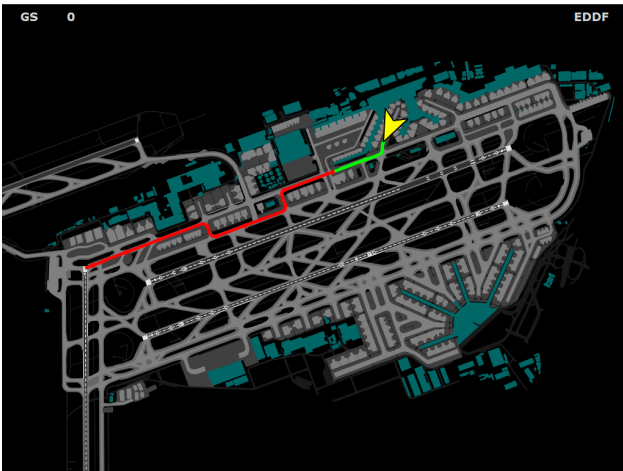


BILD 3. Rollszenario 1

Nähert sich der Benutzer einer Abzweigung, so wird diese Verdunkelung aufgehoben, was die Salienz des Displays erhöht und somit eine Reaktion auslöst. Optional können noch zwei weitere Signale mit dem Aufheben der Verdunkelung verknüpft werden. Bei der optischen Variante des Zusatzsignals blinkt der äussere Teil des Bildschirms der MOVING MAP dreimal weiß auf. Dieses Signal stellt den höchstmöglichen Kontrast zu der größtenteils schwarzen Darstellung auf dem Display dar. Das zweite Zusatzsignal ist akustischer Natur, um einen weiteren Wahrnehmungskanal des Benutzers anzusprechen. Ebenfalls ist eine Kombination aller drei Signale möglich.

Diese Signale werden auch bei Annäherung an noch gesperrte Streckenabschnitte ausgelöst. Um eine nachvollziehbare Situation zu erzeugen, kreuzen an diesen Stellen andere Fahrzeuge die Strecke, worauf dann die weitere Rollfreigabe erteilt wird, also der bisher rot dargestellte Streckenabschnitt fortan in grün erscheint.

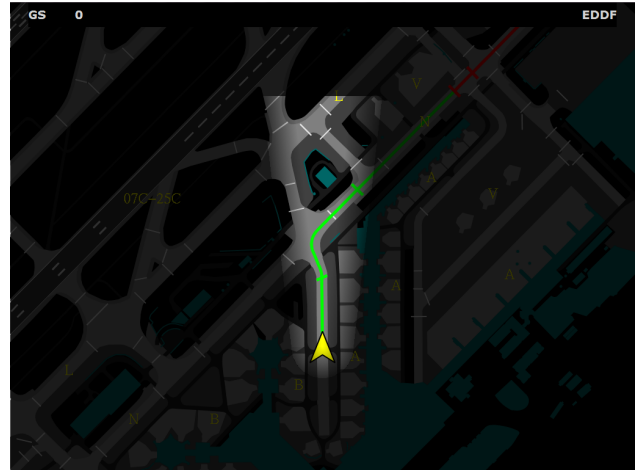


BILD 4. Verdunkelung der MOVING MAP

Während die Benutzer die Szenarien absolvieren, wird die vorgesehene Route geändert. Sobald diese Änderung ausgelöst wird, werden auch die oben genannten Signale ausgelöst und ein Button erscheint. Die Routenänderung muss vom Benutzer durch Berührung dieses Buttons bestätigt werden, was dann zur parallelen, aber farblich codierten Anzeige der bisherigen Strecke (nun rot) und der neuen Strecke (grün) führt. Diese Veränderung wird dreimal für jeweils 0,5 s angezeigt und dann für die gleiche Zeitspanne versteckt, damit auch diese Information blinkend dargestellt wird. Anschließend verbleibt nur die geänderte Streckenführung auf dem Display.

Zudem werden die Benutzer während der Szenarien mit einer Situation konfrontiert, in der ein Fahrzeug den Rollweg in geringer Distanz kreuzt. In dieser Situation ist eine Reaktion des Benutzers nötig, um einen virtuellen Zusammenstoß zu vermeiden. Diese Situation tritt ohne vorherige Warnung oder Signale auf und ist reproduzierbar. Der Zeitpunkt der Sichtbarkeit des Hindernisses ist somit bei allen Testpersonen gleich, da das Fahrzeug über die Distanz zum Kollisionspunkt gesteuert wird. Unterschiedliche Rollgeschwindigkeiten führen so nur dazu, dass die Zeit, in der eine Reaktion erfolgen muss, verändert wird.

Abhängig von der Bildwiederholrate der Simulationssoftware werden die folgenden Daten aufgezeichnet. Neben den Augenbewegungen der Probanden für jeden dargestellten Frame der Außensicht: Uhrzeit, Position, Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit sowie der Zustand der MOVING MAP (verdunkelt oder komplett sichtbar). Zudem wurden besondere Ereignisse (Bildschirm der MOVING MAP wird berührt, Freigabesituation verändert sich,...) mit Zeitstempel in den Daten festgehalten. Durch die Kopplung an die Bildwiederholrate der Simulation werden zwar die Daten nicht in regelmäßigen Intervallen aufgezeichnet, jedoch bietet die Schnittstelle zur Simulati-

onssoftware als Alternative nur Sekundenintervalle, was keine akzeptable Lösung dargestellt hätte. Zudem erfolgt noch eine Kopplung mit der Software für die Aufzeichnung der Blickdaten, um auch hier später eine zeitliche Zuordnung herstellen zu können. Somit sind alle Daten vorhanden, um später eine exakte Nachbildung der Situationen und Reaktionen erzeugen zu können.

4. METHODE

RAUM UND MATERIAL

Die Durchführung der Studie fand in dem Flugsimulatorlabor der Abteilung Ingenieur- und Verkehrspsychologie der Technischen Universität Braunschweig statt. Das Labor ist mit einem Beamer, einer Leinwand, einem Touchscreen, einem Blickdatenrechner der Firma Ergoneers (2009) und einem Joystick ausgestattet (siehe Bild 6). Die verwendete Hardware stellt, mit Ausnahme der für die Erfassung der Blickdaten notwendigen Hardware, Consumerware dar. Es wurde nicht darauf geachtet, eine in Bezug auf Helligkeit und Kontrast realistische Simulation zu erreichen. Zur Vermeidung von Störvariablen wurden die Beleuchtungsverhältnisse, die Anordnung des Tisches und die Position der MOVING MAP sowie die der Versuchsführerin konstant gehalten. Die Position des Eingabegeräts konnte von den Probanden bei Versuchsbeginn an die individuellen Bedürfnisse und Gewohnheiten angepasst werden.

Die MOVING MAP wurde auf einem Touchscreen der Firma VEGA mit einer Bilddiagonalen von etwa 30,5 cm und XGA-Auflösung dargestellt. Die Leinwand und damit die Darstellung der Außensicht hat eine Größe von 193 cm × 146 cm und eine SXGA-Auflösung.



BILD 5. Flugsimulatorlabor, Ingenieur- und Verkehrspsychologie, TU Braunschweig

PROBANDEN

An der Studie nahmen bislang 16 Probanden (6 weiblich, 10 männlich) mit normaler oder korrigiert zu normaler Sehkraft teil. Das Alter der Versuchspersonen lag zwischen 20-42 Jahren ($M = 26$ Jahre, $SD = 6$). 7 der 16 Personen hatten bereits

Erfahrung mit einem Flugsimulator und 9 Erfahrung mit einem Joystick gesammelt. 10 der Probanden waren Studenten.

VERSUCHSPLAN

Im Rahmen des Versuchs wurde die Art der Aufmerksamkeitslenkung dreifach-gestuft (3 Faktorstufen):

- Variante A = MOVING MAP
- Variante B = MOVING MAP mit Ausblenden, wie in Bild 5 gezeigt
- Variante C = MOVING MAP mit Ausblenden und auditivem + peripher visuellem Hinweisreiz

Jeder Versuchsperson wurden im Laufe des Versuchs alle drei Faktorstufen der Aufmerksamkeitssteuerung dargeboten. Somit rollte jeder Proband mit jeder Variante der MOVING MAP. Dieses Versuchsdesign wird WITHIN-SUBJECTS DESIGN genannt. Alternativ dazu wäre ein BETWEEN-SUBJECTS DESIGN möglich, bei der einzelne Probanden nur einzelne Faktorstufen erleben. Dies hat jedoch den Nachteil, dass mehr Probanden benötigt werden, was angesichts des benötigten Aufwands nicht erstrebenswert war. Nachteilig an dem WITHIN-SUBJECTS DESIGN ist, dass sich Lerneffekte ergeben. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse mehr über den Lerneffekt als über die Auswirkung der verschiedenen Varianten aussagen würden. Für die Kontrolle bzw. Reduzierung eines solchen Effektes wurden drei verschiedene Szenarien konstruiert. Diese Szenarien wurden mit den Varianten der MOVING MAP kombiniert und über die Probanden ausbalanciert dargeboten

DURCHFÜHRUNG

Nach der Begrüßung erhielten die Probanden einen allgemeinen Ablaufplan des Versuchs mit einer groben Erläuterung der MOVING MAP und der verschiedenen Varianten. Da sich die Stichprobe primär aus Studenten zusammensetzte, folgte eine schriftliche und mündliche Erläuterung der Geschwindigkeitsregulierung bei dem Flugzeug inklusive Funktionsweise des Joysticks sowie der verspätet einsetzenden Reaktion des Flugzeugs auf eine Schubänderung und der Bremsverzögerung. Anschließend konnten sich die Versuchspersonen den Joystick ihrer Größe und Armlänge entsprechend auf dem Tisch positionieren. Danach wurde das Blicksystem angepasst und kalibriert. Das darauffolgende Rolltraining wurde gestaffelt durchgeführt. Beginnend mit der Einübung der Geschwindigkeitseinstellung auf ca. 20 kn sollte anschließend ein konkret vorgegebener Rollweg abgerollt werden. Aufgrund unterschiedlicher Erfahrungen wurde das Training zusätzlich individuell auf den einzelnen Probanden abgestimmt. Beendet wurde diese Vertrautmachung nach der Abarbeitung einer Checkliste der Versuchsführerin (Versuchsperson kann Geschwindigkeit halten, Rollweg folgen etc.) und nach Absprache mit dem Probanden.

Anschließend begann der eigentliche Versuch. Die Probanden wurden instruiert, den Weg zur Startbahn abzurollen und dabei eine Rollgeschwindigkeit von ca. 20 kn einzuhalten. Zudem erhielten sie die Anweisung, dass die Außensicht Vorrang vor dem Blick auf die Moving Map hat.

Vor und nach jeder Rollaufgabe füllten die Probanden einen Befindlichkeitsfragebogen aus (Likertskala mit der Skalierung 1-5). Zudem wurde nach jeder Variante ein Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Aufmerksamkeitslenkung, des Designs und Verbesserungsvorschlägen vorgelegt (Kategorienunterteilungsverfahren nach Heller (1982) mit der Skalierung 1-15). Nach Absolvierung der drei Szenarien erhielten die Testpersonen noch einen Fragebogen, in dem sie die Varianten der MOVING MAP hinsichtlich der subjektiv eingeschätzten Aufmerksamkeitslenkungswirkung einschätzen sollten (Ebenfalls Kategorienunterteilungsverfahren nach Heller). Der Versuch dauerte für jeden Probanden ca. 2 Stunden. Die Teilnahme war freiwillig. Als Vergütung erhielten diejenigen Probanden, die Psychologiestudenten sind, für ihr Studium obligatorische Probandenstunden angerechnet.

5. ERGEBNISSE

Aus den aufgezeichneten Daten wurden bisher die Reaktionszeit der Probanden bei Veränderung der Route und ein Teil der erhobenen subjektiven Daten ausgewertet. Als Reaktionszeit wird hier die Zeit zwischen Auslösung des Ereignisses (Änderung der zu absolvierenden Strecke) und der Bestätigung dieser Änderung durch Berührung des Bildschirms der MOVING MAP bezeichnet.

Um den Eindruck der Probanden von der Aufmerksamkeitssteuerung charakterisieren zu können, wurden sowohl offene als auch geschlossene Fragen gestellt. Dabei wurde weiter abgefragt, inwieweit die Testpersonen die Unterstützung als störend empfanden und ob andere Formen der Unterstützung gewünscht werden. Die Auswertung der offenen Fragen ist noch nicht abgeschlossen.

Im Folgenden werden zuerst die Ergebnisse der Reaktionszeiten, anschließend die subjektiven Daten dargestellt.

REAKTIONSZEIT

Es wurde eine ANOVA (**Analyses of Variance**, [1]) mit Messwiederholung für die Reaktionszeiten durchgeführt. Den Messwiederholungsfaktor stellten die drei Varianten der MOVING MAP dar. Das Ergebnis war nicht signifikant ($F_{(2,30)} = 0.27, p = 0.104$), die unterschiedlichen Varianten der MOVING MAP hatten also keinen signifikanten Einfluß auf die Reaktionszeiten. Deskriptiv zeigten die Probanden im Mittel die kürzeste Reaktionszeit bei der Variante C und die längste bei Variante A (siehe Bild. 7). Auffällig sind die großen Unterschiede in den Standardabweichungen.

UNFÄLLE MIT QUERENDEM VERKEHR

Bislang war bei keinem Probanden ein Unfall mit querendem Verkehr zu verzeichnen. Die Reaktionen auf überraschend auftretende Hindernisse waren allesamt ausreichend schnell. Auch bei den vorgesehenen Haltepunkten gab es bisher keine Konflikte mit der erteilten Freigabesituation.

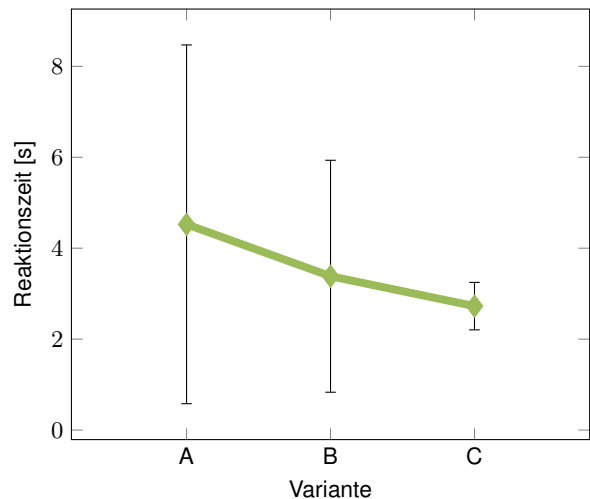


BILD 6. Über die Probanden gemittelte Reaktionszeiten auf Routenänderungen mit Varianten A-C und abgetragenen Standardabweichungen

FRAGEBOGEN ITEMS

Über die subjektiven Items wurde eine MANOVA (**Multivariate Analysis of Variance**) mit Messwiederholung gerechnet. Multivariat ergab sich kein signifikanter Effekt der MOVING MAP-Variante auf die subjektive Einschätzung der Aufmerksamkeitslenkung oder des Designs ($F_{(30,34)} = 1.45, p = 0.145$). Univariat wurde das Item: „Wie schnell haben Sie Routenänderungen mit Hilfe der MOVING MAP bemerkt?“ (siehe Bild 8) signifikant ($F_{(2,30)} = 7.21, p = 0.009$). Die MOVING MAP-Variante hatte somit einen signifikanten Effekt auf die subjektive Beurteilung der Probanden, wie schnell sie Routenänderungen bemerkt haben. Für die Ermittlung, zwischen welchen der drei Varianten ein signifikanter Unterschied vorliegt, wurde ein Post-Hoc Test gerechnet. Es ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Bewertung der Varianten A und C ($p = 0.029$). Am schnellsten beurteilten die Versuchspersonen die Bemerkung der Routenänderungen mit Variante C ($M = 11.75$ / schnell), am langsamsten registrierten sie Routenänderungen nach eigenen Aussagen bei Variante A ($M = 9.06$ / mittel). Diese subjektive Einschätzung unterstützt die Auswertung der Reaktionszeiten auf Routenänderungen.

6. DISKUSSION

Anhand der bisher ausgewerteten Daten konnten weder bei der subjektiven Einschätzung noch bei den Messdaten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen MOVING MAP-Varianten nachgewiesen werden. Sowohl die subjektiven, als auch die objektiven momentan vorliegenden Daten deuten jedoch auf eine bessere Aufmerksamkeitslenkung durch die Varianten B und C hin. Dies wird gestützt durch die deutlich kleinere Standardabweichung der Reaktionszeit bei Variante C, wie aus Bild 7 erkennbar und passt auch zu den subjektiven Einschätzungen der Testpersonen. Auffällig sind die kleineren Standardabweichungen bei den Varianten B und

C, wie aus Bild 7 ersichtlich. Dies deutet darauf hin, dass die Probanden zielgerichteter auf die MOVING MAP blicken. Es ist somit naheliegend, dass eine Aufmerksamkeitssteuerung im Sinne des SEEV Modells über die Saliens der Hinweisreize auf der MOVING MAP sowie der Veränderung der Erwartung, dass etwas auf der MOVING MAP passiert, wirksam sein könnte. Eine konkrete Überprüfung anhand der aufgezeichneten Blickdaten steht noch aus.

Da die Versuche noch laufen, liegen momentan noch nicht alle Daten vor. Eine endgültige Aussage kann somit erst nach Abschluss der Datenerhebung getroffen werden.

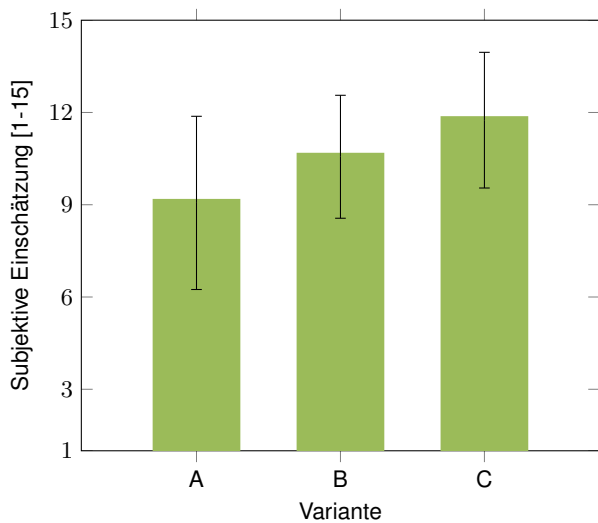


BILD 7. „Wie schnell haben Sie Routenänderungen mit Hilfe der MOVING MAP bemerkt?“

7. AUSBLICK

Für eine Überprüfung, ob die Ergebnisse auch auf Piloten übertragbar sind, könnte als nächster Schritte eine Testung von ausgebildeten Piloten mit geringfügig verändertem Versuchsdesign durchgeführt werden.

Weiterhin sollte die Einsetzbarkeit der in dieser Studie genutzten Hinweisreize untersucht werden. So ist bisher nicht klar, ob bei der Variante C eher das peripher-visuelle oder das akustische Signal oder beide gemeinsam zu einer Veränderung der Aufmerksamkeitsverteilung der Probanden geführt haben. Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Effektivitätsprüfung der MOVING MAP-Varianten während der Bearbeitung von Nebenaufgaben (auditorisch/visuell/kognitiv). Die Einführung unterschiedlicher Nebenaufgaben ermöglicht die Erhebung der Arbeitsbelastung des Piloten/Probanden während des Rollens. Zudem ermöglicht sie die Überprüfung, ob Nebenaufgaben auf verschiedenen Wahrnehmungskanälen mit der Rollführung über die MOVING MAP interferieren. Eine entsprechende Studie ist bereits geplant und wird in den kommenden Monaten am Lehrstuhl für Ingenieur- und Verkehrspsychologie umgesetzt werden.

LITERATUR

- [1] J. Bortz. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: mit ... 242 Tabellen*. Springer-Lehrbuch. Springer, 2005. ISBN: 9783540212713.
- [2] David C. Foyle u. a. »Taxiway Navigation and Situation Awareness (T-NASA) System: Problem, Design Philosophy, and Description of an Integrated Display Suite for Low-Visibility Airport Surface Operations«. In: *SAE Transactions: Journal of Aerospace*. Bd. 105. 1996.
- [3] Becky L. Hooey und David C. Foyle. »A Post-Hoc Analysis of Navigation Errors During Surface Operations: Identification of Contributing Factors and Mitigating Solutions«. In: *Proceedings of the Eleventh International Symposium on Aviation Psychology*. 2001.
- [4] William J. Horrey, Christopher D. Wickens und Kyle P. Consalus. »Modelling Drivers' Visual Attention Allocation While Interacting With In-Vehicle Technologies«. In: *Journal of Experimental Psychology: Applied* (2006).
- [5] International Civil Aviation Organization. *Air Traffic Management*. Procedures for Air Navigation Services. 2007.
- [6] International Civil Aviation Organization. *ICAO Annex 10, Aeronautical Telecommunications, Volume II - Communication Procedures including those with PANS Status*. Okt. 2001.
- [7] C.D. Wickens und J.S. McCarley. *Applied Attention Theory*. Taylor & Francis, 2010. ISBN: 9781420063363.
- [8] Christopher D. Wickens. »Multiple Resources and Mental Workload«. In: (2008).
- [9] Christopher D. Wickens u. a. »Attentional Models of Multitask Pilot Performance Using Advanced Display Technology«. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2003.
- [10] Christopher D. Wickens u. a. *Pilot Task Management: Testing an Attentional Expected Value Model of Visual Scanning*. Technical Report. NASA Ames Research Center, Nov. 2001.