

KOGNITIVES und KOOPERATIVES ASSISTENZSYSTEM (COGAS) ZUR LUFTZIELIDENTIFIZIERUNG AN BORD VON MARINESCHIFFEN

Emre Özyurt*, Bernhard Döring,
Frank Flemisch

* *Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE
Fraunhofer Straße 20 | 53343 Wachtberg | Deutschland
(e-mail: * emre.ozyurt@fkie.fraunhofer.de)*

Kurzfassung: Die steigende Komplexität von Mensch-Maschine-Systemen führt häufig zur Überforderung der Menschen bei ihrer Aufgabendurchführung in den Systemen. Diese nachteilige Entwicklung erfordert zunehmend die Unterstützung und teilweise Übernahme von kognitiver Arbeit durch die Maschinen. Die erhöhte Komplexität der Automation, die dabei zur erfolgreichen Bewältigung von Aufgaben eingesetzt wird, wie z.B. zur Führung und Kontrolle eines Mensch-Maschine-Systems, beansprucht ihrerseits in der Regel den Menschen zusätzlich und beeinträchtigt somit seine Arbeitseffizienz.

In Operationszentralen (OPZ) auf Marineschiffen werden Sensordaten mit komplexen hochautomatisierten Führungs- und Waffeneinsatzsystemen verarbeitet, die hohe Anforderungen an die kognitive Leistungsfähigkeit der sie bedienenden Operateure stellen. Infolge des zunehmenden Automationsgrads der Systeme können zum einen durch längerfristige Überwachungstätigkeiten Unterforderungs- und Ermüdungszustände bei den Operateuren auftreten, zum anderen in Gefechtsituationen mit hoher Unsicherheit auch Überforderungszustände. In beiden Fällen kann ein unzureichendes Situationsbewusstsein und ein zu starkes Vertrauen in die Automation („complacency“) zu falschen Entscheidungen mit kritischen Folgen führen. Um dieser Problematik zu begegnen, werden in den letzten Jahrzehnten intelligente Assistenzsysteme und ergonomische Benutzungsschnittstellen entwickelt, die auf die Fähigkeiten und Bedürfnisse der sie bedienenden Operateure abgestimmt sind.

In diesem Zusammenhang wird am Fraunhofer FKIE das kognitive und kooperative Assistenzsystem COGAS prototypisch entwickelt, das die Rolle eines erfahrenen Operateurs übernimmt und die Operateure in der OPZ bei der Luftzielidentifizierung unterstützt. Angestrebtes Ziel ist es, die Beanspruchung zu verringern sowie das Situationsbewusstsein und die Leistung der Operateure mit Hilfe der kooperativen und kognitiven Automation im Vergleich zu Systemen mit konventioneller Automation zu verbessern.

1. Chancen und Risiken von Automation:

Die Bedienung von sicherheitskritischen Systemen, wie z.B. von Führungs- und Kontrollsystemen im Transportwesen (u.a. bei Kraftfahrzeugen und Flugzeugen), von Prozessleitwarten in der chemischen Industrie oder von Aufklärungs- und Waffensystemen im militärischen Kontext, stellt hohe Anforderungen an die kognitive Leistungsfähigkeit, Belastbarkeit, Konzentration und Reaktionsfähigkeit der sie bedienenden und überwachenden Operateure. Faktoren, wie mangelnde Fertigkeiten, Stress oder Zeitdruck, können in kritischen Situationen unter anderem auch zu Fehlentscheidungen des Personals und somit zu gravierenden Konsequenzen führen. Um diese Problematik zu umgehen, die steigende Komplexität der sicherheitskritischen Systeme handhabbar zu machen und um die kognitiven Fähigkeiten der Menschen zu unterstützen, wurden in den letzten Dekaden in zunehmendem Maße Automation und autonome Systeme eingesetzt. Das Hauptziel der Automation war allgemein, die Arbeitsabläufe zu beschleunigen, Risiko und Gefahren, die durch Menschen hervorgerufen werden, zu minimieren und durch Reduktion des Personals eine Verringerung des Kostenaufwands zu

erzielen. In diesem Entwicklungsprozess sind sogar autonom agierende Systeme entstanden, die zur Erreichung eines vorgegebenen Ziels unabhängig Aufgaben durchführen (Flemisch & Onken 2002, Parasuraman et al. 2000, Dickmanns 2002, Schreiner & Onken 1997, Onken & Schulte 2010).

Trotz wirtschaftlicher Vorteile sowie der Vermeidung risikobehafteter Arbeitsabläufe kann konventionelle Automation auch negative Folgen haben (Bainbridge 1983, Billings 1997, Dekker & Hollnagel 1999). Die Übertragung der Aufgabendurchführung und damit der Verantwortung auf autonome Systeme führt zur Entkopplung des Nutzers aus dem Regelkreis und damit zur Abnahme seines Situationsbewusstseins, seiner Erfahrung und seiner Fertigkeiten und Fähigkeiten. Darüber hinaus ist der Mensch als passiver Überwacher des automatisierten Systems im Fall eines Systemausfalls dann nicht mehr in der Lage, an sich automatisierte Aufgaben wieder zu übernehmen.

Infolge des zunehmenden Automationsgrads und der Zuverlässigkeit der Maschinen können bei längerfristigen Überwachungstätigkeiten Unterforderungs- und Ermüdungszustände beim Menschen auftreten, die in komplexen oder

unklaren Situationen dann jedoch auch zu Überforderungszuständen führen können. In beiden Fällen kann eine gefährliche Reduzierung des Situationsbewusstseins und ein zu starkes Vertrauen in die Automation („complacency“) die Folge sein (Lee & See 2004, Manzey et. al. 2005).

Eine weitere Thematik, die durch Wiener & Curry (1980) vorangetrieben wurde, ist die Frage, ob die Automation zu einer Abnahme der Belastung führt? Hierbei müssen Aspekte wie Kommunikation und Kooperation zwischen Mensch und Maschine in den Vordergrund gestellt werden. Wie effektiv können Automationssystemen durch Menschen überwacht werden? Muss der Mensch immer wissen, was die Automation im Hintergrund macht? Welche Aufgaben bzw. Aktionen sollen in welchem Grad von den Automationssystemen übernommen werden und wie soll der Mensch in diesen Prozess eingekoppelt werden?

Bainbridge (1983) hat die oben erläuterte Thematik mit zwei Ironien (Ironien der Automation) verknüpft. Zum einen werden die Menschen bei der Systemgestaltung als unzuverlässige Systemkomponenten aus dem Regelkreis ausgekoppelt, jedoch wird von derselben Systemkomponente erwartet, bei Systemausfall wieder die Kontrolle zu übernehmen. Zum anderen stellt Bainbridge die Systementwickler in den Vordergrund der Betrachtung und hinterfragt, wie zuverlässig die Automationssysteme sein können, die von unzuverlässigen Menschen entwickelt werden.

Vor diesem Hintergrund werden in den letzten Jahren vermehrt Assistenzsysteme mit kognitiven Fähigkeiten entwickelt, die für die menschliche Systemkomponente innerhalb eines Mensch-Maschine-Systems bei der Aufgabendurchführung als selbständige Einheit auftreten und einen kooperativen Partner darstellen (Flemisch et al. 2008) (Abbildung 1.).

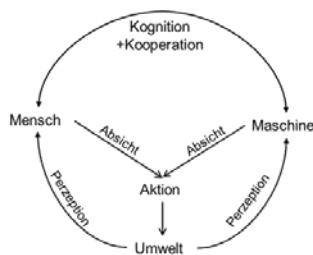


Abbildung 1: Mensch-Maschine-Umwelt (in Anlehnung an Kelsch et al. 2006, Flemisch et al. 2012)

Durch diese Kooperation wird der Mensch als eine Systemkomponente aktiv in den Regelkreis eingekoppelt, so dass die negativen Folgen der konventionellen Automation kompensiert werden können. Dies kann durch die ergonomische Gestaltung von Benutzungsschnittstellen ermöglicht werden, die auf die Fähigkeiten und Bedürfnisse der sie bedienenden Operateure abgestimmt sein müssen.

Assistenz- und Automationssysteme

Unter Zugrundelegung der beim Systemdesign identifizierten Schwachstellen wurden in den letzten Jahren Automatisierungskonzepte und zugehörige Assistenzsysteme für die Steuerung komplexer Systeme im Luft-, Land- und Seebereich entwickelt. Einige Beispiele im Luftbereich sind: Crew Assistant for Military Aircrafts (CAMA) (Onken 1999, 2002, Flemisch & Onken 1999, Schulte & Stütz 1998, Gerlach 1996, Strohal 1999, Stütz 2000, Walsdorf 2002), Manned Unmanned Teaming (MUM-T) (Schulte 2006, Schulte & Meitinger 2009). Beispiele im Bereich der Fahrzeugführung sind: Google X Lab (Jacobs & Malone 2012), HaveIt (Flemisch et al. 2011), StrasRob (Heesen et al. 2013). Beispiele im maritimen Bereich sind: (Arciszewski et al. 2010). Eine detaillierte Liste zu den einzelnen Systemen können den Quellen Flemisch et al. (2012), Özyurt et al. (2012) entnommen werden.

2. ANWENDUNGSBEREICH UND ZIELSETZUNG

Neben der Fahrzeugführung ist auch die Führung von komplexen militärischen Systemen möglicher Anwendungsfall für Assistenz- und Automationssysteme. So sind z.B. die Operateure in den Operationszentralen (OPZ) deutscher Fregatten oder Korvetten im Einsatz häufig mit komplexen Führungsentscheidungen konfrontiert. Jeder Operateur in der OPZ ist einem funktionalen Team (Überwasser-, Unterwasser-, Luftbereich) zugeordnet und für einen speziellen Aufgabenbereich zuständig. Beispielsweise liefert jeder Operateur aus seinem Funktionsbereich für die Identifizierung und Bedrohungsanalyse eines Luftzieltracks entsprechende Informationen an den Team Officer (TO), der die endgültigen Entscheidungen trifft. Sobald der TO ausreichende Informationen übermittelt bekommen hat, legt er die Identität des Luftziels fest und gibt sie an die Lagebildbearbeiter weiter, die die Identität des Tracks ins System eingeben. Darüber hinaus beteiligt sich der TO an der Koordination und der Kommunikation mit anderen Verbandsmitgliedern, um plattformübergreifende taktische Informationen und Entscheidungen auszutauschen (Ley et al. 2008).

Somit ist der TO verpflichtet, innerhalb kürzester Zeit große Datenmengen zu verarbeiten, um erforderliche und teilweise kritische Entscheidungen zu treffen. Das kann in komplexen oder unklaren Einsatzsituationen zu Fehlentscheidungen führen. Auf der anderen Seite können jedoch in unkritischen Einsatzsituationen durch längerfristige Überwachungstätigkeiten Unterforderungs- und Ermüdungszustände auftreten, die zur Abnahme des Situationsbewusstseins und zu einem erhöhten Vertrauen in die Automation führen können (Witt et al. 2012).

Vor diesem Hintergrund wurde ein kognitives und kooperatives Assistenzsystem entwickelt, dessen Unterstützungsleistung sich flexibel an die jeweilige Einsatzsituation und an den Bedarf des TO anpasst. Dabei gewinnen die Begriffe Kognition, Kooperation und flexible Automation besonders an Bedeutung, um die Konzentration, die Arbeitsbelastung und das Situationsbewusstsein der Operateure zu optimieren (Abbildung 2).

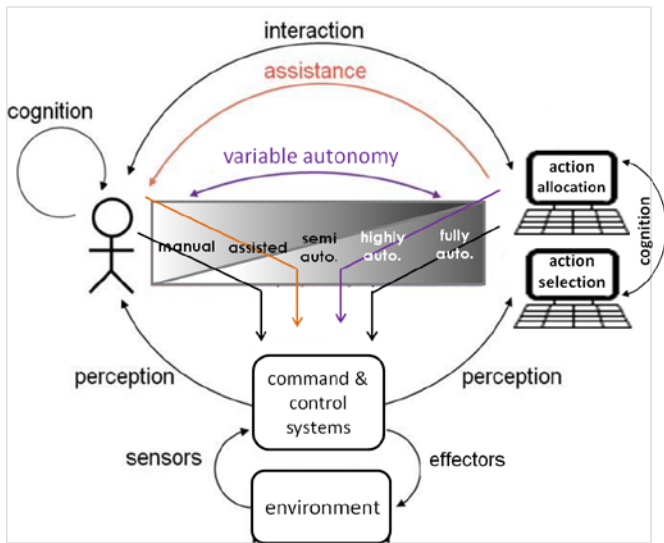


Abbildung 2: Das Konzept eines kognitiven und kooperativen Assistenzsystems (im Bild: environment)

3. DAS KONZEPT UND DAS ZUSAMMENSPIEL DER KOGNITIVEN AGENTEN

Das kognitive und kooperative Assistenzsystem COGAS basiert auf zwei Unterstützungsfunktionen: zum einen der Überwachung der Lagebildsituation und daraus abgeleitet der Generierung von Handlungs- und Aktionsoptionen, zum anderen der Überwachung des TO-Arbeitsprozesses (Lagebild- und Operateurszustand) und daraus abgeleitet der Aufteilung der generierten Handlungen auf Mensch und/oder Maschine.

Die Umsetzung der beiden Unterstützungsfunktionen „Generierung der Handlungsoptionen“ (in dieser Arbeit „Action Selection“ genannt) und „Aufteilung der Aktionen“ (in dieser Arbeit „Action Allocation“ genannt) wird mit Hilfe von Agenten realisiert, die jeweils auf den Grundlagen der kognitiven Automatisierung aufbauen (Abbildung 2).

Die kognitive Automatisierung strebt danach, die Menschen bei der Aufgabenbewältigung mit ausreichenden Informationen über den aktuellen Zustand des Systems und der Umgebung zu versorgen und auf diese Weise ihr Situationsbewusstsein zu erhöhen. Somit ist der Mensch immer aktiv in den Arbeitsprozess integriert, so dass "out-of-the-Loop" Probleme (Kaber & Endsley 1997) vermieden werden.

Bei der nutzerorientierten Gestaltung der Unterstützungsleistung gewinnen der Funktionsumfang und das Zusammenspiel beider Agenten eine besondere Bedeutung. Im Folgenden wird die Struktur der Agenten näher erläutert.

Der „Action Selection Agent“ (ASA) überwacht, wie ein menschlicher Operateur, das Arbeitssystem mit Hilfe von Sensoren, analysiert die Umgebung, fordert fehlende Sensordaten an und leitet daraus den System- und Umgebungszustand ab.

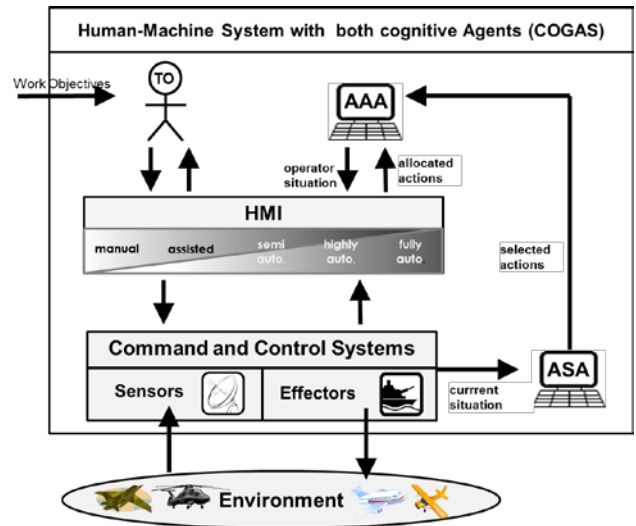


Abbildung 3: Das Zusammenspiel von COGAS Agenten

Abgeleitet aus den Arbeitszielen erzeugt der ASA die Handlungsmöglichkeiten (Aktionen), die ausgeführt werden sollen, um gewünschte Systemzustände zu erreichen (Abbildung 3). Im Gegensatz zu ASA kooperiert der „Action Allocation Agent“ (AAA) eng mit dem Operateur (Abbildung. 3). Zusammen mit den Aktionen, die von ASA generiert werden, überwacht der AAA den aktuellen Zustand des Operateurs und des Lagebilds über das Human Machine Interface (HMI). Aus diesen Parametern legt der AAA den Unterstützungsgrad des Assistenzsystems fest und bestimmt, wie eine ausgewählte Aktion durchgeführt werden soll.

Die Struktur der Agenten

Die Agenten sollen den Informationsverarbeitungsprozess eines erfahrenen Operateurs von der Entdeckung einer Anforderung bis hin zum Ausführen einer Aktion widerspiegeln. Zu diesem Zweck wurde als Konzeptmodell die Entscheidungsleiter von Rasmussen (1987) verwendet. Sie beschreibt eine Reihe von kognitiven Aktivitäten, die von geübten Operateuren in komplexen Entscheidungssituationen durchgeführt werden, und zugehörige Wissenszustände. Rasmussen beschreibt in seinem Modell auch Verzweigungen zwischen den kognitiven Aktivitäten und den Wissenszuständen. Diese Verzweigungen repräsentieren mögliche Abkürzungen, die häufig von erfahrenen Operateuren zur Abkürzung der Vorgehensweise vorgenommen werden. Jede dieser Verzweigungen verbindet eine Aktivität mit einem zugehörigen Wissenszustand auf der anderen Seite der Leiter.

Um die Arbeitsweise der Agenten auf der maschinellen Ebene zu definieren, wurde auf der Basis dieses Konzepts ein Wissensrepräsentationsmodell entwickelt. Details dieses Modells wurden bereits von Özyurt & Döring (2012) beschrieben. Im Folgenden soll deshalb nur eine kurze Einführung in die Modellstruktur des ASA gegeben werden. Nach diesem Modell verwendet der ASA zwei separate Wissenspeicher. Der erste Speicher enthält die Informationen über die aktuelle System- und Umgebungssituation. Der zweite Speicher repräsentiert die

Kenntnisse, die ein erfahrener Operateur durch Ausbildung und Erfahrung erworben hat (apriori Wissen) und die für die Durchführung des Arbeitsprozesses erforderlich sind. Beide Speicher sind durch funktionale Prozesse verbunden, die die kognitiven Aktivitäten des Rasmussen Modells repräsentieren (Abbildung 4).

Die Umsetzung des Wissensrepräsentationsmodells

Die a priori Informationen beziehen sich hier auf mögliche System- und Umgebungszustände, ihre Beschreibungsattribute und Werte, relevante Systemzielsetzungen sowie zugehörige Aufgaben und Aktionen. Auch geeignete Darstellungskonfigurationen auf dem Human-Machine-Interface zur Vermittlung der Situation an den Operateur gehören hierbei zum a priori Wissen (Döring & Dörfel 2008). Zur Repräsentation der unterschiedlichen Arten von a priori Wissen wurden die in Abbildung 4 aufgeführten Modelle spezifiziert und entwickelt.

Das aktuelle Situationswissen umfasst Sensorinformationen und zugehörige Systemzustände, situationsrelevante Systemzielsetzungen sowie zugehörige Aufgaben und Aktionen, die zur Erfüllung der aktuellen Zielsetzungen erforderlich sind. Die Aktivitäten, mit denen der ASA die beiden Wissensarten in Beziehung setzt, entsprechen denen der Rasmussen-Leiter.



Abbildung 4: Struktur des kognitiven Assistenten COGAS

Die erste ASA-Aktivität „Situation feststellen“ repräsentiert die im linken Teil der Rasmussen-Leiter aufgeführten kognitiven Operateuraktivitäten. Sie kombiniert aktuelle Sensorinformationen mit den a priori Informationen des Umgebungsmodells. Dabei erzeugt sie einen aktuellen Umgebungszustand, der sensierte, abgeleitete und prognostizierte Informationen über die Umgebung enthält. Die zweite ASA-Aktivität „Zielsetzungen bestimmen“ leitet aus dem aktuellen Umgebungszustand die aktuellen Zielsetzungen ab, die im Zielsetzungsmodell gespeichert sind. Zielsetzungen bilden die Basis für die Auswahl der aktuellen Aufgaben und Aktionen. Ein Priorisierungsalgorithmus ermöglicht dabei die Auswahl der geeigneten Aufgaben, die im Aufgabenmodell bereitgestellt werden. Dieser Auswahlprozess ist Teil der ASA-Aktivität „Aufgaben auswählen“. Danach bestimmt die ASA-Aktivität „Aktion durchführen“ die zu den ermittelten Aufgaben gehörenden Aktionen und die Reihenfolge ihrer Ausführung (Özyurt et al. 2013, Witt et al. 2012). Die letzte ASA-Aktivität

„Darstellung konfigurieren“ identifiziert die geeignetsten Darstellungselemente, um alle ermittelten aktuellen Informationen über das Human-Machine-Interface an den verantwortlichen Operateur weiterzugeben. Einzelheiten dazu sind in Kapitel 4.2 Evaluationsumgebung beschrieben.

4. EVALUATION

Ende 2012 wurde die Funktionalität von COGAS-ASA mit neun Marine Operateuren evaluiert. Dabei war das Ziel zum einen, die Unterstützungsfunktion von COGAS-ASA zu optimieren, zum anderen, die Anforderungen für COGAS-AAA abzuleiten.

Die Evaluation wurde in zwei Phasen durchgeführt. Phase eins beinhaltete einen interaktiven aufgabenbasierten Versuch, der beurteilen sollte, ob COGAS-ASA zur Verbesserung der Leistung sowie des Situationsbewusstsein beiträgt und damit zur Reduzierung von Stress führt. Die zweite Phase umfasste eine subjektive Bewertung der Funktionalität. Der Fokus der zweiten Phase lag dabei auf Aspekten wie Anwendungstauglichkeit, Fehlertoleranz und Steuerbarkeit. Im folgenden Abschnitt werden die Hypothesen und Teilnehmer sowie die Methoden der Evaluation beschrieben und die Ergebnisse dargestellt und diskutiert.

4.1 Hypothesen, Teilnehmer, Bewertungskriterien und Vorgehensweise

Hypothesen

Im Rahmen der Voruntersuchung wurden folgende Hypothesen zugrunde gelegt:

- **Beanspruchung:** Die Beanspruchung mit dem Assistenzsystem soll geringer sein als ohne Assistenzsystem.
- **Situationsbewusstsein:** Das Situationsbewusstsein wird durch das Assistenzsystem verbessert. Mit Hilfe des Assistenzsystems werden kritische Ereignisse besser erkannt.
- **Performanz:** Die Bearbeitungszeit und die Fehlerrate bei der Aufgabenbearbeitung sind mit Assistenzsystem geringer als ohne Assistenzsystem.
- **Subjektive Bewertung:** Das Assistenzsystem wird subjektiv als Unterstützung wahrgenommen. Die Bedingung mit dem Assistenzsystem wird somit positiver bewertet als die Bedingung ohne Assistenzsystem.

Teilnehmer

Bei der Evaluation haben insgesamt 9 Marine-Operateure (Alter zwischen 21 und 42 Jahre) mit unterschiedlicher OPZ-Erfahrung (6 Monate bis 20 Jahre) teilgenommen. Die Operateure hatten überwiegend Erfahrung im Bereich Lagebildbearbeitung und waren vertraut mit den Führungs- und Waffensystemen der Deutschen Marine.

Beanspruchung

Die Beanspruchung wurde über den Fragebogen NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988) nach jedem Versuch erfasst.

NASA-TLX ist ein multidimensionaler Fragebogen, der die Beanspruchung über sechs Subskalen (Geistige Anforderungen, Körperliche Anforderungen, Zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung, Frustration) erfasst. Die Bewertungen auf den einzelnen Skalen wurden anschließend zu einem allgemeinen Beanspruchungsscore zusammengefasst.

Situationsbewusstsein

Zur Erfassung des Situationsbewusstseins wurde das Verfahren SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique; Endsley 1988) verwendet. Als wissenschaftliches Verfahren liefert SAGAT eine objektive Messung des Situationsbewusstseins durch einen Vergleich der vom Operateur wahrgenommenen Situation mit dem Zustand der aktuellen Welt. SAGAT besteht aus einem Satz von Fragen, der dem Operateur während der Durchführung einer Tätigkeit, z.B. Analysieren einer Lage oder Bewertung einer Bedrohung, vorgelegt wird. Die simulierte Situation wird an zufälligen Zeitpunkten eingefroren, der Bildschirm und alle Informationsquellen werden ausgeblendet und dem Operateur werden Fragen über den aktuellen Zustand und die Dynamik von Situationselementen gestellt. Die Antworten werden in Abhängigkeit von ihrer Übereinstimmung mit Situationselementen zum Zeitpunkt der Unterbrechung als "richtig" oder "falsch" kategorisiert.

Subjektive Bewertung

Die subjektive Bewertung der Benutzungsschnittstellen mit und ohne Assistenzsystem wird anhand des Fragebogens ISONORM von Prümper & Anft (1993) vorgenommen.

Der Fragebogen ISONORM bezieht sich auf die in der Software-Ergonomie-Norm DIN EN ISO 9241 Teil 110 (DIN e.V. 2006) beschriebenen Gestaltungsgrundsätze: Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit. Für jeden Gestaltungsgrundsatz wurden fünf Einzelfragen formuliert. Der Fragebogen besteht somit aus insgesamt 35 Fragen. Für die Antworten wird jeweils ein siebenstufiges Bewertungsschema angewandt, von sehr negativ ("---") bis sehr positiv ("+++").

Vorgehensweise

Die Evaluation bestand aus zwei Phasen und wurde in einem Messwiederholungsdesign durchgeführt, bei dem zwischen den Versuchsbedingungen mit und ohne Assistenzsystem unterschieden wurde. Dies bedeutet, dass die Versuchsteilnehmer die subjektive Bewertung und den experimentellen Versuch jeweils unter der Bedingung "mit Assistenzsystem" als auch unter der Bedingung "ohne Assistenzsystem" durchführen mussten.

Um Reihenfolgeeffekte zu kontrollieren, wurde die Abfolge der beiden Versuchsbedingungen systematisch variiert. Indem zwei verschiedene aber hinsichtlich ihrer Anforderungen vergleichbare Szenarien für die Aufgabebearbeitung in den beiden Versuchsbedingungen verwendet wurden, sollten Übungseffekte vermindert werden. Die Darbietung dieser Szenarien wurde für die Bedingungen

mit und ohne Assistenzsystem ebenfalls systematisch variiert. Zur vergleichenden Bewertung wurden in beiden Versuchsbedingungen die Beanspruchung, das Situationsbewusstsein und die Performanz erfasst, die beiden Benutzungsoberflächen wurden zudem subjektiv bewertet. Neben dem standardisierten Fragebogen wurden die Versuchsteilnehmer auch mündlich zu dem Assistenzsystem befragt. Dies sollte dazu dienen, konkrete Vor- und Nachteile des Assistenzsystems zu identifizieren.

4.2 Evaluationsumgebung

Die technische Architektur von COGAS-ASA basiert auf einem intern entwickelten Marine-Softwareframework (Baumhauer et al. 2010), das zur Realisierung und Bewertung von prototypischen Demonstratoren in der Abteilung Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme (EMS) am Fraunhofer Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie (FKIE) der Fraunhofer Gesellschaft entwickelt und eingesetzt wird (Özyurt et al. 2013). Um die Funktionalität mit realen Operateuren testen und verifizieren zu können, wurde eine geeignete Benutzungsoberfläche für das Assistenzsystem entwickelt, die in drei Bereiche gegliedert ist.

In dem ersten Bereich (Tactical Display Area) (1) befindet sich das Lagebild, das vor einem Kartenhintergrund die Kontakte darstellt, die durch die schiffseigenen Sensoren erfasst und/oder über Link gemeldet wurden, wobei das Eigenschiff zentriert visualisiert wird. Die Kontakte werden in ikonisierter Form als Luft-, See- oder Unterwasserkontakte dargestellt. Die Symbolfarbe repräsentiert dabei die Identität des jeweiligen Kontakts. Durch Auswählen eines Kontakts werden die kontaktbezogenen Daten in dem zweiten bzw. dritten Bereich der Benutzungsoberfläche dargestellt (Özyurt et al. 2012).

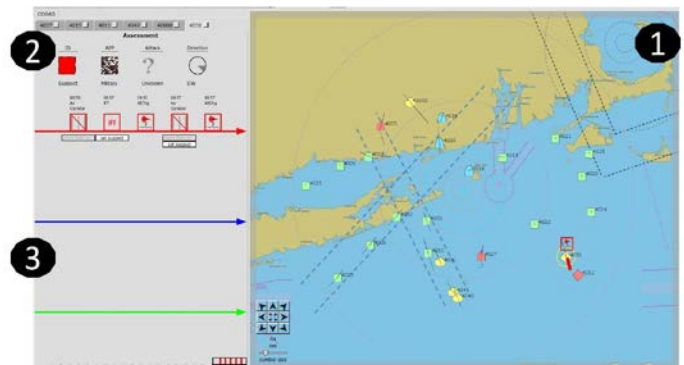


Abbildung 5: Benutzungsoberfläche von COGAS Prototyp

Der zweite Bereich (2) „Assessment“ stellt die Einschätzungen bezüglich Identität (“ID“), Verwendung (“APP“) und Mission (“Attack“) sowie die Flugrichtung des Luftziels (“Direction“) dar.

Im dritten Bereich (3) werden die Identifizierungskriterien (Indikatoren) (Luftstraßenkonformität, Identification-Friend-Foe Kennung, Emitterparameter, usw.) mit intuitiven Symbolen/Icons angezeigt. Darüber hinaus werden auch die aus den Indikatoren hergeleiteten Handlungsoptionen bezüglich der Identität und der Verwendung (milit./zivil) der beobachteten Luftkontakte angezeigt. Die Visualisierung der

Indikatoren erfolgt zusammen mit deren Ausprägungen, um den erstellten Vorschlag nachvollziehbar zu gestalten und somit das Situationsbewusstsein des Operateurs zu erhöhen.

4.3 Ergebnisse

Wegen der geringen Stichprobengröße von N=9 werden die Ergebnisse weitgehend deskriptiv dargestellt. Signifikanzprüfungen wurden nur bei Auftreten größerer Effekte vorgenommen.

Beanspruchung und Situationsbewusstsein

Hinsichtlich der Beanspruchung unterscheiden sich die Bedingungen mit und ohne Assistenzsystem kaum. Die oben erläuterten Subskalen von NASA-TLX weisen zwar teilweise leichte Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen auf. Aufgrund der hohen Streuung ist jedoch nicht davon auszugehen, dass diese Unterschiede inhaltlich von Bedeutung sind.

Die mit dem SAGAT Verfahren gestellten Fragen wurden entweder richtig oder falsch beantwortet oder es wurde die Antwort „keine Ahnung“ angegeben. Die Antworten sind hierbei nahezu identisch ausgefallen und die Ergebnisse zeigten keine Unterschiede zwischen den Bedingungen mit und ohne Assistenzsystem. So wurden die Fragen sowohl mit als auch ohne Assistenzsystem von den Versuchsteilnehmern im Durchschnitt zu 39,5% richtig beantwortet.

Performanz

In Bezug auf die Performanz zeigte sich jedoch, dass bei der Versuchsbedingung "ohne Assistenzsystem" mehr Kontakte falsch identifiziert wurden und häufiger eine Identifizierung ausgelassen wurde als bei der Bedingung "mit Assistenzsystem" (vgl. Abbildung 6).

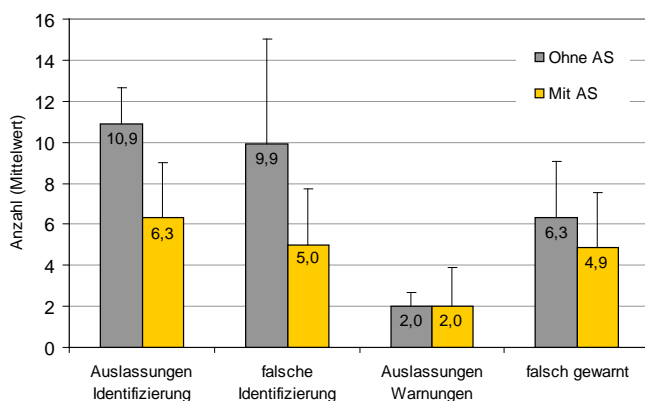


Abbildung 6: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl ausgelassener und falscher Identifizierungen sowie ausgelassener und falscher Warnungen bei den Bedingungen ohne und mit Assistenzsystem (AS).

Diese Performanzunterschiede erwiesen sich auch auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ als signifikant. Auch das Aussprechen einer falschen Warnung erfolgte bei der Bedingung "ohne Assistenzsystem" etwas häufiger, wenn auch nicht signifikant. Die Ergebnisse sprechen somit dafür, dass die Performanz mit Hilfe des Assistenzsystems

verbessert werden kann. Wobei zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht als repräsentativ angesehen werden können.

Subjektive Bewertung

Die Ergebnisse bezüglich der software-ergonomischen Gestaltungsgrundsätze Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität und Fehlertoleranz weisen nur geringfügige Unterschiede zwischen den Bedingungen mit und ohne Assistenzsystem auf.

Bei einer Analyse einzelner Kriterien (vgl. Abbildung 7) zeigt sich jedoch, dass trotz ähnlicher Durchschnittswerte pro Gestaltungsgrundsatz bei einigen Kriterien deutliche Unterschiede in der Bewertung der Benutzungsoberflächen auftraten. Abbildung 8 veranschaulicht die Ergebnisse für die Kriterien, bei denen die größten Unterschiede vorliegen.

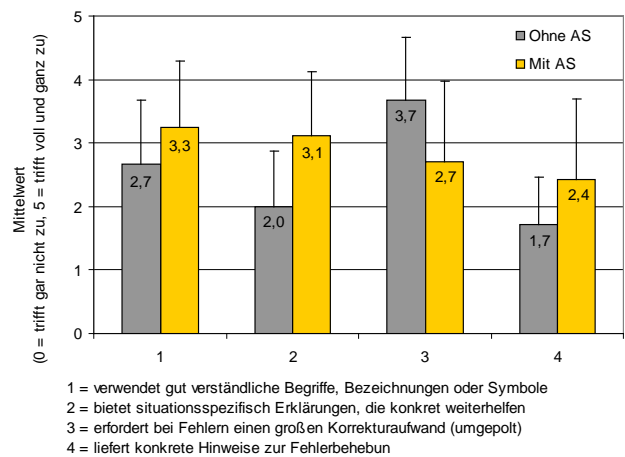


Abbildung 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der vier Gestaltungskriterien des ISONORM-Fragebogens mit den größten Mittelwertunterschieden

Eine Befragung der Teilnehmer zum Assistenzsystem lieferte zudem überwiegend sehr positive Rückmeldungen. Die Mehrzahl der Teilnehmer hatte das Gefühl, die Aufgaben mit dem Assistenzsystem besser bewältigen zu können. Sie gaben an, das Assistenzsystem würde die Entscheidungsfindung unterstützen und eine schnellere Bearbeitung der Aufgaben ermöglichen. Nahezu alle Teilnehmer wünschten sich, dass ein Assistenzsystem ähnlich wie COGAS sie künftig bei ihrer Arbeit unterstützt. Lediglich ein Teilnehmer gab an, dass dies erst einmal mit der gleichen Besetzung getestet werden müsse, die im realen Einsatz mit der Luftzielidentifizierung konfrontiert ist.

Beobachtungen

Während der Durchführung der Evaluation wurden die Operateure beobachtet, um die Schwachstellen bei der Funktionalität und Interaktion mit dem HMI von COGAS zu identifizieren. Es wurde festgestellt, dass zwischen COGAS und den Operateuren einige Auseinandersetzungen hinsichtlich Handlungsoptionen vorkamen. Die Gründe dafür

waren, Unstimmigkeiten bei der Anwendung von Identifizierungsregeln, unterschiedliches Priorisieren der Luftziele und eine teilweise unrealistische Lage. Unterschiedliche Interpretation des Lagebilds führte dazu, dass COGAS in Zusammenhang mit den Auseinandersetzungen eine kontinuierlich steigende Anzahl an Meldungen, Verbesserungsvorschlägen und Handlungsoptionen erzeugte und diese auf dem Lagebild teilweise gleichzeitig dem Operateur visualisiert wurden, so dass er diese mit seinen vorhandenen kognitiven Ressourcen nicht zeitgemäß bearbeiten konnte. In diesen Fällen fungierte COGAS nicht als ein Assistenzsystem, das die Aufgabendurchführung unterstützt, sondern als ein Diskussionspartner, der in den komplexen Situationen die Aufmerksamkeit des Operateurs ablenkte.

5. ERWEITERUNG UM COGAS-AAA

1.1 Erweiterung der COGAS Funktionalität

In Zusammenhang mit den Ergebnissen der Evaluation und den eigenen Beobachtungen wurden die Anforderungen zur Funktionalität vom COGAS Action Allocation Agenten (AAA) abgeleitet.

Anforderungen

Die im vorherigen Kapitel erläuterten Analyseergebnisse bilden die Grundlage für die Festlegung der Anforderungen, die der AAA erfüllen muss, um den identifizierten Schwachstellen entgegenzuwirken und den Identifizierungsprozess in einer Kooperation mit dem Operateur zu unterstützen. Für die Realisierung der Kooperation wurden drei wesentliche Aufgabenbereiche festgelegt: Überwachung der Gesamtsituation, Auswahl der Automationsstufe und Anpassung der HMI-Komponenten für die Bereitstellung der Unterstützungsfunktionen.

Die Überwachungsfunktion ist für die Bestimmung der Lagebild- und Operateursituation erforderlich. Durch Überwachung des HMI kann der AAA die Situation interpretieren und festlegen, ob die anstehende Handlungsoption ausführbar ist. Unter Berücksichtigung der Lagebildsituation und des Operateurverhaltens legt der AAA für jede Aktion, die zur Bearbeitung eines Luftzielkontaktes vom ASA ausgewählt wurde, einen Automationsgrad fest, der vorgibt, wie die jeweilige Handlungsoption priorisiert und ausgeführt werden soll. Darüber hinaus bestimmt der AAA die Zeit, die für die Ausführung einer Handlungsoption zur Verfügung steht. Durch diese flexible Automation soll die nutzergerechte Interaktion mit dem Assistenzsystem gewährleistet werden. Abhängig von der dynamischen Entwicklung des Lagebildes und des Operateurverhaltens kann der AAA flexibel die Automationsstufe wechseln und seine Unterstützungsfunktion an die Situation anpassen. Der AAA soll auch zu jedem Zeitpunkt dafür sorgen, dass auf dem Lagebild eine angemessene Anzahl an Meldungen visualisiert wird, die dann vom Operateur reibungslos abgearbeitet werden können.

Funktionalitäten

Wie oben erläutert, hat der AAA drei Aufgabenbereiche, die die Kooperation mit dem Operateur gewährleisten und somit den Arbeitsablauf erleichtern sollen.

Die Aufgabenbereich „Überwachung“ besteht aus der Erfassung der Komplexität des Lagebildes und der Operateursituation. Für die Erfassung der Lagebildkomplexität beobachtet der AAA sowohl das Lagebild hinsichtlich der Anzahl aller vorhandenen Luftziele als auch die Merkmale einzelner Luftziele (bspw. Distanz zum Eigenschiff, Kurs, Geschwindigkeit, Peilung, Höhe, usw.). Für die Bewertung der Operateursituation überwacht der AAA über das HMI das Verhalten des Operateurs. Aus dessen Verhalten kann er bestimmen, ob der Operateur auf anstehende Handlungsempfehlungen reagiert.

Anhand der erfassten Lagebild- und Operateursituation leitet der AAA dann mit Hilfe einer Regelassistentz eine Automationsstufe („manual“, „assisted“, „semi-automated“, „veto“, „fully-automated“) für den jeweiligen Track ab. Die ausgewählte Automationsstufe wird abhängig von der dynamischen Entwicklung der Gesamtsituation flexibel angepasst (Abbildung 8)

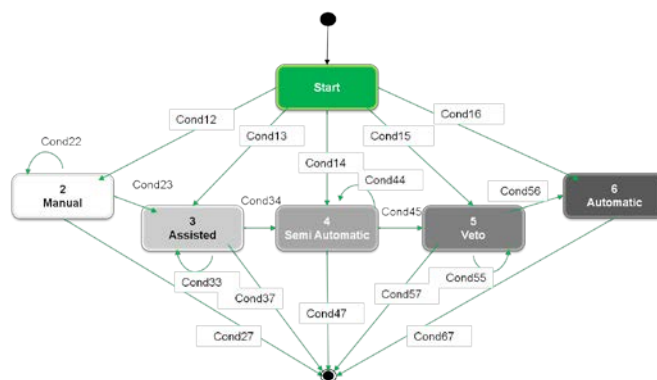


Abbildung 8: Automationsstufen und mögliche Transitionen zwischen ihnen

Der Wechsel zwischen den einzelnen Automationsstufen wird als Transition bezeichnet. Jede Transition wird durch Regeln charakterisiert, die aus den Parametern der Umgebungssituation und des Operateurverhaltens abgeleitet werden. Die durch Transitionen verknüpften Zustände stellen die Automationsstufen dar. Ein Beispiel für die Auswahl der Automationsstufen zeigt Abbildung 9.

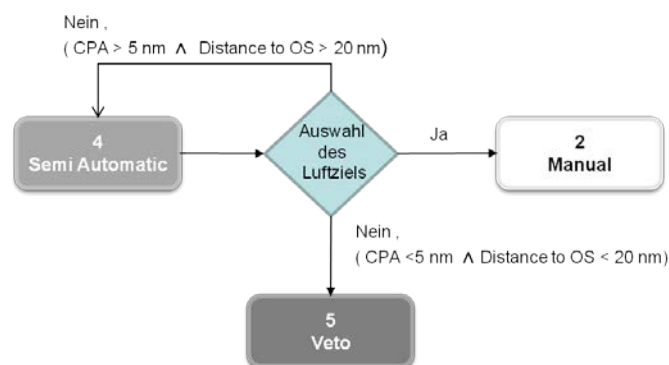


Abbildung 9: Eine Beispielregel für die Auswahl der Automationsstufen, die den Abstand zum Closest Point of Approach (CPA) und die Entfernung zum Eigenschiff (OS) auswertet.

(im Bild: Auswahl der Automationsstufe „2, Manual“, nicht des Luftziels)

Die Automationsstufen beschreiben in einer Situation, wie eine Aktion durchgeführt werden kann. Dabei umfasst eine Automationsstufe die Ressource (Mensch oder Maschine), die die Aktion durchführt, die Darstellung der HMI Komponenten (Indikatoren und Aktionen) sowie die Zeit, die zur Verfügung steht, um die Aktion durchzuführen. Über den gesamten Identifizierungsprozess (Angefangen von der passiven Überwachung bis hin zur manuellen oder automatischen Ausführung einer Aktion) muss sichergestellt werden, dass der Operateur über die ausgewählte Automationsstufe informiert wird. Dies ist erforderlich, damit der Operateur schnell nachvollziehen kann, welche Aktion von dem Assistenzsystem übernommen wird und welche zu seinem Verantwortungsbereich gehört. Dieses Bewusstsein über den Zustand der Automation und das daraus ableitbare Bewusstsein über seinen eigenen Verantwortungsbereich wird als Automationsbewusstsein (Sarter et al., 1997, Endsley, 1995) bezeichnet und ist als ein Bestandteil des Situationsbewusstseins anzusehen. Deshalb wird an jedem Luftzielkontakt, der am HMI dargestellt wird, die ausgewählte Automationsstufe angezeigt. Bei den Kontakten, die eine gewisse Bedrohlichkeit aufweisen, werden außerdem die anstehenden und ausgeführten Handlungsoptionen angezeigt. Somit kann der Operateur den Ablauf der Kooperation und die Arbeitsweise des Assistenzsystems leichter nachvollziehen.

6. Ausblick

Die COGAS Agenten „Action Selection Agent“ (ASA) und „Action Allocation Agent“ (AAA) werden voraussichtlich in diesem Jahr mit Marine Operateuren evaluiert. Dabei wird zum einen das Zusammenspiel beider COGAS Agenten auf der Basis eines realistischen Szenario verifiziert, zum anderen wird untersucht, ob die Kooperation zwischen Mensch und Maschine mit Hilfe flexibler Automation den negativen Folgen der konventionellen Automation entgegenwirken kann.

7. Literatur

- Arciszewski, H. F. R., Greef, T. E. De, & Delft, J. H. Van. (2009). Adaptive Automation in a Naval Combat Management System, 39(6), 1188–1199.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19, 775–770.
- Banks, J.B. (Ed.) (1998). *Handbook of Simulation*. New York: John Wiley & Sons.
- Baumhauer, A., Becker, R., Eihof, A., Özyurt E. & Schimikowski D. (2009). *Marine-Softwareframework Technischer Bericht. FHG/FKIE. Wachtberg.*
- Billings, C.E. (1997). *Aviation automation: The search for a human-centered approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dekker, S. W. A. & Hollnagel, E. (1999). Computers in the cockpit: Practical problems cloaked as progress. In S. W. A. Dekker and E. Hollnagel (Eds.), *Coping with computers in the cockpit*, 1-6. Aldershot, UK: Ashgate.
- Dickmanns, E. D. (2002). Vision for ground vehicles: History and prospects. *International Journal of Vehicle Autonomous Systems*. 1(1). 1-44.
- DIN e.V. (2006). *DIN EN ISO 9241-110. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung*. Berlin: Beuth.
- Döring, B. & Dörfel, G. (2008) *Konzepte zur wissensbasierten Nutzerunterstützung in Operationszentralen der Marine. FKIE-Bericht157. Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie. Wachtberg.*
- Dudek, H. L. (1990). *Wissensbasierte Pilotenunterstützung im Ein-Mann-Cockpit bei Instrumentenflug*. PhD thesis, Institut für Systemdynamik und Flugmechanik, Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik, Universität der Bundeswehr München.
- Endsley, M. R. (1988). Situation awareness global assessment technique (SAGAT). *Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference (NAECON)*, S. 789–795. New York: IEEE
- Flemisch, F. & Onken, R. (1999). *The Search for Pilot's Ideal Complement, Experimental Results with the Crew Assistant Military Aircraft CAMA*, HCI International, Munich.
- Flemisch, F. & Onken, R. (2002). Open a Window to the Cognitive Work Process! Pointillist Analysis of Man-Machine Interaction, *Journal of Cognition, Technology and Work* 4:160–170.
- Flemisch, F., Adams, C. A., Conway, S. R., Goodrich, K. H., Palmer, M. T. & Schutte, P. C. (2003). *The H-Metaphor as a Guideline for Vehicle Automation and Interaction*. Report No. NASA/TM-2003-212672. Hampton, NASA Research Center.
- Flemisch, F., Kelsch J., Löper, A., Schieben, A. & Schindler, J. (2008). Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and automation. In: D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid und K.A. Brookhuis (Hrsg.). *Human Factors for assistance and automation*, 1-16. Maastricht (Niederlande), Shaker Publishing.
- Flemisch, F., Schieben, A., Strauss, M., Lüke, S. & Heyden, A. (2011). Design of human-machine interfaces for highly automated vehicles in the EU-project HAVEit. In: *Proceedings 14th International Conference on Human-Computer Interaction*, 9.-14.7.2011, Orlando.
- Flemisch, F., Meier, S., Neuhöfer, J., Baltzer, M., Altendorf, E. & Özyurt, E. (2012). *Kognitive und kooperative Systeme in der Fahrzeugführung: Selektiver Rückblick über die letzten Dekaden und Spekulation über die Zukunft*. 2. Interdisziplinärer Workshop Kognitive Systeme: Mensch, Teams, Systeme und Automaten, 18.-20. Sep. 2012, Duisburg, Deutschland
- Frey, A. (2005). *Überwachung und Kontrolle in einem künstlichen System zur autonomen Fahrzeugführung*.

- Wissenschaftliche Schriftenreihe Luft –und Raumfahrttechnik, Band 16. Berlin: Verlag Dr. Köster.
- Gerlach, M (1996). Schnittstellengestaltung für ein Cockpitassistenzsystem unter besonderer Berücksichtigung von Spracheingabe. VDI Verlag, Düsseldorf, 1996.
- Goodrich K. H., Flemisch, F., Schutte, P. & Williams, R. (2006). Application of the H-Mode, a Design and Interaction Concept for Highly Automated Vehicles, to Aircraft.
- Hart, S. G. & Staveland, L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock and N. Meshkati (Eds.) Human Mental Workload. Amsterdam: North Holland Press.
- Heesen, M., Krasni, A., Linder T. & Flemisch, F. (2013). Straßentransport mit Assistenzfunktionen: Entwicklung und Optimierung des Interaktion und Automationskonzeptes. Zwischenbericht FKIE Wachtberg November 2013.
- Henneken, B., Özyurt, E. & Witt, O. (2009). Nutzerzentrierte Kommunikations-unterstützung in Operationszentralen der Deutschen Marine. 51. Fachausschuss-sitzung Anthropotechnik der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt - Lilienthal-Oberth e.V.. DGLR-Bericht, 2009-02, Kooperative Arbeitsprozesse; S.179-192; Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt - Lilienthal-Oberth e.V., Bonn.
- IPME (2008). Integrated Performance Modelling Environment, User Guide, Version 4.3. Alion Science and Technology Corporation.
- Kaber, D. B. & Endsley, M. R. (1997). Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. PROCESS SAFETY PROGRESS, 16 (3), 126-131.
- Kelsch, J., Flemisch, F. O., Löper, C., Schieben, A. & Schindler, J. (2006). Links oder rechts, schneller oder langsamer? Grundlegende Fragestellungen beim Cognitive Systems Engineering von hochautomatisierter Fahrzeugführung In Hrsg. Grandt, M; Bauch, A.: Cognitive Systems Engineering i.d. Fahrzeug- und Prozessführung; 48. FAS Anthropotechnik, Karlsruhe.
- King, R., Mukerjee, J., Tracey, E., Eberleand G. & Finch, M. (2010). Using Task Network Modelling to Investigate and Analyze Human-System Performance. Australian
- Lyll, B. & Funk, K. (1998). Flight Deck Automation Issues. In M.W. Scerbo & M. Mouloua (Eds.) Proceedings of the Third Conference on Automation Technology and Human Performance held in Norfolk, VA, March 25-28, 1998. (pp. 288-292). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- Ley D., Döring B., Dörfel G. & Witt O. (2008). "Approach for the Evaluation of a Combat Information Centre". Department Ergonomics and Human-Machine Systems. Fraunhofer FKIE
- Lee, J. D. & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. Human Factors, 46, 50-80.
- Manzey, D. & Bahner, J. E. (2005). Vertrauen in Automation als Aspekt der Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systemen. Beiträge zur Mensch-Maschine-Systemtechnik aus Forschung und Praxis. Symposium Publishing.
- Özyurt, E. & Döring (2012). A Cognitive Assistant for Supporting Air Target Identification on Navy Ships, Vienna Conference on Mathematical Modelling (MathMod2012), Vienna, Feb.15 - 17.
- Özyurt, E., Döring, B. & Flemisch, F. (2013). Simulation Based development of a cognitive assistance system for navy ships. CogSIMA 2013, San Diego.
- Onken, R. (1993). Funktionsverteilung Pilot-Maschine: Umsetzung von Grundforderungen im Cockpit-assistenzsystem CASSY, DGLR-Tagung des Fachausschusses Anthropotechnik.
- Onken, R. (1999). The Cognitive Cockpit Assistant Systems CASSY/CAMA; World Aviation Conference; San Francisco, USA.
- Onken, R. (2002). Cognitive Cooperation for the Sake of the Human-Machine Team Effectiveness. In: RTO-HFM Symposium on The Role of Humans in Intelligent and Automated Systems. Warsaw, Poland.
- Onken R. & Schulte A. (2010). System-ergonomic design of cognitive automation. Studies in Computational Intelligence, Vol. 235. Berlin: Springer.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Sys- tems and Humans, 30, 286-297.
- Prümper, J. & Anft, M. (1993). Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung - ein Fallbeispiel, In: K.H. Rödiger (Hrsg.), Software-Ergonomie '93 - Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung. Stuttgart: Teubner, S. 145-156
- Putzer, H. J. (2004). Ein uniformer Architekturansatz für kognitive Systeme und seine Umsetzung in ein operatives Framework. Wissenschaftliche Schriftenreihe Luft –und Raumfahrttechnik, Band 15. Berlin: Verlag Dr. Köster.
- Rasmussen, J. (1976). Outlines of a Hybrid Model of the Process Plant Operator. In: Sheridan, T. B., Johannsen, G. Monitoring Behavior and Supervisory Control. Plenum Press, New York., 1976, 371-391
- Ruckdeschel, W. (1997). Modellierung regelbasierten Pilotenverhaltens mit Petrinetzen. Dissertation, Universität der Bundeswehr München.
- Sarter, N. B., Woods, D. D. & Billings, C. E. (1997). Automation Surprises. In G.Salvendy (Hrsg.) Handbook of Human Factors & Ergonomics, second edition, Wiley
- Schreiner, F. & Onken, R. (1997). Ein Konzept zum fahreradaptiven, autonomen Führen eines Kfz. 2. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme.Berlin.
- Schulte A. (2006). Manned-Unmanned Missions: Chance or Challenge? In: The Journal of the JAPCC (Joint Air Power Competence Centre). Kalkar. Edition 3.
- Schulte A. & Stütz P. (1998). Evaluation of the Crew Assistant Military Aircraft CAMA in Simulator Trials. NATO System Concepts and Integration Panel Symp.,

- Sensor Data Fusion and Integration of the Human Element. Ottawa, Canada, 1998, pp 16-1 - 16-8.
- Schulte, A. & Meitinger, C. (2009). Cognitive and Cooperative Automation for Manned-unmanned Teaming Missions. In: NATO RTO Lecture Series SCI-208 on Advanced Automation Issues for Supervisory Control in Manned-unmanned Teaming Missions. Monterey, USA; Torino, Italy; Amsterdam, Netherlands. September 2009.
- Strohal M. (1999). Pilotenfehler- und Absichtserkennung als Baustein für ein Cockpitassistenzsystem mittels eines halbautomatischen Verfahrens zur Situationsklassifikation, Dissertation, Universität der Bundeswehr München.
- Stütz, P. (2000). Adaptive Modellierung des regelbasierten Pilotenverhaltens in Cockpitassistenzsystemen, Dissertation, Institut für Systemdynamik und Flugmechanik, Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.
- Walsdorf, A. (2002). Zentrale, objektorientierte Situationsrepräsentation angewandt auf die Handlungsziele eines Cockpitassistenzsystems, Dissertation, Universität der Bundeswehr München Fakultät für Luft- Und Raumfahrttechnik.
- Wiener, E. L., & Curry, R. E. (1980). Flightdeck automation: Promises and problems. *Ergonomics*, 23, 995–1011
- Witt, O., Özyurt, E., Schwarz, J., Dörfel, G. & Döring, B. (2011). Besatzungs- und Systemkonzepte für Operationszentralen schwimmender Plattformen unter Berücksichtigung des Demographischen Wandels. Abschlussbericht zur Studie BODeW, Fraunhofer FKIE, Wachtberg, Januar 2011.) (Modellierung der Arbeitsabläufe mit Hilfe von Human View -nicht veröffentlicht-)
- Witt, O., Özyurt, E., Schwarz, J., Dörfel, G. & Döring, B. (2012). Simulationsgestützte Entwicklung von Assistenzsystemen unter Berücksichtigung des Demographischen Wandels, Abschlussbericht zur Studie SAdWa. Wachtberg, 2012.
- Vincente, K. (1999). *Cognitive Work Analysis*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, NJ.