

## **Emotionsmodell für zukünftige Mensch-Technik-Schnittstellen zur Unterstützung von Centerlotsen**

Linda Pfeiffer, Nicholas Hugo Müller, Georg Valtin, Martina Truschzinski,  
Peter Protzel, Peter Ohler & Paul Rosenthal

### **Zusammenfassung**

Die Arbeit von Fluglotsen in Radarkontrollzentralen (sog. „Centerlotsen“) findet in den meisten Fällen in Teams, bestehend aus zwei Lotsen, statt. Während der Radarlotse den Radarschirm im Auge behält, dem Piloten über Funk Anweisungen gibt und Freigaben erteilt, koordiniert sein Kollege die Schnittstellen zu den benachbarten Sektoren. Er gleicht beispielsweise Übergabehöhen ab und unterstützt den Radarlotsen. Für eine gute und verlässliche Zusammenarbeit, die der großen Verantwortung der Centerlotsen gerecht wird, ist eine optimale Abstimmung und verbale wie auch nonverbale Kommunikation unter den Lotsen notwendig.

Da eine solche Kommunikation sehr sensibel in Bezug auf emotionale und stressrelevante Faktoren erscheint, ist die Untersuchung und Modellierung der psychologischen Komponenten des Fluglotsenteams ein Teil eines vor einigen Monaten gestarteten Projektes der Technischen Universität Chemnitz in Zusammenarbeit mit der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Auf Basis dieses Emotionsmodells wird eine neuartige Mensch-Technik-Schnittstelle für Centerlotsen entwickelt, die an die aktuelle Situation des Lotsenteams angepasst werden kann und damit eine höhere Verlässlichkeit und Effizienz erreicht.

In dieser Arbeit präsentieren wir erste Ergebnisse und zukünftige Planungen aus diesem Projekt. Detaillierte qualitative Untersuchungen der Fluglotsenteams und deren Arbeitsweisen haben schon zu konkreten Modellen und Eigenschaften der Zusammenarbeit geführt. Auch die Art und Weise, wie die hochspezialisierten Centerlotsen einige prävalente Teilaufgaben lösen, und die Gründe für diese Herangehensweisen wurden ergründet. Die Erkenntnisse sind bereits in Planungen für eine innovative adaptive Nutzerschnittstelle eingeflossen, welche auch vorgestellt werden. In Zusammenarbeit mit einem auf den Anwendungsfall adaptierten Emotionsmodell des Teams wird den Fluglotsen in jeder Situation eine optimale Mensch-Technik-Schnittstelle angeboten.

## 1 Einleitung

Die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH ist im deutschen Luftraum für die Flugverkehrskontrolle zuständig. Während Towerlotsen sich um die Koordination von ankommenden, rollenden und abfliegenden Maschinen an den Flughäfen kümmern, sind die Lotsen in den Radarkontrollzentralen (Centerlotsen) für die Überwachung des Luftraums verantwortlich. Die Zuständigkeitsgebiete der Radarkontrollzentralen sind in Sektoren aufgeteilt, für die jeweils zwei Centerlotsen (Lotsen-Dyade) zuständig sind. Dabei findet eine Aufgabenteilung in der Form statt, dass einer der Lotsen (Radarlotse) auf Basis des Radarbildes die Kommunikation mit den Piloten übernimmt und ihnen die entsprechenden Kommandos gibt, beispielsweise zur Kurs- oder Höhenänderung. Der andere Lotse (Koordinationslotse) stimmt sich mit den benachbarten Sektoren ab und koordiniert beispielsweise die Übergabehöhen von ein- und ausfliegenden Flugzeugen. Darüber hinaus fungiert er als Unterstützung für den Radarlotsen, da gerade bei komplexen Flugsituationen und unter Zeitdruck ein zweites Paar Augen für mehr Sicherheit sorgt. Voraussetzung für das effektive Zusammenwirken einer solchen Lotsen-Dyade ist eine reibungslose Kommunikation zwischen den Lotsen sowie ein Arbeitsplatz, der relevante Informationen optimal aufbereitet und eine effiziente Interaktion mit dem System ermöglicht.

Die Aufteilung der einzelnen Sektoren und Zuteilung zu den Fluglotsen-Dyaden wird von Supervisoren (Wachleitern) erledigt. Diese sehr erfahrenen Lotsen sind für einen größeren Teil des Luftraums, also eine Vielzahl von Sektoren zuständig. Dort entscheiden sie in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen und vorliegenden Besonderheiten darüber, ob Sektoren zusammengelegt oder aufgeteilt werden, und wie viele Lotsen-Dyaden für die Bewältigung der aktuellen Situation benötigt werden. Dafür müssen die Supervisoren nicht nur über einen guten Überblick über die objektiven Anforderungen an den überwachten Luftraum (Wetter, Verkehr) verfügen, sondern auch die Eigenschaften und Eigenheiten der verfügbaren Fluglotsen beachten.

## 2 Problemstellung

Die Tätigkeit der Centerlotsen ist nicht nur anspruchsvoll, sondern auch mit einem hohen Maß an Verantwortung verbunden. Eine unvollständige Erfassung oder fehlerhafte Einschätzung einer Situation kann im schlimmsten Fall katastrophale Auswirkungen haben. Da die Centerlotsen während ihrer kognitiv fordernden Arbeit häufig wichtige Entscheidungen in einem engen Zeitfenster beziehungsweise unter Zeitdruck treffen müssen, entsteht Stress (Rantanen & Nunes, 2005, S. 339). Es wurde vielfach nachgewiesen, dass sich Stress negativ auf das Treffen von Entscheidungen auswirken kann, indem beispielsweise nicht alle zur Verfügung stehenden Alternativen hinreichend berücksichtigt oder unangemessene Heuristiken zur Entscheidungsfindung herangezogen werden (für eine Übersicht: Starcke & Brand, 2012). Im Idealfall sollte Stress also vermieden werden, um Centerlotsen schwierige Entscheidungen unter widrigen Bedingungen

zu ersparen. Realistisch gesehen ist dies im Berufsalltag nicht gänzlich möglich, aber mit einer frühzeitigen Erkennung entsprechender Stresssymptome könnten die Centerlotsen selbst, ihre Kollegen oder der zuständige Supervisor schnell und effektiv reagieren und damit entscheidend zur Sicherheit im Flugverkehr beitragen.

Derzeit haben die Centerlotsen in Deutschland bereits die Möglichkeit, ihre momentane Beanspruchung und damit ihr subjektiv wahrgenommenes Stresslevel mittels der sogenannten „Genfer Ampel“ anzuzeigen. Dabei entspricht grün dem Normalbetrieb, wohingegen gelb und rot eine erhöhte bzw. stark gestiegene Beanspruchung anzeigen. Allerdings erfordert das Umschalten auf eine andere Farbe das aktive Eingreifen der Centerlotsen, die laut eigener Aussagen aber bei steigendem Stress ihre Aufmerksamkeit dermaßen auf die Bewältigung ihrer Aufgaben fokussieren, dass sie das Umschalten vergessen (Pfeiffer et al., 2015). Damit wird der Bedarf nach Entlastung nicht an die Nachbarsektoren kommuniziert, die unter Umständen unterstützend eingreifen könnten, indem sie beispielsweise bestimmte Kurs- und Höhenkorrekturen bereits im eigenen Bereich vornehmen und damit die Kollegen im Sektor mit der kritischen Situation entlasten.

Die naheliegende Lösung einer Stressdiagnostik auf Basis objektiver Kriterien der Aufgabenanforderung, beispielsweise Anzahl der Flugzeuge bzw. Flugbewegungen pro Zeiteinheit in einem Sektor, greift als alleiniges Mittel aber zu kurz, da eine Stressreaktion als komplexer Wechselwirkungsprozess zwischen Person und Situation betrachtet werden muss (Lazarus & Folkman, 1984). Je nach momentaner Befindlichkeit kann dieselbe Verkehrssituation an einem Tag problemlos gemeistert werden, während sie den Lotsen am nächsten Tag vor eine extreme Herausforderung stellt (Pfeiffer et al., 2015). Eine zuverlässige Diagnostik des aktuellen sowie kurzfristige Vorhersage des zukünftigen emotionalen und kognitiven Zustands der Centerlotsen muss demzufolge sowohl auf Variablen der Person als auch der Situation basieren. Dabei müssen nicht nur beide Centerlotsen eines Teams einzeln betrachtet werden, sondern auch der Zustand als funktionale Dyade Berücksichtigung finden.

### **3 Lösungsansatz**

Aus biologischer Sicht handelt es sich bei einer Stressreaktion um die multiple Aktivierung körpereigener Systeme auf affektiver, kognitiver, neuronal-endokriner und motorischer Ebene (Siegrist, 2006). Dementsprechend sollte die Erfassung des Zustandes auch ebendiese verschiedenen Parameter berücksichtigen und diese Informationen mit den objektiven Aufgabenanforderungen und dem subjektiven Empfinden abgleichen. Genau diesen Ansatz verfolgt das Projekt „StayCentered - Methodenbasis eines Assistenzsystems für Centerlotsen (MACeLot)“, um den emotionalen bzw. kognitiven Zustand der Lotsen zu ermitteln und damit eine zuverlässige Aussage zur Einsatzbereitschaft zu treffen.

Zur Diagnose der emotional-kognitiven Befindlichkeit werden dabei folgende Kanäle gemessen:

- Mimischer Ausdruck: Aufnahme per Videokamera
- Sprachliche Kommunikation: Aufnahme per Mikrofon
- Posen und Gesten: Aufnahme per 3D-Videokamera
- Hautleitfähigkeit: Aufnahme per Armband
- Pulsfrequenz: Aufnahme per Armband
- Blickverhalten: Aufnahme per Eye-Tracking-Brille
- Pupillendilatation: Aufnahme per Eye-Tracking-Brille

Hier wollen wir explizit nicht auf die Herausforderungen der Datenakquisition eingehen, da diese allein schon den Rahmen des Textes sprengen würden. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass die benötigten Daten hinreichend verlässlich aufgenommen werden können. Entscheidend ist dabei, dass diese Datenkanäle nicht separat ausgewertet werden, da beispielsweise bereits die gleichzeitige Betrachtung von Sprache und Mimik zu deutlich besseren Ergebnissen bei der Emotionserkennung führt (Zeng et al., 2009). Dementsprechend werden in einer ersten explorativen Phase in Simulationen entsprechende Messungen vorgenommen und die Daten in Hinblick auf bestimmte Muster ausgewertet. Durch eine geeignete Analyse der zeitlichen Verläufe der erhobenen Daten können auch verzögerte Reaktionen bzw. zeitliche Verschiebungen in den Mustern identifiziert werden. In die Auswertung fließen außerdem auch die subjektiven Urteile bezüglich der aktuellen Belastung und der situativen Aufmerksamkeit ein, die im Verlauf der Simulationen ebenfalls erfasst werden. Darüber hinaus werden die Menge der Flugzeuge im Sektor und die Anzahl der Flugbewegungen registriert. Demzufolge verfügen wir über drei relevante Informationsarten: psychophysiologische Parameter, objektive Maße zur Aufgabenanforderung und subjektive Maße der Lotsen. Diese Informationen bilden die Grundlage für ein Modell, das eine Diagnose des aktuellen und eine kurzfristige Prognose des zukünftigen Zustands auf Basis situations- und persönlichkeitsbezogener Variablen ermöglicht.

#### **4 Auswirkungen**

Das avisierte System soll es erlauben, den Zustand der Lotsen-Dyade zu identifizieren und vorherzusagen. Diese Informationen können zu einer Verbesserung der Arbeitssituation beitragen und sind in diesem Zusammenhang im Wesentlichen für zwei Nutzergruppen von Belang. Wir streben eine Rückführung der Daten in die Bedienoberfläche der Fluglotsen selbst an, ebenso wie eine visuelle Darstellung des aktuellen emotionalen und kommunikativen Zustandes und dessen künftigen Entwicklung jeder Dyade für den Supervisor. Die Simulationsergebnisse sollen die Entscheidung für das Teilen oder Zusammenführen von Sektoren erleichtern. Damit ist eine visuelle Darstellung des Interaktionsverhaltens und der zugrundeliegenden Emotionen, welche eine zügige

und komplette Einschätzung aktueller und zukünftiger Situationen ermöglicht, für die Leitung von Fluglotsenteams unverzichtbar.

Die Visualisierung von multidimensionalen zeitveränderlichen Daten (Aigner et al., 2011) ist ein weites und komplexes Feld im Bereich der Informationsvisualisierung (Ware, 2013). Für fast jeden möglichen Datentyp und jede Visualisierungsaufgabe (Schulz et al., 2013) gibt es mittlerweile mehrere Ansätze, wie die Daten darzustellen sind. Jeder der bekannten Ansätze beansprucht verschiedene Stärken bezüglich der Daten und Aufgaben. Allerdings sind dies nur die Werkzeuge, um die eigentliche Aufgabe des Designs, der Implementierung und der Evaluation eines Visualisierungssystems für einen ganz speziellen Anwendungsfall, zu lösen. Nur durch die genaue Analyse der darzustellenden Daten, der zu lösenden Aufgaben und der betroffenen Nutzergruppe ist es möglich, eine Visualisierungsumgebung zu schaffen, die sich als sinnvoll und effizient erweist. Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es kein Visualisierungssystem, welches in diesem Kontext dazu in der Lage wäre.

Die Rückführung der Daten in das Fluglotseninterface soll den Lotsen die Möglichkeit bieten, ihren eigenen und den Zustand der Kollegen umgebender Sektoren besser einzuschätzen. Zudem ist durch das System eine automatische Anpassung des Nutzerinterfaces (*Adaptive User Interface*, AUI) an die Bedürfnisse sehr stressiger oder auch langweiliger Situationen möglich, welche beide in besonderem Maße das Risiko für menschliche Fehler bieten. Eine angemessene Anpassung der Informationsdarstellung kann diese Situationen entschärfen und für eine ausgeglichene Arbeitslast sorgen.

Emotionserkennung hat in den letzten Jahren vor allem in sprachbasierten Dialog- und Entertainmentsystemen Einzug gehalten. Die Erfahrungen mit AUIs sind dabei ambivalent. So können AUIs tatsächlich Prozesse sehr beschleunigen, sie können aber auch im Gegenteil die Bedienung radikal erschweren – schließlich müssen sie ganz grundsätzlich gegen das Konsistenzgebot der Mensch-Computer-Interaktion verstoßen (Rothrock et al., 2002). Es kristallisiert sich heraus, dass AUIs sehr speziell für den einzelnen Anwendungsfall konzipiert werden müssen. Unseres Wissens nach existieren für den hier anvisierten Anwendungsfall bisher keine Untersuchungen zu adaptiven Nutzerschnittstellen.

## **5 Verhältnis kognitiver Belastung zu Emotionen**

Die Arbeit von Centerlotsen ist komplex und anspruchsvoll. Besondere Faktoren, wie etwa besonders hohes Flugaufkommen oder eine hohe Frequenz einfliegender Flugzeuge, erhöhen den mentalen Workload von Fluglotsen zusätzlich (Brookings et al., 1996). Aus diesem Grund unterliegen Fluglotsen während ihrer Ausbildung einem umfassenden Auswahlverfahren, welches vor allem Menschen bevorzugt, die über ein überdurchschnittlich gutes räumliches Denkvermögen, sehr hohe Aufmerksamkeit und sehr gute Merkfähigkeit verfügen. Diese Fähigkeiten ermöglichen es den Centerlotsen, selbst in schwierigen Situationen ruhig und gelassen zu arbeiten und Problemsituationen aufzulösen. Zwar sind Fluglotsen

sehr gut ausgebildet, doch aufgrund von Stresssituationen oder anderen Ereignissen können auch ihnen Fehler passieren, die dann dazu führen können, dass Flugzeuge auf eine alternative Route geschickt oder an andere Sektoren weitergeleitet werden müssen. Im schlimmsten Fall führt ein solcher Fehler zu einer Staffelungsunterschreitung, einem Vorfall, bei dem Flugzeuge den vorgeschriebenen Sicherheitsabstand unterschreiten.

Um solche Fälle zu vermeiden, wird innerhalb des Projektes sowohl die kognitive Belastung als auch der emotionale Zustand des Fluglotsen untersucht bzw. berechnet. Da eine kognitive Belastung sowohl den emotionalen Zustand beeinflusst (Kalyuga, 2011) als auch ein ausgeprägter emotionaler Zustand die kognitive Leistung beeinflussen kann (Mueller, 2011; Berggreen et al., 2012), erscheint eine getrennte oder einzelne Untersuchung nicht zielführend. Der Zusammenhang beider Faktoren besteht nicht nur in deren sichtbaren Auswirkungen (Emotion bzw. Ermüdung oder Aufmerksamkeitsdefizite), sondern auch in deren Ursache. So ist der kognitive Workload neben der Aufgabenschwierigkeit und dem Zeitdruck auch vom *Arousal* abhängig (Galy et al., 2012), welches auch gleichzeitig die Intensität einer empfundenen Emotion beeinflusst. Je nach Situation bzw. kognitiver Bewertung wird anschließend die in der Situation empfundene Emotion als positiv oder negativ interpretiert.

## 6 Kommunikations- und Emotionsmodell

Innerhalb des Projektes wird ein Modell entwickelt, welches anhand der aktuellen Flugsituation und der Kommunikation der Fluglotsen untereinander sowohl den emotionalen als auch kognitiven Arbeitszustand der Dyade berechnet sowie eine qualitative Aussage über die Güte der Kommunikation beider Fluglotsen trifft. Vor allem für den Supervisor sind solche Informationen relevant, da dieser so die Möglichkeit hat, auf bestimmte Unstimmigkeiten, Ermüdungen oder emotionale Ausnahmesituationen zu reagieren und die Fluglotsen entweder auszutauschen oder den Sektor zu teilen. Die Berechnung des emotionalen und kognitiven Belastungszustands der Fluglotsen erfolgt innerhalb eines Agentenmodells (PECS – vgl. Reger & Ohler, 1999), welches in Bild 1 dargestellt ist.

Dabei basiert die Berechnung der Emotionen auf einem Modell (Müller & Truschzinski, 2014), welches im Rahmen des Projektes „Smart Virtual Worker“ entwickelt wurde. Dieses Modell wird im Projektkontext um eine kognitive Belastung erweitert. Der strukturelle Aufbau des Modells wird mittels Simulationen überprüft, bei denen spezifische biophysiological Messwerte erhoben werden, welche eine Indikation auf kognitive und/oder emotionale Reaktionen erlauben. Die Messmethoden unterscheiden sich je nach Signal, so werden physiologische Messungen wie Puls und Hautleitfähigkeit direkt an das Modell weitergegeben, da sich das Arousal eines Menschen dort sehr gut ableiten lässt (vgl. Pinel, 2006). Anhand der Pupillengröße lässt sich sehr gut der kognitive Workload bestimmen, deshalb wird auch diese Messung direkt an das Modell weitergegeben (Beatty & Lucero-Wagoner, 2000; Rosch & Vogel-Walcutt, 2012).

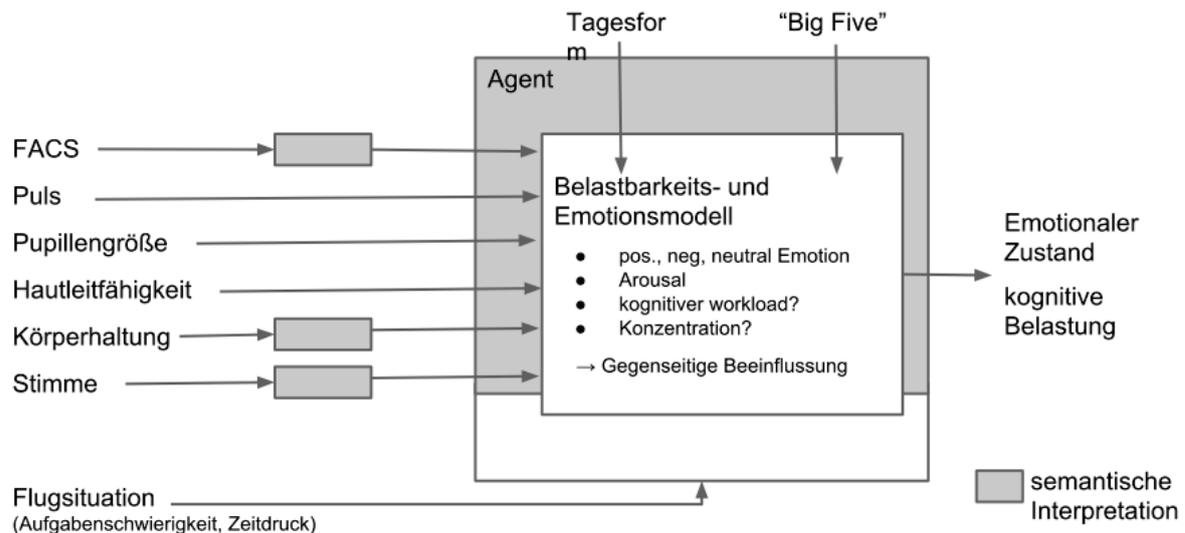


Bild 1: Emotionale Zustandsberechnung in StayCentered/MACeLot

Körperhaltung, Stimme und die Gesichtsausdrücke müssen zunächst interpretiert werden, da eine Vielzahl von Faktoren hier einen Hinweis für einen bestimmten emotionalen Zustand bzw. einen erhöhten kognitiven Belastungszustand geben können (Ekman & Rosenberg, 1997; Dael et al., 2012; Ayadi et al., 2011). Das Ergebnis dieser Aufnahmen und die Kombination aller interpretierten Daten wird auf Grundlage der erlebten (objektiven) Verkehrssituation analysiert und anhand von wiederkehrenden Mustern das Zusammenspiel bzw. die Wechselwirkung bestimmter Signale detektiert und in das Modell eingearbeitet. Das so entstandene Modell beinhaltet daraufhin den Einfluss bzw. die Berechnung der internen Parameter, wie Arousal und Pupillenerweiterung, in Abhängigkeit von der Flugverkehrssituation. Mit Hilfe dieses Modells kann somit die Berechnung der kognitiven bzw. emotionalen Belastung der Fluglotsen erfolgen.

Aufgrund von Literaturrecherchen zur kognitiven Belastung wurde das schon im „Smart Virtual Worker“-Projekt entwickelte Emotionsmodell, wie in Bild 2 dargestellt, erweitert. Dieses Modell wird im Verlauf des Projektes anhand der erhobenen Daten erweitert bzw. angepasst. Wie in Galy et al. (2012) beschrieben, hängt die kognitive Belastung und das Arousal von Aufgabenschwierigkeit und Zeitdruck ab – diese können anhand der aktuellen Flugsituation sowie des aktuellen Tagesplans der Flüge berechnet oder abgelesen werden. Beide Komponenten – Aufgabenschwierigkeit und Zeitdruck – ergeben die Eingabe in das Modell, welches daraufhin den aktuellen Zustand der Fluglotsen berechnet. Da vor allem die Emotionen sowie die kognitiven Belastungsauswirkungen sehr unterschiedlich von Fluglotse zu Fluglotse ausfallen können, müssen bestimmte Persönlichkeitsmerkmale erhoben werden, die einen Hinweis darauf geben können, wie emotional eine Person auf Situationen reagiert. Diese individuellen Parameter des Modells werden mit Hilfe der Big Five (Goldberg, 1990), das heißt der fünf Hauptdimensionen der Persönlichkeit (Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Gewissenhaftigkeit und Verträglichkeit), erhoben bzw.

anhand deren definiert. Folgendes Emotionsmodell wurde unter Berücksichtigung der aktuellen Datenlage entwickelt:

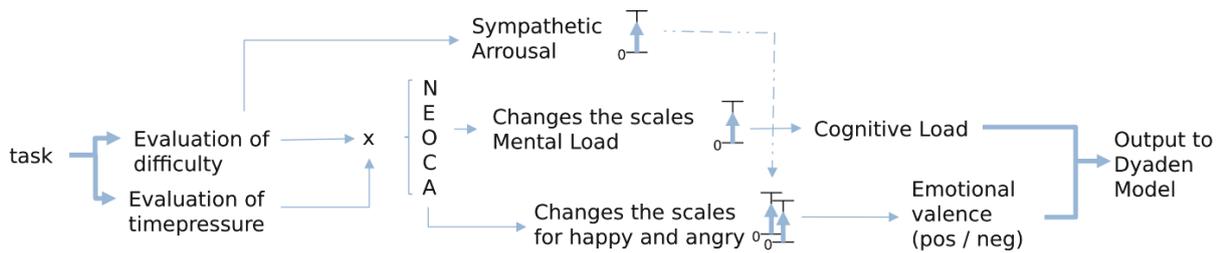


Bild 2: Darstellung des aktuellen Emotionsmodells

Die aktuelle Verkehrssituation wird demnach in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad und den Zeitdruck für die Fluglotsen analysiert und anhand von Persönlichkeitsfaktoren wie den hier beispielhaft dargestellten „Big Five“ die individuelle Reaktion dieser Fluglotsen berechnet. Das sympathische Arousal wird durch eine Erhöhung des Schwierigkeitsgrades oder des Zeitdrucks erhöht bzw. durch eine Ermäßigung verringert. Das Ergebnis einer solchen Erhöhung beeinflusst sowohl die kognitive Belastung als auch die emotionale Valenz. Das Ergebnis dieser Berechnung wird dann anschließend an das Dyadenmodell weitergegeben, welches anhand der emotionalen und kognitiven Belastungszustände der einzelnen Centerlotsen die Qualität der Kommunikation beurteilt. In Bild 3 ist das Dyadenmodell illustriert.

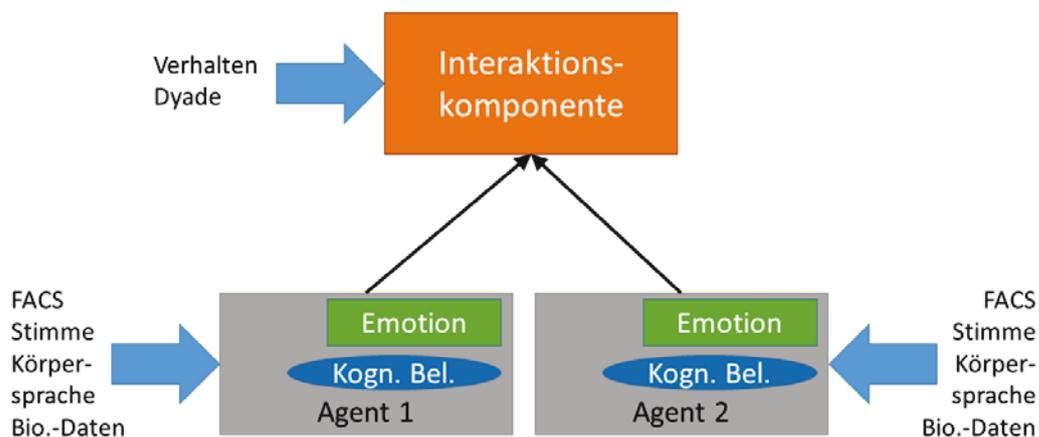


Bild 3: Dyadenmodell

Wie bereits beschrieben erhält das Dyadenmodell als Interaktionskomponente Informationen über den emotionalen und kognitiven Zustand beider Centerlotsen. Zusätzlich erhält es typische Verhaltensanalysen, wie zum Beispiel, ob die Fluglotsen sich anschauen, wie häufig sie miteinander sprechen oder ob einer der Fluglotsen eher gar nicht interagiert. Diese Daten werden analysiert und somit das Zusammenspiel beider Fluglotsen bewertet. Auch hier werden beeinflussende Faktoren bzw. Hinweise aus Sprach-, Gesichts- und Posenerkennung detektiert und anschließend entsprechend der Erkenntnisse in das Dyadenmodell integriert.

## 7 Nutzerschnittstellen

In diesem Abschnitt werden unsere initialen Vorstellungen und Konzepte zu den Nutzerschnittstellen unter dem Einfluss erster Forschungsteilergebnisse genauere Betrachtung finden. Die Schnittstelle der Fluglotsen und die Visualisierung für die Supervisoren werden dabei getrennt ins Auge gefasst.

### 7.1 Ein adaptives Fluglotseninterface

Unser Ziel ist es, ein Lotseninterface zu schaffen, welches es den Lotsen ermöglicht, einen zügigen Überblick über aktuelle und zukünftige Verkehrssituationen zu erlangen und potentielle Konflikte frühzeitig und zuverlässig zu erkennen. Zudem streben wir eine Unterstützung der kooperativen Arbeit der Fluglotsen-Dyade und eine ausgeglichene Arbeitslast durch die Anpassung des Interfaces an den emotionalen und kommunikativen Zustand der Dyade an.

Die Entwicklung dieses Interface findet in einem stark iterativen Designprozess statt, welcher den Fluglotsen mit seinen Aktivitäten, Zielen und seinem Arbeitskontext in den Mittelpunkt stellt. Auch hier arbeiten wir eng mit der Deutschen Flugsicherung zusammen und binden die Lotsen von Anfang an ein. Zu Beginn des Designprozesses gilt es, sich mit dem Anwendungsfeld, der Zielgruppe und aktuellen Systemen vertraut zu machen. Zu diesem Zweck wurden bereits Beobachtungsstudien an den Center-Standorten München, Langen und Karlsruhe durchgeführt. Diese wurden ergänzt durch offene Interviews mit Lotsen und Lotsenschülern, einer ausführlichen Dokumentationsanalyse und einer Literaturrecherche.

Ein gutes Interface sollte die von den Anwendern genutzten mentalen Modelle der Strukturen und Routinen widerspiegeln. Fluglotsen müssen mit räumlichen Daten, die sich stetig mit der Zeit ändern, umgehen. Sie prognostizieren demnach dreidimensionale Flugzeugtrajektorien in die Zukunft. In der Forschung wird seit längerem der Einsatz von dreidimensionalen stereoskopischen Displays in der Flugsicherung diskutiert, um diesem räumlichen Problem gerecht zu werden. Beispielhaft sind hier die Ansätze von Lange et al. (2003, 2006), Bagassi et al. (2010) sowie Bergner & Schmand (2012) zu nennen, die auch in Bild 4 dargestellt sind.

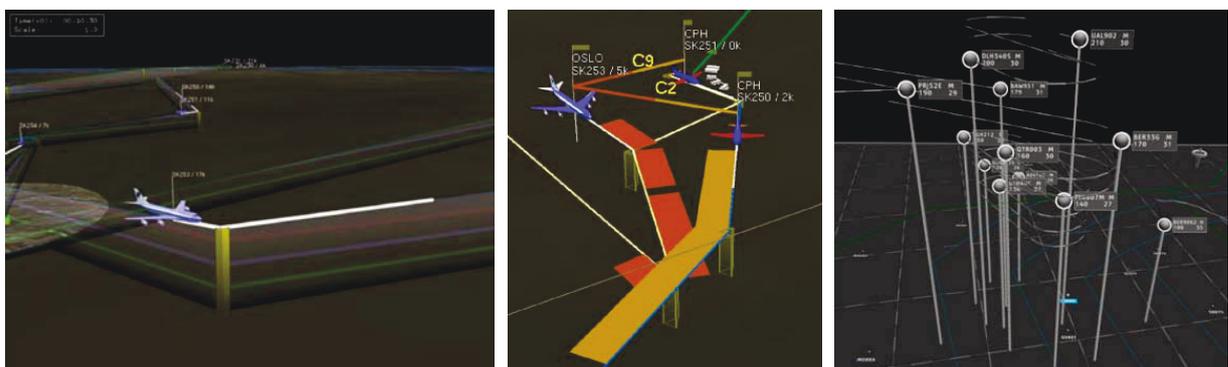


Bild 4: Dreidimensionale Visualisierungen von Flugzeugtrajektorien

Unsere Untersuchungen, wie auch die von Kirwan et al. (1998) und Tavanti & Cooper (2009), ergaben jedoch, dass die Fluglotsen nicht unbedingt ein dreidimensionales mentales Modell der aktuellen Flugsituation aufbauen. Diese Repräsentation der Flugsituation scheint eher individuell ausgeprägt zu sein. Damit ist der Einsatz stereoskopischer Displays in der Flugsicherung infrage zu stellen ist, insbesondere da die heutige Technik noch nicht für einen Langzeiteinsatz konzipiert ist und zu stärkerer Ermüdung und teilweise Unwohlsein führen kann.

Dennoch ist, nach unseren Untersuchungen, die Darstellung der Höhe eine der wichtigsten Informationen über die Luftfahrzeuge. Auch Rantanen & Nunes (2005) sowie Mogford (1997) stellten die hohe Priorität der Höheninformation fest. Einen Ansatz zur schnellen Erkennung der Höhe in einer zweidimensionalen Darstellung bieten beispielsweise die Visualisierungsansätze von Palmer et al. (2008) oder Smallman et al. (2001). Zwei Beispiele für die dort benutzten Stimuli sind in Bild 5 illustriert.

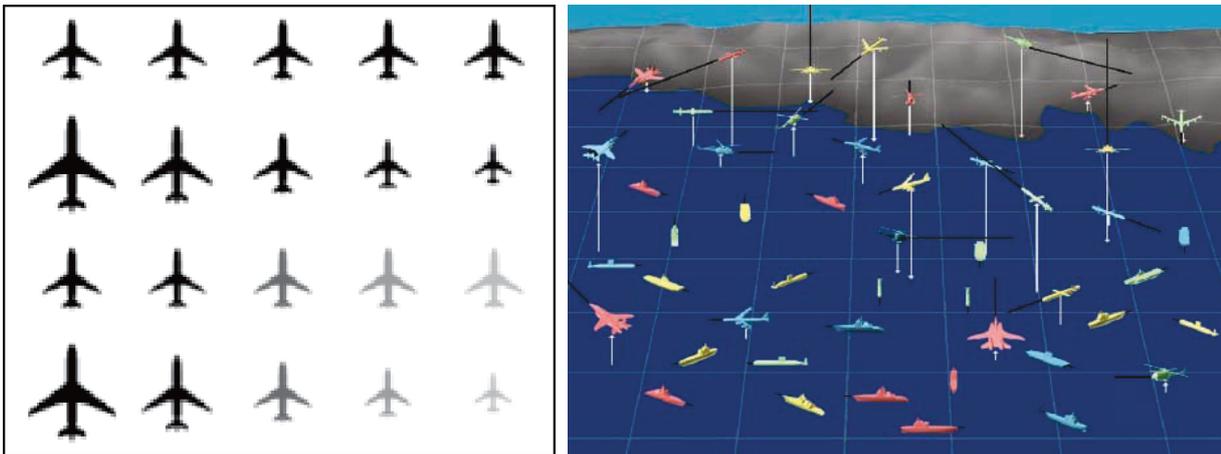


Bild 5: Ansätze zur schnellen Höhenerkennung

Unsere Untersuchungen ergaben weiterhin, dass zur Konflikterkennung nicht immer die Trajektorien komplett berechnet werden. Vielmehr vertrauen die Lotsen zunächst auf Abschätzungen, und erst bei Bedarf wird der Genauigkeitsgrad dieser bis zur genauen Berechnung hin erhöht. Es wäre demnach ein Interface denkbar, welches dieser Strategie ebenfalls folgt und dem Lotsen nach Bedarf genauere Informationen oder Darstellungen anbietet.

Aktuell in Bearbeitung ist die Analyse, inwiefern die aktuell benutzten Visualisierungen und Interaktionsparadigmen der benutzten Systeme den heutigen Anforderungen noch entsprechen und in welchen Aspekten der vorhandenen Nutzerschnittstellen eine adaptive Anpassung sinnvoll ist. Auf Basis dieser Untersuchungsergebnisse und der Diskussion verwandter Arbeiten können dann erste Konzeptideen entworfen werden, die anschließend evaluiert und in diversen Iterationen weiterentwickelt werden.

## 7.2 Visualisierung emotionaler Zustände im zeitlichen Verlauf

Die geplante Visualisierung für die Supervisoren soll ihnen eine Entscheidungshilfe für Kapazitätsplanungen und den effizienten Einsatz der aktuell verfügbaren Fluglotsenteams sein. Sie soll demnach einen schnellen Überblick über aktuelle und zukünftige mentale und emotionale Zustände aller ihm zugeordneter Fluglotsen-Dyaden sowie die Auswirkungen auf den abzuarbeitenden Verkehr bieten.

Auch bei der Entwicklung dieser Darstellung streben wir ein iteratives Vorgehen mit starker Einbeziehung der Nutzer (der Supervisoren) an. Zukünftige Schritte umfassen Beobachtungen am Arbeitsplatz und Interviews mit Wachleitern, die Identifikation von Anforderungen an die Visualisierung, den iterativen Entwurf und die Evaluation konkreter Visualisierungen. Dies geschieht unter Zuhilfenahme von Visualisierungskonzepten multidimensionaler zeitveränderlicher Daten sowie solcher für Emotionen und Arbeitslast aus anderen Anwendungsfeldern. Beispielsweise kann hier aktuelle Forschung im Bereich der Visualisierung agiler Softwareentwicklungsprojekte etwa mit Gantt-Diagrammen oder Burndown Charts (Farid & Mitropoulos, 2013; Lehtonen et al., 2013) und der Visualisierung von Teamsporereignissen mit sehr mächtigen und komplexen Interaktionsmechanismen (Perin et al., 2013) berücksichtigt werden.

## 8 Fazit und Ausblick

Das vorgestellte Projekt „StayCentered/MACeLot“ untersucht die Erkennung und Modellierung des emotionalen und kommunikativen Zustandes von Centerlotsen-Dyaden sowie die Nutzerschnittstellen, mit denen Fluglotsen arbeiten. Wir haben gezeigt, dass Emotionen und Stress wichtige Faktoren in Bezug auf die Arbeit der Centerlotsen sind, die aktuell kaum detektiert und modelliert werden. Unsere vorgestellte Lösung basiert auf der Detektion einer großen Anzahl an emotionalen Kanälen und Erkennung von Zusammenhängen zwischen der Arbeitssituation und globalen Datenmustern. Als Modell für die Fluglotsen-Dyade wird ein bereits vorhandenes Emotionsmodell geeignet angepasst und dann mit Hilfe von in Simulationen erhobenen Daten adaptiert. Ziel ist es, mit einem entsprechenden Modell in Zukunft verlässlich Emotionen und Belastungszustände erkennen und prognostizieren zu können.

Die detektierten psychischen Zustände der Dyaden sollen dann in zweifacher Hinsicht verwertet werden: Zum einen wird in Zukunft angestrebt, das Nutzerinterface der Fluglotsen auf den Zustand der Dyade hin zu optimieren. Erste Untersuchungen haben bereits tiefe Einblicke in die Arbeitsweise der Fluglotsen mit der Nutzerschnittstelle geliefert, die nun in einem iterativen Designprozess genutzt werden sollen, um ein emotionsadaptives Fluglotseninterface zu entwickeln. Dieses sollte sich immer optimal dem aktuellen Zustand der Dyade anpassen und somit die Performanz und Sicherheit während der Arbeit erhöhen. Zum anderen sollen die Informationen über die aktuellen und zukünftigen psychologischen Zustände der überwachten Dyaden den Supervisoren helfen, effiziente und sichere Entscheidungen bezüglich der Sektoren- und Personal-

planung zu treffen. Die Supervisoren werden damit bemächtigt, proaktive Entscheidungen zu treffen, da sie nicht nur auf die aktuellen und zukünftigen Kennwerte des Luftraumes, sondern auch auf kognitive Belastungen zurückgreifen können. Insgesamt ist das Ziel die Erforschung von neuen Richtungen der Nutzeradaption, um zukünftig einen Beitrag dazu leisten zu können, die Flugsicherung effizienter und noch sicherer zu machen.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde teilweise im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes „StayCentered - Methodenbasis eines Assistenzsystems für Centerlotsen (MACeLot)“ gefördert. Weiterhin danken wir der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH für die Unterstützung.

## Literatur

- Aigner, W., Miksch, S., Schumann, H. & Tominski, C. (2011). *Visualization of time-oriented data*. London: Springer.
- Ayadi, M.E., Kamel, M.S. & Karray, F. (2011). Survey on speech emotion recognition: Features, classification schemes, and databases, *Pattern Recognition*, 44(3), 572-587.
- Bagassi, S., De Crescenzo, F. & Persiani, F. (2010). Design and evaluation of a four-dimensional interface for air traffic control. *Journal of Aerospace Engineering*, 224(8), 937-947.
- Beatty, J. & Luvero-Wagoner, B. (2000). The pupillary system. In J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary & G.G. Berntson (Éds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp 142-162). Cambridge: Cambridge University Press.
- Berggren, N., Koster, E.H.W. & Derakshan, N. (2012). The effect of cognitive load in emotional attention and trait anxiety: An eye movement study. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(1), 79-91.
- Bergner, D.J. & Schmand, C. (2012). Fortschrittliche Visualisierungssysteme für Fluglotsenarbeitsplätze. *TE im Fokus*, 2, 7-13.
- Brookings, J.B., Wilson, G.F. & Swain, C.R. (1996). Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control. *Biological Psychology*, 42(3), 361-377.
- Dael, N., Mortillaro, M. & Scherer, K.R. (2012). Emotion expression in body action and posture. *Emotion*, 12(5), 1085-1101.
- Ekman, P. & Rosenberg, E.L. (1997). *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the facial action coding system (FACS)*. Oxford University Press.
- Farid, W.M. & Mitropoulos, F.J. (2013). Visualization and scheduling of non-functional requirements for agile processes. In *Proceedings of IEEE Southeastcon*, 1-8.
- Galy, E., Cariou, M. & Mélan, C. (2012). What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? *International Journal of Psychophysiology*, 83(3), 269-275.
- Goldberg, L.R. (1990). An alternative “description of personality”: The big-five factor structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(6), 1216-1229.

- Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory: Implications for affective computing. In *Proceedings of the 24<sup>th</sup> International FLAIRS Conference*.
- Kirwan, B., Donohoe, L., Atkinson, T., MacKendrick, H., Lamoureux, T. & Phillips, A. (1998). Getting the picture - investigating the mental picture of the air traffic controller. In M.A. Hanson (Ed.), *Contemporary ergonomics 1998* (pp 404-408). London: Taylor and Francis.
- Lange, M., Dang, T. & Cooper, M. (2006). Interactive resolution of conflicts in a 3d stereoscopic environment for air traffic control. In *Proceedings of the International Conference on Research, Innovation and Vision for the Future* (pp 32-39).
- Lange, M., Hjalmarsson, J., Cooper, M., Ynnerman, A. & Duong, V. (2003). 3d visualization and 3d and voice interaction in air traffic management. In *Proceedings of the Annual SIGRAD Conference* (pp 17-22).
- Lazarus, R.S. & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer.
- Lehtonen, T., Eloranta, V.-P., Leppanen, M. & Isohanni, E. (2013). Visualizations as a basis for agile software process improvement. In *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Asia-Pacific Software Engineering Conference* (pp 495-502).
- Mogford, R.H. (1997). Mental models and situation awareness in air traffic control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7(4), 331-341.
- Müller, N.H. & Truschzinski, M. (2014). An emotional framework for a smart virtual worker. In *Human-Computer Interaction - Advanced Interaction Modalities and Techniques (Lecture Notes in Computer Science)*, 8511, 675-686.
- Mueller, S.C. (2011). The influence of emotion on cognitive control: Relevance for development and adolescent psychopathology. *Frontiers in Psychology*, 2(327).
- Palmer, E.M., Clausner, T.C. & Kellman, P.J. (2008). Enhancing air traffic displays via perceptual cues, *ACM Trans. Appl. Percept.*, 5(1), 4:1-4:22.
- Perin, C., Vuillemot, R. & Fekete, J.-D. (2013). SoccerStories: A kick-off for visual soccer analysis. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2506-2515.
- Pfeiffer, L., Valtin, G., Müller, N.H. & Rosenthal, P. (2015). Aircraft in your head: How air traffic controllers mentally organize air traffic. In *Proceedings of the First International Conference on Human and Social Analytics, 11.10.-16.10.15*.
- Pinel, J.P. (2006). *Biopsychologie*. Boston: Perason Allyn and Bacon.
- Rantanen, E.M. & Nunes, A. (2005). Hierarchical conflict detection in air traffic control. *International Journal of Aviation Psychology*, 15(4), 339-362.
- Reger, K. & Ohler, P. (1999). Emotional cooperating agents and group formation. A system analysis of role-play among children. In *Proceedings of Modelling and Simulation - A Tool for the Next Millennium, The 13th European Simulation Multiconference, Erlangen*, San Diego: SCS Publication.
- Rosch, J.L. & Vogel-Walcutt, J.J. (2012). A review of eye-tracking applications as tools for training. *Cognition, Technology & Work*, 15(3), 313-327.
- Rothrock, L., Koubek, R., Fuchs, F., Haas, M. & Salvendy, G. (2002). Review and reappraisal of adaptive interfaces: Toward biologically inspired paradigms. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(1), 47-84.
- Schulz, H.-J., Nocke, T., Heitzler, M. & Schumann, H. (2013). A design space of visualization tasks. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2366-2375.

- Siegrist, J. (2006). Stress am Arbeitsplatz. In R. Schwarzer (Hrsg.), *Gesundheitspsychologie* (S. 303-318). Göttingen: Hogrefe.
- Smallman, H., St.John, M., Oonk, H. & Cowen, M. (2001). Information availability in 2d and 3d displays, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(5), 51-57.
- Starcke, K. & Brand, M. (2012). Decision making under stress: A selective review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 1228-1248.
- Tavanti, M. & Cooper, M. (2009). Looking for the 3d picture: The spatiotemporal realm of student controllers. In M. Kurosu (Ed.), *Human Centered Design, Lecture Notes in Computer Science*, 5619, 1070-1079. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ware, C. (2013). Information visualization: perception for design. Morgan Kaufmann.
- Zeng, Z., Pantic, M., Roisman G.I. & Huang, T.S. (2009). A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(1), 39-58.

### **Autoren**

L. Pfeiffer, M.Sc.	Technische Universität Chemnitz
Jun.-Prof. Dr. P. Rosenthal	Juniorprofessur Visual Computing
Dr. N.H. Müller	Technische Universität Chemnitz
Dr. G. Valtin	Professur Medienpsychologie
Prof. Dr. P. Ohler	
Dipl.-Inf. M. Truschzinski	Technische Universität Chemnitz
Prof. Dr. P. Protzel	Professur Prozessautomatisierung

Kontakt: [linda.pfeiffer@informatik.tu-chemnitz.de](mailto:linda.pfeiffer@informatik.tu-chemnitz.de)