

Konzeption einer Anzeige zur Unterstützung von Verhandlungsprozessen: Methodik und erste Validierungsergebnisse

Anne Papenfuß

Zusammenfassung

Neuartige kooperative und systemgestützte Arbeitsprozesse erfordern neue Schnittstellen, nicht nur zwischen Technik und Mensch, sondern auch zwischen Mensch und Mensch. Im Flughafenmanagement werden diese Anforderungen besonders deutlich. Im DLR-Projekt FAMOUS (*Future Airport Management Operation Utility System*, Werther et al., 2008) wird ein neuartiges Konzept des ganzheitlichen Flughafenmanagements (*Total Airport Management, TAM*) entwickelt. Es sieht vor, dass Interessenvertreter am Flughafen, wie Fluglinien, Bodenabfertigung, Flugsicherung und Flughafenmanagement, gemeinschaftliche Entscheidungen bezüglich des Betriebsablaufes treffen (*Collaborative Decision Making, CDM*), um einen effizienteren Betrieb des Flughafens zu erzielen. Es ist vorgesehen, dass die Entscheidungsfindung über Verhandlungen zwischen Agenten der Interessenvertreter erfolgt, um alle Interessen zu berücksichtigen. In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung einer Gemeinschaftsanzeige zur Unterstützung dieser Verhandlungsprozesse vorgestellt.

Die Erwartung ist, dass die Darstellung verhandlungsrelevanter Informationen auf einer großen Anzeige das gemeinsame Situationsbewusstsein der Agenten fördern und damit das Erarbeiten gemeinschaftlicher Lösungen unterstützen soll. In der Konzeptionsphase wurden die funktionalen Anforderungen an die Anzeige mittels kognitiver Aufgabenanalyse erarbeitet. Dabei wurden drei Funktionsbereiche identifiziert, welche die Anzeige unterstützen soll: Information, Kommunikation und Organisation. Mithilfe theoretischer Modelle zum Situationsbewusstsein bzw. Team-Situationsbewusstsein (Endsley, 1995; Salas et al., 1995) wurden die relevanten Informationen identifiziert, welche auf der Anzeige dargestellt werden sollten. In einem ersten statischen Prototyp wurde für diese Informationen eine adäquate Visualisierung realisiert. Die Funktionsbereiche der Organisation und der Kommunikation wurden in einem funktionsfähigen Prototyp umgesetzt und in einer Laborstudie hinsichtlich seines Einflusses auf das Situationsbewusstsein und die Verhandlung untersucht. Die Ergebnisse der Studie liefern erste Hinweise dafür, dass der Einsatz der Anzeige in der Verhandlung das Situationsbewusstsein der Gruppe verbessert und ein effizienteres Verhandeln ermöglicht.

1 Einleitung

1.1 Das Total Airport Management-Konzept

Bei der effizienten Abwicklung des wachsenden Flugverkehrs gelten insbesondere die Flughäfen als limitierender Flaschenhals. Ziel des TAM-Konzeptes (Günther et al., 2006) sowie des Projektes FAMOUS (Werther et al., 2008) ist es, die Kapazität durch eine gemeinschaftliche Planung aller Interessenparteien am Flughafen, zu steigern. Als Optimierungskriterien werden sogenannte Key Performance Indicators (KPIs) wie Pünktlichkeit, Durchsatz und Emissionen herangezogen. Die Interessenvertreter entsenden dafür Agenten in einen Flughafenleitstand (*Airport Operational Center, APOC*). Dort sollen zukünftige Störungen des normalen Betriebsablaufes erkannt und durch Anpassungen der Abläufe bereits Stunden bis Tage im Voraus vermieden werden. Mögliche Szenarien sind die Verhandlung des Zeitraums zur Schließung einer Landebahn aufgrund von Wartungsarbeiten oder die Verzögerung von Flügen, um einen insgesamt pünktlicheren Betriebsablauf zu ermöglichen. In dieser Arbeit wurde für die Umsetzung der Prototypen das Verhandlungsszenario „Performance Parameter Ratio“ realisiert. Dies beinhaltet die Bestimmung der Qualitätskriterien, welche an die Leistungsparameter angelegt werden. Beispielsweise kann dies eine höhere Gewichtung der Pünktlichkeit im Betriebsablauf gegenüber Durchsatz bedeuten.

1.2 Gestaltung des Verhandlungsprozesses

Um die individuellen Interessen der Parteien bei der Planung angemessen zu berücksichtigen, soll der optimale Betriebsablauf für das Gesamtsystem „Flughafen“ verhandelt werden. Ein auf Konsens basierender Plan zur Optimierung des Betriebsablaufes sollte damit im Idealfall für alle Parteien am Flughafen von Vorteil sein. Die Abstimmung der Agenten ist durch das Verhandlungsprotokoll der principled negotiation geregelt, um eine faire und transparente Entscheidungsfindung zu sichern (Dongen, 2008). Dieses sieht vor, dass zur Bearbeitung eines Problems in mehreren Runden Lösungsvorschläge erarbeiten werden, welche von allen Agenten bewertet werden – durch Zustimmung zur Lösung oder der Erarbeitung einer alternativen Lösung. Wenn alle Agenten in einer Runde einer Lösung zugestimmt haben, ist die Verhandlung beendet. Das Protokoll wird durch einen automatisierten Workflow eingehalten, welcher entsprechende Rollen und Interaktionsmodi definiert und den Austausch der Lösungen übernimmt (Friedrich et al. 2009). Die Agenten sollen bei der Entscheidungsfindung und Verhandlung zusätzlich durch eine Planungssoftware unterstützt werden, welche eine „Was-wäre-wenn“-Simulation des Betriebsablaufes ermöglicht, um Auswirkungen von Planänderungen abschätzen zu können. Außerdem werden die Agenten mit einer gemeinschaftlichen Anzeige unterstützt, auf der für alle Agenten relevante Informationen dargestellt werden.

2 Methode

Die Bestimmung und Visualisierung dieser relevanten Informationen stellt die zentrale Aufgabe bei Konzeption der Anzeige dar. Es wurde ein nutzerzentrierter Ansatz für die Konzeption der Anzeige gewählt, welcher auf einer Aufgabenanalyse basiert. Da das TAM-Konzept ein neuartiger Ansatz ist, liegen naturgemäß keine präzisen und detaillierten Daten bezüglich der konkreten Arbeitsabläufe vor, welche Grundlage für eine Aufgabenanalyse sein könnten. Demzufolge werden die ersten zwei Stufen der kognitiven Arbeitsanalyse (*Cognitive Work Analysis, CWA*, vgl. Vicente, 2000), die Arbeitsbereichsanalyse und die Analyse der Steuerungsaufgaben durchgeführt, welche auf einem höheren Abstraktionsgrad der Arbeitsbeschreibung ansetzen, um so die erste Iteration im Designprozess zu starten. Ein solches Vorgehen ermöglicht es, den sogenannten Aufgaben-Artefakt-Zyklus nach Caroll et al. (1991; Bild 1) zu durchbrechen und eine Beschreibung der Aufgaben zu finden, welche von existierenden Werkzeug und „gelebter Praxis“ unabhängig ist. Demnach ist das Ergebnis der Aufgabenanalyse nicht die Abbildung einer bestehenden Arbeitsweise, sondern die Bestimmung von Anforderungen für die Gestaltung eines Werkzeuges. Für die Konzeption der Gemeinschaftsanzeige in der neuartigen, relativ unbekannten Arbeitsumgebung TAM ist aus den oben genannten Gründen dieses Vorgehen eine Möglichkeit, die Anforderungen zu erarbeiten.

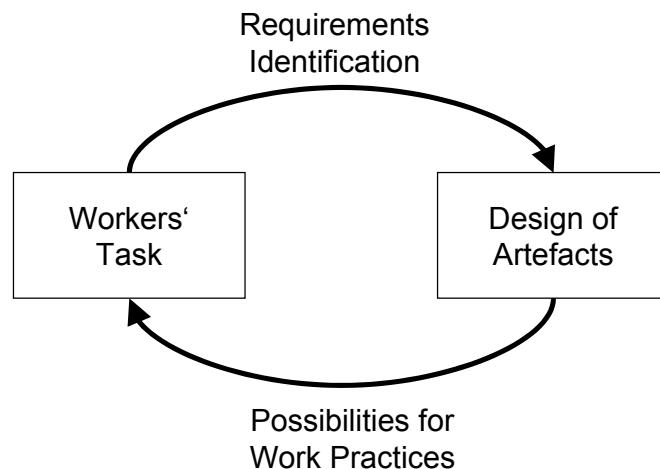


Bild 1: Der Aufgaben-Artefakt-Zyklus (Caroll et al., 1991)

Mit der Analyse des Arbeitsbereiches werden Randbedingungen der kognitiven Arbeit erfasst. Diese Methode eignet sich zur analytischen Erfassung von offenen Systemen mit einer hohen Dynamik bezüglich der Einsatzszenarien, deren konkrete Arbeitsabläufe im Vorfeld nicht endgültig definiert werden können (Vicente, 1999). Als Datengrundlage für die Bestimmung dieser Randbedingungen dienten die operationellen Konzepte des TAM (Günther et al., 2006) sowie des Projektes FAMOUS. Sie definieren grundlegende operationelle, organisatorische und technische Rahmenbedingungen.

Die Analyse der Steuerungsaufgaben erfasst die übergeordneten Ziele der Agenten in APOC. Diese werden analog zum Sub-Goal-Template-Ansatz von Ormerod (2000) weiter hierarchisch unterteilt, bis zu den entsprechenden Unter- aufgaben der Informationsbedarf zur Erledigung dieser Aufgaben bestimmt werden kann, ohne dabei die konkreten Arbeitsabläufe zu definieren.

Im nächsten Schritt der Konzeption der Gemeinschaftsanzeige wird entschieden, bei welchen der oben definierten Aufgaben die Gemeinschaftsanzeige den Arbeitsprozess unterstützen sollte bzw. welche Funktionen die Gemeinschaftsanzeige übernimmt.

Bewusst wurde in dieser Konzeption einer Gemeinschaftsanzeige der Ansatz gewählt, erst nach der Analyse und Konzeption eine Visualisierung zu finden. Ohne Kenntnisse des Informationsbedarfs werden unter Umständen weniger geeignete Darstellungen aus verwandten Fachgebieten übernommen, welche nicht den Anforderungen genügen. Um das Konzept mit Experten und Anwendern zu diskutieren, wurde ein statisches Mock-Up mit der Grafiksoftware Corel Draw erstellt, um konkrete visuelle Umsetzungen für das Verhandlungsszenario „Set Performance Parameter Ratio“ zu realisieren.

Für die Validierung der Gemeinschaftsanzeige bezüglich der Unterstützung des Verhandlungsprozesses wurde mit der Multimedia-Software Macromedia Flash ein interaktiver Prototyp realisiert. Er wurde im Rahmen eines Gruppen- experiments verwendet, um unter anderem den Einfluss einer Gemeinschaftsanzeige auf das Situationsbewusstsein und den Verhandlungsprozess zu untersuchen. Die Versuchsteilnehmer verhandelten das Szenario „Set Performance Parameter Ratio“ und mussten sich auf einen Wert für den Parameter „Pünktlichkeit“ einigen. Über vordefinierte Matrizen konnten sie sehen, welche Auswirkungen dieser Wert auf ihr individuelles Ziel, bspw. Durchsatz oder Pünktlichkeit, hatte. Die Kontrollbedingung war eine Verhandlung ohne Gemeinschaftsanzeige. Zur Methodik und ausführlichen Darlegung der Ergebnisse siehe Weber und Papenfuß (2009). Der Prototyp war darauf ausgerichtet, die Organisation der Teamarbeit zu unterstützen. Die dargestellten Informationen sollten die Effizienz und Transparenz der Verhandlung gewährleisten. Es wurden Effekte auf das Situationsbewusstsein der Agenten erwartet. Als zu „reflektierende Situationen“ wurde der Ablauf des Verhandlungsprotokolls sowie der Inhalt der bereits geäußerten Lösungsvorschläge definiert und abgefragt.

3 Ergebnisse

3.1 Analyse des Arbeitsbereichs

An den Verhandlungen nehmen mindestens sieben Agenten teil, die im APOC arbeiten. Dabei handelt es sich um einen Raum, in dem den Vertretern individuelle Arbeitsplätze, Schnittstellen zu den eigenen Operationszentralen und eine Gemeinschaftsanzeige zur Verfügung stehen. Sie werden in den Verhandlungen

durch ein Planungssystem unterstützt, welches „Was-wäre-wenn“-Planungen des Betriebsablaufes ermöglicht und somit die Konsequenzen von Folgeentscheidungen simuliert. Die Gemeinschaftsanzeige ergänzt damit die individuellen Interfaces, so dass der Detailgrad der dargestellten Informationen relativ gering sein kann und die Begrenzung auf die wesentlichen Informationen erfolgen kann. Für die Gemeinschaftsanzeige müssen die Daten gefiltert und zu relevanten Informationen für die Gruppe aufgearbeitet werden.

Die Verhandlung erfolgt mit einer Vorlaufzeit von einigen Stunden bis hin zu einem Tag bezogen auf das eigentliche Event. Im Vordergrund steht demnach, dass die komplexe Informationslage durchdrungen wird und eine Abwägung komplexer funktioneller Zusammenhänge erfolgt. Die Informationen der Gemeinschaftsanzeige können demnach komplexer und weniger schnell zugänglich sein als beispielsweise auf einem Display zur Kollisionswarnung. Andererseits sollen die Verhandlungen mehrfach täglich stattfinden und müssen ergebnisorientiert sein, so dass sie – z.B. im Gegensatz zu politischen Verhandlungen – wesentlich effizienter ablaufen müssen. Das bedeutet, dass trotz starker Interessensdivergenz die Agenten relativ schnell zu konsensfähigen Entscheidungen kommen müssen.

Die gefundenen Lösungen sollen nach Möglichkeit konsensuale gemeinschaftliche Entscheidungen sein. Die Agenten sollen nicht nur kollaborieren, sondern kooperieren. Vor allem durch die Nutzung der Gemeinschaftsanzeige sollen die Agenten ein geteiltes Situationsbewusstsein entwickeln, welches gemeinschaftliche Verhandlungsergebnisse positiv unterstützen soll. Der APOC ist als ein offenes System definiert, welches flexibel auf unvorhersehbare Ereignisse reagiert. Diese Freiheit oder Dynamik des Systems muss von den Werkzeugen unterstützt werden, z.B. indem sie das Explorieren von Daten und ausreichende Optionen für die Konsensfindung ermöglichen.

Der Ablauf der Verhandlungen wird, wie bereits dargestellt, durch das Verhandlungsprotokoll organisiert. Die Verhandlung verläuft in Zyklen, in denen die Agenten Vorschläge erarbeiten und bewerten. Dies bedeutet, dass zu einem Zeitpunkt mehrere Lösungen miteinander verglichen werden müssen. Außerdem besteht ein Bedarf, dieses Protokoll und die anstehenden Handlungsschritte zu visualisieren, damit das Protokoll eingehalten und abgearbeitet werden kann.

Weitere Randbedingungen des Arbeitsumfeldes können von theoretischen Modellen und verwandten Arbeitsbereichen übertragen werden. Ein gemeinsames Situationsbewusstsein (Endsley, 1995) der Agenten bzw. gemeinsame mentale Modelle sind Voraussetzung für erfolgreiche Teamarbeit, wie sie für kooperatives Handeln erforderlich ist. Team-Situationsbewusstsein setzt individuelles Situationsbewusstsein voraus, ergänzt durch Wissen um das gemeinsame Ziel der Teamarbeit, Antizipation des Verhaltens und des Informationsbedarfs der Teammitglieder sowie intensive Kommunikation von Informationen und individuellen Abschätzungen zum Abgleich der mentalen Modelle, Vorstellungen und

Erwartungen (Endsley & Rodgers, 1994; Salas et al., 1995; Badke-Schaub, et al. 2007; O'Hara et al., 2002).

Das Arbeitsumfeld wird wesentlich durch die grundsätzlichen Interessen der Flughafenunternehmen bestimmt. Diese definieren sich durch operationelle Rahmenbedingungen, zum Beispiel die Gewährleistung der Sicherheit von Seiten der Flugsicherung vs. möglichst pünktliche Betriebsabläufe von Seiten der Fluglinien (Ashford et al., 1997). Aufgrund der individuellen Interessen ergeben sich verschiedene Konfliktstrukturen zwischen den Agenten. Per se haben die Unternehmen kein gemeinsames Ziel, sondern optimieren ihre Prozesse entsprechend ihrer Interessen unabhängig voneinander und gegebenenfalls gegenläufig. Von ihren individuellen Interessen betrachtet, arbeiten die Agenten deshalb nicht als Team. Dies ist aber Ziel des Konzeptes, so dass an dieser Stelle eine Diskrepanz besteht, welche beispielsweise durch geeignete Unterstützung durch die Gemeinschaftsanzeige aufgehoben werden kann.

3.2 Analyse der Steuerungsaufgaben

Ziel der Agenten im APOC ist es, gemeinschaftliche Entscheidungen zu treffen. Über Verhandlungen sollen dabei alle Interessen berücksichtigt werden. Das Ziel enthält kognitive sowie soziale Anforderungen, da zum einen Lösungen für Probleme, aber auch gemeinsame Entscheidungen ausgehandelt werden sollen. Aufgrund der oben definierten Rahmenbedingungen des Gesamtsystems APOC kann die Aufgabe „gemeinschaftliche Entscheidungen“ in drei Unteraufgaben aufgegliedert werden: (a) Erkennen von Handlungsbedarf, (b) Bewerten von Situationen durch und über das Bearbeiten von Aufgaben und (c) Aushandeln von Lösungen. Ein Überblick über die Teilaufgaben der Agenten vermittelt Bestimmungen der Funktionen der Gemeinschaftsanzeige

Da mit der Gemeinschaftsanzeige im Normalfall nicht aktiv gearbeitet wird, eignet sie sich für Monitoring-Aufgaben und Situationen, in denen alle Agenten die gleichen Informationen sehen sollten. Der Detailgrad der Informationen, die dargestellt werden können, ist zudem begrenzt aufgrund der relativ großen Entfernung der Agenten zum Display im Vergleich zu einem individuellen Arbeitsplatz. Das Monitoring des Flughafens erfolgt auf der Gemeinschaftsanzeige ergänzend zu den persönlichen Arbeitsplätzen und dient vor allem dazu, dass die Agenten den Zustand des Flughafens auf der gleichen Informationsgrundlage bewerten. Die Gemeinschaftsanzeige stellt damit einen gemeinsamen Interpretationskontext dar, der notwendig ist für eine gemeinsame Situationsbewertung.

Tab. 1. Unteraufgaben sind hierarchisch soweit wie nötig weiter untergliedert. So kann allgemein definiert werden, welche Informationen notwendig sind, ohne auf eine spezielle Verhandlungssituation einzugehen.

3.3 Bestimmungen der Funktionen der Gemeinschaftsanzeige

Da mit der Gemeinschaftsanzeige im Normalfall nicht aktiv gearbeitet wird, eignet sie sich für Monitoring-Aufgaben und Situationen, in denen alle Agenten die gleichen Informationen sehen sollten. Der Detailgrad der Informationen, die dargestellt werden können, ist zudem begrenzt aufgrund der relativ großen Entfernung der Agenten zum Display im Vergleich zu einem individuellen Arbeitsplatz. Das Monitoring des Flughafens erfolgt auf der Gemeinschaftsanzeige ergänzend zu den persönlichen Arbeitsplätzen und dient vor allem dazu, dass die Agenten den Zustand des Flughafens auf der gleichen Informationsgrundlage bewerten. Die Gemeinschaftsanzeige stellt damit einen gemeinsamen Interpretationskontext dar, der notwendig ist für eine gemeinsame Situationsbewertung.

Tab. 1: Überblick über Aufgaben der Agenten im APOC

A	Erkennen des Systemzustandes
A1	Erkennen kritischer Zustände
A1.1	<i>Wissen über Sollzustand</i>
A1.2	<i>Abgleich von Ist-Zustand mit Soll-Zustand</i>
A2	Erkennen von Aufgaben
A2.1	<i>Wahrnehmen der verfügbaren Informationen</i>
A2.2	<i>Erkennen der Relevanz für Betriebsablauf</i>
A3	Erkennen spontaner Ereignisse
A3.1	<i>Monitoring eigener Informationen</i>
A3.2	Anfrage aus eigenem Kontrollzentrum
A3.3	<i>Monitoring der Gemeinschaftsanzeige-Informationen</i>
B	Bewerten von Situationen
B1	„Was-wäre-wenn“-Simulation
B1.1	Anpassung von eigenen Kenngrößen
B1.1.1	<i>Wissen über relevante Kenngrößen</i>
B1.1.2	Wissen über eigene Prozeduren
B1.2	Anpassung an Vorschläge anderer Agenten
B2	Rücksprache mit Kontrollzentrum
C	Aushandeln von Lösungen
C1	Bewerten der Situationen (→ B)
C2	Durchsetzung der eigenen Ziele
C2.1	Einhaltung des Verhandlungsprotokolls
C2.2	Argumentation des eigenen Vorschlags
C3	Verstehen der Situation der Anderen
C3.1	<i>Wahrnehmung fremder Vorschläge</i>
C3.2	<i>Verstehen der Ziele der fremden Agenten</i>
C4	<i>Abwägen der eigenen Position vs. Fremder Position</i>
C4.1	Projektion in die Zukunft

Wird dieser Maßstab an die in Tab. 1 dargestellten Aufgaben angelegt (kursiver Text), ergeben sich die Anforderungen an die Gemeinschaftsanzeige wie in Tab. 2 aufgelistet. Diese Anforderungen können in drei grundlegenden Funktionalitäten erfasst werden, welche die Gemeinschaftsanzeige beschreiben:

- eine Informationsfunktion (Bereitstellen wesentlicher Daten),
- eine Kommunikationsfunktion (Austausch von Informationen) und
- eine Organisationsfunktion (wesentliche Informationen zum Einhalten des Verhandlungsablaufes darstellen).

Dabei können diese Anforderungen unterteilt werden in Anforderungen bezüglich der Informationen und bezüglich der erhofften Wirkung der Anzeige. Während erstere Gruppe direkt durch die Auswahl der dargestellten Informationen ermöglicht werden kann, können die drei weiteren Anforderungen nur mittelbar unterstützt und beispielsweise experimentell gemessen werden.

Tab. 2: Überblick über Anforderungen an die Gemeinschaftsanzeige

Darzustellende Informationen
Aufgabenbezogene Informationen darstellen → Informationsfunktion
Kommunikation ermöglichen (Platz für Anzeige individueller Informationen) → Kommunikationsfunktion
Verhandlungsprozess organisieren → Organisationsfunktion
Erwünschte Auswirkungen
Geteiltes Situationsbewusstsein unterstützen
Teamarbeit fördern und managen
Konsenslösungen unterstützen

3.4 Visualisierung

Bild 2 zeigt das grafische Mock-Up der Gemeinschaftsanzeige, welches anhand der oben definierten Anforderungen für das Verhandlungsszenario der Bestimmung der Flughafenperformanz-Indikatoren erstellt wurde. Dieses Mock-Up konnte als statisches Bild auf die physikalisch vorhandene Anzeige aufgespielt werden. Somit konnten zum einem gestalterische Fragen geklärt werden, wie beispielsweise die Unterscheidbarkeit der gewählten Farben in der spezifischen Arbeitsumgebung oder die minimale Schrift- und Detailgröße. Zum anderen wurde dieses Mock-Up für die Diskussion des TAM-Konzeptes mit Experten verwendet.

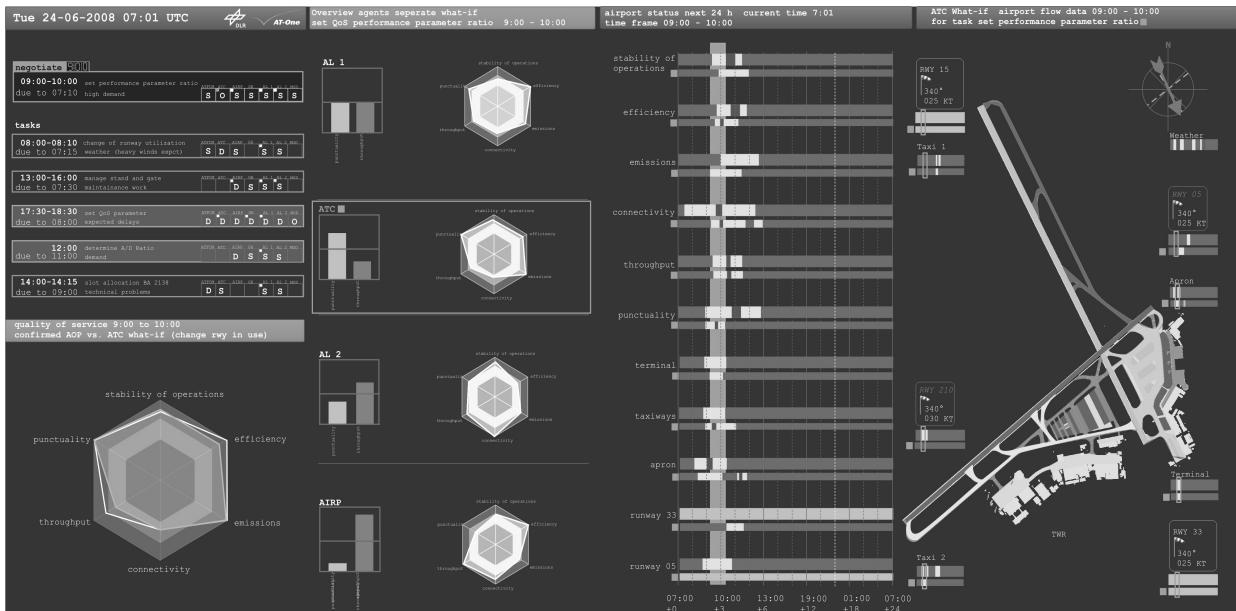


Bild 2: Die gesamte Anzeige in der Konfiguration für den Leitstand in der Übersicht mit verschiedenen Informationseinheiten

Die Gemeinschaftsanzeige wurde in Module gegliedert, welche entsprechend der verschiedenen Verhandlungsszenarien mit angepassten Visualisierungen belegt werden können. Um durch die Auswahl der Visualisierungsform und der Daten das gemeinsame Situationsbewusstsein zu unterstützen, wurde das theoretische Modell zu individuellem Situationsbewusstsein von Endsley (1995) zur Ableitung von konkreten Visualisierungsideen herangezogen. Demnach gliedert sich Situationsbewusstsein in drei Level: 1) Erfassung von Informationen, 2) Verarbeiten und 3) Projektion der Situation in die Zukunft. Eine Anzeige kann natürlich vor allem Level 1 unterstützen, indem Informationen erzeugt und wahrnehmbar dargestellt werden. Solche Anforderungen an das ergonomische Displaydesign sind gut erforscht, beispielsweise bezüglich Kontrast, Auflösung und Farbwahl (Cardoshi & Hannon 1999). Level 2 und 3, d.h. die Interpretation der Wahrnehmung und die Ableitung von Handlungen, können vor allem durch die automatisierte Weiterverarbeitung von Daten zu komplexeren Informationen unterstützt werden. Eine Möglichkeit ist beispielsweise, dass Daten direkt mit einer visuellen Bewertung versehen werden: wenn ein Wert aufgrund einer vorher definierten Grenze schlecht ist, wird er rot hinterlegt, ist er gut, wird er grün hinterlegt. Die Informationen der Gemeinschaftsanzeige dienen dabei als gemeinsamer Interpretationsrahmen aller weiteren Informationen, die beispielsweise über die individuellen Arbeitsplätze zugänglich sind.

Im Prozess „gemeinsame Entscheidungsfindung“ sind, entsprechend den identifizierten Steuerungsaufgaben, verschiedene Situationen relevant, denen sich die Agenten bewusst werden müssen. Damit sind auf der Gemeinschaftsanzeige darzustellen:

- der jeweilige Zustand des Systems Flughafens zu einem beliebigen Zeitpunkt,

- die Abweichung von Planungsgrößen von einem Sollzustand,
- Informationen, ob und wo die Mitarbeit bei einem Verhandlungsprozess notwendig ist.

Die für alle Agenten und Entscheidung wichtigste Information ist die, welche das gemeinsame Ziel betrifft, die Gesamtperformanz des Flughafens. Die Organisation des Verhandlungsprozesses kann gezielt durch eine Liste der zu bearbeitenden Aufgaben, die beteiligten Akteure und Zeitvorgaben für die Bearbeitung von Aufgaben unterstützt werden. Dementsprechend werden auf der Gemeinschaftsanzeige links oben die aktuell anstehenden Aufgaben angezeigt sowie welcher Agent welche Rolle darin übernimmt und wer bereits eine Lösung dazu liefert hat (Bild 2). Dieser Bereich dient damit der Organisation der Teamarbeit. Darunter ist eine Visualisierung der Flughafenperformanz, dem übergeordneten Ziel der Agenten, zu sehen (Detailansicht Bild 3).

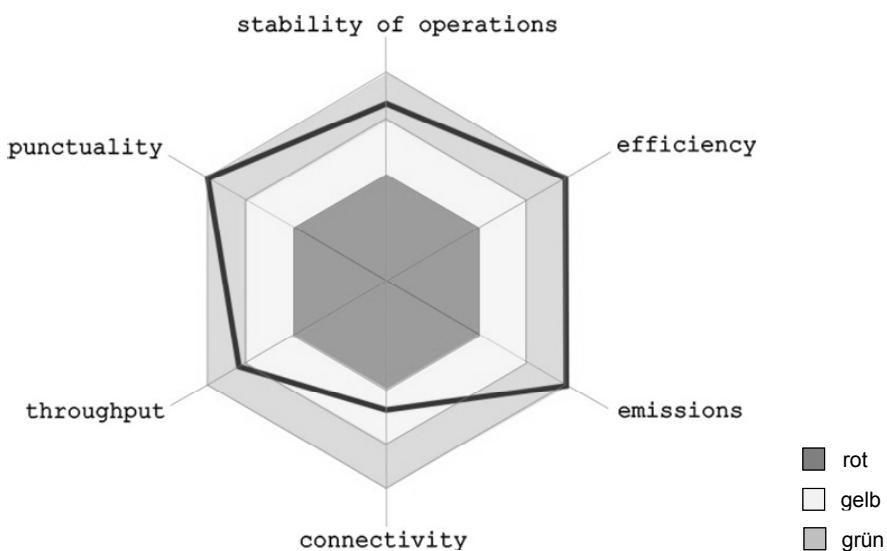


Bild 3: Visualisierung für übergeordnete Leistungs-Indikatoren (KPI) und zusätzliche Dimension des Vergleichs mit Soll-Werten

Für die Visualisierung der KPI wurde das Sterndiagramm gewählt, welches mehrere Optimierungsgrößen und ihre Abhängigkeiten voneinander übersichtlich darstellt. Außerdem können die Abweichungen der Parameter von dem Ideal, das äußere Sechseck, auf einen Blick erfasst werden (Johannsen, 1993). Als zusätzliche Informationsdimension sind Schwellwerte für die Bewertung der Parameter dargestellt. Analog zu den Visualisierungen der Ressourcen werden Bereiche definiert, innerhalb derer ein Wert unkritisch ist (grün, außen), kritisch (gelb, mittlerer Bereich) oder inakzeptabel (rot, innerer Bereich). Die Parameter werden normiert, wobei das äußere Sechseck jeweils 100% des Sollwertes darstellt. Je stärker der Zielwert vom Sollwert abweicht, z.B. wenn weniger Pünktlichkeit erreicht wird, wandert der Datenpunkt in dem Diagramm in Richtung des mittleren, roten Bereichs. Die numerischen Werte für die Parameter und die Schwellen werden von den Agenten verhandelt. Sie sind für die Überblicks-

darstellung aber nicht relevant. Das Diagramm zeigt an, ob die Schwellwerte verletzt werden und deshalb Verhandlungsbedarf besteht.

Diese beiden Bereiche sind die wichtigsten Informationen und befinden sich – entsprechend der Leserichtung in westlichen Ländern von links oben nach rechts unten – an prominenter Stelle. Daneben sind die vier Lösungen der beteiligten Agenten dargestellt, welche bezüglich ihrer Auswirkungen auf das gemeinsame Ziel verglichen werden können. Daneben befinden sich Kenngrößen für die Auslastung einzelner Flughafenressourcen für die nächsten 24 Stunden. Die Kodierung erfolgt ebenfalls über das Ampel-Schema. Diese Anzeige ermöglicht die Projektion der zukünftigen Flughafenprozesse.

Die Anzeige daneben zeigt eine topografische Karte des Flughafens mit überlagerten Auslastungswerten für die einzelnen funktionalen Bereiche. Damit werden die Zusammenhänge zwischen einzelnen Ressourcen verdeutlicht und somit das Gesamtssystem Flughafen als relevanter Bezugspunkt für alle Planungsprozesse prägnant dargestellt.

3.5 Experimentelle Ergebnisse

In einer Experimentalstudie ($N = 5$ Vierergruppen) wurde unter anderem der Einfluss der Gemeinschaftsanzeige auf das Situationsbewusstsein, die Verhandlungsgüte und den Verhandlungsstil untersucht. Die Studie wurde als 2 (Kommunikationsmodus: direkt vs. computervermittelt) x 2 (mit Gemeinschaftsanzeige vs. ohne) Design konzipiert. Die Hypothese war, dass das Situationsbewusstsein der Verhandelnden durch die Nutzung der Gemeinschaftsanzeige verbessert wird. An der Studie nahmen 20 Versuchspersonen (3 Frauen, 17 Männer) teil, welche in fünf Gruppen aufgeteilt wurden. Das durchschnittliche Alter lag bei $M = 22$ Jahren ($SD = 1,56$; Range: 20-26 Jahre). Aufgabe der Versuchspersonen war das Verhandeln des Parameters Pünktlichkeit. Während der Versuche wurden die Informationsanzeigen ausgeschaltet und die Probanden sollten verschiedene Situationsaspekte wiedergeben (SAGAT, Endsley, 2000).

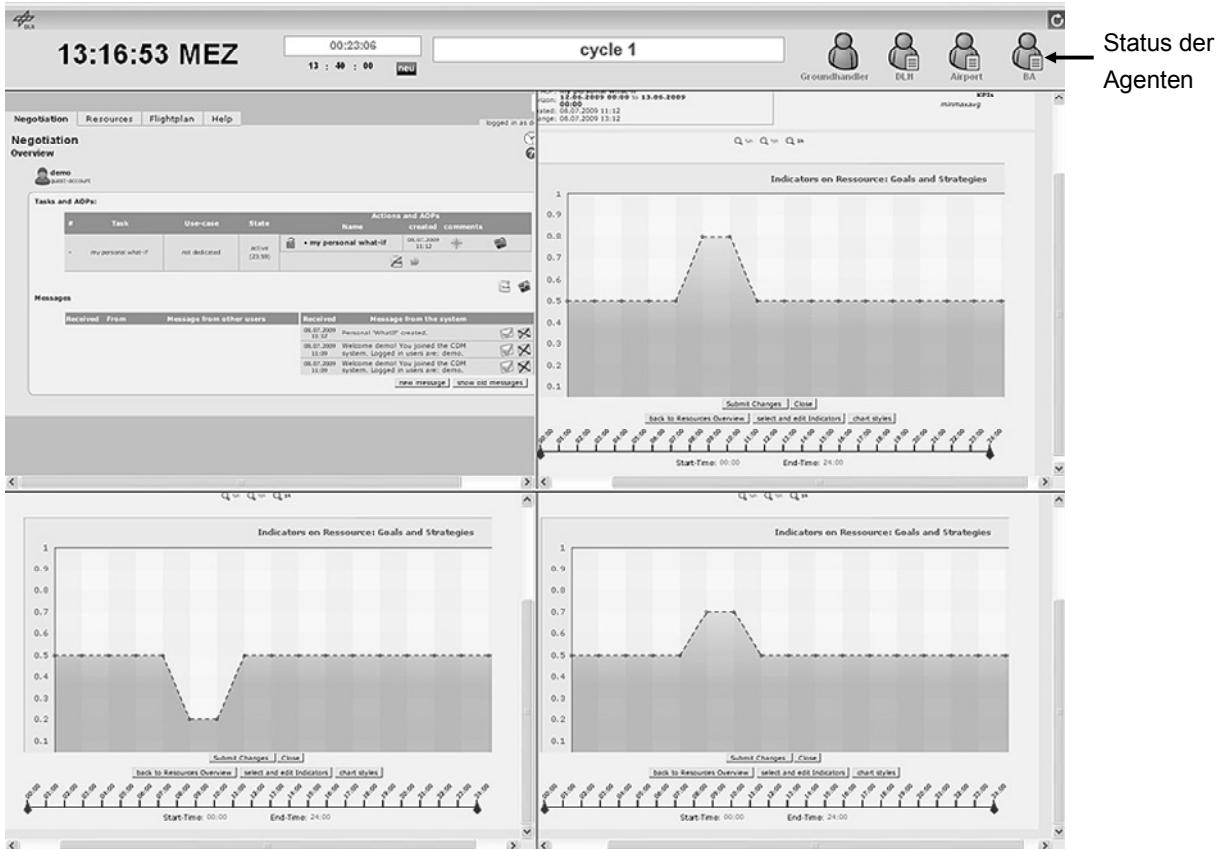


Bild 4: Prototyp im Laborexperiment zur Validierung einer Gemeinschaftsanzeige

Für das Experiment wurde mit der Multimedia-Software „Flash“ ein funktionsfähiger Prototyp (Bild 4) einer Gemeinschaftsanzeige erstellt, welcher eine Organisationsfunktion übernehmen sollte. Die Anzeige wurde dabei auf eine Auflösung von 1200x1600 Pixel beschränkt und per Beamer an eine Wand projiziert, so dass sie für alle Versuchsteilnehmer sichtbar war.

Die für die Organisation des Verhandlungsprozesses identifizierten Informationen sind in dem übergeordneten Balken ganz oben auf der Anzeige dargestellt. So sind die aktuelle Zeit, die Deadline, der jeweilige Verhandlungsschritt der Aufgabe und der aktuelle Status der Verhandlungsteilnehmer visualisiert. Die Status leiten sich aus dem Verhandlungsprotokoll ab; Unterschieden wird zwischen „keine Teilnahme“, „keine Reaktion“, „Lösung akzeptiert“, „alternative Lösung erarbeitet“. Diese werden als Piktogramme der Agenten visualisiert, so dass sofort sichtbar ist, welcher Agent sich wie geäußert hat. Der Vergleich einzelner Lösung fand über eine HTML-Interface mit Frames statt, in welchem der prototypische individuelle Arbeitsplatz der Agenten dargestellt wurde. Jedes Fenster war für die Lösung eines Agenten vorgesehen.

Es wurde ein signifikanter Haupteffekt der Gemeinschaftsanzeige in der Auswertung der SAGAT-Scores ermittelt ($F(1,16) = 5,3; p < .05; d = 1,07$). Mit einer Gemeinschaftsanzeige erinnerten sich die Versuchspersonen durchschnittlich an mehr Aspekte der Verhandlungssituation ($M = 8,74$) als ohne ($M = 7,2$).

Insbesondere wurde besser erinnert, ob sich Agenten in der Verhandlung bereits äußerten und mit welchem Agenten ein Interessenskonflikt besteht. Die inhaltsanalytische Auswertung der Verhandlungen ergab, dass mit einer Gemeinschaftsanzeige insgesamt etwas weniger bezogen auf den Inhalt der Aufgabe kommuniziert wurde ($M_{ohne} = 148,16$; $M_{mit} = 98,22$; Cohens $d = 0,49$) und dafür mehr über das Vorgehen zur Lösung des Problems ($M_{ohne} = 34,3$; $M_{mit} = 40,6$; Cohens $d = 0,59$) bei einer gleichbleibenden Güte der Verhandlungsergebnisse.

Bei Verhandlungen mit Gemeinschaftsanzeige wurden genauso viele Lösungsvorschläge generiert, allerdings entfiel signifikant weniger Kommunikation auf die Bewertung von Vorschlägen ($M_{ohne} = 12,16$; $M_{mit} = 7,77$; Cohens $d = 3,37$; $F(1,7) = 13,7$; $p < .05$). Mittelgroße und große Effekte (nicht signifikant) der Gemeinschaftsanzeige zeigten sich für die Anzahl der kommunizierten Verhandlungsziele ($M_{ohne} = 8,3$; $M_{mit} = 17,3$; Cohens $d = 0,53$), Informationen ($M_{ohne} = 24,16$; $M_{mit} = 10,33$; Cohens $d = 0,53$), Zustimmungen ($M_{ohne} = 9,00$; $M_{mit} = 4,66$; Cohens $d = 0,92$) und Fragen ($M_{ohne} = 23$; $M_{mit} = 101$; Cohens $d = 0,58$).

4 Diskussion

Durch die Verwendung einer kognitiven Arbeitsanalyse wurden Prototypen einer Anzeige erstellt, welche sowohl für die Diskussion mit Anwendern geeignet sind, als auch in Experimenten untersucht werden können. Mit dem vorgestellten methodischen Ansatz konnten grundlegende Anforderungen an eine Gemeinschaftsanzeige für kooperative Arbeitsprozesse erarbeitet werden. Die Arbeitsanalyse definiert den APOC als ein offenes, komplexes soziotechnisches System, welches flexibel auf neue Anforderungen reagieren muss. Der Arbeitsbereich ist bestimmt durch soziale Interaktionen zwischen Agenten, welche von ihrer Grundmotivation her gegenläufige Interessen verfolgen. Um Teamarbeit zu fördern, müssen gemeinsame Ziele identifiziert und dargestellt werden. Entscheidungen müssen nicht ad hoc gefällt werden; Die kognitive Herausforderung liegt eher in der Fusion komplexer Informationen, der Antizipation von Veränderungen sowie wechselnder Betrachtungszeiträume der Flughafensituation in einer Spanne bis zu 24 Stunden im Voraus. Auf der Gemeinschaftsanzeige werden daher sinnvoll aggregierte Informationen dargestellt, welche ein gemeinsames Situationsbewusstsein unterstützen, die Teamleistung der Gruppe verbessern und das Finden kooperativer Entscheidungen ermöglichen.

Diese Informationen gliedern sich in drei funktionale Bereiche – die Bereitstellung entscheidungsrelevanter Informationen (Informationsfunktion), die Unterstützung der Kommunikation zwischen den Verhandlungsteilnehmern (Kommunikationsfunktion) sowie die Organisation der kooperativen Arbeitsprozesse. Der Einfluss der Gemeinschaftsanzeige kann in Versuchen gemessen werden.

Über theoretische Modelle zu Situationsbewusstsein und Teamarbeit können Informationen und Darstellungen identifiziert werden, welche geeignet scheinen, die Wahrnehmung von bestimmten Situationen zu verbessern. Dies sind zum einen gängige Visualisierungsschemata, wie beispielsweise die Ampelfarben zur Kodierung von Systemzuständen oder das Sterndiagramm zur Darstellung komplexer, vernetzter Parameter. Des Weiteren konnten über diese Analyse notwendige, neu zu generierende Daten bestimmt werden, wie beispielsweise Daten über den aktuellen Status der Agenten im Verhandlungsprozess.

Durch den funktionsfähigen Prototyp, welcher gezielt eine Funktionalität der konzipierten Anzeige umsetzt, konnte gezeigt werden, dass diese Daten das Situationsbewusstsein verbessern und die Gemeinschaftsanzeige den Stil der Verhandlung beeinflusst.

Die inhaltsanalytische Auswertung der Verhandlungen lässt vermuten, dass mit der Gemeinschaftsanzeige eine effizientere Verhandlung erfolgt. Zwar gab es im Vergleich zu den Bedingungen ohne Gemeinschaftsanzeige keine Unterschiede in der Dauer oder dem Ergebnis der Verhandlung, aber es wurde insgesamt weniger problemspezifisch kommuniziert. Indem die Vorschläge für die Parameter-einstellung auf der Gemeinschaftsanzeige dargestellt werden, sind diese Informationen immer greifbar und die Wünsche der Agenten werden deutlich. Dies lässt den Schluss zu, dass durch eine Gemeinschaftsanzeige der Stil einer Verhandlung hin zu effizientem Verhandeln positiv beeinflusst werden kann. Deshalb soll das komplette Konzept in einen funktionalen Prototyp umgesetzt werden. Außerdem werden verschiedene Darstellungsvarianten, beispielsweise des Sterndiagramms, hinsichtlich ihrer Wahrnehmung und Interpretation untersucht, um möglichst intuitive und eindeutige Darstellungen zu finden.

Literatur

- Ashford, N., Stanton, H.P.M. & Clifton, M. (1997). *Airport Operations*. Boston: Mc Graw Hill.
- Badke-Schaub, P., Neumann, A., Lauche, K. & Mohammed, S. (2007). Mental models in design teams: A valid approach to performance in design collaboration? *CoDesign* 3(1), 5-20.
- Cardoshi, K. & Hannon, D. (1999). *Guidelines for the Use of Color in ATC Display*. U.S.D. o. Transportation and F.A. Administration. Washington D.C.: National Technical Information Service.
- Caroll, J.M., Kellogg, W.A. & Rosson, M.B. (1991). Getting around the task-artifact cycle. In J.M. Carroll (eds.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface* (pp. 74- 102). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dongen, A.E. v. (2008). *Literature Review On Negotiation Protocols: Total Airport Management*. National Aerospace Laboratory NLR: 25.
- Endsley, M. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors* 37(1), 32-64.
- Endsley, M. (2000). Direct measurement of situation awareness: Validity and use of SAGAT. In M. Endsley & D.J. Garland (eds.), *Situation Awareness analysis and measurement*. (pp. 73-112). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Endsley, M.R. & Rodgers, M.D. (1994). *Situation Awareness Information Requirements for En Route Air Traffic Control*. Washington D.C.: Office of Aviation Medicine.

Friedrich, M., Weber, B. & Papenfuß, A. (2009). Incorporating Workflows for Collaborative Air Traffic Management. In M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), *Kooperative Arbeitsprozesse* (DGLR-Bericht 2009-02). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.

Günther, Y., Inard, A., Werther, B., Bonnier, M., Spies, G., Marsden, A., Temme, M.-M., Bohme, D., Lane R. & Niederstrasser, H. (2006). *Total Airport Management: Operational Concept & Logical Architecture*. Braunschweig, Betrigny: EURONCONTROL, DLR. 1.0.

Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin, Heidelberg: Springer.

O'Hara, J.M., Brown, W.S., Lewis, P.M. & Persensky, J.J. (2002). *Human-System Interface Design Review Guidelines*. Washington, D.C.: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 659.

Ormerod, T.C. (2000). Using Task Analysis as a primary Design Method: the SGT Approach. In J.M. Schraagen, S.F. Chipman & V.L. Shalin (eds.), *Cognitive Task Analysis* (S. 181-200). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Salas, E., Prince, C., Baker, D.P. & Shrestha, L. (1995). Situation Awareness in Team Performance: Implications for Measurement and Training. *Human Factors* 37(1), 123-136.

Vicente, K.J. (1999). *Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Vicente, K.J. (2000). Work Domain Analysis and Task Analysis: A Difference that matters. In J.M. Schraagen, S.F. Chipman & V.L. Shalin (eds.), *Cognitive Task Analysis* (S. 101-118). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Weber, B. & Papenfuß, A. (2009). Kooperative Entscheidungsprozesse im Flugverkehrsmanagement: Der Einfluss von situativen und dispositionalen Faktoren. In M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), *Kooperative Arbeitsprozesse* (DGLR-Bericht 2009-02). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.

Werther, B., Spieß, G. et al. (2008). *FAMOUS-OKD Version 1.2 Future Airport Management Operation Utility System*. Braunschweig: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Autorin

A. Papenfuß, M.A.

DLR-Institut für Flugföhrung
Abt. Systemergonomie
Braunschweig

Kontakt:

anne.papenfuss@dlr.de

