

Der folgende Text wird über DuEPublico, den Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt.

Diese auf DuEPublico veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

Schier, Sebastian; Rosenau, Lena; Freese, Maria:

Trainieren mit CLAUDI - Das Potential kognitiver Agenten für Simulationen und Planspiele

In: Kognitive Systeme / 2017 - 1

DOI: <http://dx.doi.org/10.17185/duepublico/44611>

URN: <urn:nbn:de:hbz:464-20171009-122301-9>

Link: <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=44611>

Trainieren mit CLAUDI – Das Potential kognitiver Agenten für Simulationen und Planspiele

Sebastian Schier*, Lena Rosenau*,
Maria Freese*

**Institut für Flugführung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Braunschweig, Deutschland
(Tel.: +49 531-295-2337; E-Mail: sebastian.schier@dlr.de)
(E-Mail: LRosenau@ham.airport.de)
(Tel.: +49 531 295 3573; E-Mail: maria.freese@dlr.de)*

Abstract: Die europäischen Flughäfen stellen eine kritische Stelle im Luftverkehrssystem dar. Hier verursachte Verspätungen können sich durch das gesamte System ausbreiten und zu größeren Störungen führen. Als eine Gegenmaßnahme wurde eine verbesserte Form des Flughafenmanagements entwickelt, nach dem die beteiligten Akteure eine gemeinsame Informationsbasis bilden und ihre Handlungen koordinieren. In den letzten Jahren wurden eine Vielzahl an unterstützenden Systemen und Verfahren für das Flughafenmanagement implementiert. Diese neuen Verfahren und Systeme generieren den Bedarf nach einem Training für das Personal des Flughafenmanagements.

Das Institut für Flugführung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt erforscht unter Anderem simulationsbasierte Trainingsansätze für das Flughafenmanagement. Durch Serious Games (Planspiele) oder Human-In-The-Loop Simulationen sollen die Akteure im Flughafenmanagement geschult werden. Ein komplexer Trainingsteil ist der Umgang mit nicht-kooperativen Verhaltensweisen. In diesem Fall greift das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt auf Pseudoakteure zurück, die entsprechend gegebener Regeln nicht-kooperativ kommunizieren und agieren. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist die reduzierte Reproduzierbarkeit von Trainingsläufen. Aus diesem Grund hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt den kognitiven Agenten „CLAUDI“ (Collaborative Learning Assistant for User Defined Interactions) umgesetzt. Im Rahmen dieses Beitrages wird die erste prototypische Implementierung und die Validierung an Hand von aufgezeichneten Situationen und in einer Human-In-The-Loop Simulation beschrieben.

Schlüsselwörter: Simulation, Flughafenmanagement, Training, Kognitiver Agent

1. EINLEITUNG

Der europäische Luftverkehr steht nach der Analyse von EUROCONTROL (2015) vor einer großen Herausforderung, denn die Kapazitätsgrenzen der Flughäfen sind bereits mit dem aktuellen Verkehrsaufkommen erreicht. Allein im Jahr 2015 wuchsen die Verspätungen um über 60%. Laut EUROCONTROL (2013) wird sich dieser Trend fortsetzen und insbesondere bei Störungen (z.B. durch Wetter, Streik, etc.) zu großen Problemen im gesamten Luftverkehrssystem führen (siehe Abb. 1).

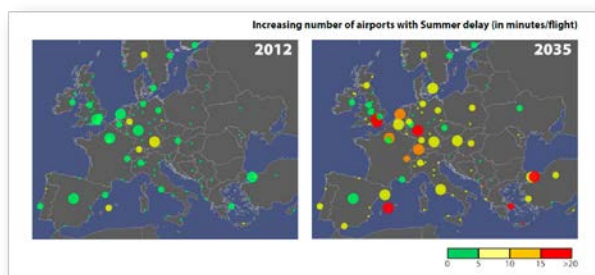


Abb. 1. Vergleich der aktuellen auf den Flughäfen verursachten Verspätungen mit der Prognose für 2035 (in Minuten pro Flug - EUROCONTROL 2013).

Eine Möglichkeit dieser Herausforderung zu begegnen, gibt es u.a. in dem Bereich des Flughafenmanagements. Im Flughafenmanagement kommen an Planungsprozessen beteiligte Akteure zusammen und verhandeln eine möglichst effiziente Nutzung ihrer Ressourcen. Hierdurch können nichtgenutzte Ressourcen in Zeiten hoher Verkehrslast aktiviert werden. Darüber hinaus ist eine Priorisierung möglich. Flüge mit einer hohen Bedeutung für das Luftverkehrssystem (z.B. mit vielen Anschlussverbindungen) erhalten eine frühere Startzeit. Die Auswirkungen von hohem Verkehrsaufkommen oder Störungen bleiben so kontrollierbar.

Die Analyse von Papenfuß et. al. (2015) stellte in der Kooperation der Akteure im Flughafenmanagement noch Optimierungspotential fest. Derzeit werden hierzu verschiedene Ansätze erforscht: Neben der Definition eines Regelwerks (Papenfuß 2015), der Personalauswahl (Schulze-Kissing, 2015) und der Implementierung von Unterstützungssystemen (Piekert, 2015) ist ein Trainingsangebot für die beteiligten Akteure eine weitere Möglichkeit, die Kooperation effizienter zu gestalten (Schier 2016b).

Das Institut für Flugführung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat in diesem Zusammenhang verschiedene Trainingswerkzeuge entwickelt. Zwei simulationsbasierte Trainingsansätze werden durch das Flughafenplanspiel „D-CITE“ (Decisions based on Collaborative Interactions in TEams, Freese, 2015) und die realitätsnahe Human-In-The-Loop Simulation „DLR A-CDM Simulation“ (Schier, 2016a) unterstützt. Die Trainingswerkzeuge werden aktuell auf ihren Einsatz hin optimiert und in Kombination mit unterschiedlichen Trainingskonzepten verwendet (vgl. Freese, 2016a; Schier, 2016b). Im Rahmen dieser Trainingskonzepte ist es nötig, dass die Akteure mit verschiedenen Verhaltensweisen ihrer Partner konfrontiert werden (z.B. besonders kompetitives oder kooperatives Verhalten). Aktuell übernehmen diese Funktion sogenannte Pseudoakteure. Diese Pseudoakteure werden durch Personen dargestellt, die nach definierten Handlungsanweisungen agieren. Der Einsatz von Pseudoakteuren besitzt den Nachteil, dass die Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit von Übungen eingeschränkt ist. Der Lernerfolg ist so nur bedingt messbar. Darüber hinaus kann die Akzeptanz der Pseudoakteure durch die anderen Akteure ein Problem darstellen. Die Pseudoakteure sind in der Regel keine operationellen Experten und werden in dem Zusammenhang nicht gleichberechtigt in die Verhandlungen integriert.

In der Spieleindustrie und im Militär wurde seit mehreren Jahren auf virtuelle, kognitive Akteure (sogenannte „Bots“ oder „Agents“) gesetzt (Traum, 2003), die in verschiedenen Situationen Mit- oder Gegenspieler darstellen. Das DLR hat dieses Konzept eines kognitiven Agenten auf die Simulation des Flughafenmanagements adaptiert. In der vorliegenden Arbeit wird beschrieben, wie der kognitive Agent „Collaborative Learning Assistant for User Defined Interactions“ (CLAUDI) auf der Basis von aufgezeichneten Kommunikationsdaten entworfen wurde. Des Weiteren wird die Validierung an Hand dieser Kommunikationsdaten und eines ersten Simulationsworkshops mit (menschlichen) Akteuren dargestellt und diskutiert. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf mögliche zukünftige Optimierungen und Anwendungen von CLAUDI.

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1 Flughafenmanagement

Die Entscheidungs- und Verhandlungsebene des Flughafenmanagements setzt sich weltweit aus den gleichen beteiligten Akteure zusammen (Schaar, 2010): Fluglinien, Flughafenbetreiber, Bodenabfertiger und Flugsicherung bringen ihre Ressourcen ein und stimmen ihre Prozesse ab. Im Gegensatz zu den involvierten Akteuren zeigen die Prozesse und die verwalteten Ressourcen regionale Unterschiede. In Abhängigkeit von staatlichen Bestimmungen, den lokalen Märkten und der Entwicklungshistorie können die Prozesse stark voneinander abweichen. Ein Beispiel hierfür ist die unterschiedliche Verantwortung für die Flughafen-Terminals in Europa und den USA. In den USA betreiben die Fluglinien das Terminal

und bestimmen damit alle Prozesse von der Sicherheitsüberprüfung bis zum Rollen des Luftfahrzeugs zur Startbahn. Im Gegensatz dazu ist in Europa der Flughafenbetreiber der Verantwortliche für das Terminal und hat hier eigene Prozesse etabliert (Zhu, 2016).

D-CITE, die A-CDM-Simulation und die hier entwickelten Trainingsansätze wurden für das europäische Flughafenmanagement ausgelegt. Das europäische Flughafenmanagement ist über das so genannte „Airport Collaborative Decision Making“ (A-CDM) vereinheitlicht. Fast alle großen europäischen Flughäfen haben A-CDM umgesetzt (vgl. EURCONTROL, 2016) und erfüllen damit die von EUROCONTROL (2012) beschriebenen fünf Grundelemente:

- **Informationsverteilung:** A-CDM definiert eine Basissammlung an Flugdaten, zu der alle Beteiligten beitragen und auf die alle Beteiligten Zugriff haben (z.B. geplante und tatsächliche Startzeiten).
- **Meilensteinansatz:** A-CDM betrachtet jeden Flug als eine Abfolge von Prozessen, deren Ende jeweils mit einem Meilenstein gekennzeichnet ist (z.B. Rollen zum Start mit dem Meilenstein Abheben).
- **Variable Rollzeiten:** A-CDM legt fest, dass die Rollzeiten abhängig von Start/ Landebahn und Standplatz in die Berechnung der Flugzeit zu integrieren sind.
- **Vorsequenzierung der Abflüge:** A-CDM definiert einen Prozess, über den die Abflugreihenfolge vor Verlassen des Standplatzes festgelegt wird. Statt mit laufenden Triebwerken an der Startbahn zu warten, werden die Triebwerke erst gestartet und der Standplatz verlassen, wenn ein Start ohne größere Wartezeit möglich ist.
- **Flugplan-Aktualisierungen:** Alle Änderungen am Flugplan müssen an das Europäische Netzwerkmanagement weitergegeben werden, um andere Flughäfen und die verschiedenen Flugsicherungsstellen vorab zu informieren.

Im weiteren Verlauf werden vor allem die Informationsverteilung, der Meilensteinansatz, die variablen Rollzeiten und die Vorsequenzierung der Abflüge eine Rolle spielen. Diese vier Elemente definieren den Informations- und Handlungsrahmen für die Akteure. Die Flugplanaktualisierungen werden vorerst nicht weiter betrachtet. Sie stellen eine technische Schnittstelle zum europäischen Netzwerkmanagement dar und spielen in den aktuell betrachteten Trainingskonzepten keine Rolle.

2.3 Simulationsbasiertes Training

A-CDM beschreibt mit den oben genannten Elementen den Informations- und Handlungsspielraum der Akteure. Prozesse zur Nutzung der Informationen und zur Auswahl der Optionen werden aber nicht durch A-CDM festgelegt. Ein Trainingssetting ist eine Möglichkeit, um ein effizientes

Vorgehen bei den Akteuren zu erreichen. Neben papierbasierten Trainingsformen untersucht das Institut für Flugführung vor allem simulationsbasierte Trainingsformen. Die Lernenden werden in die jeweils zu trainierende Situation versetzt und können die Verhaltensweisen am simulierten Arbeitsplatz ausprobieren. Diese Form des Trainings besitzt im Luftfahrtumfeld eine hohe Akzeptanz (Helmreich, 1999) und gewährleistet einen schnellen Transfer in den Arbeitsalltag (Breckwoldt, 2014).

Aktuell stehen zwei Werkzeuge für das simulationsbasierte Flughafenmanagement-Training im DLR bereit. Das erste Werkzeug ist das computerbasierte Planspiel „D-CITE“ (siehe Abb. 2). Generell wurden Planspiele für Trainingszwecke bereits in ihrer Wirksamkeit bestätigt (Duke, 1974; Michael & Chen, 2005), weswegen neben der Simulation auch diese Methode verwendet wurde.

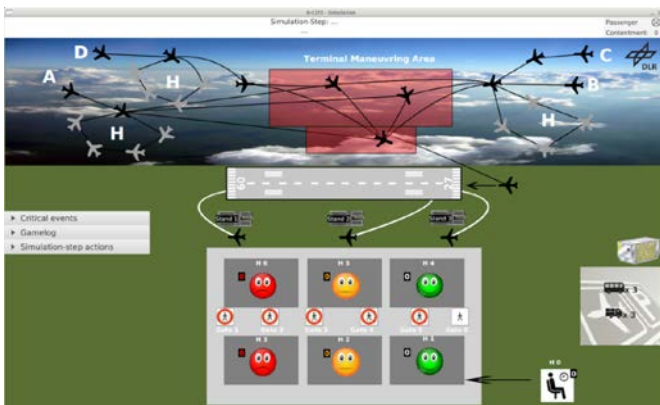


Abb. 2. Grafische Oberfläche des computerbasierten Planspiels D-CITE (DLR intern).

In D-CITE liegt der Fokus auf einer realitätsnahen Abbildung der Interaktionen zwischen den verschiedenen Akteuren. Die Akteure sollen Informationen und Optionen wie am echten Flughafen diskutieren. Der Flughafen und seine Prozesse sind keinem konkreten Beispiel nachempfunden, sondern stellen einen abstrakten und vereinfachten Betrieb dar. D-CITE ist so mit einer kurzen Einweisung nutzbar. Die Akteure gelangen in wenigen Minuten in Verhandlungssituationen. In diesem Zusammenhang eignet sich D-CITE vor allem zum Training von Handlungsmustern und Entscheidungsprozessen, die unabhängig vom jeweiligen Flughafen oder spezieller technischer Unterstützung angewendet werden können. Als Lernende werden sowohl Experten (erfahrene Flughafenmanager) als auch Novizen (unerfahrene Flughafenakteure) adressiert.

Das DLR betreibt ein zweites simulationsbasiertes Trainingswerkzeug. Die A-CDM-Simulation bildet die Arbeitsplätze der Akteure und die Flughafenprozesse realitätsnah ab. So ist es möglich, existierende Flughäfen zu modellieren und Handlungsmuster am konkreten Beispiel zu trainieren (siehe Abb. 3). In diesem Zusammenhang ist sie nach Schier (2016a) als so genannte Human-In-The-Loop Simulation einzuordnen. Die A-CDM-Simulation fokussiert Lernende, die bereits ein Grundverständnis der A-CDM Prozesse haben. Als Lerninhalte können neben allgemeinen Handlungsmustern auch spezielle, für den jeweiligen

Flughafen optimierte Prozesse trainiert werden. Zusätzlich bietet die A-CDM-Simulation technische Schnittstellen für zusätzliche Systeme. Der Umgang mit Planung- und Verhandlungswerkzeugen kann so genauso trainiert werden, wie die konkrete Umsetzung von getroffenen Entscheidungen.



Abb. 3. Verhandlungssituation in der DLR A-CDM-Simulation (DLR intern).

2.3 Kognitiver Agent

D-CITE und die A-CDM-Simulation benötigen für verschiedene Trainingsmethoden einen Akteur, dessen Verhalten reproduzierbar ist. Die reproduzierbaren Verhaltensweisen ermöglichen Simulationen unter konstanten Voraussetzungen. In der Folge wird, wie oben beschrieben, der Lernerfolg über den Vergleich mehrerer Simulationsläufe messbar. Ein menschlicher Akteur kann die Reproduzierbarkeit nicht in einem ausreichenden Maße garantieren. Aus diesem Grund wird auf einen kognitiven Agenten zurückgegriffen.

Der kognitive Agent muss nach Strasser (2006) die folgenden allgemeinen Anforderungen erfüllen:

- **Autonom:** Der Agent muss ohne Benutzereingaben zur Laufzeit agieren können.
- **Proaktiv:** Der Agent muss eigenständig erkennen, dass die Umgebung von seinen definierten Zielen abweicht und entsprechende Handlungen auslösen.
- **Reaktiv:** Der Agent muss auf Reize aus der Umgebung reagieren können.
- **Adaptiv:** Der Agent muss sein Handeln auf die jeweilige Situation anpassen und lernfähig sein.

Diese vier Anforderungen müssen mit dem Anwendungsgebiet Flughafenmanagement und den oben definierten A-CDM-Elementen verknüpft werden. Die nach A-CDM vorgeschriebene Informationsverteilung muss vor allem autonom möglich sein. Der kognitive Agent muss ohne Einwirkung von außen die A-CDM-Informationen entgegennehmen, verarbeiten und die von ihm generierten Informationen weitergeben können. In Bezug auf den

Meilensteinansatz muss der kognitive Agent zusätzlich die Auswirkungen seiner Aktionen oder der Aktionen anderer Akteure auf die Meilensteine abschätzen können. Diese Abschätzung ermöglicht ein Abgleich mit den eigenen Zielen und in der Folge ein reaktives oder proaktives Verhalten. Übernimmt der kognitive Agent zum Beispiel die Rolle der Bodenabfertigung, muss er den Zusammenhang zwischen Anzahl des Abfertigungspersonals und der Dauer einer Abfertigung kennen. Entsprechend ist der Agent dann in der Lage das Personal zu erhöhen, wenn ein Flug verspätet landet, aber möglichst pünktlich wieder starten will. Zusätzlich muss der kognitive Agent adaptiv je nach Situation entscheiden. Hierbei muss er vor allem berücksichtigen, wohin das Luftfahrzeug auf dem Flughafen rollen soll (variable Rollzeiten) und an welcher Stelle der Flug in der Abflugsequenz geplant ist (Vorsequenzierung).

Die Entwicklung für den kognitiven Agenten erfolgte zunächst prototypisch. Im Rahmen des vorliegenden Beitrages soll an Hand eines Beispiels demonstriert werden, dass eine Umsetzung entsprechend der genannten Kriterien für das Flughafenmanagement möglich ist. Der kognitive Agent wurde für diese Umsetzung als „Collaborative Learning Assistant for User Defined Interactions“ (CLAUDI) bezeichnet.

3. METHODIK

3.1 Auswahl des Akteurs

Der erste Schritt in der Umsetzung von CLAUDI war die Auswahl des abzubildenden Akteurs. Entsprechend der am A-CDM-Prozess Beteiligten waren die Fluglinie, die Flugsicherung, die Bodenabfertigung oder der Flughafenbetreiber eine mögliche Rolle für CLAUDI. Zur Auswahl einer Rolle wurden die folgenden drei Kriterien gewählt:

1. **Datengrundlage:** Eine Datengrundlage über die Aktionen und die Kommunikation des Akteurs muss vorhanden sein.
2. **Informationsraum:** Die Menge an verarbeiteten Informationen sollte möglichst klein sein. Eine kleine Informationsmenge ermöglicht zuverlässigere Vorhersagen für die zukünftige Entwicklung. Das reaktive und proaktive Verhalten von CLAUDI besitzt so eine höhere Qualität.
3. **Optionsraum:** Die Menge an möglichen Optionen sollte entsprechend dem Informationsraum möglichst klein sein. Die Wahrscheinlichkeit eine ineffiziente Option auszuwählen sinkt. Das reaktive und proaktive Verhalten von CLAUDI besitzt eine höhere Nachvollziehbarkeit für die anderen Akteure.

Im Vorfeld der Umsetzung von CLAUDI wurden zwei Projekte mit der A-CDM-Simulation durchgeführt. Im ersten Projekt wurde ein Regelwerk für das Flughafenmanagement validiert (Schier, 2016a). Hier nahmen operationelle Experten von zwei Fluglinien, der Bodenabfertigung und dem

Flughafenbetrieb teil. Insgesamt lagen die Kommunikationsdaten von 16 Teilnehmern aus diesem Projekt vor. Die Kommunikation war hier ausschließlich verbal und wurde über Beobachter protokolliert. Im zweiten Projekt wurden Werkzeuge und Verhandlungsprozesse für einen Flughafenleitstand validiert (Piekert, 2015). Operationelle Experten der Flugsicherung, von drei Fluglinien und vom Flughafenbetrieb nahmen an den Versuchen teil. Insgesamt lagen die aufgezeichneten Kommunikationsdaten von 18 Simulationsteilnehmern vor. Die verbale Kommunikation wurde hier wie im ersten Projekt durch Beobachter schriftlich festgehalten. Zusätzlich wurde eine Kommunikation über ein textbasiertes Chat-System geführt. Diese Kommunikation wurde computerbasiert aufgezeichnet.

Die Datenbasis für CLAUDI ergab sich aus den beiden Projekten. Einige Rollen waren nicht in beiden Simulationen besetzt (Flugsicherung und Bodenabfertigung). Um die Anforderung auf Basis einer möglichst großen Datenmenge zu erfüllen, wurde sich auf die an beiden Projekten beteiligten Rollen mit Fluglinie und Flughafenbetrieb konzentriert. Die Fluglinie muss mit einer großen Anzahl von Optimierungskriterien komplexe Entscheidungen treffen (z.B. Anschlussflug muss erreicht werden, Interkontinentalflüge müssen möglichst pünktlich abheben, Crew darf Arbeitszeit nicht überschreiten, Flug mit großer First Class besitzt Priorität) und eine große Anzahl an Informationen und Optionen berücksichtigen. Im Gegensatz dazu hat der Flughafenbetrieb ausschließlich das Ziel, einen Standplatzkonflikt (zwei Luftfahrzeuge zur gleichen Zeit auf dem gleichen Standplatz) zu vermeiden. Um das Verhalten von CLAUDI nachvollziehbar und die Komplexität des Optimierungsalgorithmus beherrschbar zu gestalten, wurde deshalb die Rolle des Flughafenbetreibers für die Implementierung von CLAUDI festgelegt.

3.2 Kommunikations- und Interaktionsanalyse

Der Festlegung auf den Flughafenbetreiber folgte die Analyse des Kommunikations- und Interaktionsverhaltens des Flughafenbetreibers. Die Analyse wurde auf der Basis der oben beschriebenen aufgezeichneten Daten durchgeführt. Die identifizierten Aktionen und Kommunikationsinhalte wurden gruppiert. Die Gruppierung erfolgte in Kommunikation, die an den Flughafenbetreiber gerichtet ist („Eingabe“), Aktionen, die der Flughafenbetreiber im Rahmen der Standplätze durchführt („Standplatzaktionen“) und Kommunikation, die der Flughafenbetreiber an andere Akteure richtet („Ausgabe“). Insgesamt wurden ca. 200 verschiedene Kommunikationselemente mit einem hohen Detaillierungsgrad und Aktionen festgestellt. Die Anfrage nach einem neuen Standplatz für ein Luftfahrzeug umfasste zum Beispiel fünf Elemente („Kannst du mir ein neuen Standplatz für Flug KLM1201 geben?“ – „Passt bei dir Standplatz C12?“ – „Ja, der passt“ – „Gut dann stell ich KLM1201 auf C12“ – „Danke“). Für die Analyse der Kommunikation wurden diese fünf Teile zusammenfassend als „Verschiebeanfrage“ aufgenommen.

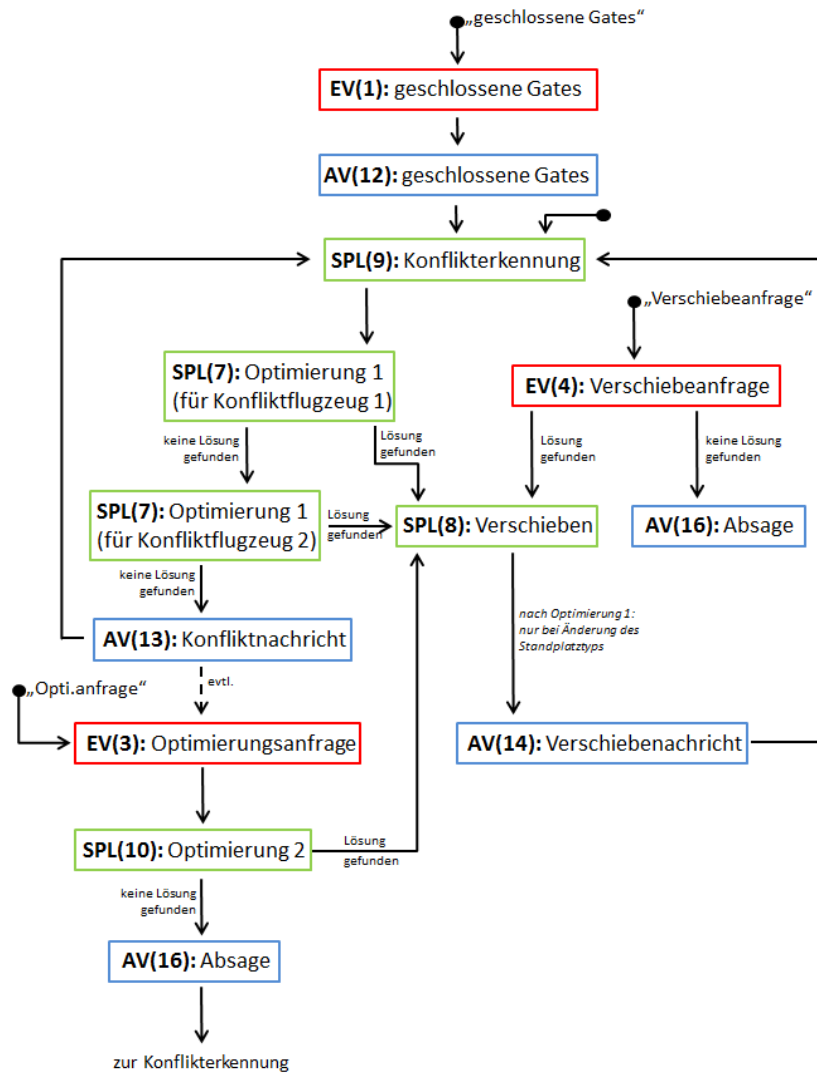


Abb. 4. Interaktionsdiagramm des Flughafenbetreibers.

Die anderen 200 Elemente wurden zusammengefasst, so dass am Ende sechs Eingabenachrichten, 11 Standplatzaktionen und 20 Ausgabenachrichten identifiziert und in einem abstrahierten Prozess zusammengestellt wurden. Die Abbildung 4 zeigt das Ergebnis der Analyse als Prozessdiagramm. In der Abbildung 4 werden in rot mit der Abkürzung „EV“ (Eingabeverarbeitung) die eingehende Anfragen dargestellt, auf die der Agent reagieren muss. In grün mit der Abkürzung „SPL“ (Standplatzlogik) werden jeweils die Prozesse dargestellt, in denen der Flughafenbetreiber die Informationen aus der Umgebung mit seinen Zielen verknüpft und Aktionen in der Standplatzplanung ableitet. In blau mit der Abkürzung „AV“ (Ausgabeverarbeitung) ist die vom Agenten ausgelöste Kommunikation dargestellt. Dieses Prozessdiagramm bildete die Grundlage für die Umsetzung von CLAUDI.

3.3 Umsetzung

Die Kommunikations- und Interaktionsanalyse zeigt, dass der Flughafenbetreiber auf drei Eingaben verarbeiten muss:

- Öffnungen/Schließungen von Standplätzen („geschlossene Gates“ - EV1)
- Anfragen für ein anderen Standplatz („Verschiebeanfrage“ – EV4)
- Optimierung des Gesamtplans („Optimierungsanfrage – EV3)

Die Umsetzung dieser Eingabeverarbeitung wurde in CLAUDI über eine standardisierte, textbasierte Chat-Schnittstelle implementiert (Saint-Andre, 2011). Diese Schnittstelle wurde auch in einem der vorgestellten Projekte verwendet. Eine Erweiterung (z.B. durch eine Spracherkennung für verbale Kommunikation) ist möglich. Als Basissprache wurde Englisch gewählt, da dies die in der Luftfahrt allgemein gültige Sprache für den Verkehr auf internationalen Flughäfen ist (Barrette-Sabourin, 2008). CLAUDI führt mit der eintreffenden englischen Nachricht dann einen so genannten Stemming-Prozess (Frakes, 1992) durch. Hierbei werden unter Anderem Verben auf ihren Infinitiv zurückgeführt, Satzzeichen entfernt und doppelte

Leerzeichen reduziert. Anschließend erfolgt eine Synonym- und Schlüsselwortsuche. Für den Flughafenbetreiber wurde eine Liste mit Schlüsselworten aus der Kommunikationsanalyse generiert. Diese Schlüsselworte können eindeutig bestimmten Nachrichten zugeordnet werden (z.B. „move“ → Luftfahrzeug auf anderen Standplatz planen). Da nicht unbedingt diese Schlüsselwörter, sondern auch Synonyme benutzt werden, wurde die Schlüsselwortdatenbank entsprechend ergänzt (z.B. „move“ → „change“, „switch“, „transfer“). Abschließend durchsucht die Eingabeverarbeitung die englische Nachricht auf die benötigten Parameter. Im Fall der Verschiebenachricht („move“) muss definiert werden, welches Luftfahrzeug auf welchen Standplatz geschoben werden soll. Die Eingabeverarbeitung führt aus diesem Grund eine Mustersuche durch (z.B. nach den Rufzeichen oder Luftfahrzeug-Kennzeichen). Abschließend wird die komplette Nachricht bestehend aus Nachrichtentyp und den erarbeiteten Parametern zusammengestellt. Fehlt einer der Parameter wird eine entsprechende Nachfrage über die Ausgabeverarbeitung gestellt.

Im Rahmen der Standplatzlogik wurde in der Kommunikations- und Interaktionsanalyse festgestellt, dass der Flughafenbetreiber im Wesentlichen drei Aktionen durchführt:

- Permanente Konflikt-Überprüfung der Standplätze („Konflikterkennung“ – SPL9)
- Verschieben der Luftfahrzeuge („Verschieben – SPL8)
- Optimierung der Standplätze auf Anfrage („Optimierung“ – SPL7/ 10)

In der Umsetzung, überprüft CLAUDI alle 30 Sekunden den Zustand der Standplätze. Die Daten hierzu werden aus einer Daten-Schnittstelle mit D-CITE/ der A-CDM-Simulation gewonnen. Ist ein Konflikt entstanden, so wird zuerst intern untersucht, ob eine Lösung möglich ist. Falls nicht, wird eine entsprechende Nachricht über die Ausgabeverarbeitung gesendet. Die Verschiebung von Luftfahrzeugen und die Optimierung der Standplätze nutzen die gleiche Datenschnittstelle. Hier können Änderungen der Standplätze an D-CITE/ die A-CDM-Simulation gesendet werden. Die Optimierung erfolgt dabei aktuell nach dem Kriterium der schnelleren Abfertigung. Standplätze am Terminal sind Standplätzen auf Außenpositionen vorzuziehen, da die Abfertigung auf den Außenpositionen länger dauert. Es ist aber möglich, weitere Optimierungskriterien hinzuzufügen.

Der letzte Teil von CLAUDI ist die Ausgabeverarbeitung. Die Ausgabeverarbeitung bekommt von der Standplatzlogik oder der Eingabeverarbeitung Nachrichtentypen zur Kommunikation an bestimmte Akteure übergeben. Die Nachrichtentypen für die Ausgabe werden entsprechend einer lexikalischen Umsetzung in einen Nachrichtentext verwandelt. Hierbei enthält die lexikalische Datenbank für jeden Nachrichtentyp mehrere Ausgabenachrichten. Die Ausgabenachricht wird zufällig ausgewählt, um dem entsprechenden Kommunikationspartner nicht immer den

gleichen Text zu senden. Nach der Auswahl des Nachrichtentexts erfolgt eine Parameterersetzung. Für verschiedene Nachrichten ist es von Bedeutung dynamische Informationen (z.B. welches Luftfahrzeug verursacht den Standplatzkonflikt) zu senden. Im Fall der Ausgabenachricht werden bestimmte Muster (z.B. <STANDPLATZ>) durch die jeweilige Information ersetzt. Abschließend wird der vollständige Nachrichtentext über die Chatschnittstelle versendet.

3.4 Validierung

Der erste Teil der Validierung von CLAUDI erfolgte auf der Basis der aufgezeichneten Daten. Aus den Daten wurden verschiedene Anfragen an den Flughafenbetreiber und verschiedene Zustände des Flughafens (mit Standplatzkonflikten) ausgewählt und zu einem Testdatensatz mit 36 Anfragen und entsprechenden Reaktionen des realen Flughafenbetreibers zusammengestellt. Die Auswahl der Testdaten erfolgte so, dass alle beobachteten Anfragenformen und Reaktionsarten enthalten waren. Im Laufe der Umsetzung von CLAUDI wurde der Testdatensatz immer wieder über die Chat-Schnittstelle an CLAUDI gegeben. Die Reaktionen und Aktionen von CLAUDI wurden mit den Reaktionen und Aktionen des realen Flughafenbetreibers verglichen. Der Vergleich erfolgte dabei nach drei Kriterien:

$$(1) \text{ Erkennungsrate} = \frac{\text{Anzahl identifizierter Schlüsselwörter}}{\text{Anzahl enthaltener Schlüsselwörter}}$$

$$(2) \text{ Reaktionsrate} = \frac{\text{Anzahl identifizierter Schlüsselwörter}}{\text{Anzahl Aktionen}}$$

$$(3) \text{ Antwortrate} = \frac{\text{Anzahl gegebener Antworten}}{\text{Anzahl erwarteter Antworten}}$$

Der zweite Teil der Validierung erfolgte in einem Workshop mit fünf Teilnehmern. Hierzu wurden verschiedene Szenarien in der A-CDM-Simulation durchgeführt. Zwei Fluglinien, ein Bodenabfertiger und der Flughafenbetreiber wurden dabei mit mehreren Ereignissen (z.B. Streik, Gewitter, etc.) konfrontiert. Die Rolle des Flughafenbetreibers wurde einmal durch CLAUDI und einmal durch einen menschlichen Pseudoakteur ausgeführt. Der Pseudoakteur erhielt hierfür die gleichen Zielvorgaben und Aktionen wie CLAUDI. Die Arbeitsplätze wurden durch Stellwände getrennt (siehe Abb. 5). Diese Abtrennung ermöglichte es, die Kommunikation auf das Chat-Programm zu konzentrieren. Die Teilnehmer wurden vorab informiert, ob sie mit CLAUDI oder einem Pseudoakteur kommunizieren. Im Anschluss an die

Simulationen wurden die Teilnehmer über Fragebögen zu der Kommunikation mit CLAUDI bzw. zu der Kommunikation mit dem Pseudoakteur befragt und Unterschiede analysiert.



Abb. 5. Validierung in der Simulation (DLR intern).

4. ERGEBNISSE

CLAUDI wurde für die Rolle des Flughafenbetreibers erfolgreich umgesetzt. Insgesamt besitzt CLAUDI die Möglichkeit 18 Nachrichtentypen über 69 Schlüsselwörter und deren Synonyme zu erkennen. Aus diesen Nachrichtentypen können bis zu 20 Aktionen ausgelöst werden und mit insgesamt 25 Ausgabenachrichten in 92 verschiedenen Nachrichtentexten geantwortet werden.

Die Validierung an Hand der Testdaten wurde, wie oben beschrieben, parallel zur Entwicklung durchgeführt. Zum Zeitpunkt der folgenden Entwicklungsschritte wurden jeweils die drei Kriterien Erkennungsrate, Reaktionsrate und Antwortrate erhoben:

1. **Standard-Ausgabe:** Eingehende Nachricht wird mit Standardfehlernachricht beantwortet („Sorry, I don't understand“)
2. **Schlüsselwort-Datenbank:** Aufbau der ersten Schlüsselwortdatenbank mit ca. 20 Wörtern.
3. **Synonym-Datenbank:** Umsetzung der Synonymdatenbank für alle Schlüsselwörter
4. **Ausgabe-Datenbank:** Implementierung der verschiedenen Phrasen für die Ausgabenachrichten
5. **Schlüsselwort-Reihenfolge-Analyse:** Analysiert und berücksichtigt die Reihenfolge der Schlüsselwörter
6. **Ausgabe-Parameter:** Parameter können in Ausgabertexte gesetzt werden.
7. **Multi-Message-Analyse:** Eingabeverarbeitung erkennt mehrere Nachrichtentypen in einer Nachricht.
8. **Schlüsselwort-Erweiterung:** Erweiterung der Schlüsselwort- und Synonym-Datenbank auf 69 Schlüsselwörter.
9. **Synonym-Datenbank:** Änderung der Reihenfolge in der Synonym-Datenbank

10. **Konflikt-Nachricht:** Umsetzung von Status-Antworten für Nachfragen nach geschlossenen Standplätzen.
11. **Kontextfunktion:** Erste Umsetzung einer Kontextfunktion zur Einordnung mehrerer Schlüsselwörter

Die Abbildung 6 zeigt die gemessenen drei Raten. Auf der Ordinate ist jeweils das Verhältnis von gemessenem zu erwartetem Wert aufgetragen. Auf der Abszisse werden die Entwicklungsschritte dargestellt.

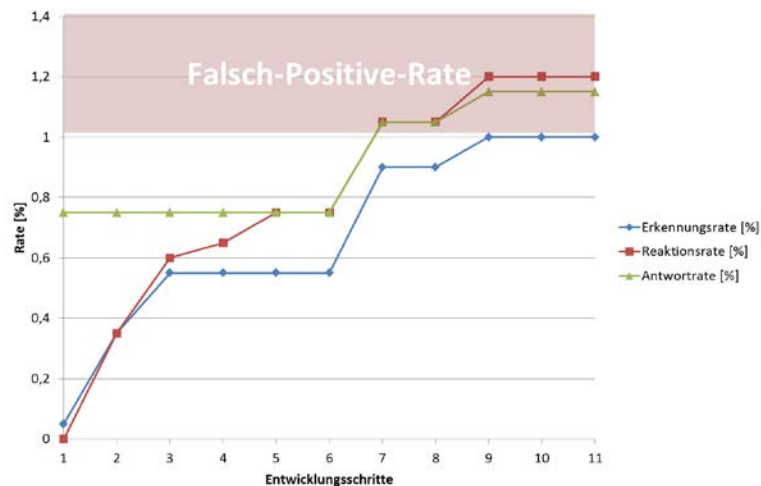


Abb. 6. Validierungsdaten

In der Abbildung 6 ist zusehen, wie in den Entwicklungsschritten eins bis drei und später in sechs und sieben die Eingabeverarbeitung optimiert wird. In den Schritten vier und fünf genauso wie in acht bis elf wurde im Wesentlichen die Standplatzlogik und die damit verknüpfte Ausgabeverarbeitung verbessert. Die finale Version von CLAUDI (Entwicklungsschritt 11) zeigt die gewünschte Detektionsrate von eins. Alle Schlüsselwörter wurden erkannt. Die Reaktions- und Antwortrate liegt über einem Wert von eins. Das ist ein unerwünscht hoher Wert. Der Grund für diesen Wert ist eine falsche Ableitung von Reaktionen und Antworten auf die erkannten Schlüsselwörter. Im konkreten Fall erkannte CLAUDI zwei Schlüsselwörter in einer Nachricht. Diese Schlüsselwörter waren auch enthalten, standen aber im Kontext zueinander („Standplatz in der Nähe der Startbahn“. Standplatz und Startbahn wurden als unabhängige Schlüsselwörter erkannt). CLAUDI antwortet in der Folge korrekt auf das erste Schlüsselwort und fragte dann nach den fehlenden Parametern für das zweite Schlüsselwort („Welche Startbahn soll geschlossen werden?“). CLAUDI zeigt in der Validierung also eine hohe Detektionsrate, unter Umständen wird aber auf Schlüsselwörter reagiert, deren Bedeutung abhängig vom Kontext anderer Schlüsselwörter ist.

Die Validierung im Rahmen eines Workshops wurde ebenfalls erfolgreich durchgeführt. Der Fragebogen wurde in den Kategorien Verständlichkeit, Funktionalität, Umgang, Effizienz, Informationsumfang und Serviceorientierung ausgewertet. Hierbei wurde eine siebenstufige Skala (1= starke Ablehnung, sieben = starke Zustimmung) verwendet. Eine ablehnende Tendenz ist ab einem Wert von 3,5 gegeben.

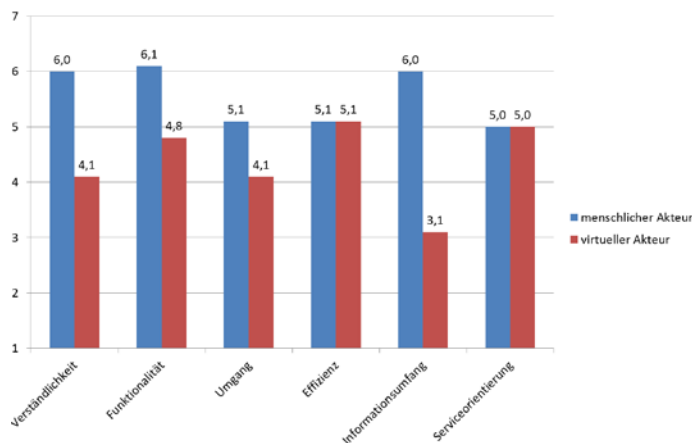


Abb. 7. Ergebnis der Workshop-Bewertung von CLAUDI.

Die Auswertung der Fragebogendaten zeigt im Allgemeinen gleich hohe bzw. höhere Werte beim menschlichen Akteur (siehe Abb. 7). Die absoluten Werte für CLAUDI liegen aber fast vollständig im angenommenen Bereich. Eine ablehnende Tendenz mit einem Wert kleiner 3,5 wird nur beim Informationsumfang festgestellt. Dieser Umstand wurde nicht nur im Fragebogen, sondern auch im abschließenden Debriefing diskutiert. Hier wurde zudem erwähnt, dass einige Nachrichten von CLAUDI erst sehr spät oder nicht wahrgenommen wurden.

4. DISKUSSION

Die Validierung zeigt, dass CLAUDI grundsätzlich als kognitiver Agent funktionsfähig ist. Der ausgewählte Testdatensatz wurde vollständig erkannt und entsprechende Reaktionen gezeigt. Im Workshop waren die menschlichen Akteure in der Lage, die gegebenen Verkehrssituationen mit CLAUDI zu bearbeiten und einen umsetzbaren Verkehrsplan zu erstellen.

Die Validierung zeigt aber auch, dass CLAUDI noch Optimierungspotential besitzt. Im Bereich der Verknüpfung von Detektion und Reaktion stellen Schlüsselwörter die im Kontext zueinander stehen eine Schwierigkeit dar. Im Einsatz mit menschlichen Akteuren ist vor allem der von CLAUDI zur Verfügung gestellte Informationsumfang nicht ausreichend. Im Debriefing wurden hier von den menschlichen Akteuren das proaktive Verhalten und dessen Informationsumfang angesprochen. Stellt CLAUDI einen Standplatzkonflikt fest, beschränkt sich die Kommunikation von CLAUDI auf eine Information an alle Akteure, die den Standplatzkonflikt beschreibt (betroffener Standplatz und Flüge). Die Akteure schlugen vor, dass CLAUDI in diesem Fall zusätzlich Optionsmöglichkeiten kommuniziert. In der aktuellen Umsetzung von CLAUDI mussten die Teilnehmer durch Nachfragen ihre Optionen ermitteln. Neben dieser Optimierung wurde ein weiterer Punkt mit den Akteuren diskutiert. Die Teilnehmer hatten den Eindruck, CLAUDI würde auf manche Anfragen nicht oder sehr spät antworten. Eine Analyse der Chatprotokolle und der Beobachtungen am Arbeitsplatz zeigte eine grundlegende Schwierigkeit der Mensch-Maschine-Kommunikation auf: Die Teilnehmer schickten ihre Anfragen an CLAUDI und erwarteten wie bei

einem menschlichen Akteur die Antwort mit einer entsprechenden Verzögerung. Die Verarbeitungsprozesse von CLAUDI benötigen für eine Antwort im Schnitt allerdings 200-300ms. In der Folge erschien die Antwort auf dem Chatsystem des Kommunikationspartners deutlich schneller als erwartet. In der beobachteten Simulation von 45 min. wurde allein sechs Fälle beobachtet, in denen der Teilnehmer eine eingegangene Antwort nicht oder erst nach einer längeren Zeit (mehr als 60s) registrierten, weil nach einem so kurzen Zeitfenster nicht damit gerechnet wurde.

Abschließend muss gesagt werden, dass insbesondere der Workshop nur erste Hinweise auf die Interaktionen von CLAUDI mit menschlichen Akteuren liefern kann. Die Teilnehmeranzahl mit vier Akteuren lässt noch keine signifikanten Schlüsse zu. Darüber hinaus wurde bisher auch nur im Allgemeinen überprüft, ob CLAUDI mit den Akteuren interagieren kann. Die Darstellung verschiedener Verhaltensweisen und der daraus resultierende Trainingseffekt muss noch implementiert und validiert werden.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Das vorliegende Paper zeigt mit der prototypischen Umsetzung von CLAUDI eine Möglichkeit auf, das simulationsbasierte Training zu optimieren. Die Akteure am Flughafen können zukünftig in Simulationen verschiedene Verkehrssituationen bearbeiten und dabei reproduzierbar mit den Verhaltensweisen von CLAUDI interagieren. Durch die Reproduzierbarkeit der Verhaltensweisen können besonders komplexe Situationen mehrfach durchgeführt und so ein verbessertes Verhandlungs- und Entscheidungsverhalten eingeübt werden.

Die durchgeführten Validierungen haben gezeigt, dass CLAUDI grundsätzlich einsatzbereit ist. Einige Optimierungen im Bereich der Schlüsselworterkennung, des proaktiven Verhaltens und der Nachbildung menschlicher Reaktionen sind aber nötig. Ebenso müssen die Validierungen mit weiteren Akteuren durchgeführt werden, um eine zuverlässige statistische Aussage über die Möglichkeiten von CLAUDI ableiten zu können. Aktuell wird eine größere Simulationsstudie mit 20-30 Teilnehmern geplant.

CLAUDI wurde im Rahmen dieses ersten Prototyps für die Rolle des Flughafenbetreibers ausgelegt. Diese Rolle wurde bewusst gewählt, da sie einen kleinen und damit beherrschbaren Informations- und Optionsraum besitzt. In weiteren Implementierungen von CLAUDI soll ein Transfer auf andere Rollen erfolgen. Dieser Transfer ist insbesondere für Rollen von hohem Interesse, die im Flughafenmanagement einen „Gegenspieler“ besitzen. Die Fluglinien und Bodenabfertiger haben in der Regel Konkurrenten am Flughafen. Hier kann der Einsatz von CLAUDI als besonders kompetitiv oder kooperativ agierender Trainingsagent eine hohe Wirkung haben. Ob der Transfer zu diesen Rollen möglich ist muss aber erst geklärt werden.

Insbesondere im Kontext der konkurrierenden Rollen sollen verschiedene Verhaltensweisen für CLAUDI implementiert werden. Aktuell besitzt CLAUDI eine Verhaltensweise mit sehr wenigen proaktiven Anteilen (vgl. Bewertung der Workshopteilnehmer). Aus diesem Grund sollen verschiedene Stufen von proaktivem Verhalten implementiert werden. Zusätzlich werden Verhaltensweisen angestrebt, in denen CLAUDI die Kommunikation entsprechend gängiger Entscheidungstheorien analysiert. Je nach Trainingsphase kann CLAUDI dann die jeweilige Entscheidungsphase unterstützen (z.B. durch proaktives Einbringen von Informationen oder Optionen) oder stören (z.B. durch Zurückhalten von Informationen/ Optionen oder einbringen fehlerleitender Kommunikation). CLAUDI wird so eine wertvolle Erweiterung verschiedener Trainingskonzepte und ermöglicht die Analyse des Lernerfolgs. Darüber hinaus können Einflussfaktoren analysiert werden, die den Entscheidungsprozess fördern oder behindern (vgl. Freese & Jipp, 2016; Freese & Jipp, 2017), um auf Basis dessen das Lern- und Trainingssetting zu optimieren.

LITERATUR

- Barrette-Sabourin, N. (2008). ICAO Language Proficiency Requirements. *International Airport Review*, 12(3).
- Breckwoldt, J., Gruber, H., & Wittmann, A. (2014). Simulation learning. In *International Handbook of Research in Professional and Practice-based Learning* (pp. 673-698). Springer Netherlands.
- Duke, R. D. (1974). *Gaming: The future's language*. Sage Publications, Beverly Hills, CA.
- European Organization for the Safety of Air Navigation – EUROCONTROL (2015). Annual Network Operations Report 2015. version 1.0, Brussels, Belgium, March 2016
- European Organization for the Safety of Air Navigation – EUROCONTROL (2013). Challenges of Growth 2013: Task 4 European Air Traffic in 2035. Bussels, Belgium, Juni 2013
- European Organization for the Safety of Air Navigation – EUROCONTROL (2012). Airport CDM Implementation – The Manual. version 4.0, Brussels, Belgium, 2012
- European Organization for the Safety of Air Navigation – EUROCONTROL (2016). A-CDM Impact Assessment – Final Report. Brussels, Belgium, 2012
- Frakes, W. B. (1992). Stemming algorithms, In *Information retrieval: data structures and algorithms*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc. ISBN 0-13-463837-9
- Freese, M., Drees, S., & Meinecke, M. (2015). Between Game and Reality: Using Serious Games to Analyze Complex Interaction Processes in Air Traffic Management”. *Translational Systems Science Series Simulation and Gaming in the Network Society*. Springer
- Freese, M. (2016). Game-Based Learning – An approach for improving collaborative airport management. 10th European Conference on Games Based Learning, 6.-7. Oktober 2016, Paisley, Scotland.
- Freese, M. & Jipp, M. (2016). *Einfluss von Freude und Frustration auf die Entscheidungsfindung während kollaborativer Teaminteraktionen am Beispiel des Flughafenmanagements*. 5. Interdisziplinärer Workshop Kognitive Systeme, 14.-16. März 2016, Bochum, Deutschland.
- Freese, M. & Jipp, M. (2017). *Nicht nur im Sport gibt es Trotzreaktionen – Wie Frustration die Leistung steigern kann*. 6. Interdisziplinärer Workshop Kognitive Systeme, 27.-29. März 2017, München, Deutschland.
- Helmreich, R. L., Merritt, A. C., & Wilhelm, J. A. (1999). The evolution of crew resource management training in commercial aviation. *The international journal of aviation psychology*, 9(1), 19-32.
- Michael, D. R. & Chen, S. L. (2005). Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Papenfuss, A., Carstengerdes, N., & Günther, Y. (2015). Konzept zur Kooperation in Flughafen-Leitständen. 57. FAS DGLR L6.4 Anthropotechnik, 25.-26.11.2015, Rostock
- Piekert, F., Schier, S., Marsden, A., Carstengerdes, N., & Suikat, R. (2015). A high-fidelity artificial airport environment for SESAR APOC validation experiments. Air Transport Research Society World Conference 2015, Singapore
- Schaar, D., & Sherry, L. (2010). Analysis of airport stakeholders. Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS), IEEE, 2010.
- Saint-Andre, P. (2011). RFC 6120: Extensible messaging and presence protocol (xmpp): Core (2011). URL <https://tools.ietf.org/html/rfc6120> [26.02.2017].
- Schier, S., Freese, M., & Mühlhausen, T. (2016). *Serious Gaming in Airport Management: Transformation from a Validation Tool to a Learning Environment*. Games and Learning Alliance conference, 5.-7. Dez. 2016, Utrecht, Netherlands.
- Schier, S., Timmermann, F., & Pett, T. (2016). Airport Management in the Box - A human in the loop Simulation for ACDM and Airport Management. Deutscher Luft- und Raumfahrt Kongress 2016, 13.-15. Sept. 2016, Braunschweig, Deutschland.
- Schulze Kissing, D., & Eißfeldt, H. (2015). ConCent: Eine Simulationsplattform zur Untersuchung kollaborativer Entscheidungsprozesse in Leitzentralen. *DGLR-Bericht 2015-01*, S. 157-170. Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt Lilienthal - Oberth e.V.. 57.Fachausschusssitzung Anthropotechnik: Kooperation und kooperative Systeme in der Fahrzeug- und Prozessführung, 25.-26. Nov. 2015, Rostock.
- Strasser, A. (2006) Kognition künstlicher Systeme. *Walter de Gruyter Verlag*, ISBN 978-3110320916.
- Traum, D., Rickel, J., Gratch, J., & Marsella, S. (2003). Negotiation over tasks in hybrid human-agent teams for simulation-based training. In *Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems* (pp. 441-448). ACM.
- Zhu, Z., Okuniek, J.N., Gerdes, I., Schier, S., Lee, H., & Jung, J. C. (2016). *Performance Evaluation of the Approaches and Algorithms for Hamburg Airport Operations*. 35th Digital Avionics Systems Conference, 25.-29. September 2016, Sacramento, CA, USA.