

Unterstützung der Zusammenarbeit auf dem Vorfeld von Verkehrsflughäfen

Dr.-Ing. Bernd-Burkhard Borys, Dipl.-Ing. Thomas C. Gudehus
Fachgebiet Systemtechnik und Mensch-Maschine-Systeme (Prof. Dr.-Ing. Gunnar Johannsen)
Universität Kassel · GhK

Abstract. Auf Grund der steigenden Nachfrage nach Transportleistungen im Luftverkehr ist es dringend notwendig, die Kapazität der Flughäfen zu erhöhen. Neben der Anzahl der pro Zeiteinheit möglichen Starts und Landungen spielt dabei der Durchsatz auf dem Vorfeld eine entscheidende Rolle. Bewegungen von Boden- und Luftfahrzeugen, die Flüsse von Passagieren, Gepäck und Transportgütern und das Zusammenspiel der Dienstleister auf dem Vorfeld werden von der Verkehrszentrale überwacht und koordiniert. Aufgabenanalysen haben gezeigt, dass die Verkehrszentrale einen wichtigen Knotenpunkt der Informationsflüsse auf dem Flughafen darstellt. Zur Unterstützung der Arbeit der Verkehrszentrale wurde deshalb ein Kommunikationswerkzeug entwickelt, das die unterschiedlichen Medien und Verfahren der Kommunikation vereinheitlicht.

Einleitung

Während sich die Nachfrage nach Transportkapazität im Luftverkehr in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht hat und allen Voraussagen zufolge auch weiter erhöhen wird, nähern wir uns in der Luft wie auf dem Boden den Kapazitätsgrenzen. Viele Wege werden verfolgt, die Kapazität des Luftraumes besser auszunutzen; die meisten zielen auf eine exaktere Führung des Luftfahrzeuges in Zeit und Raum ab. Wird das Luftfahrzeug dann nach der Landung von den Flugsicherungsorganisationen an den Flughafenbetreiber übergeben, spielt nicht mehr Kontrolle des einzelnen Luftfahrzeuges und deren Staffelung untereinander eine Rolle. Statt dessen liegt die Hauptaufgabe jetzt in der Koordination einer Vielzahl von Beteiligten, um auf dem verfügbaren Raum in der verfügbaren Zeit einen Flug abzufertigen und das Luftfahrzeug zum Start wieder an die Flugsicherung zu übergeben. Besonders Flughafenbetreiber in Mitteleuropa sind davon betroffen, dass die verfügbare Fläche und die möglichen Betriebszeiten eines Flughafens in dicht besiedeltem Gebiet begrenzt sind und aus politischen Gründen begrenzt bleiben werden. Baulichen Erweiterungen eines Flughafens wie auch einer Ausweitung der Betriebszeiten in die Abend- und Nachstunden widersetzt sich die Öffentlichkeit. Daraus resultiert, dass ein Flughafenbetreiber gezwungen ist, auf der vorhandenen Fläche und in der zugelassenen Betriebszeit eine möglichst große Anzahl von Flügen in möglichst kurzer Zeit abzufertigen. Durch sorgfältige Planung der Zuweisung von Ressourcen an einen Flug wird versucht, mit minimalen Abfertigungszeiten auszukommen. Dennoch lassen sich im Luftverkehr, der abhängig von Menschen, Technik und Umwelteinflüssen ist, Verzögerungen und damit Abweichungen von der Planung nicht vermeiden. Die Verkehrszentrale eines Flughafens organisiert die planmäßige und zügige Abwicklung aller Bodendienste. Dabei müssen ihre Mitarbeiter die Einhaltung des Planes überwachen, Abweichungen rechtzeitig erkennen und ihre Auswirkungen durch geeignete Maßnahmen minimieren. Für die Leistungsfähigkeit,

aber auch für die Attraktivität eines Flughafens bei Fluglinien und Passagieren ist damit die Arbeit der Verkehrszentrale von großer Bedeutung.

Der Luftraum, die Start- und Landebahnen und teilweise auch die Rollbahnen liegen in der Zuständigkeit der Verkehrskontrolle. Das Vorfeld mit seinen Abstellflächen am Terminal-Gebäude (mit Fluggastbrücken) und weiter entfernt liegenden Außenpositionen und zusätzlichen Flächen für besondere Dienstleistungen wie Enteisung oder Triebwerksprüfung untersteht der Kontrolle des Flughafenbetreibers. Die Koordination der Bodendienste geschieht in enger Zusammenarbeit weniger Mitarbeiter in der Verkehrszentrale und einer Anzahl von Dienstleistern auf dem Vorfeld (*apron*) und im Abfertigungsgebäude. Während diese Dienstleistungen früher von der Flughafen-Betreibergesellschaft erbracht worden sind verlangen neue europäische Regelungen die Zulassung weiterer Anbieter, deren Dienste zusätzlich koordiniert werden müssen. Diese privaten Dienstleistungen umfassen unter anderem die Abfertigung von Gepäck und Fracht, Reinigung und Entsorgung, Betankung und Wartung, Sicherheit und Bewachung, Catering und Betreuung, Transport und Abfertigung der Passagiere. Zusätzlich müssen Belange des Staates und der Behörden aus dem Bereich der öffentlichen Sicherheit wie Zoll, Grenzschutz, Einwanderung, Polizei und Gesundheitsaufsicht berücksichtigt werden.

In einem zur Zeit auslaufenden Projekt haben wir am Beispiel der Verkehrszentrale die Möglichkeiten untersucht, kooperative Arbeit zu unterstützen. In den zu Beginn des Projektes auf zwei mittelgroßen deutschen Flughäfen durchgeführten Aufgabenanalysen hat sich erwiesen, dass der Schwerpunkt der Arbeit darin besteht, Informationen von den Beteiligten zu sammeln, aufzubereiten und zusammen mit den Daten aus der Planung wieder den Beteiligten zukommen zu lassen. Zur Unterstützung wurde ein Werkzeug entwickelt, das den Informationsaustausch vereinfacht sowie die Übertragung von Aufgaben und die Überwachung der Abwicklung ermöglicht. Zusätzlich berücksichtigt dieses Werkzeug die neuen Regelungen der Europäischen Union, in dem es die Bedienung mehrerer verschiedenen Anbieter gleichartiger Dienste vereinfacht. In einem weiteren Schritt wird dieses Werkzeug einer experimentellen Untersuchung unterzogen. Zur Experimentalumgebung gehört auch noch die Simulation der Bewegungen auf dem Vorfeld. Diese wird während der experimentellen Untersuchungen auf grafisch dargestellt, da trotz aller technischer Informationsmedien der direkte Blick auf das Vorfeld für das Personal der Verkehrszentrale notwendig ist.

Organisation des Vorfeldbetriebes

Arbeitsplätze, Werkzeuge und Verfahren zu entwickeln ist eine verantwortungsvolle Aufgabe. Nach der in unserem Fachgebiet vertretenen Philosophie ist sie nicht lösbar, ohne die Betroffenen mit einzubeziehen. Für das vorliegende Projekt haben wir uns entschlossen, Aufgabenanalysen durchzuführen. Detaillierte Informationen zur Vorgehensweise bei Aufgabenanalysen im Allgemeinen und im hier vorliegenden Fall finden sich im Aufsatz von Borys & Hengstenberg (1998). Wichtig war es, internationale Flughäfen zu besuchen, um die sich aus grenzüberschreitendem Verkehr ergebenden Probleme mit zu berücksichtigen. Gleichzeitig sollte die Organisation aber überschaubar bleiben, um sich in kurzer Zeit einarbeiten zu können. Auch war es notwendig, einen zweiten Flughafen in die Untersuchungen mit einzubeziehen um eine allgemeinere Sicht zu erfassen. Aufgabenanalysen, speziell in sicherheitsempfindlichen Bereichen, erfordern ein hohes Maß an gegenseitigem Vertrauen. Glücklicherweise bestanden schon persönliche Kontakte zur Geschäftsführung eines mittelgroßen inter-

nationalen Verkehrsflughafens, durch die wir Zugang zur Verkehrszentrale bekommen konnten. Nachdem der erste Kontakt hergestellt war bekamen wir auch Ansprechpartner an einem zweiten Flughafen genannt. Wir verbrachten jeweils einen halben Tag auf der Managementebene und drei Tage in der Verkehrszentrale. In den Verkehrszentralen haben wir das Personal unterschiedlicher Schichten beobachten können und während der Tage auch unterschiedlich starke Arbeitsbelastung. Zeiten geringerer Belastung gaben uns die Möglichkeit, intensivere Befragungen durchzuführen.

Arbeit in der Verkehrszentrale

Es ist erstaunlich, wie groß das Spektrum an Informationen ist, mit denen die Mitarbeiter der Verkehrszentrale umgehen müssen. Sie interessieren sich beispielsweise gleichzeitig für den (Kraftfahrzeug-)Verkehr auf den Zufahrtsstraßen und die Belegung der Parkplätze und für die Lage in der Luft und die Wettervorhersage.

Die Verkehrszentrale muss Kontakt halten nach verschiedenen Seiten und steht in Verbindung mit unterschiedlichen Kunden. Auf der einen, der Luftseite (*airside*) liegen die Bewegungsflächen der Luftfahrzeuge, die im Allgemeinen auch direkt durch Fenster beobachtet werden können. Objekte, die für die Verkehrszentrale von Interesse sind, sind das Vorfeld mit den Flugsteigen (*Gates*), den auf dem Vorfeld liegende Abstellpositionen und den Serviceeinrichtungen und Dienst Anbietern. Je nach Verteilung der Zuständigkeiten zwischen Flugverkehrskontrolle und Flughafenbetreiber steht auch ein Teil der Rollwege unter Aufsicht der Rollkontrolle in der Verkehrszentrale. Auf der anderen, der Landseite (*landside*) liegen die öffentlich zugänglichen Bereiche mit Zufahrtsstraßen, Bus-, Taxi- und Bahnstationen, Parkplätzen, Geschäfte und Restaurants, Schalter der Fluglinien, Gepäckannahme und -ausgabe, Pass-, Zoll- und Sicherheitskontrollen und die Warteräume.

Die wichtigsten Aufgaben der Verkehrszentrale sind es, die Einrichtungen und Dienste des Flughafens zu verwalten und alle Bewegungen auf den Verkehrsflächen des Flughafens zu koordinieren. Gleichzeitig wird die Nutzung aller Einrichtungen zu Abrechnungszwecken dokumentiert. Grundlage der Arbeit der Verkehrszentrale ist der Halbjahres-Flugplan und die darauf abgestimmte Zuordnung von Einrichtungen und Diensten zu geplanten Flügen. Kurzfristig muss die Verkehrszentrale auf Störungen, besondere Wünsche der Kunden oder geänderte Anforderungen an die Arbeitsabläufe reagieren. In den von uns untersuchten Fällen arbeiteten je nach Verkehrsaufkommen drei bis fünf Personen gemeinsam. Zwei oder drei nahmen eine zugeordnete Funktion wahr, die übrigen standen unterstützend zur Seite. Alle hatten die gleiche Ausbildung und konnten sich, zum Beispiel in der Mittagspause, gegenseitig vertreten.

Zum Verständnis der Arbeitsweise der Verkehrszentrale ist es notwendig, die unterschiedlichen Zeithorizonte der Planung zu kennen. Wie schon angesprochen, basiert die Arbeit auf den halbjährlichen Saison-Flugplänen. Die Flugpläne wurden aus den Ergebnissen der Slot-Konferenzen erstellt, in welchen die Fluglinien untereinander die zur Verfügung stehende Start- und Landekapazität der Flughäfen untereinander aufgeteilt haben. Das beplante Objekt ist der einzelne "Flugzeugumlauf" (*aircraft turn-around*, also ein ankommender und ein abgehender Flug mit dem gleichen Luftfahrzeug). Obwohl durch Zusammenarbeit der Fluglinien und *Code Sharing*-Flüge sowohl der ankommende wie auch der abgehende Flug mehrere (u. U. fünf) Flugnummern haben kann, bezieht sich das Personal der Verkehrszentrale bei der Benennung immer auf eine Flugnummer.

Der einzelne Flughafen muss nun sein Angebot an Serviceeinrichtungen an diese Flugzeugumläufe verteilen. Diese Arbeit wird immer noch manuell erledigt. Versuche zu einer automatisierten Planung sind bisher gescheitert, da eine Vielzahl von Randbedingungen technischer, gesetzlicher, kaufmännischer und soziologischer Art zu berücksichtigen ist. Als Beispiele seien erwähnt

- technische Beschränkungen, die dadurch entstehen, dass bestimmte Flugzeugmuster auf Grund ihrer Abmessungen bestimmte Abstellpositionen oder Fluggastbrücken benötigen oder wegen ihrer Spannweite nur in bestimmten Kombinationen auf benachbarten Abstellpositionen stehen können;
- gesetzliche Beschränkungen bei der Leitung von Passagieren und Gepäck durch die Unterscheidung zwischen den Flügen im Inland bzw. von oder nach Schengen-Staaten gegenüber Flügen in andere EU-Staaten gegenüber Flügen in Nicht-EU-Staaten: Hiernach richtet es sich, ob Zoll-, Pass- oder nur die Sicherheitskontrollen durchgeführt werden und welche Passagiere sich nach den Kontrollen begegnen dürfen. Dabei ändern sich die politischen Vorgaben (Schengen-Abkommen) in größeren Abständen, die Sicherheitslage innerhalb weniger Stunden;
- kaufmännische Randbedingungen bei der Vermarktung des Flughafens an die Fluglinien, die beispielsweise günstig gelegenen Schalter, kurze Wege und attraktive Abstellpositionen (beispielsweise nahe der Besucherterrasse!) fordern;
- soziologisch begründete Randbedingungen, zum Beispiel bei der Abschätzung des Platz- und Zeitbedarfs beim Einchecken, Ein- und Aussteigen. Hier spielt zwar die Größe und erwartete Auslastung des Flugzeuges eine Rolle, aber auch die Art des Fluges und der Passagiere (erfahrene Vielflieger nur mit Aktenkoffer, unerfahrene Urlauber mit Gepäck — Ashford et. al. (1997) erwähnen sogar Einflüsse der lokalen Kultur auf die Dimensionierung der Abfertigungshallen).

Jeder einzelne Tag in der Gültigkeit des Flugplanes wird soweit vorgeplant, dass für jeden Flugzeugumlauf alle benötigten Ressourcen konfliktfrei und unter Einhaltung der Randbedingungen vergeben werden. Letzte Änderungen an diesem Tagesflugplan werden in der Nacht vorher vorgenommen, wenn die Fluglinien beispielsweise die Auslastung der Flüge kennen oder die eingesetzten Flugzeuge ändern.

Dieser Tagesflugplan liegt allen Beteiligten vor und bildet die Grundlage der Arbeit auf dem Flughafen. Die Information, ob dieser Plan tatsächlich so eingehalten wird, hat jedoch nur die Verkehrszentrale. Hier zeigt sich, dass die Verkehrszentrale den wichtigsten Knotenpunkt der Informationsflüsse auf dem Flughafen bildet: Im störungsfreien Betrieb gibt die Verkehrszentrale die Information über das Eintreffen eines Fluges an die Dienstleister weiter und hält Start-, Lande- und Blockzeiten für die Buchführung und Rechnungsstellung fest. Entsprechend der Zahl der gleichzeitig belegten Abstellpositionen werden mehrere (beispielsweise 20) Flüge gleichzeitig behandelt. Während die Abläufe konfliktfrei geplant wurden, führen Verzögerungen und unerwartete Ereignisse zu Abweichungen von Plan und möglicherweise zu Konflikten. Kleine zeitliche Abweichungen vom Plan werden durch Zeitpuffer bei der Belegung von Ressourcen (üblich sind fünf Minuten) aufgefangen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Verschiebungen von wenigen Minuten während der Führung der Luftfahrzeuge am Boden auszugleichen. Größere Verzögerungen oder der unvorhergesehene Ausfall von Einrichtungen erfordert erneute Planung in der Verkehrszentrale. Hier zeigt sich die Wichtigkeit der Verkehrszentrale als Knoten der Informationsflüsse: Nur hier sind alle Daten der Änderungen bekannt, nur von hier können alle Betroffenen informiert werden.

Die Arbeit der Verkehrszentrale besteht somit aus Vorplanungsphasen mit unterschiedlichem Zeithorizont, Kontrolle der geplanten Abläufe, kurzfristiger Konfliktlösung und Sammlung, Verknüpfung und Weitergabe von Informationen. Ziel unseres Projektes war die Unter-

stützung kooperativen Arbeitens, wir haben uns deshalb vor allem mit den Informationsflüssen und den verwendeten Medien beschäftigt.

Unterschiedliche Medien für viele Informationen

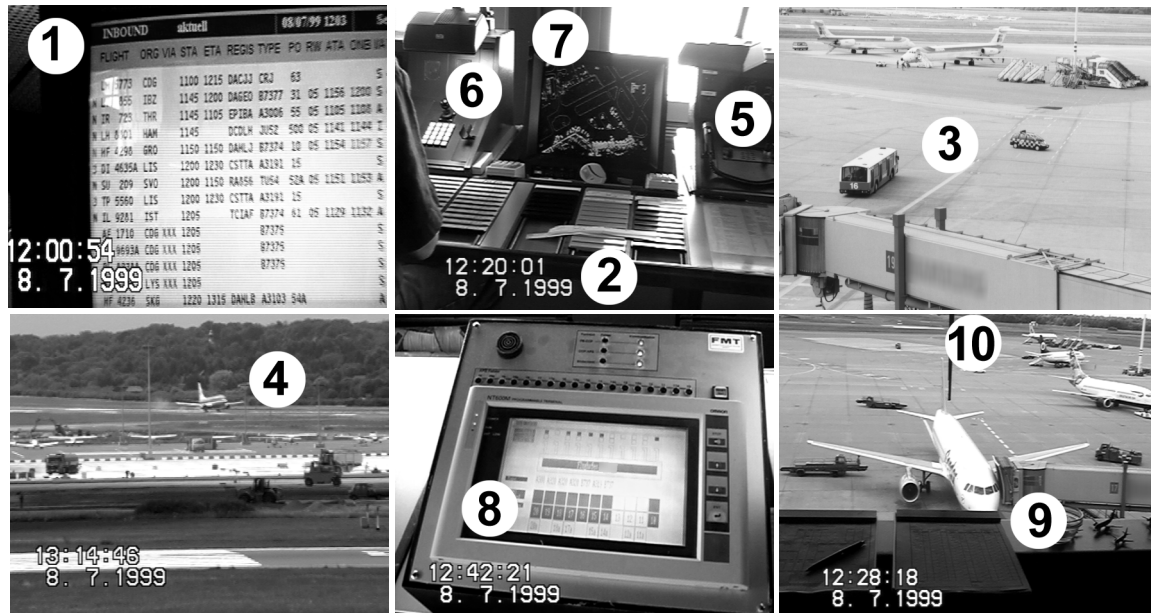


Bild 1-6: Informationsquellen für die Verkehrszentrale

Bei Arbeitsanalysen in der Verkehrszentrale fällt die Zahl der unterschiedlichen Medien auf, mit denen die Mitarbeiter zu tun haben. Am häufigsten wird ein Bildschirm (1) mit der tabellarischen Darstellung des Flugplans (FBS - Flugplanbearbeitungssystem) benutzt. Die Verfolgung eines Flugzeugumlaufes soll die anderen Medien zeigen: Zuerst erscheint der ankommende Flug als Ausdruck auf einem Flugsicherungs-Streifen (2) oder in einem Fax mit letzten Änderungen. Dann werden die Flugnummer und die Position des Luftfahrzeugs auf einem synthetischen Radarbild gezeigt und ermöglichen eine erste Abschätzung der tatsächlichen Ankunftszeit. Jetzt werden über eine Lautsprecheranlage die Bodendienste (Gepäck, Service, Catering) benachrichtigt und über Funk die Fahrer der Passagier- und Vorfeldbusse (3). Bei unplanmäßigem Verlauf werden Fluglinien und Behörden telefonisch verständigt. Die Landung wird direkt beobachtet (4), die automatische Eintragung der Landezeit am FBS-Bildschirm (1) kontrolliert. Der Sprechfunkverkehr zwischen Luftfahrzeug und Kontrollturm wird auf der *Tower*-Frequenz (5) mitgehört, um den Rollvorgang verfolgen zu können. Das ankommende Luftfahrzeug meldet sich auf der *Apron*-Frequenz (6), um Rollanweisungen für das Vorfeld zu bekommen; Rollbewegungen werden direkt oder auf einem Radarschirm (7) beobachtet. Das Andocken an einer Fluggastbrücke kann automatisch erfasst und angezeigt (8) oder direkt beobachtet (9) werden wie das Abstellen auf einer Vorfeldposition (10), um die On-Block-Zeit auf dem FBS-Bildschirm (1) kontrollieren zu können. Beim Abflug erfolgt wieder Beobachten der Lade-, Abfertigungs- und Anlassvorgänge, Rollführung über Sprechfunk, Mithören der *Tower*-Frequenz und Beobachten des Starts zur Zeiterfassung. Dabei ist noch zu beachten, dass die sprachliche Kommunikation in Deutsch (Bodendienste, Passagiere, interne und informelle Mitteilungen) und Englisch (Luftfahrzeuge, Flugsicherungsanweisungen) erfolgt und zwei Uhrzeiten (UTC für Flugsicherung und Abrechnung, Lokalzeit für Bodendienste und Passagiere) verwendet werden.

Zusätzlich müssen noch Anfragen von und Durchsagen für Passagiere bearbeitet werden, Reparaturarbeiten an den Vorfeldeinrichtungen mit dem Flugbetrieb koordiniert werden und Beschwerden der Anwohner über den Fluglärm entgegengenommen und bearbeitet werden.

Es zeigt sich aus dieser Beschreibung, dass eine Verbesserung der Kooperation der Verkehrszentrale mit allen anderen Beteiligten unter anderem dadurch erreicht werden kann, dass der Informationsfluss vereinfacht und die verwendeten Medien vereinheitlicht werden. Vor allem wollten wir erreichen, dass die verschiedenen, immer wiederkehrenden einzelnen Informationen nicht von einem auf ein anderes Medium umkodiert werden müssen. Ein Ansatz ist dabei mit den Bildschirmen des Flugplanbearbeitungssystems schon vorhanden: Hier stehen die statischen Informationen des Saisonflugplanes zur Verfügung und werden dynamisch entsprechend der Ereignisse ergänzt oder verändert.

Allerdings ist das FBS ein passives System, das nur beobachtet wird und allenfalls geänderte Daten für wenige Minuten farblich kennzeichnet. Für die Zusammenarbeit erscheint ein Werkzeug besser geeignet, das ereignisgesteuert Nachrichten verschickt, den Empfang und die Bearbeitung zurückmeldet und bei fehlender Quittierung warnt. Dieses Werkzeug und experimentelle Erfahrungen damit werden im Folgenden beschrieben.

Kommunikationsunterstützung zur kooperativen Arbeit

Hauptaufgabe der von uns entwickelten Kommunikationsunterstützung *AirPortCom* ist es, die bestehende Vielzahl von Kommunikationsarten und -medien zu reduzieren und eine Rekodierung von Informationen zu vermeiden. Um zu verifizieren, dass im Kontext der Verkehrszentrale die Kommunikation durch eine computer-gestützte Lösung abgewickelt werden kann, wurde ein Prototyp erstellt.

Das Personal in der Verkehrszentrale verwendet bereits jetzt mehrere Computersysteme. Jedes dieser Computersysteme für sich läuft bereits mit einer relativ komplexen Software, die nicht immer einfach zu bedienen und auch nur bedingt fehlertolerant ist. Die neue Kommunikationssoftware sollte zuverlässig funktionieren, für das Personal durchschaubar sein und in ihrer Reaktion voraussagbar sein, um diese Situation nicht noch zu verschlimmern. Dies haben wir, entsprechend den Empfehlungen von Cooper (1999) vor allem dadurch erreicht, dass das System einfach gehalten wurde: Durch die Konzentration auf die für den Benutzer wichtigen Aufgaben, nämlich das Senden und Empfangen von Nachrichten. Vor dem Anwender verborgen wurde alles was für die eigentliche Aufgabe unnötige, wie Optionsdialoge oder Bestätigungsfenster.

Möglichkeiten von AirPortCom

AirPortCom unterstützt den Austausch von Nachrichten zwischen unterschiedlichen Arbeitsplätzen. Nachrichten in AirPortCom bestehen aus den Elementen *Zeit*, *Dringlichkeit*, *Sender*, *Empfänger*, *Bezug*, *Status* und *Inhalt*. *Bezug* gibt an, auf welchen Flug oder welches Gate sich eine Nachricht bezieht und ist wichtigstes Merkmal für die Verknüpfung zwischen Nachricht und Aufgabe. *Zeit* und *Dringlichkeit* dienen der richtigen Einordnung der Nachricht in den Arbeitsablauf. Die *Status*information teilt dem Sender mit, ob die Nachricht gelesen wurde. Beim Erstellen des *Inhalts* unterstützt AirPortCom den Benutzer beim Verfassen von Routine-

Nachrichten, für die es Vorlagen gibt, in denen lediglich variable Informationen auszufüllen sind. Ebenso wird der Empfänger aus aufgabenangepassten Vorlagen ausgewählt, wodurch gleichzeitig fehlerhafte Empfängerangaben vermieden werden.

Ähnlich werden Flugnummern für das Feld *Bezug* als Auswahlliste bereitgestellt. Durch die gleiche Formatierung der Flugnummern und die Auswahl von nur einer festen Nummer bei Code-Sharing-Flügen erhält dieses Feld immer das gleiche Aussehen, was das visuelle Scannen einer Liste von Nachrichten vereinfacht. Alternativ kann hier jedoch ein beliebiger Text eingegeben werden, falls auf Flüge mit geänderter oder noch unbekannter Flugnummer Bezug genommen werden muss.

Für den Sender ist es wichtig zu wissen, ob der Empfänger die Nachricht bereits gelesen hat. Wenn eine Nachricht über einen längeren Zeitraum nicht gelesen wurde, muss der Empfänger über andere Wege benachrichtigt werden. Daher muss der Empfänger einer Nachricht diese als „gelesen“ kennzeichnen, wenn er sie gelesen hat. Solange der Empfänger eine Nachricht nicht als „gelesen“ gekennzeichnet hat, kann der Sender sie auch wieder „zurückholen“.

Dem Design-Kriterium folgend, das System einfach zu halten, brauchen Nachrichten in AirPortCom nicht gelöscht zu werden. Gelesene Nachrichten werden nur für eine begrenzte, vom Anwender wählbare Zeit angezeigt.

AirPortCom arbeitet aufgabenorientiert. Die Behandlung empfangener und gesendeter Nachrichten werden als getrennte Unteraufgaben betrachtet, für die deshalb getrennte Fenster implementiert wurden. Die Bild unten zeigen das Fenster mit den eingegangenen und das Fenster mit den gesendeten Nachrichten.

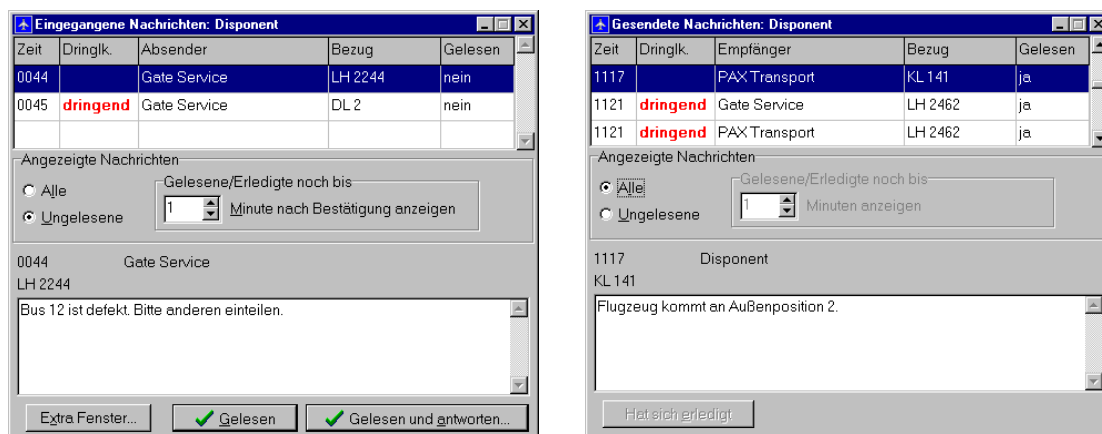


Bild 7 und 8: Fenster mit den eingegangenen und gesendeten Nachrichten

Die Liste der Nachrichten steht in oberen Teil des Fensters. Unter der Liste lassen sich ihre Optionen einstellen und darunter ist die in der Liste aktivierte Nachricht zu sehen. Mit den Knöpfen am unteren Rand des Fensters lassen sich die Aktionen auswählen, die auf diese Nachricht anwendbar sind: Als „gelesen“ kennzeichnen, als „gelesen“ kennzeichnen und gleich darauf antworten sowie die aktivierte Nachricht in ein eigenes Fenster überführen. Mit dieser Option kann der Benutzer ähnlich einem Notizzettel die Nachricht auf dem Bildschirm lassen.

Die Listen sind in der Höhe veränderlich, so dass der Benutzer sich eine ihm passende Anordnung der Fenster auf dem Bildschirm wählen kann. AirPortCom unterstützt zur Interaktion sowohl eine Radmaus als auch die Tastatur, so dass hier die persönlichen Vorlieben der Benutzer berücksichtigt werden.

Neben den Listenfenstern als den zentralen Bedienelementen gibt es noch ein Fenster, das über die alternativen Methoden informiert, über die ein Empfänger zu erreichen ist (Telefon, Sprechfunk, ...).

Softwarearchitektur

Jeder Teilnehmer des Kommunikationssystems verwendet eine eigene lokale Instanz des gleichen Programms und eine eigene lokale Konfigurationsdatei. Die Konfigurationsdatei enthält alle Einstellungen wie Bezeichnung des Arbeitsplatzes, mögliche Kommunikationspartner und notwendige Textvorlagen. Die Konfigurationsdatei wird bei der Installation der Software eingerichtet, der Benutzer selbst hat damit nichts zu tun, deshalb gibt es kein Options-Menü im Programm.

AirPortCom verwendet eine zentrale Datenbank zum Speichern und Austauschen der Nachrichten. Jede Instanz des Programms kommuniziert nur mit dieser Datenbank, es gibt keinen direkten Austausch von Nachrichten zwischen den einzelnen Instanzen. Durch dieses Konzept gibt es nur einen Knoten im ganzen System, der von besonderer Wichtigkeit ist, nämlich der Rechner, der die zentrale Nachrichten-Datenbank speichert. Ein Ausfall eines beliebigen anderen Rechners im System hat keine weiteren Folgen für die anderen Teilnehmer. Gegen den Ausfall des zentralen Rechners kann durch geeignete Maßnahmen Vorsorge getroffen werden. An einem ausgefallenen Teilnehmersystem können Nachrichten nicht als „gelesen“ markiert werden und der Absender sieht dadurch, dass seine Nachricht den Empfänger nicht erreicht hat.

Experimentelle Evaluierung

Wir erwarten, dass Teilnehmer in einer kooperativen Arbeitsumgebung ihre Aufgaben erfüllen können, wenn sie auf AirPortCom als alleiniges Kommunikationsmittel angewiesen sind und das AirPortCom die anfallende Kommunikation bewältigen kann. Um diese Ausgangshypothese zu bestätigen, wurde ein Experiment durchgeführt. Dem Forschungsprojekt entsprechend stand dabei die Verkehrszentrale eines Flughafens im Mittelpunkt.

Szenario

Für das Experiment wurde ein Szenario entwickelt, in dem der Betrieb auf einem kleinen Flughafen (eine Startbahn, 8 Terminalpositionen und 16 Parkpositionen auf dem Vorfeld) simuliert wird. Insgesamt gab es drei Aufgabenkomplexe, die von jeweils einem Probanden wahrgenommen wurden: Gate Service, Passagiertransport und die Verkehrszentrale.

Die Aufgabe des Gate-Service auf dem simulierten Flughafen ist es, die Fluggastbrücken mit den ankommenden Flugzeugen zu verbinden, bzw. die Fluggastbrücke wieder von Flugzeug abzukoppeln. Dazu muss der Gate-Service Informationen über die Flugbewegungen erhalten und die Verkehrszentrale über Störungen in seinem Zuständigkeitsbereich informieren. Ein solches Vorkommnis war auch Teil des Szenarios, um die Aufgabe der Verkehrszentrale etwas komplexer zu machen.

Der Passagiertransportdienst überwacht eine Flotte von Bussen und fährt Fluggäste von und zu den Flugzeugen auf den Vorfeldpositionen. Entsprechend dem Gate-Service muss auch er dazu über die an- und abgehende Flüge und deren Positionen informiert sein.

Gate-Service und Passagiertransport wurden in das Szenario aufgenommen, damit die Verkehrszentrale Kommunikationspartner hat. Dementsprechend haben die Versuchspersonen auf diesen Arbeitsplätzen keine Aufgaben außer der Bedienung von AirPortCom.

Der wichtigste Teil des Experiments wurde von der Verkehrszentrale abgedeckt. Diese war im Szenario verantwortlich für:

- Vorfeldkontrolle: Im Experiment war dies beschränkt auf einen simulierten Funkverkehr mit den Flugzeugen, in dem die Flugzeuge in ihre Positionen eingewiesen wurden
- Planung der Ressourcen: Im Experiment wurden die Probanden mit einem Flugplan und einer Vorplanung für die Belegung der Positionen mit Flugzeugen ausgestattet. Die Verkehrszentrale hatte dafür zu sorgen, dass Konflikte durch verspätete Flüge und eine defekte Fluggastbrücke durch Zuweisung von alternativen Positionen gelöst werden
- Kommunikation mit Gate Service und Passagiertransportdienst

Vorgehen

Vor dem Experiment werden die Probanden eingewiesen. Darauf folgt eine 10-minütige Trainingsphase, in der auch noch offene Fragen beantwortet werden können. Das eigentliche Experiment dauert 30 Minuten. Nach dem Ende des Experiments wird mit einem Offline-Fragebogen die subjektiv empfundene Beanspruchung, die Zufriedenheit und Wünsche nach alternativen Kommunikationsmethoden erfasst.

Ergebnis

Während des Experiments mussten die Probanden einen simulierten Verkehr von 14 ankommenden und 12 abfliegenden Flugzeugen bewältigen. Die Verkehrszentrale hatte (bedingt durch Verspätungen und eine defekte Fluggastbrücke) vier Positionen ankommender Flüge abweichend vom Plan zu belegen. Dies wurde durch die Verkehrszentrale schnell erledigt, so dass es dadurch keine zusätzlichen Verspätungen gab.

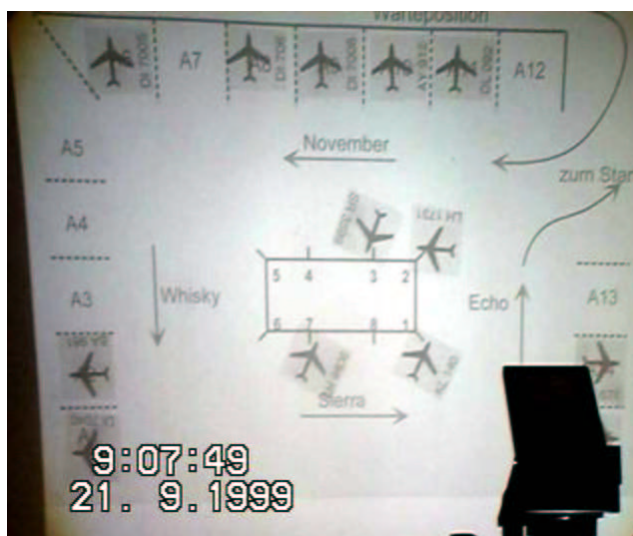


Bild 9: Flughafen-Szenario während des Experiments

Keine der verschickten Nachrichten ging verloren und alle Nachrichten wurden ohne Verspätung gelesen oder beantwortet.

Erwartungsgemäß gab es die größte Arbeitsbelastung in der Verkehrszentrale. Auf der anderen Seite fühlten sich Gate Service und Passagiertransportdienst kaum beansprucht.

Alle Versuchspersonen äußerten den Wunsch, auf eingehende Nachrichten durch ein akustisches Signal hingewiesen zu werden.

Zweiter Prototyp und Ausblick

In einem weiteren Schritt wird nun untersucht, inwieweit das Personal in der Verkehrszentrale von der immer noch bestehenden Aufgabe des Nachrichtenaustausches selbst entlastet werden kann. Dies ist von besonderer Bedeutung, da ein großer Teil der auszutauschenden Nachrichten „Routinenachrichten“ sind, also solche, die sich inhaltlich nur geringfügig von einander unterscheiden. Ein Beispiel einer solchen Nachricht ist die Information, dass ein Flug in Kürze seine geplante Parkposition erreichen wird. Dieser Nachrichtentyp wird an eine Anzahl verschiedener Empfänger (Gate Service, Catering, Airline, weitere Dienstleister...) geschickt und unterscheidet sich nur in der Flugnummer und der Zielposition von anderen Nachrichten dieses Typs.

Ein System, das in der Lage ist, die Routinenachrichten geeignet zu versenden, benötigt Informationen über den Status eines Fluges und die geplante Zuteilung von Ressourcen zu diesem Flug.

Für ankommende Flüge existiert bereits ein Informationssystem (das synthetische Radarbild), das über die Entfernung eines Fluges vom Flughafen informiert. Auch die Vorplanung kann ohne großen Aufwand zur Verfügung gestellt werden. Ab dem Zeitpunkt der Landung jedoch ist die Position des Flugzeugs und die endgültige Entscheidung über die Parkposition nur noch dem Personal in der Verkehrszentrale bekannt, die das Flugzeug dann per Sprechfunk in seine Parkposition einweist. Parallel zu diesem Vorgang müsste das Personal in Verkehrszentrale also genau dies dem System noch mitteilen, damit es die Routinenachrichten noch zeitgerecht verschicken kann.

Gegenüber dem bereits im Experiment untersuchten AirPortCom ergibt sich aber damit kein Zeitvorteil, denn mehr als diese Informationen benötigt AirPortCom auch nicht.

Ein interessanter Ansatz zur Lösung dieser Situation ergibt sich durch Forschungsergebnisse der NASA (Beskenis et al., 1998). Das dort entwickelte *Taxiway Navigation and Situational Awareness System* (T-NASA system) verfolgt das Ziel, die Sicherheit und Effizienz während der Bewegungen der Flugzeuge auf dem Rollfeld bei schlechter Sicht und bei Nacht zu erhöhen. Neben Installationen im Flugzeug entstand dabei auch ein Spracherkennungssystem, das aus dem Sprechfunk zwischen Verkehrszentrale und Flugzeug die Absichten der Verkehrszentrale ermittelt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Fähigkeit des Systems, die einem Flug zugewiesene Parkposition zu erkennen. Mit Hilfe eines solchen Systems wäre es nun möglich, dass das Personal in der Verkehrszentrale nur noch in wenigen Ausnahmefällen manuell in die Verteilung der Routine-Nachrichten eingreifen muss.

In einem zweiten Experiment zum Abschluss des Forschungsprojektes werden wir ein solches Design untersuchen. Dazu wird wieder der bereits im Experiment zu AirPortCom verwendete simulierte Flughafen verwendet werden, auf dem in einem Szenario von 45 Minuten Dauer ein Flughafenbetrieb mit einer Verkehrszentrale, einem Gate Service und zwei Anbietern für

den Passagiertransport simuliert wird. Die von der Verkehrszentrale den Flugzeugen im simulierten Sprechfunk übermittelten Informationen werden zeitgleich in die Flughafensimulation eingespeist, die wiederum die Informationen an die verschiedenen Empfänger übermittelt. Unter den Empfängern werden auch zwei konkurrierende Anbieter von Passagiertransportdiensten sein. Um einen realistischen Wettbewerb zu erreichen, werden in einer parallelen Simulation für jeden Anbieter die Fahrzeiten, Ein- und Ausstiegszeiten und Transportkosten simuliert. Damit hat sich unsere Flughafensimulation auch dem von der Europäischen Union geforderten Wettbewerb der Bodendienstleister geöffnet.

Neben diesen Aufgaben stellt die Flughafensimulation auch eine optische Darstellung der Position aller Flugzeuge auf dem Flughafen zur Verfügung, die als Ersatz für die echte Sicht der Verkehrszentrale auf das Vorfeld dient.

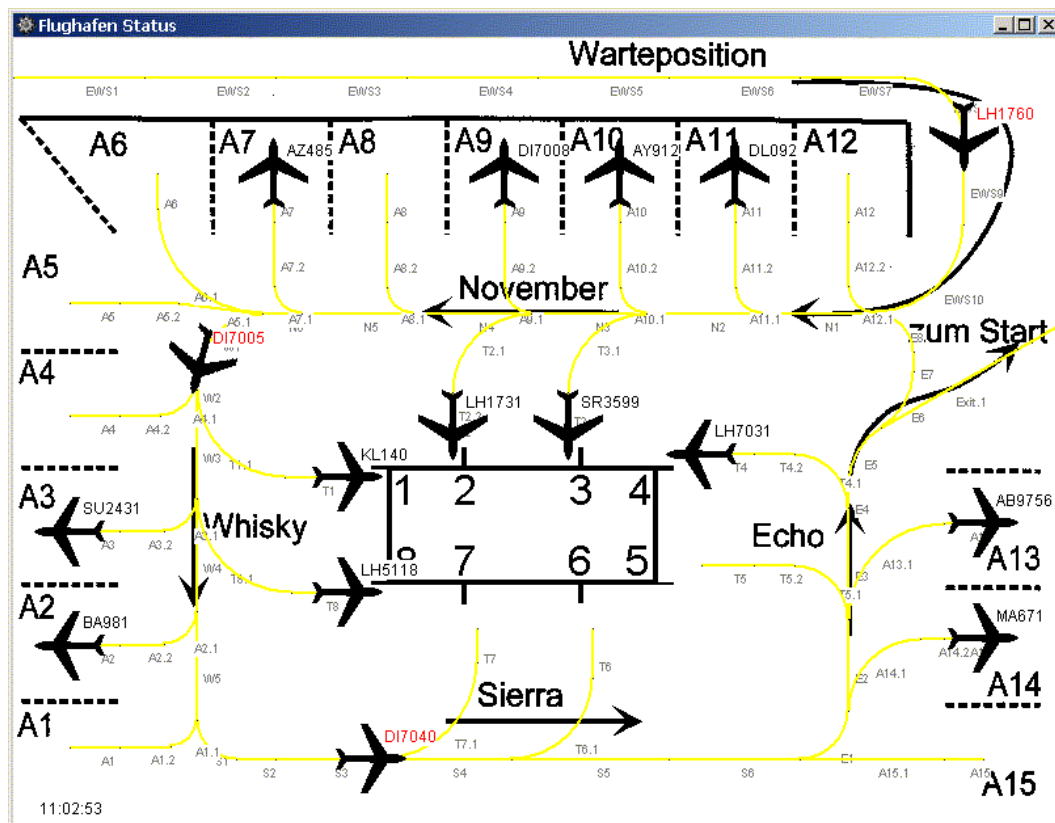


Bild 10: Simulierte Außensicht

Schließlich erfasst die Flughafensimulation im Experiment auch für jeden Flug, wie lange seine Abwicklung dauerte.

Die Experimente sind für Anfang Februar 2001 vorgesehen, erste Vorexperimente wurden bereits erfolgreich abgeschlossen.

Literatur

Ashford, N., H. P. M. Stanton, and C. A. Moore (1997): **Airport operations**. 2nd Ed. McGraw-Hill Inc, New York.

Beskenis, S. O., D. F. Green Jr., P. V. Hyer, E. J. Johnson Jr. (1998): **Integrated Display System For Low Visibility Landing and Surface Operations**. NASA CR-1998-208446, Hampton, VA: NASA Langley Research Center.

Borys, B.-B., Th. Gudehus (2000): *Supporting Co-operative Work in Apron Control and Resource Management Offices on Airports*. **19th European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control**, 26.-28. Juni 2000, Ispra/I.

Borys, B.-B., O. Hengstenberg (1998). *Aufgabenanalysen in der Vorfeldkontrolle und Disposition auf Verkehrsflughäfen*. **40. Fachausschusssitzung Anthropotechnik** der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 20.-21. Oktober 1998, Bremen.

Cooper, A. (1999): **The Inmates Are Running The Asylum**. SAMS, A Division of Macmillan Computer Publishing, Indianapolis.

Gudehus, Th. (1999): **Entwicklung eines multi-modalen Kommunikationswerkzeuges zur Unterstützung der Kooperation in der Verkehrszentrale auf Verkehrsflughäfen**. Diplomarbeit, Universität Kassel · GhK, Kassel.

Danksagung

Das Projekt *Kooperativer Flughafenbetrieb* wurde von der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* als Jo 139/10-1 von 1997 bis 2000 gefördert. Wichtige Beiträge zum Projekt leisteten auch Markus Tiemann (jetzt DaimlerChrysler Aerospace Airbus) und Oliver Hengstenberg (jetzt CargoLifter Development). Außerdem danken wir Management und Mitarbeitern der Verkehrszentralen auf zwei deutschen Verkehrsflughäfen für die Möglichkeit, die Arbeit dort kennen zu lernen.