



## Wettbewerbsfähiger Flughafen (WFF)

---

### Abschlussbericht AP31 und AP33

Steffen Loth, Axel Husfeldt

DLR, FHG

Cluster:	3 (Turnaround)
Dokument Nr.:	D3104
Version Nr.:	1.00
Einstufung:	öffentlich
Anzahl der Seiten:	15

Projekt Manager

Dr. Jens Konopka

Deutsche Flugsicherung GmbH

63202 Langen, Deutschland

Telefon: +49 (0)6103 707 5792,

Fax: +49 (0)6103 707 5741

gefördert durch  
das BMWi





## Dokumentenkontrolle

Projekt Manager	Dr. Jens Konopka	
Verantwortlicher Autor	Steffen Loth, Axel Husfeldt	DLR, FHG
Weitere Autoren		
Titel des Dokumentes:	Abschlussbericht AP31 und AP33	
Zugehöriges Arbeitspaket:	AP 310	
Dokument Nr.	D3104	
Speicherdatum:	2010-03-31	
Dokument Version:	1.00	
Datei Name	D3104_Abschlussbericht_AP31_33_V100.doc	
Anzahl der Seiten	15	
Status Geheimhaltung	öffentlich	

## Änderungsverfolgung (Change Log)

Datum	Version	Änderungen Kapitel/Absatz	Kommentar
21.03.2010	0.01	Initial Draft	
28.03.2010	0.02	Überarbeitung	
31.03.2010	1.00	Endversion	



---

## Inhalt

Dokumentenkontrolle.....	2
Änderungsverfolgung (Change Log) .....	2
Inhalt .....	3
1 Ziel des Dokumentes.....	4
2 Übersicht Teilprojekte 3.1 und 3.3.....	5
2.1 TP 3.1 Fahrzeug- und Ressourcenmanagement .....	6
2.2 TP3.3 Feldtest Hamburg .....	6
3 Ergebnisse TP 3.1.....	7
3.1 Flotteneinsatzplanung (AP 3.1.1).....	7
3.2 HMI-Einsatzzentrale (AP 3.1.2).....	7
3.3 Darstellung Fahrzeuge HMI-Vorfeldkontrolle (AP 3.1.3).....	8
3.4 Erweiterung Fahrerassistenz (AP 3.1.4).....	8
3.5 Nutzung Luftseitiger Werkzeuge im TA (AP 3.1.5).....	9
4 Ergebnisse TP 3.3.....	10
4.1 CNS-Abdeckung (AP 3.3.1).....	10
4.2 Fahrzeugausrüstung (AP 3.3.2).....	11
4.3 Integration A-SMGCS (AP 3.3.3).....	11
4.4 Feldtest (AP 3.3.4) .....	12
4.5 Simulationsmodell (AP 3.3.5).....	13
5 Zusammenfassung und Ausblick .....	14
6 Anhang I.....	15
6.1 Abkürzungsverzeichnis / Glossar.....	15
6.2 Abbildungsverzeichnis.....	15



---

## 1 Ziel des Dokumentes

Das Dokument beschreibt zusammenfassend die Teilprojekte 3.1 und 3.3 des Verbundprojektes „Wettbewerbsfähiger Flughafen“ – WFF. Da beide Teilprojekte eng miteinander verbunden und thematisch kaum zu trennen sind, werden die Arbeiten und Ergebnisse in einem Dokument zusammengefasst. Dies ermöglicht eine bessere Übersicht und eine bessere Lesbarkeit, da weniger Referenzen auf verschiedene Dokumente notwendig sind.

Das vorliegende Dokument ist wie folgt gegliedert:

Kapitel 1	Ziel des Dokumentes (dieses Kapitel)
Kapitel 2	Übersicht Teilprojekte 3.1 und 3.3
Kapitel 3	Ergebnisse TP 3.1
Kapitel 4	Ergebnisse TP 3.3
Kapitel 5	Zusammenfassung
Kapitel 6	Verzeichnisse

## 2 Übersicht Teilprojekte 3.1 und 3.3

Folgende Abbildung 1 zeigt die Einordnung der Teilprojekte in das Cluster 3:

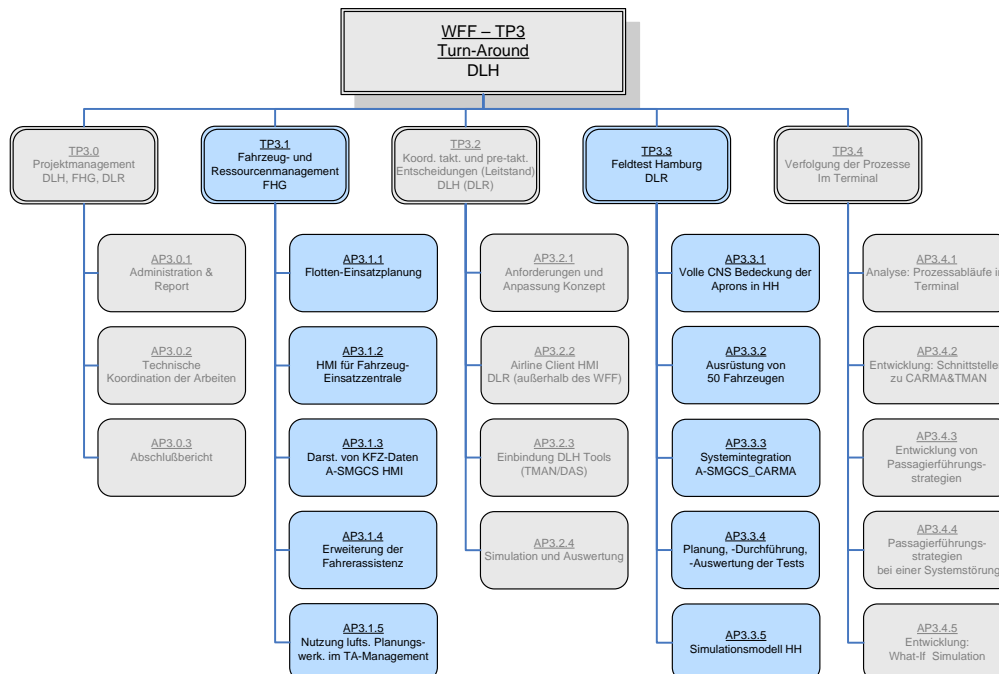


Abbildung 1: Arbeitspakete

Zentrales Element der beiden Teilprojekte war die Entwicklung des Fahrzeugmanagementsystems. Teile der Entwicklungen wurden dabei von Einrichtungen durchgeführt, die im Unterauftrag der beiden direkten Verbundpartner FHG und DLR am Projekt beteiligt waren. Abbildung 2 zeigt die einzelnen Teilbereiche und die Verantwortlichkeiten.

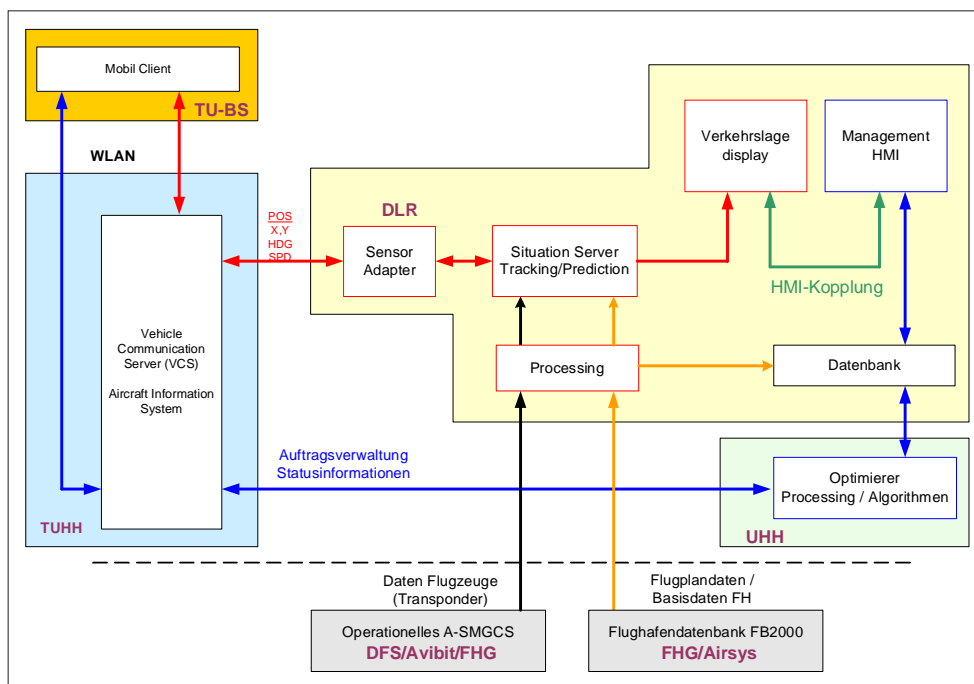


Abbildung 2: WFF-Gesamtarchitektur



## 2.1 TP 3.1 Fahrzeug- und Ressourcenmanagement

Der Einbau von Technologien zur Erfassung, Identifikation und Kommunikation mit den Fahrzeugen auf dem Vorfeld des Flughafens, welcher in TP3.3 realisiert wurde, erlaubt den Einsatz von weiterführenden Applikationen wie der Routen- und Einsatzplanung der vorhandenen Ressourcen (Fahrzeiten, Streckenführung, Bereitstellung, Anzahl (Gerät, Personal)), welcher zu einer effizienteren Ausnutzung dieser Ressourcen führt.

Aufbauend auf den Arbeiten und Ergebnissen des Projektes CARMA wurde ein Konzept zur Flotten-Einsatzplanung erstellt werden, welches den Bedarf, die vorhandenen / zu nutzenden Ressourcen der Stakeholder und die möglichen Arten des Flottenmanagements berücksichtigt. Die in diesem Konzept beschriebenen Algorithmen zur Flotten-Einsatzplanung wurden unter Berücksichtigung der Interessen der beteiligten Stakeholder implementiert und eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) zur Darstellung und Eingabe der Daten erstellt.

Für die Servicefahrzeuge wurden zusätzliche Funktionen für die Fahrer realisiert, wie z.B. eine erweiterte Situationsdarstellung des umgebenden Verkehrs. Dies betrifft sowohl Informationen über weitere Verkehrsteilnehmer (Servicefahrzeuge und Flugzeuge) als auch Hinderniswarnfunktionen (temporäre Hindernisse wie zum Beispiel Baustellen, oder statische Hindernisse wie Lichtmasten), wodurch die Sicherheit auf dem Vorfeld erhöht wird. Die Positionsdaten der Fahrzeuge wurden für die Darstellung der Verkehrslage in den beteiligten Servicefahrzeugen verwendet.

## 2.2 TP3.3 Feldtest Hamburg

Das Teilprojekt TP3.3 diente der Validierung des Einsatzes der in den TP3.1 entwickelten Applikationen zur Routen- und Einsatzplanung und der Fahrerassistenz. Hierzu wurde eine Fahrzeug-Flotte (ca. 15 Fahrzeuge), die auf den Vorfeldern des Hamburger Flughafens tätig ist, mit den im Projekt CARMA identifizierten Ortungs- und Kommunikationskomponenten ausgestattet. Des Weiteren wurden die Fahrzeuge mit Anzeigen für die Lagedarstellung und Möglichkeiten zur Interaktion des Fahrers mit dem System (Ein- und Ausgabe von Daten) sowie Mitteln zur Kommunikation des Fahrers mit der Einsatzplanung ausgestattet.

Zur Kommunikation mit den Fahrzeugen wird auf den Vorfeldern des Hamburger Flughafens eine volle CNS-Abdeckung benötigt. Hierfür musste ein Konzept ausgearbeitet werden, welches ebenfalls auf den Ergebnissen des Projektes CARMA aufbaut. Dieses Konzept wurde innerhalb des TP3.3 umgesetzt und die CNS-Abdeckung zunächst einzeln und dann im Verbund mit den anderen Systemen (Feldtest) überprüft.

Für das Testen und Validieren der in TP3.1 entwickelten Software und der in TP3.3 installierten Hardware wurde ein Konzept für einen Feldtest erstellt, welcher am Hamburger Flughafen stattfand. Die Auswertung des Feldtests dient der Betreibergesellschaft des Hamburger Flughafens, der FHG, als Anhaltspunkt, ob die getestete Technologie in den operationellen Betrieb integriert werden kann.

## 3 Ergebnisse TP 3.1

### 3.1 Flotteneinsatzplanung (AP 3.1.1)

Das Arbeitspaket wurde inhaltlich im Unterauftrag der UHH bearbeitet.

Aufbauend auf den Vorarbeiten und Ergebnissen des Projektes CARMA war es die Aufgabe des Universität Hamburg (AB TIS), ein Konzept zur Flotteneinsatzplanung zu erstellen, welches die benötigten und bestehenden Ressourcen der betroffenen Stakeholder am Flughafen Hamburg und die möglichen Arten des Flottenmanagements berücksichtigt. Eine besondere Bedeutung kam dabei der Implementierung von Algorithmen zu, die eine Einsatzplanung, unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen der beteiligten Akteure, ermöglichen.

Das Grundkonzept des Optimierers besteht in der Optimierung der Wegstrecken für die einzelnen Fahrzeuge. Basierend auf einer Wegematrix, die diskrete Punkte des Flughafens Hamburg abbildet, werden Zuweisungen von Fahrzeugen zu abzufertigenden Flugzeugen so berechnet, dass sich möglichst geringe Fahrstrecken ergeben. Dabei werden die einzuhaltenden Abfertigungszeiten berücksichtigt.

Das entwickelte Optimierungsmodul wurde ins Gesamtsystem durch verschiedene Schnittstellen integriert.

#### Schnittstelle zum HMI

Für die Kommunikation zum Bedieninterface des Disponenten wurde die vom DLR aufgesetzte Datenbank verwendet. Über zwei Austausch Tabellen wurden relevante Informationen eingetragen bzw. ausgelesen. Somit konnten alle Eingaben des Nutzers im Optimierer verarbeitet und neue Berechnungen und Statusmeldungen an das Display zur Darstellung weitergegeben werden.

#### Schnittstelle zum Vehicle Communication Server

Das Gesamtkonzept hat eine zentrale Instanz für die Kommunikation zwischen der Einsatzzentrale des Groundhandlers und den einzelnen Fahrzeugen vorgesehen. Aus diesem Grund wurde ein Kommunikationsmodul in den Optimierer implementiert, das Auftragsnachrichten codiert und decodiert und an den Vehicle Communication Server sendet bzw. diese von ihm empfängt.

Bei den Tests hat sich herausgestellt, dass die implementierten Funktionalitäten korrekt arbeiteten. Da keine Live-Trials durchgeführt wurden, bei der die Fahrzeuge entsprechend den Vorgaben arbeiteten, ist eine Validierung schwierig. Hierzu wäre eine Simulation mit einem Basisszenario und einem Szenario mit Einsatz des Optimierers notwendig.

### 3.2 HMI-Einsatzzentrale (AP 3.1.2)

Ziel des Arbeitspaketes war es, das in CARMA nur rudimentär vorhandene Bedieninterface für den Disponenten in der Einsatzzentrale zu erweitern und hinsichtlich der Arbeitsprozesse anzupassen.

Das Bediensystem, entwickelt vom DLR, besteht aus einem Verkehrslagedisplay und einem Management HMI:

- Das Verkehrslagedisplay stellt die Topographie des Flughafens Hamburg dar. Sämtliche Flugzeuge und Fahrzeuge, die mit einem Mode-S-Transponder ausgerüstet sind, werden auf ihrer aktuellen Position dargestellt. Zusätzlich werden die mit dem WFF Mobil Client ausgerüsteten Fahrzeuge angezeigt.
- Mit dem Management HMI wird die Einsatzplanung und Auftragsübermittlung der Gepäckfahrzeuge durchgeführt und der aktuelle Status der Gepäckfahrzeuge auf dem Vorfeld dargestellt.



Beide Systeme wurden miteinander gekoppelt. Es ist damit möglich, Selektionen, die auf einem Display durchgeführt wurden, mit entsprechenden Informationen auf dem zweiten Display zu synchronisieren.

#### Verkehrslage-Display

Das Lagedisplay wurde aus CARMA übernommen, jedoch überarbeitet und hinsichtlich des Darstellungskonzeptes und der Funktionalitäten angepasst. Die Verkehrslage wurde zudem auf zwei Fenster erweitert, um Informationen aus dem Anflugbereich und Informationen über die Vorfelder gleichzeitig darstellen zu können.

Das Display ist über eine standardisierte ASTERIX-Schnittstelle mit dem Situation Server des WFF Systems verbunden. Dieser versorgt das Display sekundlich mit der aktuellen Verkehrslage, die sich aus den Daten des A-SMGCS (Luftfahrzeuge) und den Daten der WFF-Fahrzeuge zusammensetzt. Aufgrund der fehlenden Außensicht der Disponenten auf das Flughafenvorfeld wurde bereits das Display allein als positive Unterstützung bei der Arbeit bewertet.

#### Management HMI

Das Managementdisplay übernimmt die Aufgaben der Darstellung und Zuweisung von Abfertigungsaufträgen. Es zeigt die zu bearbeitenden Aufträge, den Status der aktuell in Arbeit befindlichen Aufträge und Informationen zu Flügen und Ressourcen an. Über einfache Zuweisungsoperationen können Aufträge freien Ressourcen zugewiesen werden. Durch das erarbeitete und umgesetzte Darstellungskonzept können die Zustände der einzelnen Prozesse leicht nachvollzogen werden.

Das Managementdisplay und die damit gekoppelten Module wurden so konzipiert, dass eine komplett datenlinkbasierte Zuweisung von Aufträgen und deren Überwachung möglich ist. Eine Nutzung des Sprechfunks kann so reduziert und nur in Ausnahmefällen (als Rückfallmöglichkeit) verwendet werden.

Durch die Einführung eines solchen Bediensystems, ändern sich auch grundlegende Prozesse bei der Durchführung der täglichen Aufgaben der Disponenten. Eine genaue Bewertung des Bediensystems war im Rahmen der Feldversuche nicht möglich (keine Shadow Mode Trials), so dass es noch keine konkreten Aussagen hinsichtlich der Einsetzbarkeit gibt. Klar geworden ist, dass Ideen aus dem WFF-System die aktuellen Systeme sinnvoll erweitern und verbessern können.

### **3.3 Darstellung Fahrzeuge HMI-Vorfeldkontrolle (AP 3.1.3)**

Inhaltlich wurde die Darstellung von Vorfeldverkehren im Verkehrslagedisplay des Vorfeldlotsen bereits in CARMA betrachtet. Einige der im CARMA-Konzept erarbeiteten Ideen konnten zum damaligen Zeitpunkt nur teilweise oder gar nicht umgesetzt werden. Diese wurden im Rahmen des Projektes WFF realisiert und stehen im Test-HMI zur Verfügung. Hierzu gehörte vor allem die Festlegung von Bereichen, in denen Fahrzeuge sichtbar sein sollen. Durch die Möglichkeit Bereiche abzuspeichern und über Benutzerprofile wieder aufzurufen, wurde die Benutzerfreundlichkeit deutlich erhöht.

Eine Validerung des Test-HMI war aus Ressourcengründen nicht möglich (In der Vorfeldkontrolle des Flughafens Hamburg wurde das operationelle A-SMGCS System eingerichtet).

### **3.4 Erweiterung Fahrerassistenz (AP 3.1.4)**

Das Arbeitspaket wurde inhaltlich im Unterauftrag der TU-BS bearbeitet.

Das Arbeitspaket hatte zum Ziel, das in CARMA erarbeitete Fahrzeugsystem weiter zu entwickeln. Hierbei wurden Kartendarstellung und Bedieninterface neu konzipiert, Prozessabläufe für den in WFF betrachteten Gepäcktransport berücksichtigt und neue Funktionalitäten implementiert.

Neben besserem Bedienkomfort und zusätzlichen Funktionalitäten (z.B. temporäre Hindernisse oder gesperrte Bereiche) wurden neue Module zur Positionsbestimmung erarbeitet. Die im Rahmen von





CARMA genutzte einfache Single-GPS-Lösung erwies sich für die vorgesehenen Anwendungen nur als bedingt geeignet (beschränkter Genauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität). Deshalb wurde eine Kopplung von Satellitennavigation und serienmäßig verbauten Fahrzeugsensoren entwickelt. Aus den Daten der Radsensoren und Rohdaten der GPS-Empfänger wurde eine neue Positionslösung ermittelt. Am Beispiel des Fahrzeugs der TU-Braunschweig konnte damit gezeigt werden, dass auch für Phasen ohne GPS-Abdeckung (z.B. in Gebäuden) eine kontinuierliche Positionsbestimmung möglich ist (Weiterberechnung nach Abreißen der GPS-Verbindung aufgrund der Informationen der Radsensoren).

Das Fahrzeugsystem besteht aus einem handelsüblichen Netbook PC und einem Display mit Touchfunktionalität zur Bedienung. Für die Positionsbestimmung kam ein externer GPS-Empfänger zum Einsatz. Zur Kommunikation wurde eine externe WLAN Antenne verwendet. Es hat sich gezeigt, dass interne Komponenten nicht die Qualität hatten, die für die Anwendung nötig ist. Zur Stromversorgung wurden die Versorgungssysteme der Gepäckfahrzeuge benutzt (zusätzliche Pufferbatterie zur Überbrückung des Ausschaltens der Fahrzeuge). Die TU-BS hat zudem eine Halterung konstruiert, die einen leichten Ein- und Ausbau des Fahrzeugsystems ermöglicht.

Mit dem Onboardsystem konnte ein System entwickelt werden, das den Fahrern eine grafische Darstellung des Flughafenlayout mit dem umgebenden Verkehr zur Verfügung stellt. Dies könnte gerade bei schlechten Sichtbedingungen einen Sicherheitsgewinn bedeuten. Zur Verständigung mit der Einsatzzentrale wurde die datenlinkbasierte Kommunikation komplett umgesetzt. Zeitstempel zur Überwachung des Prozesses werden durch einfache Eingaben oder komplett automatisiert gesetzt.

Während der Feldtests hat sich gezeigt, dass die verwendete Hardware zwar grundsätzlich für die Anwendungen geeignet ist, sich jedoch bei der Umsetzung in ein Produkt Änderungen hinsichtlich der Robustheit ergeben werden. Eine Möglichkeit wäre hier der Einsatz von Solid State Disks anstelle von mechanischen Festplatten, um Probleme mit auftretende Erschütterungen zu vermeiden.

### **3.5 Nutzung Luftseitiger Werkzeuge im TA (AP 3.1.5)**

Ziel in dem Arbeitspaket war die Prüfung, ob Systeme die z.B. bei Fluggesellschaften eingesetzt werden auch für die Optimierung des Turnaround einsetzbar sind.

Am Flughafen Hamburg hat die Lufthansa das System Allegro in den Betrieb übernommen. Das System wurde während der Laufzeit des WFF-Projektes implementiert und bereits teilweise mit den Flughafensystemen verbunden. Es werden dabei Daten zwischen Allegro und der Flughafendatenbank ausgetauscht.



## 4 Ergebnisse TP 3.3

### 4.1 CNS-Abdeckung (AP 3.3.1)

Das Arbeitspaket wurde inhaltlich im Unterauftrag der TUHH bearbeitet.

Im Projekt wurde untersucht, wie die Dienstqualität des WLANs am Flughafen Hamburg ist und wie die Wechsel von Access-Points so optimiert werden können, dass die Verfügbarkeit des CNS maximiert wird. Außerdem wurde geprüft, ob und wie die Sprachübertragung über WLAN Betriebsfunk auf dem Vorfeld ersetzen kann.

#### Dienstqualität WLAN

Für die Untersuchung der Dienstqualität des am Flughafen installierten WLAN, wurden über einen Zeitraum von ca. 2 Monaten Kontrollwagen („Follow-Me-Fahrzeuge“) mit Dachboxen ausgestattet, die entsprechendes Messequipment beinhaltet. Zusätzliche wurden stationäre Komponenten aufgestellt, um bewegungsunabhängige Messungen vornehmen zu können. Nach Abschluss der Messungen wurden umfassende Analysen im Hinblick auf WLAN-Abdeckungsprobleme, Wetterabhängigkeiten und Mobilitätseinflüsse durchgeführt. Es konnte keine Korrelation zwischen Dienstqualität und Wetterlage nachgewiesen werden. Dies ist positiv zu bewerten, da eine Wetteränderung somit keinen Einfluss auf das Kommunikationsvermögen der Anlage hat. Die Gesamtabdeckung des Vorfeldes ist jedoch sehr inhomogen. Im nördlichen Bereich von Vorfeld 1 ist sie sehr positiv. Insbesondere im südlichen Bereich sollte sie aber verbessert werden.

#### Wechsel Access-Points

Durch die Mobilität der Vorfeldfahrzeuge müssen die WLAN-Module der Fahrzeugsysteme gelegentlich den Access-Point wählen. Das führt zu einem kurzen Ausfall der Verbindung und in der Folge zu Paketverlusten. Im WFF-Projekt wurde untersucht, wie sich solche Paketverluste reduzieren lassen.

Es hat sich gezeigt, dass es möglich ist, den Vorgang zu optimieren. Dazu sollte nicht erst – wie heute üblich – zu einem neuen Access-Point gewechselt werden, wenn die WLAN-Verbindung zum alten abgebrochen ist. Es darf aber auch nicht zu häufig nach neuen Access-Points gesucht werden, da jeder Suchvorgang die Verbindung stört. Besser man verwendet a priori oder gelerntes Wissen über die Verfügbarkeit von Access-Points am per GPS bestimmten Ort und in Fahrtrichtung. Das Wissen lässt sich auch für die Verkürzung des Suchvorgangs selbst einsetzen. Kombiniert ermöglichen diese Verfahren eine deutliche Verbesserung des Access-Point-Wechsel.

#### Objektortung

Für die Ortung kleiner Objekte ohne eigene Stromversorgung (z. B. Schleppstangen, Gepäckanhänger, mobile Treppen) kann die Ortung per GPS und die Kommunikation über WLAN nicht eingesetzt werden, da der Stromverbrauch nicht über längere Zeit aus Batterien gedeckt werden kann. Hier können kleine batteriebetriebene Geräte, sogenannte Beacon-Sender verwendet werden, die periodisch die ID des Objektes ausstrahlen. Mit einer Infrastruktur an jeder Abstellfläche kann so bestimmt werden, auf welcher Abstellfläche das Objekt steht.

Laboruntersuchungen haben gezeigt, dass dieser Ansatz für Geräte und kleine Fahrzeuge auf dem Flughafen Hamburg geeignet ist, um ihren Ort bei weit auseinander liegenden Abstellflächen zuverlässig zu erkennen. Bei direkt benachbarten Abstellflächen kann es jedoch zu einer Fehlortung kommen. Hier ist weiterer Forschungsbedarf zu erkennen.

#### Sprachübertragung über WLAN als Ersatz für Betriebsfunk

Es wurde vorgeschlagen VoIP über WLAN als Ersatz für Betriebsfunksysteme einzusetzen. Dieses verspricht eine kostengünstigere und flexiblere Lösung gegenüber analogem und digitalem Betriebsfunk. Zur Untersuchung der praktischen Möglichkeiten wurde eine entsprechende Test-Software entwickelt.



Die Untersuchung, ob VoIP over WLAN als Ersatz für Betriebsfunklösungen am Flughafen Hamburg geeignet ist hat jedoch ergeben, dass dies über die bestehende Infrastruktur und heute üblichen WLAN-Einrichtungen nicht zweckmäßig ist. Grund ist, dass die benötigte Bandbreite zwar rechnerisch ausreicht, jedoch in der Realität durch die Eigenschaften des Funknetzes nur zu wenige gleichzeitige Kanäle ermöglicht. Der Einsatz zukünftiger oder moderner aktueller WLAN-Standards könnte jedoch Abhilfe schaffen.

## 4.2 Fahrzeugausrüstung (AP 3.3.2)

In CARMA wurde das Fahrzeugmanagementsystem prototypisch aufgebaut. Dabei wurden nur die Testfahrzeuge mit dem Fahrzeugsystem ausgerüstet. In WFF ging es darum, eine größere Flotte auszurüsten, um operationelle Aspekte und Leistungsfähigkeiten beurteilen zu können.

In Zusammenarbeit mit der Firma Groundstars wurde der Einsatz der Fahrzeugsysteme in die Gepäckfahrzeuge durchgeführt. Durch die FHG wurden Hardwarekomponenten für 20 Systeme bestellt, wobei durch Lieferschwierigkeiten und defekte Geräte nur ca. 15 Fahrzeuge für den Feldtest ausgerüstet werden konnten.

Nach anfänglichen Problemen bei der Koordination der Ausrüstung der Fahrzeuge (standen durch den operativen Einsatz nicht immer zur Verfügung) haben TU-BS, TUHH und DLR die Ausrüstung in Absprache mit Groundstars in die Abendstunden verlegt. Dies hatte den Vorteil, dass der Großteil der Fahrzeuge nicht benötigt wurde und die Einrüstungen ohne den Betrieb zu stören durchgeführt werden konnten.

## 4.3 Integration A-SMGCS (AP 3.3.3)

Um reale Daten des Flughafens für das WFF-Projekt nutzen zu können, war eine Anbindung des Forschungsnetzwerkes an die operationellen Systeme notwendig. Unter Nutzung der Testplattform wurden entsprechende Anbindungsmodule erstellt.

### A-SMGCS

Ziel des Projektes war die Darstellung der Gesamtverkehrslage, die Luftfahrzeuge und Abfertigungsfahrzeuge auf einem Display zusammenfasst. Dazu wurden Position und Identifikation der entsprechend ausgerüsteten Objekte miteinander fusioniert. Während die Luftfahrzeuge über das A-SMGCS verarbeitet wurden, erfolgte die Einbindung der Fahrzeuge über das WFF-System. Die Übertragung der Daten der Fahrzeuge erfolgte über das WLAN des Flughafens und das Kommunikationsmodul, welches die Daten an das vom DLR entwickelten Fusionierungsmodul weiterleitete. Beide Datenquellen wurden zusammengefasst und die generierte Gesamtverkehrslage an das Verkehrslagedisplay in der Einsatzzentrale und an die Fahrzeugsysteme übermittelt.

Durch dieses Vorgehen konnte gezeigt werden, dass es nicht zwingend notwendig ist, alle relevanten Objekte mit demselben System auszurüsten, sondern dass man unterschiedliche Technologien nutzen kann und diese dann über geeignete Verfahren miteinander verbindet.

### Flughafendatenbank

Die Anbindung an die Flughafendatenbank war die Grundvoraussetzung um das System beim Feldtest in einem realen Flughafenumfeld betreiben zu können. Durch die Anbindung wurden alle WFF Teilsysteme mit den für sie notwendigen Informationen bezüglich der zur Verfügung stehenden Ressourcen, topographischen Gegebenheiten und vor allem aktuellen Flugplänen versorgt, womit der Fahrzeugeinsatz an die tatsächliche Umgebung angepasst werden konnte.

In Zusammenarbeit mit der Firma Airsys wurde die Schnittstelle zum Abrufen der Daten aus dem laufenden Flughafensystem umgesetzt und in die Testplattform integriert. Über die entsprechenden Module der Testplattform werden die Daten vom operationellen System abgerufen und in das Forschungsnetzwerk und die WFF Datenbank integriert. Damit stehen die Daten für das WFF-System zur

Verfügung, ohne dass mehrere Einzelkomponenten an die Flughafendatenbank angeschlossen werden müssen.

#### 4.4 Feldtest (AP 3.3.4)

Für den Feldtest wurden alle in den Teilarbeitspaketen entwickelten Komponenten miteinander verbunden. Das sich daraus ergebende Testsystem besteht aus

- 15 ausgerüsteten Fahrzeugen
- Einem Disponentenarbeitsplatz (bestehend aus Verkehrslage und Managementdisplay)
- Softwaremodulen zur Anbindung an A-SMGCS und Flughafendatenbank
- Softwaremodulen für Optimierer und Kommunikationsserver
- WFF-Datenbank

Die folgende Abbildung 3 verdeutlicht den Informationsfluss im Testsystem.

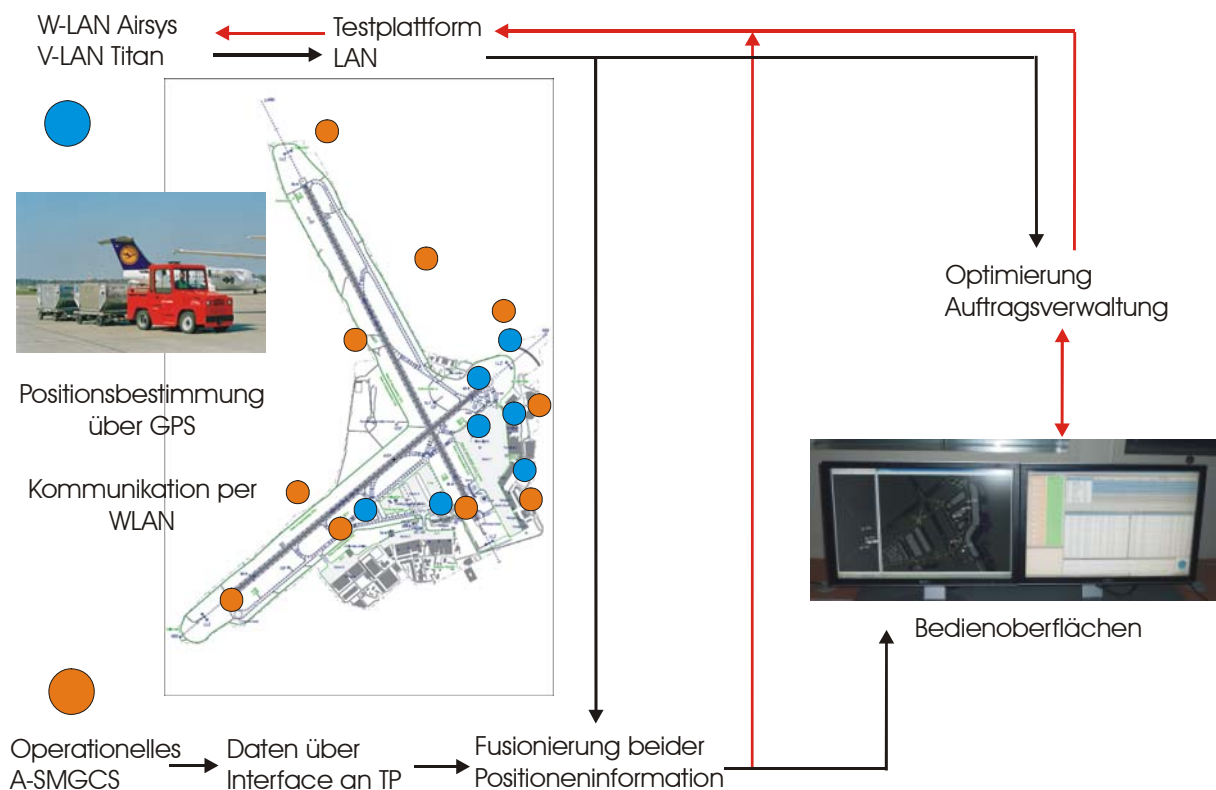


Abbildung 3: Informationsfluss

#### Verkehrslage

Über das operationelle A-SMGCS wird die Position und Identifikation der Luftfahrzeuge bestimmt. Der entwickelte Adapter empfängt die Informationen und leitet Sie an das Fusionsmodul (Situation Server) weiter. Die Position der Gepäckfahrzeuge wird über GPS ermittelt. Über das von Airsys bereitgestellte WLAN-Segment werden die Daten an den Vehicle Communication Server übertragen, der zentral die Kommunikation im WFF-System übernimmt. Dieser leitet auch die Positions- und Identifikationsinformationen an den Situation Server weiter. Hier werden beide Informationen miteinander



verknüpft und eine Gesamtverkehrsalge bestehend aus Flugzeugen und Fahrzeugen erzeugt. Diese wird wieder an die Fahrzeuge zur Darstellung auf dem Fahrzeugsystem und zum Verkehrslagedisplay des Disponenten gesendet.

#### Fahrzeugmanagement

Für das Management und den Einsatz der Ressourcen wird zunächst der Tagesflugplan aus dem Flugplandaten system verarbeitet. Dieser wird in der WFF-Datenbank abgelegt. Das Management HMI zeigt dem Disponenten die Flugpläne des laufenden Tages als Information an. Parallel dazu verarbeitet der Optimierer die Flugplandaten und ermittelt für die kommenden 2 Stunden die empfohlene Zuordnung der Ressourcen zu den anstehenden Abfertigungen. Diese Zuordnung wird über die Updatetabellen an das HMI kommuniziert und dem Disponenten angezeigt.

Alle Aktionen des Disponenten und der Fahrer werden über die dafür implementierten Protokolle verarbeitet. Zuweisungen durch den Disponenten werden über den Vehicle Communication Server an das entsprechende Fahrzeug weitergeleitet. Aufbauend auf den aufgenommenen Prozessen zum Einsatz der Gepäckfahrzeuge wurden die verschiedenen Abläufe zur Abfertigung in die Benutzeroberflächen integriert.

#### Durchführung Feldtest

Während der Feldtests, die für jeweils drei Tage in der 47. und 48. Kalenderwoche 2009 stattfanden, waren kontinuierlich 5-8 Fahrzeuge im Einsatz. Aufgrund notwendiger Reparaturen waren teilweise nicht alle ausgerüsteten Fahrzeuge verfügbar. Zusätzliche Tests konnten mit den Testfahrzeugen von DLR und TU-BS durchgeführt werden.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die grundsätzliche Funktionsweise des Systems auch mit mehreren Fahrzeugen nachgewiesen werden konnte. Die Darstellung der Gesamtverkehrslage konnte kontinuierlich realisiert werden. Hier bestand eine zeitweise Abhängigkeit von den Arbeiten am operationellen A-SMGCS, das zu diesem Zeitpunkt abgenommen wurde (Prüfung der Erfüllung der Spezifikationen). Die Darstellung wurde sowohl von den Fahrern als auch von den Disponenten als sehr hilfreich eingeschätzt.

Die erarbeiteten Konzepte zur datenlinkbasierten Kommunikation konnten demonstriert werden. Die per Drag- and Drop erfolgte Zuweisung eines Auftrages zu einer Ressource wurde systemtechnisch verarbeitet und als Arbeitsauftrag an das entsprechende Fahrzeug versendet. Dabei spielte es keine Rolle, ob der Disponent dem Optimierer-Vorschlag folgte, oder eine andere Ressource auswählte. Der Disponent behält immer die Möglichkeit der letzten Entscheidung und bleibt so in der Gesamtprozesskette ein wesentlicher Faktor. Die Fahrer erhalten mit der Zuweisung die zur Abfertigung notwendigen Informationen. Während der Feldtests wurden durch das WFF-Team Zuweisungen zu mehreren Fahrzeugen durchgeführt und die entsprechenden Rückmeldungen aufgenommen. Dabei handelte es sich zwar um Aufträge, die der aktuellen Verkehrssituation entsprachen (Verwendung des aktuellen Tagesflugplanes), diese wurden jedoch nicht operativ bearbeitet. Umfangreiche Verifikationen des Systemverhaltens wurden mit den zur Verfügung stehenden Testfahrzeugen durchgeführt, da hier keine Beeinflussung des operativen Betriebes stattfinden musste.

## **4.5 Simulationsmodell (AP 3.3.5)**

In dem Arbeitspaket wurde das Simulationsmodell für den Flughafen Hamburg erarbeitet. Die hierauf basierende Datenbasis ist für die Verwendung im Apron- und Towersimulator (ATS) des DLR geeignet, wobei die erstellten Daten auch für die Weiterverwendung in anderen Simulationsplattformen und in der Testplattform am Hamburger Flughafen herangezogen werden können.





## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Teilprojekte 3.1 und 3.3. dienen im Wesentlichen zur Weiterentwicklung des in CARMA begonnenen Fahrzeugmanagementsystems für den Einsatz für Vorfeldfahrzeuge. Die Einzelmodule des Systems wurden von mehreren Partnern entwickelt, wobei zunächst jede Komponente für sich erarbeitet wurde. Mit der Vereinbarung von Schnittstellenprotokollen wurde gewährleistet, dass die Komponenten unter Nutzung der Testplattform zu einem Gesamtsystem kombiniert werden konnten. Während der Integrationstests und des Feldversuchs konnte die Funktion des Fahrzeugmanagementsystems überprüft und nachgewiesen werden.

Als deutlicher Fortschritt gegenüber dem Demonstrator in CARMA sind zu nennen.

- Verarbeitung von Realdaten aus Flughafensystemen
- Einbeziehung operationeller Aspekte und Prozessabläufe
- Optimierte Bediensysteme
- Optimierungsmodul zur Ressourcensteuerung
- Ausrüstung einer größeren Flotte real am Flughafen operierender Fahrzeuge

Die Entwicklungen haben einen weiteren Beitrag hin zur möglichen Umsetzung in ein Industrieprodukt geliefert. Aus den Reaktionen potenzieller Nutzer konnte man ableiten, dass ein entsprechender Bedarf an solchen Systemen gegeben ist. Es haben sich aber auch Schwachstellen ergeben, die bei einer Umsetzung in ein operativ genutztes System berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören:

- Überprüfung der verwendeten Hardware (WFF-System von der Leistung her ausreichend, jedoch hinsichtlich der Fehleranfälligkeit nicht genügend)
- Detaillierte Prozessabbildung (systemtechnische Abbildung jedes möglichen Einzelprozesses, angepasst an den jeweiligen Nutzer)
- Erarbeitung von Optimierungskriterien
- Weitere Optimierung der Bediensysteme

Im Rahmen laufender und möglicher zukünftiger Projekte sollen einige dieser Punkte untersucht werden. FHG und DLR sind Partner im Spitzenclusterprojekt „Airport2030“. Hier wird der Ansatz verfolgt, das Bediensystem für den Disponenten in der Leitzentrale nochmals zu optimieren. Es soll eine integrierte Einzeldisplaylösung erarbeitet werden, die Informationen aus mehreren Teilsystemen vereint und außerdem eine Schnittstelle zu zukünftigen CDM und TAM Systemen enthält. Hinsichtlich einer möglichen Bewertung der Systeme war eine umfangreiche Simulation Inhalt eines Projektantrages der aber noch nicht realisiert werden konnte. Weitere Überlegungen laufen im Rahmen Europäischer Forschungsprogramme.



## 6 Anhang I

### 6.1 Abkürzungsverzeichnis / Glossar

AP	Arbeitspaket
A-SMGCS	Advanced - Surface Movement Guidance and Control System
ASTERIX	All-purpose Structured Eurocontrol Radar Information Exchange
CARMA	CAR Management on Aprons
CDM	Collaborative Decision Making
CNS	Communication Navigation Surveillance
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
FHG	Flughafen Hamburg GmbH
GPS	Global Positioning System
GROUNDSTARS	GROUNDSTARS GmbH & Co. KG – Bodenabfertiger am Hamburger Flughafen, der für Be- und Entladen von Gepäck, Fracht und Post, Bereitstellen von Passagiertreppen, Strom und Wasser sowie Heizung, Klimatisierung und Frischluft zuständig ist
HMI	Human-Machine Interface
TAM	Total Airport Management
TP	Testplattform
TU-BS	Technische Universität Braunschweig
TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg
UHH AB TIS	Universität Hamburg Arbeitsbereich Technische Informatik Systeme
V-LAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over IP
WFF	Wettbewerbsfähiger Flughafen (Lufo IV)
WLAN	Wireless Local Area Network

### 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arbeitspakete .....	5
Abbildung 2: WFF-Gesamtarchitektur.....	5
Abbildung 3: Informationsfluss .....	12