Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Schlussbericht - WFF

Zuwendungsempfänger
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
51170 Köln

Verbundbezeichnung
Verbund WFF

Vorhabensbezeichnung
„WFF – Wettbewerbsfähiger Flughafen"

Laufzeit
01.01.2007 bis **31.03.2010**

Förderkennzeichen
20V0601K

Berichtszeitraum
01.01.2007 bis **31.03.2010**

Berichterstatter

Prof. Dirk Kügler
Institut für Flugführung
Lilienthalplatz 7
D-38108 Braunschweig

Dipl.-Ing. Steffen Loth
Institut für Flugführung
Lilienthalplatz 7
D-38108 Braunschweig

i.V.
rechtsverbindliche Unterschrift

Unterschrift

Datum:
30. September 2010

Inhalt

Inhalt 1
1 Übersicht 3
1.1 Aufgabenstellung 3
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 4
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 5
1.3.1 Arbeitsplan und Einhaltung 5
1.3.2 Zeitplan und Einhaltung 5
1.3.3 Kostenplan und Einhaltung 7
1.4 Stand der Wissenschaft und Technik zu Beginn des Vorhabens 7
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 7
2 Detaildarstellung 9
2.1 Erzielte Ergebnisse 9
2.1.1 Cluster 2 9
2.1.2 Cluster 3 10
2.1.2.1 Administration (AP 3.0.1) 11
2.1.2.2 Technische Koordination (AP 3.0.2) 12
2.1.2.3 HMI für die Fahrzeugeinsatzzentrale (AP 3.1.2) 13
2.1.2.4 Darstellung von Fahrzeugen im Vorfeldlotsendisplay (AP 3.1.3) 15
2.1.2.5 Erweiterung Fahrerassistenz (AP 3.1.4) 16
2.1.2.6 Systemintegration A-SMGCS und FB2000 (AP 3.3.3) 17
2.1.2.7 Feldtest (AP 3.3.4) 19
2.1.2.8 Simulationsmodell (AP 3.3.5) 20
2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 20
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit 20
2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit 22
2.5 Fortschritt auf dem Gebiet 23
2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen 24
Anhang 25
Abkürzungsverzeichnis / Glossar 25
2.7 Abbildungsverzeichnis 26
2.8 Tabellenverzeichnis 26

1 Übersicht

Das künftige Wachstum des Luftverkehrs wird sich verstärkt an den heutigen „Mid-Size-Airports“ abspielen. Damit der Flughafen nicht zum Flaschenhals des Lufttransportsystems wird, muss mit moderner Technologie für eine optimale Nutzung der vorhandenen Ressourcen gesorgt werden.

Aus Sicht der europäischen und der deutschen Forschung ist der Turnaround der Luftfahrzeuge am Boden einer der bisher vernachlässigten Bereiche – und das trotz eines erheblichen Optimierungspotenzials. So belegt eine Studie, dass erhebliche Anteile der Verspätungen während des Turnarounds durch suboptimale Prozessgestaltung, aber auch durch große Unsicherheiten bei der Planbarkeit einzelner Vorgänge hervorgerufen werden. Dabei bildet nicht zuletzt auch der einzelne Passagier eine Quelle der Unsicherheit. Hier gilt es, Informationen stärker zu vernetzen und allen Beteiligten während der Prozessausführung transparent zu visualisieren. Dabei bilden aus Sicht der Forschung sowohl die Anzahl der verschiedenen Beteiligten (also z.B. Airline, Flughafen, Flugsicherung, zuliefernde Dienstleister) als auch die Vielzahl der verschiedenen Prozesse rund um einen Turnaround eine erhebliche Herausforderung. Auch für eine effiziente Nutzung der Start- und Landebahnen ist es erforderlich, dass präzise und frühzeitige Informationen über das voraussichtliche Ende der Abfertigungsprozesse in die Planung des Rollverkehrs und der Abflugsequenz mit einfließen. Die Einbeziehung des Turnaroundprozesses komplettiert somit die Prozesskette am Flughafen. Abfertigungsprozesse wie z.B. Betankung, Reinigung, Catering können mit Systemunterstützung weiter optimiert und damit Standzeiten auf der Position minimiert werden. Gleichzeitig lassen sich die benötigten Ressourcen (insbes. Fahrzeuge) besser verplanen und auslasten.

Darüber hinaus ist es im Hinblick auf einen verlässlichen Offblock-Estimate wesentlich, eine exaktere Prognose und Planung von Passagierströmen durch eine instrumentelle Verknüpfung von Terminal- und Vorfeldprozessen zu erreichen.

Das Cluster 3 des Verbundes WFF (Wettbewerbsfähiger Flughafen) hat sich mit einigen der Fragestellungen und Herausforderungen beschäftigt. Neben Arbeiten zur Verfolgung der Prozesse im Terminal und ersten Überlegungen zur Koordination taktischer und pre-taktischer Entscheidungen wurde die Entwicklung eines Fahrzeug- und Ressourcenmanagement fortgesetzt.

1.1 Aufgabenstellung

Das DLR war in dem Verbundprojekt WFF sowohl als direkter Zuwendungsempfänger als auch als Unterauftragnehmer beteiligt. Das Institut für Flugführung (DLR-FL) war dabei die ausführende Einrichtung, die als Partner im WFF-Verbund das DLR vertreten hat[1].

Die Mittel der direkten Förderung wurden für die Arbeiten zur Umsetzung des Fahrzeugmanagementsystems im Cluster 3 (Arbeitspakete 3.0, 3.1 und 3.3) verwendet. Für das Cluster 2 wurden die Mittel zur Beistellung des ATRA und die Arbeiten der Flugabteilung des DLR zur Unterstützung der Rollversuche am Flughafen Frankfurt genutzt. Hierbei handelte es sich aber weniger um Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im eigentlichen Sinne, als vielmehr

[1] Im Bericht wird grundsätzlich die Bezeichnung DLR verwendet. Alle Arbeiten wurden jedoch vom Institut für Flugführung in Braunschweig, unter Einbeziehung der Flugabteilung für das Cluster 2, durchgeführt.

um Arbeiten zur Anpassung und Nutzung des ATRA im Feldtest. Auf die geleisteten Arbeiten, die über Unteraufträge realisiert wurden, wird in diesem Bericht nicht näher eingegangen.

Cluster 2

Beistellung des Forschungsflugzeuges ATRA für die Untersuchungen hinsichtlich der Rollverkehrssteuerung mittels LED-Feuern. Durch realistische Rahmenbedingungen sollte die erarbeite Umsetzung am Beispiel des Flughafens Frankfurt und unter Nutzung eines im Luftverkehr üblichen Flugzeugmusters demonstriert und nachgewiesen werden.

Cluster 3

Im Bereich des Turnarounds sollten die in CARMA begonnenen Arbeiten zum Aufbau eines Fahrzeugmanagementsystems fortgesetzt werden. Ziel war es, zu zeigen, wie ein solches System in einem realen Umfeld und unter Nutzung realer Daten umgesetzt werden kann. Das DLR hatte dabei die Aufgabe, die Bediensysteme für die Disponenten und das Fahrzeugsystem beizustellen. Die entwickelten Einzelkomponenten sollten dann in ein Gesamtsystem am Flughafen Hamburg integriert und in einem Feldtest überprüft werden. Die Bereitstellung und Betreuung der im Projekt genutzten Testplattform von DFS, FHG und DLR als Integrationsplattform war ebenfalls Aufgabe des DLR. Außerdem wurde vom DLR die Anbindung an das operationelle A-SMGCS und die Flughafendatenbank übernommen.

Das DLR war darüber hinaus noch über Unteraufträge in den Gesamtverbund eingebunden. Hierzu gehörten:

Cluster 2	Fraport	Echtzeitsimulation in Braunschweig und Roll-Demonstration FH Frankfurt
Cluster 2	ADB	Echtzeitsimulation in Braunschweig zu Rollrouten und LED Befeuerung
Cluster 2	Diehl	Roll-Demonstration FH Frankfurt
Cluster 3	Lufthansa	taktische & pre-taktische Entscheidungen / Verfolgung von Terminalprozessen

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Aufgrund der Entwicklungen im Luftverkehr wurden in der Vergangenheit verschiedene Forschungsprojekte durchgeführt, die sich mit der

- Steigerung der Kapazität und Effizienz
- Beibehaltung bzw. Verbesserung der zur Zeit bestehenden Sicherheit

an Flughäfen beschäftigen. Der Fokus lag dabei im Wesentlichen auf dem Rollverkehr der Luftfahrzeuge sowie auf den Bereichen der Start- und Landebahn und der Taxiways.

Mit dem Projekt CARMA wurde ein erster Schritt unternommen, mögliche Optimierungspotentiale, z. B. bei den Abfertigungsprozessen auf dem Vorfeld, durch den verbesserten Ressourceneinsatz der Fahrzeugflotten zu untersuchen. Ziel von CARMA war es, eine grundsätzliche Machbarkeit eines Fahrzeug- und Ressourcenmanagementsystems für Bodenverkehrsdienste zu betrachten und dieses prototypisch umzusetzen. Hinsichtlich des Einsatzes in einem operationellen Umfeld waren weitere Fragestellungen zu klären. Neben einer Anbindung an reale Datensysteme des Flughafens gab es vor Allem hinsichtlich der Erarbeitung

der Bediensysteme unter Berücksichtigung der operationellen Abläufe weiteren Forschungsbedarf.

Das in CARMA entwickelte System besteht aus mehreren Einzelkomponenten, die über entsprechende Schnittstellen miteinander kommunizieren. Die Einzelkomponenten wurden von den damaligen Partnern als eigenständige Module entwickelt und zu einem Gesamtsystem verbunden. Die WFF-Partner FHG und DLR haben durch die Vergabe von Unteraufträgen an die Partner des CARMA-Projektes dafür gesorgt, das bestehende Know-How auch im WFF zu vereinen und das Fahrzeugmanagementsystem bestmöglich weiterzuentwickeln.

Durch die Bereitschaft der Firma Groundstars das Projekt zu unterstützen, konnten auch die gesetzten Ziele hinsichtlich der Ausrüstung einer größeren Flotte von Fahrzeugen realisiert werden. Hierbei wurden Gepäckfahrzeuge für die Einrüstung des Fahrzeugsystems zur Verfügung gestellt.

Die Testplattform am Flughafen Hamburg kommt auch im Projekt WFF zum Einsatz und ermöglichte die Entwicklung der Systemkomponenten in einem realen Umfeld, ohne die operationellen Prozesse am Flughafen zu beeinflussen.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

1.3.1 Arbeitsplan und Einhaltung

Das DLR war in den Arbeitspaketen (AP) 3.0, 3.1 und 3.3 vertreten. Im AP 3.0 (Cluster 3 Management) übernahm das DLR die Koordination der technischen Arbeiten und das AP 3.3 (Feldtest) wurde komplett vom DLR geleitet.

Die Entwicklung und Integration des Fahrzeugsystems wurde im Unterauftrag an die TU-Braunschweig vergeben.

Das grundlegende Konzept des Bediensystems für die Disposition der Ressourcen in der Einsatzzentrale wurde über eine Diplomarbeit im DLR erarbeitet und dann entsprechend programmtechnisch umgesetzt.

Alle vorgesehenen Arbeiten konnten während der Projektlaufzeit abgeschlossen werden. Lediglich die Validierung des HMI für die Vorfeldkontrolle mit Operateuren vom Flughafen konnte aufgrund der Installation des operationellen A-SMGCS und den sich dadurch ergebenden Ressourcenengpässen nicht wie vorgesehen durchgeführt werden.

Die Entwicklung des Fahrzeugmanagementsystems erfolgte zunächst eigenständig bei den für die Teilkomponenten zuständigen Partnern. Um ein einsatzfähiges Gesamtsystem zu gewährleisten, war es notwendig, Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle zwischen den Teilsystemen parallel zu erarbeitet. Damit konnte sichergestellt werden, dass bei der Integration der Teilsysteme in der Testplattform am Flughafen der benötigte Datenaustausch sichergestellt werden konnte.

1.3.2 Zeitplan und Einhaltung

Das Projekt wurde am 01.01.2007 gestartet und konnte wie geplant am 31.03.2010 abgeschlossen werden.

Die folgende Abbildung 1-1 zeigt die ursprüngliche Gesamtzeitplanung des Cluster 3 und die aufgetretenen Abweichungen.

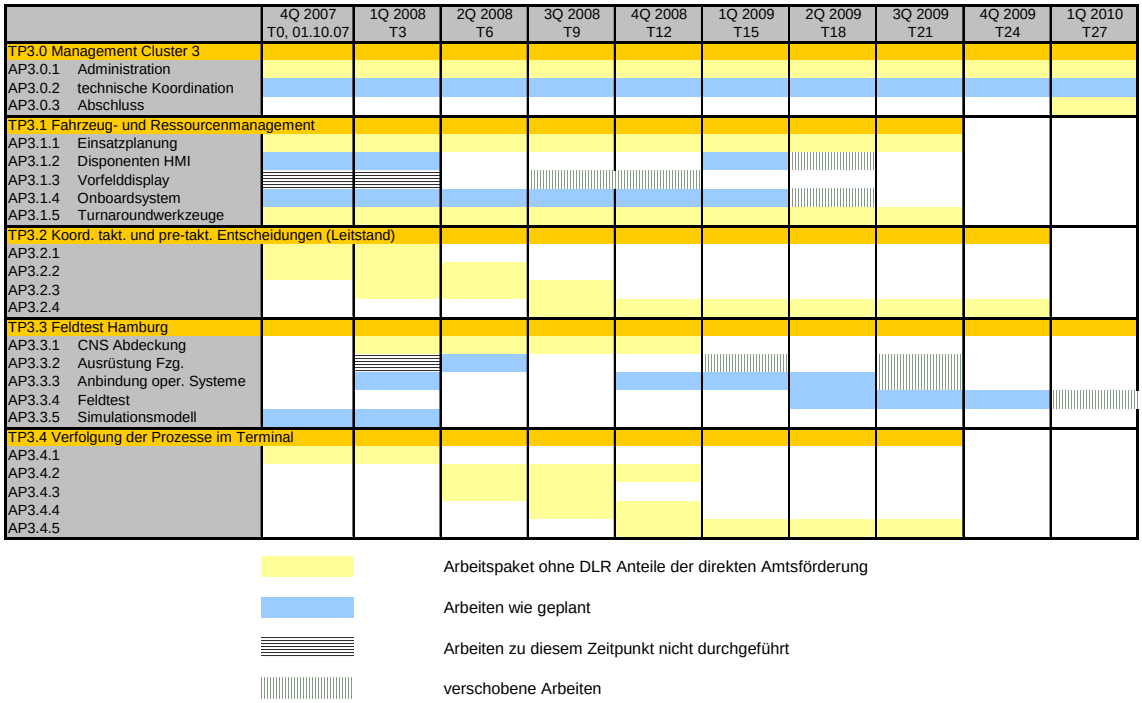

Abbildung 1-1: Gesamtzeitplanung Cluster 3

Verzögerungen, die sich in den Arbeitspaketen 3.1 und 3.3 aufgrund der Verlängerung des Projektes CARMA ergeben hatten, konnten innerhalb der Projektlaufzeit aufgeholt werden. Für die Durchführung des Feldtests wurde ein detaillierter Plan zur Vorbereitung aufgestellt.

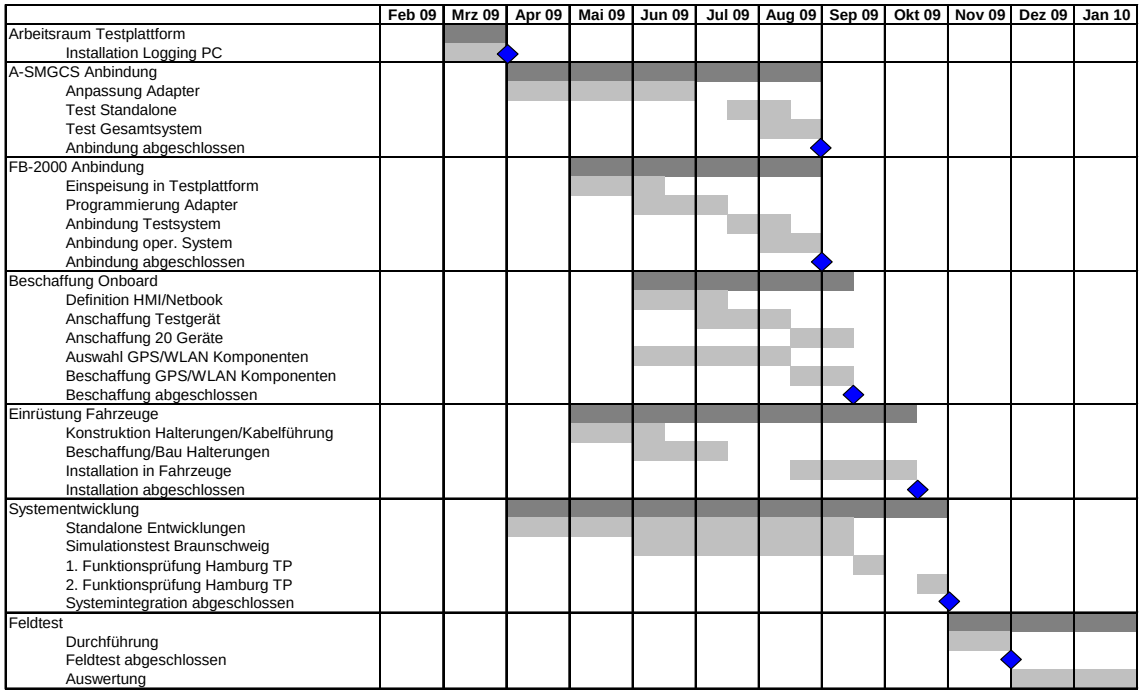

Abbildung 1-2: Feinplanung Feldtest

Trotz der verzögerten Installation des operationellen A-SMGCS am Flughafen Hamburg, konnten die vorgesehenen Feldtests durchgeführt werden. Es haben sich geringe Auswirkungen auf die vorgesehenen Phasen für die Integration und Vorabtests des Gesamtsystems ergeben, was zu einem reduzierten Umfang der Testläufe mit dem laufenden Gesamtsystem führte.

1.3.3 Kostenplan und Einhaltung

Sowohl die direkten Kosten des DLR als auch die Kosten für den Unterauftrag sind im vorgesehenen Bereich geblieben. Durch leicht erhöhte Personalkosten, hat sich insgesamt ein etwas höherer Aufwand als geplant ergeben. Eine detaillierte Aufstellung der Kosten ist im Erfolgskontrollbericht des DLR enthalten.

1.4 Stand der Wissenschaft und Technik zu Beginn des Vorhabens

Basis für die Entwicklungen zum Fahrzeugmanagementsystem waren die in CARMA entwickelten Konzepte und Systeme. Diese stellten eine grundsätzliche Machbarkeit eines solchen Systems dar. Lediglich Anbindung an die reale Flughafenumgebung und die Leistungsfähigkeit bei der Ausrüstung von größeren Fahrzeugflotten waren noch nicht untersucht worden.

Die Ausrüstung von Fahrzeugflotten mit Transpondern zur Integration in A-SMGCS Systeme für eine umfassendere Verkehrslageüberwachung ist weiter fortgeschritten. Vor allem für Fahrzeuge, die die sicherheitskritischen Bereiche von Flughäfen befahren, sind Transponder Standard geworden. Sie dienen zur Ortung und Identifikation des Fahrzeugs dienen. Damit werden die Konfliktwarnfunktionen des A-SMGCS auch für die diese Fahrzeuge wirksam, womit ein Sicherheitsgewinn erzielt werden kann. Nicht vorgesehen ist dabei eine Kommunikation mit den Fahrzeugen oder eine Steuerung dieser Ressourcen. Deshalb blieb der in CARMA gewählte Ansatz bestehen, andere Technologien für die Steuerung von Vorfeldfahrzeugflotten einzusetzen.

Der Flughafen Hamburg bietet mit dem bereits vorhandenen WLAN und dem zu Beginn des Vorhabens im Aufbau befindlichen A-SMGCS eine Infrastruktur, die es erlaubt, die Konzepte des Fahrzeugmanagementsystems umzusetzen. Während der Projektlaufzeit wurden die Installation des A-SMGCS und die Anbindung der am Flughafen betriebenen Testplattform so weit vorangetrieben, dass eine Testumgebung für das Gesamtsystem zur Verfügung stand. Zu Beginn des Vorhabens musste noch auf Simulationskomponenten zurückgegriffen werden, die während des Projektverlaufs durch reale Datenanbindungen ersetzt werden konnten.

Hinsichtlich der Verwendung des WLAN am Flughafen ist festzustellen, dass es Weiterentwicklungen hinsichtlich der allgemeinen WLAN-Standards gegeben hat. Hierbei sind höhere Übertragungsraten möglich, wobei zu prüfen war, ob die bestehende Infrastruktur bereits ausreicht.

Hinsichtlich der Ausrüstung von Vorfeldfahrzeugen wurden einige Fahrzeuge am Flughafen bereits mit einem alternativen System ausgerüstet. In die Busse wurde das von Airsys entwicklete QDisp mobil eingebaut. Dieses beinhaltet jedoch nicht den Funktionsumfang des im WFF entwickelten Systems, führte jedoch zu Umstellungen hinsichtlich der auszurüstenden Fahrzeugflotte.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das DLR stand in engem Kontakt zu vielen am Verbundprojekt beteiligten Partnern. Neben den Themen, die im Bereich der direkten Zuwendungen mit den entsprechenden Partnern bearbeitet

wurden, war das DLR auch über mehrere Unteraufträge in Arbeiten weiterer WFF-Partner involviert und konnte damit zusätzliche Verbindungen aufbauen.

Das DLR spielte eine zentrale Rolle bei der Koordination der Arbeiten im Cluster 3, insbesondere bei der Entwicklung des Fahrzeugmanagementsystems. Als Koordinator für die Nutzung der Testplattform und durch die Leitung des Arbeitspaketes „Feldtests“ ergaben sich vielschichtige Kontakte zur Realisierung des Vorhabens:

- Abstimmungsarbeiten mit der DFS hinsichtlich der Nutzung der Testplattform (beinhaltete auch Zugangsberechtigungen und Genehmigungen)
- Koordination der WFF-Entwicklungen zur Datenanbindung an das operationelle A-SMGCS mit den Arbeiten zur Installation des operationellen Systems. Hierzu wurden auch Gespräche mit der Firma Avibit als Verantwortlicher für das Level-2 System am Flughafen geführt
- Absprachen mit der Firma Groundstars zur Einrüstung der WFF-Systeme in die Gepäckfahrzeuge.
- Zusammenarbeit mit der Firma Airsys, die als IT-Dienstleister am Flughafen das Vorhaben hinsichtlich der Bereitstellung der nötigen Infrastruktur und Datenanbindungen unterstützt hat.

Ein wesentlicher Anteil der Arbeiten zum Fahrzeugmanagementsystem wurde in Unteraufträgen an Universitäten aus Hamburg und Braunschweig vergeben. DLR und FHG haben in enger Zusammenarbeit diese Arbeiten koordiniert.

Im Cluster 2 wurden die Entwicklungen zur Rollführung in umfangreichen Kampagnen in der Simulationsumgebung des DLR-FL getestet. Hierbei war ein enger Kontakt zu den WFF-Partnern des Clusters 2 notwendig, um die entsprechenden Schnittstellen und Rahmenbedingungen zur Integration der Systeme in die Simulationsumgebung zu ermöglichen und erfolgreiche Tests durchzuführen.

Durch die Beistellung des Forschungsflugzeuges ATRA für die Rollversuche am Flughafen Frankfurt war auch die Flugabteilung des DLR in das Verbundvorhaben WFF einbezogen.

2 Detaildarstellung

Im Folgenden wird detaillierter auf die Ergebnisse des Projektes eingegangen. Die Darstellung konzentriert sich im Wesentlichen auf die Arbeiten im Cluster 3. Die Arbeiten im Cluster 2 werden etwas kürzer dargestellt.

2.1 Erzielte Ergebnisse

2.1.1 Cluster 2

Das DLR hatte im Rahmen dieses Arbeitspaketes die Aufgabe das Forschungsflugzeug für die Tests vorzubereiten und zur Verfügung zu stellen. Dies beinhaltet auch das Rollen während der Testdurchführung. Das DLR hatte keinen Anteil an der Entwicklung der zu testenden Komponenten.

Im Rahmen der Vorbereitungen hat das DLR an den Abstimmungstreffen zum Cluster 2 teilgenommen. Außerdem gab es Gespräche mit Jeppesen hinsichtlich des Einbaus von Hardwarekomponenten.

Modifikationen und Hardwareeinrüstungen

Zur Vorbereitung wurde in das Forschungsflugzeug ATRA (Airbus A320) vom DLR eine Basisausstattung zur Durchführung von Experimente eingebaut. Zusätzlich wurde die speziell für WFF benötigte Hardware eingerüstet. Dazu gehörten:

- Experiment Rack
- KVM Schubladen
- Grafikrechner
- PC-Datenkommunikation
- 1 Display zur Darstellung der Anzeige des Cockpit-Displays
- VDL4 Transceiver

Für die WFF Versuche wurden außerdem die folgenden Antennen benötigt, die am ATRA angebracht wurden.

- VHF Antenne zur Übertragung von VDL4
- GPS Antenne
- Omnistar Antenne

Zusätzlich wurde das für die Versuche verwendete Onboarddisplay von der Firma Diehl in das Cockpit integriert. Sowohl Antennen- als auch Displayinstallation wurden von LH-Technik im Unterauftrag vorgenommen.

Darüber hinaus wurde die Software zur flugzeuginternen Datenübertragung entwickelt, getestet und in den ATRA eingebracht.

Dokumentation

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeiten des DLR bestand auch in der Dokumentation der Modifikationen des ATRA. Jede Veränderung am Flugzeug bedarf einer Genehmigung und muss entsprechend dokumentiert werden. Die Nachweisdokumente wurden erstellt.

Rollversuche

Die Rollversuche, an denen das DLR beteiligt war, fanden in den Nächten vom 12.10. bis 15.10.2009 auf dem Flughafen Frankfurt statt. Zusammen mit den Partnern FRAPORT, Diehl und ADB wurden die Rollversuche vorbereitet und auf einem dafür vorgesehenen Abschnitt des Flughafens durchgeführt. Die Rollversuche wurden mit der Flugabteilung in Braunschweig und mit der Airbus-Besatzung abgestimmt und betreut.

Im Rahmen des Arbeitspaketes wurden bereits vor den Versuchen am Flughafen umfangreiche Simulationen in der Braunschweiger Simulationsumgebung durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt wurden Szenarien entwickelt, die dann mit dem Flugversuchsträger ATRA durchgeführt wurden.

Als Ergebnisse können festgehalten werden:

- Die Integration der Datenerfassungs- und Displaysystemen vom DLR im ATRA war erfolgreich und kann für weitere Projekte genutzt werden
- Die Rollversuche konnten einen wichtigen Beitrag zum Projekt leisten (größerer Nutzen als z.B. bei Untersuchungen mit Testfahrzeugen und Testen der Cluster 2 Entwicklungen in einem realen Umfeld)
- Die Piloten gaben sehr gute Kritiken und Hinweise zu Verbesserungen
- Es gab eine sehr positive Resonanz der beteiligten Partner FRAPORT, Diehl und Siemens

2.1.2 Cluster 3

Die folgende Abbildung 2-1 zeigt die Arbeitspakete, in denen das DLR wesentliche Arbeitsanteile hat. Durch die Rolle als Betreiber der Testplattform und Verantwortlicher für die Feldtests ergaben sich außerdem direkte Verbindungen zu weiteren Arbeitspaketen der Teilprojekte 3.1 und 3.3.

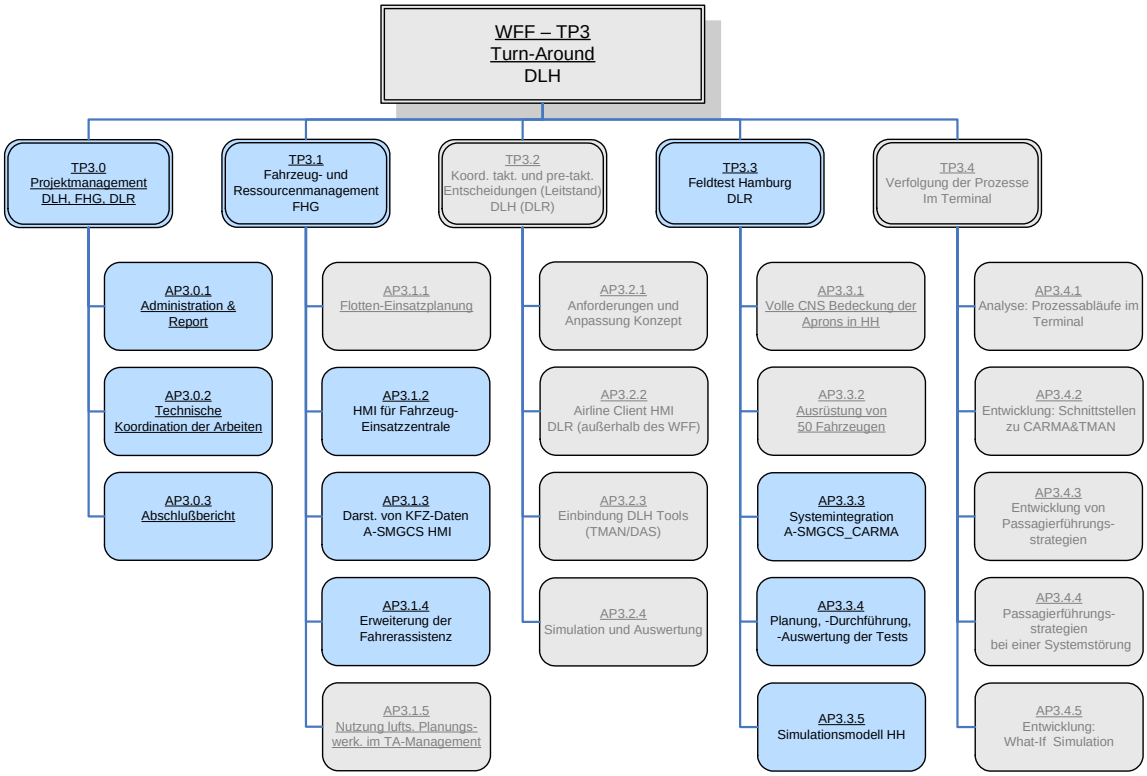

Abbildung 2-1: Arbeitspakete mit DLR-Beteiligung

In den folgenden Abschnitten wird auf die Arbeiten und Ergebnisse in den einzelnen Arbeitspaketen eingegangen.

2.1.2.1 Administration (AP 3.0.1)

Berichte

Als direkter Zuwendungsempfänger hatte das DLR gegenüber dem PT mehrere Berichte anzufertigen. Hierzu gehören die Halbjährlichen Zwischenberichte und der Abschlussbericht am Ende des Projektes mit den entsprechenden Formularen. Zuarbeit leistete das DLR an die LH (Leiter des Cluster 3) und die DFS für die Berichtslegung des Gesamtverbundes.

Unterauftrag TU-BS

Das DLR koordinierte den Unterauftrag mit der TU-BS. Dazu gehörten die Festlegung der Arbeitsinhalte, die Zeitplanung, die Dokumentation und die administrativen Aufgaben hinsichtlich Finanzen und Berichtslegung.

Projekttreffen

Das DLR hat an den Treffen des Gesamtverbundes sowie an Treffen des Clusters 3 teilgenommen. Es wurden mehrere Präsentationen zum Stand der Entwicklungen in den Arbeitspaketen 3.1 und 3.3 gehalten. Arbeitstreffen zur Koordination der Arbeiten und des Feldtests wurden vom DLR organisiert und geleitet. Es haben zusätzlich Treffen mit den Firmen Avibit und Airsys zur Klärung der Datenanbindung stattgefunden.

Demonstrationen

Das im Rahmen von WFF entwickelte Fahrzeugmanagementsystem wurde auf mehreren Veranstaltungen gegenüber verschiedenen Interessengruppen präsentiert und demonstriert. Dazu gehörte:

- Ein Review Meeting des Clusters 3 am Flughafen Hamburg mit Beteiligung des Verbundführer DFS und des Projektträgers. Neben kurzen Übersichtspräsentationen wurden alle Systementwicklungen des Clusters 3 im Betrieb vorgestellt. Das DLR organisierte in Zusammenarbeit mit der FHG die Besichtigung.
- Ein Demonstrationstag, bei dem das System Interessenten des Flughafens und Geschäftsführungen am Flughafen ansässiger Firmen vorgestellt wurde.
- Der WFF-Verbundabschluss, bei dem eine Stand-Alone Variante des Systems ohne direkte Anbindung an Realdaten vorgestellt wurde.

2.1.2.2 Technische Koordination (AP 3.0.2)

Die technische Koordination beinhaltete die Zusammenführung der Arbeiten der Arbeitspakete und stellte sicher, dass die einzeln entwickelten Komponenten beim Feldtest als Gesamtsystem zusammenarbeiten. In Abstimmung mit den Partnern wurden Schnittstellen und Datenprotokolle festgelegt, über die die einzelnen Module miteinander verbunden sind.

Die folgende Abbildung 2-2 zeigt in der Übersicht, welche Teilkomponenten von welchem Partner bearbeitet wurde und welche Schnittstellen bestehen.

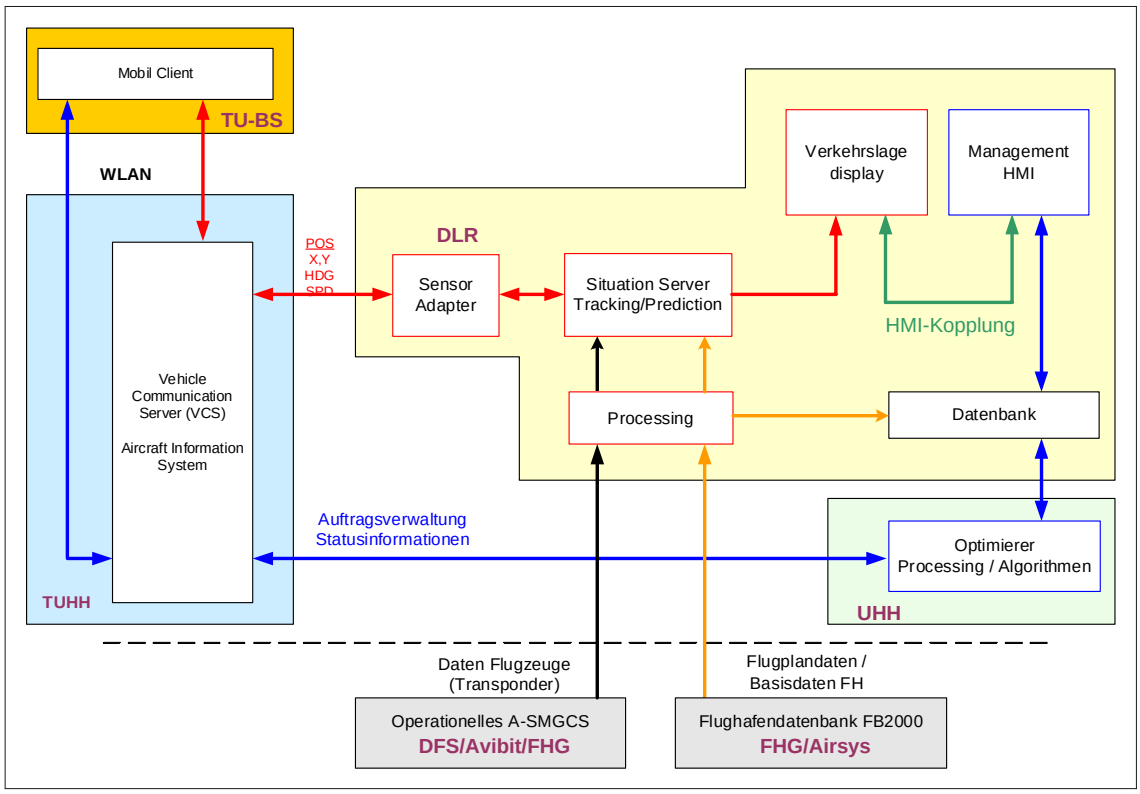

Abbildung 2-2: Verknüpfung der Teilkomponenten und Verantwortlichkeiten

Neben den Definitionen des Datenaustausches der WFF-Systemkomponenten gehörte hierzu auch die Koordination mit der Firma Avibit hinsichtlich der Datenanbindung an das A-SMGCS und die Abstimmung mit der Firma Airsys zur Anbindung an die Flughafendatenbank.

Das DLR hat außerdem die Ausrüstung der Fahrzeuge koordiniert. In Zusammenarbeit mit den Unterauftragnehmern ging es um die Definition der zu verwendenden Hardware und die Abstimmung mit der Firma Groundstars zum Einbau der Komponenten in die Gepäckfahrzeuge.

Es wurde zudem erreicht, dass das HMI für die Disponenten des Fahrzeugeinsatzes während der Feldtests in der Einsatzzentrale von Groundstars aufgebaut wurde. Durch die Platzierung neben den operationellen Arbeitsplatz war ein Vergleich des WFF-Systems mit dem realen System und den Prozessabläufen möglich.

2.1.2.3 HMI für die Fahrzeugeinsatzzentrale (AP 3.1.2)

Das DLR hatte die Aufgabe, das in CARMA nur rudimentär vorhandene Bedieninterface für den Disponenten in der Vorfeldkontrolle zu erarbeiten. Auf Basis bestehender A-SMGCS Bedienarbeitsplätze und der in CARMA entwickelten Konzepte wurde ein Arbeitsplatz entwickelt, der durch zwei Informationsbereiche gekennzeichnet ist. Zum einen wurde eine Darstellung der aktuellen Verkehrslage zur schnellen Erfassung der Situation am Flughafen erarbeitet und zum zweiten ein Managementdisplay, das für die Interaktion des Disponenten mit den Fahrzeugen genutzt wird. Beide Displays können prinzipiell unabhängig voneinander eingesetzt werden, ermöglichen jedoch im gekoppelten Modus zusätzliche Funktionalitäten zur einfachen Identifikation von Fahrzeugen und Luftfahrzeugen. Abbildung 2-3 zeigt die beiden Displays in der Einsatzzentrale des Groundhandlers.

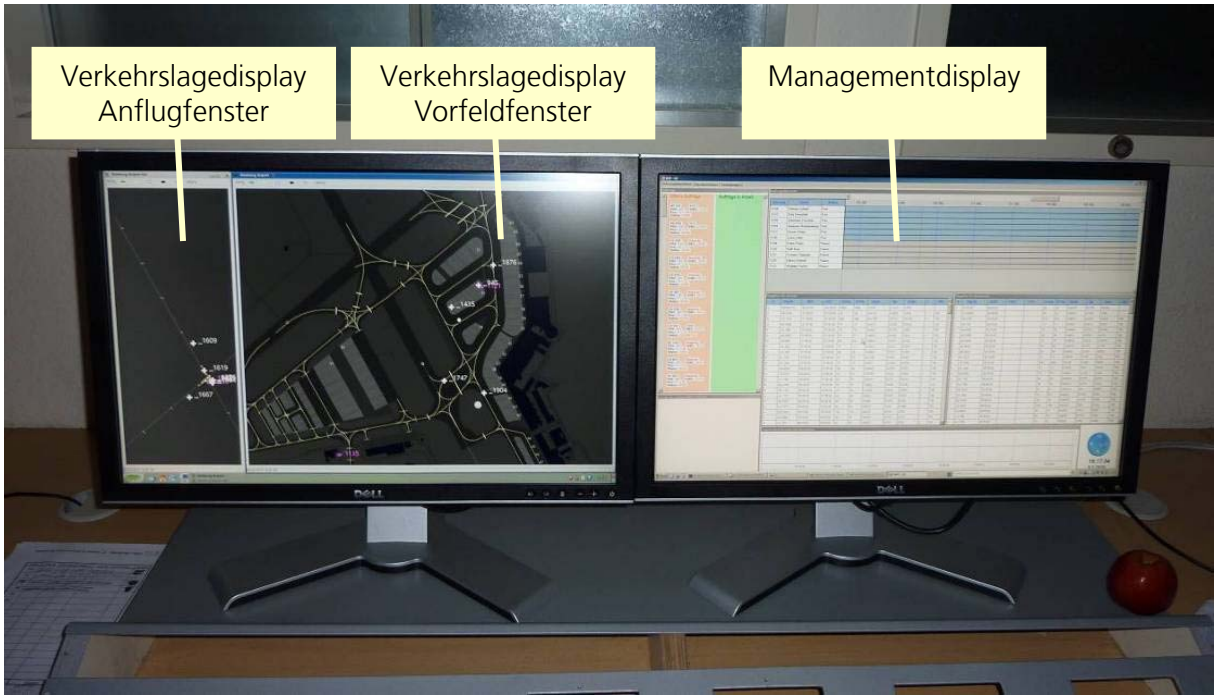

Abbildung 2-3: Arbeitsplatz Groundhandling Disponent

Verkehrslagedisplay

Das Lagedisplay wurde gegenüber der Vorversion aus CARMA komplett überarbeitet und hinsichtlich des Darstellungskonzeptes und Funktionalitäten angepasst. Die Verkehrslage wurde

auf zwei Fenster erweitert, um Informationen aus dem Anflugbereich und Informationen über die Vorfelder gleichzeitig darstellen zu können.

Die Fenster besitzen die bereits bekannten Funktionalitäten wie

- Verschieben des Ausschnitts
- Zoomen
- Ein- und Ausblenden von Detailinformationen
- Verschieben von Labels

und wurden um Funktionalitäten wie

- Rotieren
- Informationsdarstellung in Abhängigkeit von der Zoom-Stufe
- Farbänderungen während der Laufzeit
- Selektierung von Fahrzeugen und Flügen
- Farbliche Unterscheidung von Arrival und Departure

erweitert.

Die zwei Fenster des Verkehrslagedisplays zeigen neben dem Vorfeldbereich auch den Anflugbereich, was den Disponenten bei der Vorausplanung der Auftragszuweisungen helfen kann. Das Display ist über eine standardisierte ASTERIX- Schnittstelle mit dem Situation Server des WFF Systems verbunden. Dieser versorgt das Display sekündlich 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.

Managementdisplay

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.

Wurde zu Beginn des Projektes noch mit simulierten Daten gearbeitet, wurde während der Projektlaufzeit das System an die realen Datensysteme angebunden.

Das Managementdisplay verfügt über folgende Funktionalitäten

- Darstellung von aktuell abzuarbeitenden Aufträgen (beinhaltet Informationen zum Status sowie empfohlenen und zugewiesenen Ressourcen)
- Darstellung des Tagesflugplanes (Arrival /Departure in Anlehnung an bestehendes QDisp-System)
- Darstellung der Fahrzeugressourcen mit Status und Historie
- Dynamische Fenstergrößenanpassung des Managementtools

- Zeitleiter für Fahrzeugaufträge
- Zuweisung vom Aufträgen mit drag and drop
- Möglichkeit der zeitlichen Verschiebung von zugewiesenen Aufträgen
- Möglichkeit der Verschiebung zugewiesener Aufträge zwischen verschiedenen Ressourcen
- Löschen von Aufträgen
- Darstellung von Sita-Meldungen
- Möglichkeit der Systemeinstellungen über Bedienoberfläche

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 werden und nur in Ausnahmefällen als Rückfallmöglichkeit verwendet werden. Damit ist eine der wesentlichen Komponenten dahin gehend optimiert worden, dass eine Verringerung der zu Verkehrsspitzenzeiten hohen Arbeitsbelastung der Disponenten möglich wird. 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 ist geworden, dass Ideen aus dem WFF-System die aktuellen Systeme sinnvoll erweitern und verbessern können.

Datenaustausch

Durch die Arbeitsverteilung im Projekt wurde das Managementdisplay entkoppelt von der Optimierung des Fahrzeugeinsatzes und dem Kommunikationsmodul mit den Fahrzeugen entwickelt. Zur Verteilung der Informationen zwischen diesen Teilkomponenten musste eine Kommunikationsschicht implementiert werden. Das DLR hat hierzu eine SQL-Datenbank erarbeitet, die einerseits die Daten aus der Flughafendatendatenbank aufnimmt und andererseits die Kommunikation mit dem Optimierungsmodul bereitstellt. Die Konzeption und Umsetzung orientiert sich an den Prozessen und Anforderungen, die sich aus den Arbeitsplatzanalysen und der Systemarchitektur ergeben.

Implementiert wurden Datenaustauschtabellen, die jeweils Statusänderungen, Systemmeldungen und Eingaben enthalten, die von den jeweiligen Komponenten abgearbeitet werden. Damit wird ein konsistenter Zustand des Gesamtsystems erreicht.

2.1.2.4 Darstellung von Fahrzeugen im Vorfeldlotsendisplay (AP 3.1.3)

Das Arbeitspaket sollte dazu dienen, zu prüfen, inwieweit das entwickelte Verkehrslagedisplay auch für die Vorfeldlotsen genutzt werden kann. Ziel war es, das bestehende Verkehrslagedisplay soweit zu entwickeln, dass die in CARMA definierten Funktionalitäten implementiert sind. Diese Arbeiten wurden durchgeführt, so dass das System die Möglichkeit besitzt, Vorfeldfahrzeuge in bestimmten Bereichen des Flughafens ein- bzw. auszublenden. Es wurden Funktionalitäten implementiert, die eine einfache Festlegung der entsprechenden Bereiche ermöglicht. Des Weiteren ist durch Speicherung und Laden der Konfigurationen eine Möglichkeit geschaffen worden, eine einfache und schnelle Anpassung an verschiedene Nutzer zu realisieren.

2.1.2.5 Erweiterung Fahrerassistenz (AP 3.1.4)

Das Arbeitspaket wurde inhaltlich als Unterauftrag an die TU-BS vergeben. Bereits im Projekt CARMA hatte die TU-BS diesen Teil des Gesamtsystems bearbeitet und dabei Know-how aufgebaut und Systemkomponenten entwickelt, auf die im WFF aufgebaut wurde. Das DLR koordinierte die Arbeiten der TU-BS mit den anderen Partnern und unterstützte bei der Installation der Systeme in die Fahrzeuge.

Erweiterung der Nutzerschnittstelle

Bei der Erweiterung ging es sowohl um die Implementierung zusätzlicher Funktionalitäten als auch um die Überarbeitung der bestehenden Darstellungs- und Bedienoberfläche. Als zusätzliche Funktionalitäten wurden

- eine erweiterte Situationsdarstellung des umgebenden Verkehrs
- die optionale Anzeige einer Fahrtroute
- Darstellung von temporären Hindernissen auf der digitalen Karte
- Warnung vor Einfahrt in gesperrte Bereiche (Geofencing)
- Informationen über das abzufertigende Flugzeug

implementiert.

Die folgende Abbildung 2-4 zeigt beispielhaft das im Fahrzeug eingebaute System und das zentrale Bedieninterface:

Abbildung 2-4: Onboardsystem

Die gesamte Karten- und Objektdarstellung aus CARMA wurde neu überarbeitet und hinsichtlich des Bedienkomforts optimiert.

Bei der Einbindung des Onboardsystems in das Gesamtsystem wurde auf die Schnittstellen und Protokolle des Projektes CARMA zurückgegriffen. Es waren nur geringfügige Anpassungen nötig, um die erweiterten Funktionalitäten und Prozessabläufe korrekt zu implementieren.

Komplementäre Ortung

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). Im Rahmen des Arbeitspaketes wurde ein Ortungsmodul entwickelt, welches auch für sicherheitskritische Fahrzeuganwendungen geeignet ist.

Erarbeitet wurde eine Kopplung von Satellitennavigation und serienmäßig verbauten Fahrzeugsensoren. Verwendet wurden hierfür die CAN-Botschaften eines VW Passat Variant des Instituts für Flugführung der TU Braunschweig, der entsprechend ausgerüstet wurde. Die bereits im Projekt CARMA eingesetzten GPS Empfänger haben die Möglichkeit, Rohdaten auszugeben. Beide Datenquellen wurden dann zur Berechnung einer eigenen Position genutzt. Hintergrund der Entwicklung ist, Phasen ohne bzw. durch Umgebungsbedingungen gestörten Satellitenempfang zu überbrücken. Im Rahmen dieser Entwicklungen wurden mehrere Testfahrten vorgenommen, die anschließend ausgewertet wurden. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass mit einer solchen Kombination zum einen kontinuierliche Bewegungsdaten erzielt werden, die sprunghafte Positionsänderungen vermeiden und zum anderen auch übergangsweise Positionsbestimmungen in Bereichen ohne GPS-Abdeckung möglich sind (siehe auch Abbildung 2-5). Beides ist für eine kontinuierliche und verlässliche Darstellung der Fahrzeugpositionen auf den Verkehrslagedisplays wesentlich (Onboarddarstellung und Verkehrslage beim Disponenten).

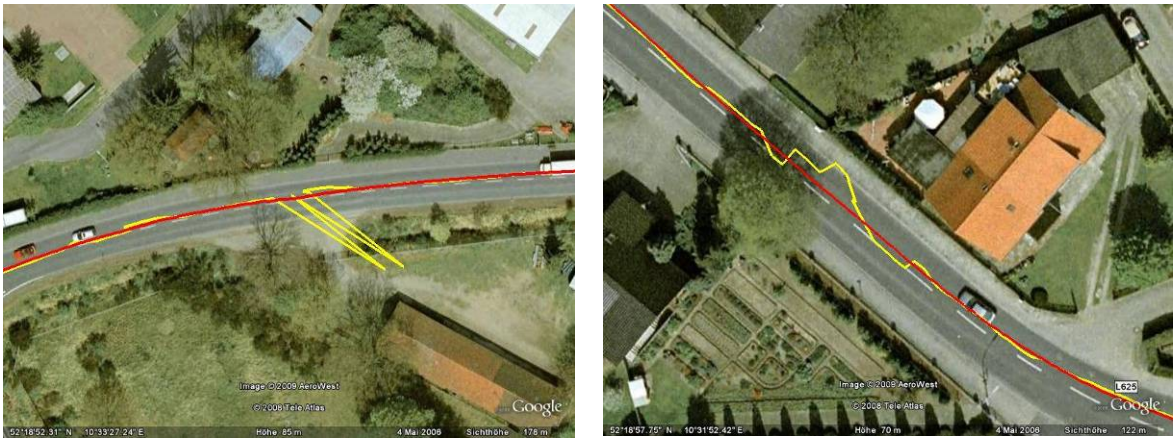

Abbildung 2-5: Versuchsergebnisse - Vergleich von GPS (gelb) und integrierter Lösung (rot)

2.1.2.6 Systemintegration A-SMGCS und FB2000 (AP 3.3.3)

Im Arbeitspaket ging es um die Anbindung des Fahrzeugmanagementsystems an operationelle Systeme des Flughafens Hamburg. Im Vordergrund standen dabei die Schnittstellen zum operationellen A-SMGCS und zur Flughafendatenbank. Während im Projekt CARMA noch Simulationskomponenten zur Integration der Flugbewegungen zum Einsatz kamen, konnten im WFF reale Daten integriert werden. Damit wurde eine deutliche Verbesserung des Gesamtsystems erreicht. Es konnte gezeigt werden, wie die in WFF entwickelten Komponenten mit der realen Verkehrssituation am Flughafen umgehen.

Anbindung an das A-SMGCS

Es wurde eine Anbindung an das A-SMGCS realisiert, was in Zusammenarbeit mit der DFS und der Firma Avibit erfolgte. Im Rahmen der Vereinbarungen zum Betrieb der Testplattform wurde die Weitergabe der A-SMGCS Daten bereits spezifiziert. Die Installation des operationellen A-SMGCS erfolgte während der Laufzeit des WFF-Projektes am Flughafen. Parallel dazu wurde die Schnittstelle zur Testplattform implementiert, so dass das DLR entsprechende Module zum

Empfang der Daten entwickeln konnte. Grundsätzlich stehen über die Testplattform verschiedene Datenformate zur Verfügung. Dazu gehören die Daten

- jedes einzelnen Sensors der Multilateration
- der Radaranlagen (Videosignale)
- der Sensordatenfusion (liefert die Position des Targets unter Einbeziehung aller Sensorinformationen)
- der Alerting Mechanismen
- Flugplaninformationen

Für das Projekt WFF fanden nur die fusionierten Daten am Ausgang der Datenfusion Verwendung, die in das Forschungsnetzwerk integriert wurden.

Fusionierung von A-SMGCS und WFF-Fahrzeugdaten

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 Daten der Fahrzeuge wurden über das WLAN des Flughafens gesendet und vom Kommunikationsmodul an das vom DLR entwickelten Fusionierungsmodul weitergeleitet. Beide Datenquellen wurden zusammengefasst und die generierte Gesamtverkehrslage an das Verkehrslagedisplay in der Einsatzzentrale und an die Onboardsysteme 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.

Anbindung an die 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 das mehrere Einzelkomponenten an die Flughafendatenbank angeschlossen werden müssen.

Die Realisierung erfolgte zunächst auf einem parallel arbeitenden Testsystem. Nachdem nachgewiesen werden konnte, dass das bestehende System nicht durch das WFF-System beeinflusst wurde, wurde der Zugang zur operationell genutzten Datenbank gewährt.

Es wurden zwei verschieden Arten der Datenabfrage implementiert. Der File-Dienst, der im Wesentlichen für Basisdaten genutzt wird und einmalig den gesamten Datenbestand bestimmter Tabellen abruft und der Update-Dienst, der für sich veränderliche Daten genutzt wird und kontinuierlich aktualisierte Datensätze in das WFF-System überführt.

2.1.2.7 Feldtest (AP 3.3.4)

Die Einzelkomponenten, die in den TP 3.1 und 3.3 entwickelt wurden, wurden in der Testplattform am Flughafen integriert und während einer zweiwöchigen Testperiode im Feldversuch überprüft. Diese fanden für jeweils 3 Tage in KW 47 und 48 im Jahr 2009 statt.

Die Testplattform diente als Integrationsumgebung für das Gesamtsystem. Das für die Feldtests installierte System besteht aus folgenden Komponenten:

Fahrzeugsystem

Es wurden 20 Fahrzeugsysteme beschafft, die jeweils aus einem Netbook-PC, der Bedieneinheit, einem GPS-Modul und einem WLAN-Modul bestehen. Von der TU-BS wurde eine Halterung konstruiert, die einen schnellen Ein- und Ausbau ermöglicht. In Zusammenarbeit mit der TUHH wurde eine Dachbox entwickelt, die die Komponenten zur Positionsbestimmung und zur Kommunikation aufnimmt und witterungsbeständig ist. Aufgrund von Lieferproblemen konnten nur ca. 15 Fahrzeugsysteme in die Gepäckfahrzeuge von Groundstars eingebaut werden. Dieser Einbau wurde in Absprache mit Groundstars von TUHH, TU-BS und DLR nachts vorgenommen, um möglichst wenig Einfluss auf die tägliche Arbeit zu nehmen.

System für die Einsatzzentrale

Während die Tests und Entwicklungen noch im Arbeitsraum der Testplattform stattfanden, wurde das Bediensystem für die Einsatzzentrale zum Feldtest direkt in die Leitzentrale von Groundstars verlegt. In Zusammenarbeit mit Groundstars (Bereitstellung eines Arbeitsplatzes direkt neben dem Disponentenarbeitsplatz) und Airsys (Schaltung eines Anschlusses zum Forschungsnetzwerk aus der Leitzentrale) konnte eine optimale Umgebung für die Tests geschaffen werden. Durch die Nähe war eine direkte Verfolgung der Operationen und Nachführung des WFF-Systems möglich.

Kommunikationssystem

Für die Kommunikation der Fahrzeuge mit den anderen Komponenten wurde wieder ein virtuelles WLAN Segment von der Firma Airsys eingerichtet.

Testplattform

Die Anbindungen an A-SMGCS und FB2000, die WFF-Datenbank, der Kommunikationsserver und das Optimierungsmodul liefen im Forschungsnetzwerk der Testplattform.

Die folgende Abbildung 2-6 zeigt in der Übersicht die Verknüpfung und den Informationsfluss des WFF-Systems für die Feldtests. Positionsdaten kommen aus dem A-SMGCS (Luftfahrzeuge) und dem WFF-Fahrzeugsystem (GPS), werden fusioniert und an die Einsatzzentrale und die Fahrzeuge versendet. Der zweite Kommunikationsstrang übernimmt das Management der Fahrzeuge und ist für die Auftragsverwaltung und den damit verbundenen Datenlink verantwortlich.

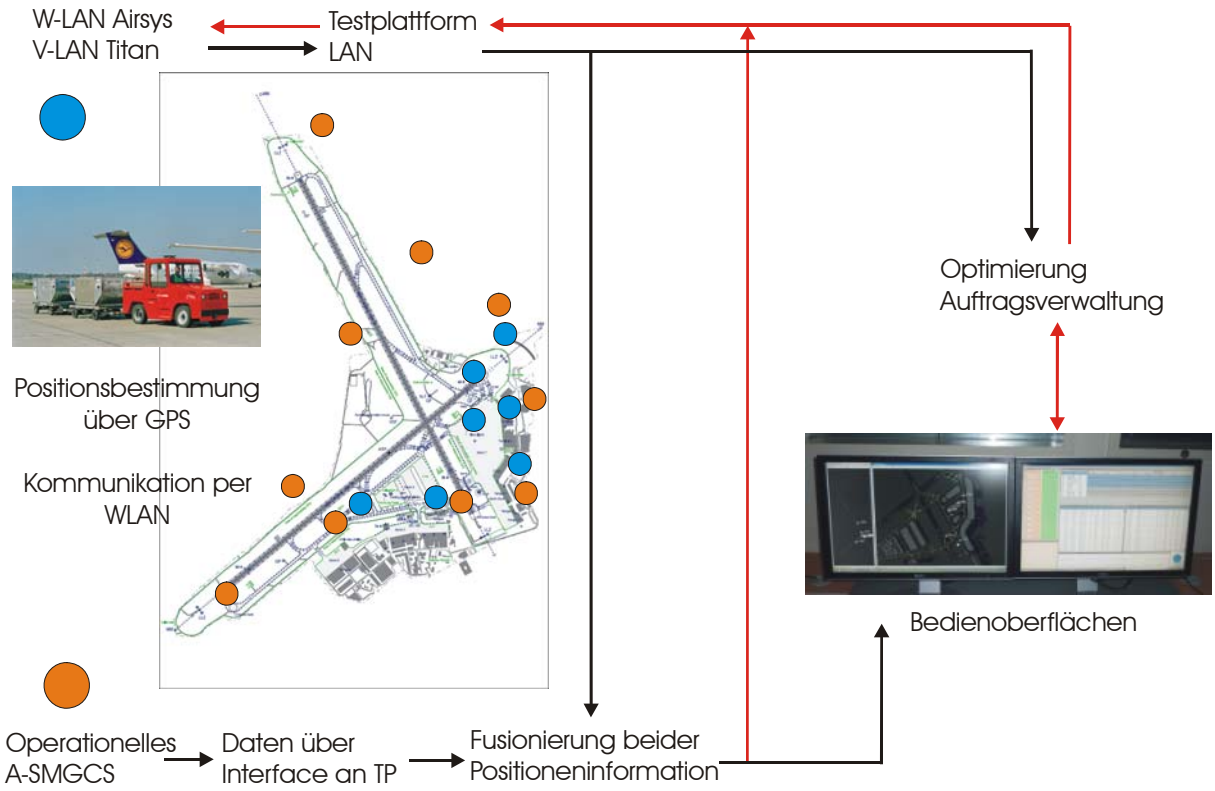

Abbildung 2-6: systematische Darstellung WFF-System (Informationsfluss)

2.1.2.8 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.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wesentlichen Positionen sind die Personalkosten für die direkten Arbeiten des DLR (58%), die Aufwendungen für die Bereitstellung des ATRA (17%) und die Mittel für den Unterauftrag an die TU-BS (22%). Eine detaillierte Aufschlüsselung erfolgte bereits in Abschnitt 1.3.3.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Projekt vorgesehenen Arbeiten wurden erfolgreich durchgeführt. Bis auf die Validierung des Displays für die Vorfeldlotsen mit Operateuren des Flughafens konnten alle Ziele erreicht werden. Trotz anfänglicher Verzögerungen konnte das Projekt im Zeitplan abgeschlossen werden. Die in den Arbeitspaketen angesetzten Arbeitsinhalte konnten erfolgreich umgesetzt werden, so dass das angestrebte Gesamtsystem am Flughafen aufgebaut werden konnte. Die Herausforderung, Systemmodule durch verschiedene Partner zu entwickeln und dann unter Nutzung der Testplattform zusammenzuführen, wurde erfolgreich bewältigt. Es hat sich während der Projektlaufzeit ein hoher Koordinationsaufwand ergeben, der vom DLR als

Verantwortlicher für die Testplattform und die Feldtversuche übernommen wurde. Dadurch wurde aber auch die Zusammenarbeit und Vernetzung der Partner intensiviert.

Hinsichtlich der Entwicklungen der Module des DLR wurden umfangreiche Arbeiten für die Bediensysteme und die Anbindung an das A-SMGCS durchgeführt. Durch Umstrukturierungen bei den Programmierungen mussten einige bereits bestehende Komponenten überarbeitet werden und konnten nicht wie geplant aus CARMA übernommen werden.

Ein wesentlicher Arbeitsaufwand ist durch den Aufbau und die Umsetzung der WFF-Datenbank als zentrale Datenhaltung und Kommunikationsschnittstelle entstanden, der bei der Planung des Projektes zu gering angesetzt wurde. Insbesondere die Abbildung der Prozesse der aktuellen Arbeitsdurchführung bei Groundstars über die Datenbank stellte zusätzliche Arbeiten dar.

Neben der Entwicklung der Systemkomponenten stellte auch die Integration der Fahrzeugsysteme in die Fahrzeuge hohen Aufwand dar. Die Konstruktion der Halterungen, die notwendige Verkabelung und die Koordination der Einbaumaßnahmen wurden von TU-BS, TUHH und DLR gemeinsam durchgeführt.

Die Bereitstellung des ATRA für die Rollversuche im Cluster 2 wurde entsprechend der Planungen realisiert. Dazu gehörten die technische Vorbereitungen aber auch die zu erstellenden Dokumentationen und die Zulassungen der entsprechenden Einbauten.

Folgende Dokumentationen und Softwareentwicklungen wurden durch das DLR und die TU-BS erarbeitet.

AP	Nummer	Dokumentname / Programmierung	Typ	Einrichtung
3.1	3.1.0.1	D3101_Koordination_AP31_33_V100.pdf	Dokument	DLR, FHG
3.1	3.1.0.4	D3104_Abschlußbericht _AP31_33_V100.pdf	Dokument	DLR
3.1	3.1.2.1	D3121_Konzept_HMI_Einsatzzentrale_V100.pdf	Dokument	DLR
3.1	3.1.2.2	D3122_Verifikation_HMI_Einsatzzentrale_V100.pdf	Dokument	DLR
3.1	*3.1.2.3*	*Einbindung von D3.1.1.3*	*Software*	*DLR*
3.1	*3.1.2.4*	*HMI für die Fahrzeug-Einsatzzentrale*	*Software*	*DLR*
3.1	3.1.2.6	D3126_WFF_Datenbank_V100.pdf	Dokument Software	DLR
3.1	3.1.3.1	D3131_Fahrzeuge_ApronHMI_V100.pdf	Dokument	DLR
3.1	*3.1.3.3*	*Schnittstellen zur Einbindung der KFZ-Daten*	*Software*	*DLR*
3.3	*3.1.3.4*	*Bereitstellung des Test-HMI*	*Software*	*DLR*
3.1	3.1.4.1	D3141_Konzept_Erweiterung_Fahrerassistenz_V100.pdf	Dokument	TU-BS, DLR
3.1	3.1.4.3	D3143_Schnittstellen_Fahrerassistenz_V100.pdf	Dokument	TU-BS, DLR
3.1	*3.1.4.4*	*Implementierung der Software zur Erweiterung der Fahrerassistenz*	*Software*	*TU-BS*
3.1	3.1.4.5	D3145_Verifikation_Fahrerassistenz_V100.pdf	Dokument	TU-BS, DLR
3.3	*3.3.2.1*	*20 mit Ortungs- und Kommunikationskomponenten ausgerüstete Fahrzeuge*	*Ausrüstung*	*TU-BS, DLR, TUHH, FHG*
3.3	3.3.3.1	D3331_Schnittstellen_externe_Systeme_V100.pdf	Dokument	DLR
3.3	3.3.3.2	D3332_Integration_externer_Daten_V100.pdf	Dokument	DLR
3.3	*3.3.3.3*	*Einbettung der Daten des A-SMGCS in das Fahrzeugflottenmanagement*	*Software*	*DLR, FHG*

3.3	3.3.4.4	D3344_Verifikation_Gesamtsystem_V100.pdf	Dokument	DLR
3.3	3.3.5.1	D3351_Anforderungsanalyse_Simulationsmodell_V100.pdf	Dokument	DLR
3.3	*3.3.5.2*	*Simulationsmodell*	*Software*	*DLR*

Tabelle 2-1: Liste der erstellten Software und Dokumente DLR / TU-BS

Zur Beschreibung des Gesamtsystems wurden durch die Partner zusätzlich folgende Dokumente und Programmierungen erstellt

AP	Nummer	Dokumentname / Programmierung	Typ	Einrichtung
3.1	3.1.1.1	D3111_Konzept_Flotteneinsatzplanung.pdf	Dokument	UHH
3.1	3.1.1.3	D3113_Validierung_Flotteneinsatzplanung.pdf	Software Dokument	UHH
3.3	3.3.1.1	D3311_CNS_Abdeckung_V100.pdf	Dokument	TUHH
3.3	3.3.1.3	D3313_Validierung_CNS_Abdeckung_V100.pdf	Dokument	TUHH

Tabelle 2-2: Liste der erstellten Software und Dokumente UHH / TUHH

2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Aufgrund des Status des DLR als nicht gewinnorientierter, gemeinnütziger Verein sind die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten reduziert. Im Falle einer Umsetzung und Realisierung der erarbeiteten Konzepte und Prototypen durch industrielle Partner in Produkte, ist für das DLR die Möglichkeit gegeben:

- Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet durch die weitere Zusammenarbeit mit den Industriepartnern oder im Rahmen von Technologieverträgen weiterzuführen
- Arbeitsplätze zu sichern oder neu zu schaffen
- die Forschungsstandorte weiter auszubauen.

Weiterhin konnte WFF die Vorteile und Möglichkeiten der Testplattform weiter verdeutlichen. Die noch in CARMA genutzten Simulationen wurden durch die Anbindung an operationelle Systeme ersetzt, wodurch ein wesentlicher Schritt in die Richtung einer vollwertigen Validierungsplattform unternommen wurde. Durch die Arbeiten im Projekt wurde deutlich, das eine Integration der operationellen Realdaten in eine Forschungslandschaft am Flughafen möglich ist. Eine Entwicklung von Systemunterstützungen kann damit auf einem Niveau erfolgen, das eine schnelle Umsetzung in Produkte ermöglicht, da diese bereits in einem realen Umfeld getestet wurden. Erkenntnisse, die sich durch die Unterschiede zwischen Simulation und realer Welt ergeben, können in der Umsetzung von Prototypen in Produkte bereits berücksichtigt werden.

Anders als im Projekt vorgesehen konnte erreicht werden, dass der Arbeitsplatz für die Einsatzzentrale direkt beim Groundhandler aufgebaut wurde und dort mit dem Forschungsnetzwerk verbunden war. Damit konnte ein sofortiges Feedback von den potenziellen Anwendern erreicht werden.

Als Ergebnis des Projektes wurde ein Gesamtsystem entwickelt, das hinsichtlich der Konzepte und prototypischen Umsetzungen einen Status erzielt hat, der für die Umsetzung in ein operationell einsetzbares System oder ein Produkt schon sehr fortgeschritten ist. Das vom DLR

entwickelte Bediensystem eine mögliche zukünftigen Oberfläche und datenlinkbasierten Auftragsverwaltung aufgezeigt. Das von der TU-BS entwickelte Fahrzeugsystem hat ebenfalls bewiesen, wie eine Umsetzung realisiert werden kann.

Bei der Demonstration des Systems wurde deutlich, dass ein deutliches Interesse an dem Thema besteht und eine Integration am Flughafen begrüßt wird. Ziel muss demnach ein Technologietransfer an einen Industriepartner sein. Weder DLR noch die am Projekt beteiligten Universitäten können die entsprechende Produktumsetzung leisten.

Neben der angestrebten Umsetzung in operationelle Systeme durch Industriepartner wird das DLR die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse und Systeme weiter nutzen. Im aktuell laufenden Leuchtturm-Projekt Airport2030 des Spitzenclusterwettbewerbs geht es in einem Teilaspekt um die Entwicklung eines integrierten Displays für den Groundhandlingbereich. Hier gibt es bereits neue Überlegungen weitere Optimierungen durchzuführen. Das DLR arbeitet daran einen integrierten Arbeitsplatz zu schaffen, der die aktuell auf zwei Monitoren verteilten Informationen nochmals zusammenfasst und die Bedienung optimiert. Dazu wird zwar eine andere Plattform benutzt, in die jedoch die WFF-Entwicklungen einfließen werden. Das Fahrzeugsystem soll bei weiteren Feldversuchen im Rahmen des Airport2030 weiterverwendet werden. Als weiteres Arbeitsfeld wird im Airport2030 das Thema Leitstand betrachtet. Hier soll eine Schnittstelle zum in WFF entwickelten Fahrzeugmanagementsystem implementiert werden, um zu zeigen, wie Informationsflüsse zwischen Stakeholdern am Flughafen im taktischen und pre-taktischen Bereich zu einem optimierten Flughafenbetrieb im Sinne des TAM (Total Airport Management) Konzeptes führen können.

Im Rahmen des Single European Sky ATM Research (SESAR) Programms werden die höheren Levels des A-SMGCS betrachtet. Auch die Implementierung von Airport-CDM ist ein zentrales Element. Mit WFF konnten gute Voraussetzungen geschaffen werden, die Forschungsumgebung für diese Fragestellungen zu nutzen. Es ist bereits jetzt zu erkennen, dass es Bedarf gibt, die Testplattform für Untersuchungen im Bereich „Clearance Conformance Monitoring“ zu nutzen. Hier kann die Testplattform mit der A-SMGCS Anbindung für Shadow Mode Trials verwendet werden. Für die Themen zu Airport-CDM wurde mit dem Fahrzeugmanagementsystem zum einen die Basis für die Bereitstellung von Prozessinformationen geliefert und zum anderen eine Plattform geschaffen, CDM-Informationen auch für die Bodenverkehrsdienste verfügbar zu machen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird bereits im Airport2030 damit begonnen, das Konzept eines Flughafenleitstandes mit Verknüpfungen zu den verschiedenen Stakeholdern umzusetzen.

2.5 Fortschritt auf dem Gebiet

Im Bereich der systemgestützten Optimierung des Einsatzes von Fahrzeugen im Vorfeldbereich sind keine Fortschritte bekannt geworden. Grundsätzlich ist festzustellen, dass mit dem weiteren Ausbau und Einsatz von A-SMGCS an den Flughäfen immer mehr Fahrzeuge in die Erkennung und Identifizierung mit einbezogen werden. Dabei handelt es sich meist um die Ausrüstung mit Transpondersystemen, die auf der gleichen Technologie wie die der Luftfahrzeuge beruht. Es wird damit ein Sicherheitsgewinn erreicht. Hinsichtlich der Optimierung der Fahrzeugeinsätze wurden im Vergleich zum Start des Projektes keine neuen Ansätze bekannt. Insbesondere im Bereich der Darstellung einer Gesamtverkehrslage (Fahrzeuge und Flugzeuge) und deren Übertragung in die Fahrzeuge, konnten keine neueren Aktivitäten erkannt werden.

Mit zunehmender Implementierung von Airport-CDM an den Flughäfen, werden sich demnächst sicherlich auch bei der Integration der Bodenverkehrsdienstleister verstärkt Entwicklungen im

Bereich des Fahrzeugmanagements und der damit verbundenen Verfügbarkeit von Meilensteinen der Abfertigungsprozesse erkennen lassen.

2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Veröffentlichungen im Sinne eines Buches, Artikels oder begutachteten Konferenzbeitrages sind nicht entstanden. Dennoch wurden das Projekt, die geleisteten Arbeiten und die erreichten Ergebnisse auf mehreren Veranstaltungen dargestellt.

Dazu gehörten z.B.

- ICAS-Group 21 in Hamburg
  Vortrag zu CARMA und WFF
- Workshop DLR/NASA/MIT Boston
  Präsentation zu Forschungsarbeiten an den das DLR beteiligt ist
- NASA Ames Research Centre San Jose
  Vortrag im Rahmen eines Arbeitsaustausches über die Aktivitäten und Projekte des DLR
- Präsentation des WFF-Systems für Mitarbeiter von Firmen, die am Flughafen Hamburg Dienstleistungen erbringen.

Im Rahmen des Cluster 2 wurde ein Video über die Rollversuche am Flughafen Frankfurt erstellt.

Anhang

Abkürzungsverzeichnis / Glossar

ADB	ADB Airfield Solutions
AP	Arbeitspaket
A-SMGCS	Advanced - Surface Movement Guidance and Control System
ASTERIX	All-purpose Structured Eurocontrol Radar Information Exchange
ATRA	Airbus A320 Forschungsflugzeug des DLR
CARMA	CAR Management on Aprons
CDM	Collaborative Decision Making
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
FHG	Flughafen Hamburg GmbH
GPS	Global Positing 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
KVM	Keyboard – Video – Mouse
LED	Light Emitting Diode
LH	Lufthansa
QDisp	Aktuelles Unterstützungssystem für die Disponenten – entwickelt von der FHG Tochter Airsys
SESAR	Single European Sky ATM Research Programme
SITA	Societé Internationale de Télécommunications Aéronautiques
TAM	Total Airport Management
TP	Testplattform
TU-BS	Technische Universität Braunschweig
TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg
UHH	Universität Hamburg
VDL4	VHF Data Link
VHF	Very High Frequency
V-LAN	Virtual Local Area Network
WFF	Wettbewerbsfähiger Flughafen (Lufo IV)
WLAN	Wireless Local Area Network

2.7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Gesamtzeitplanung Cluster 3 6
Abbildung 1-2: Feinplanung Feldtest 6
Abbildung 2-1: Arbeitspakete mit DLR-Beteiligung 11
Abbildung 2-2: Verknüpfung der Teilkomponenten und Verantwortlichkeiten 12
Abbildung 2-3: Arbeitsplatz Groundhandling Disponent 13
Abbildung 2-4: Onboardsystem 16
Abbildung 2-5: Versuchsergebnisse - Vergleich von GPS (gelb) und integrierter Lösung (rot) 17
Abbildung 2-6: systematische Darstellung WFF-System (Informationsfluss) 20

2.8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Liste der erstellten Software und Dokumente DLR / TU-BS 22
Tabelle 2-2: Liste der erstellten Software und Dokumente UHH / TUHH 22