

CARMA

Car Management on Aprons

Abschlussbericht



CARMA – Car Management on Aprons

Abschlussbericht

gefördert durch: Behörde für Wirtschaft und Arbeit Hamburg
Land Niedersachsen
Laufzeit: 01.11.2006 - 31.07.2008
Förderkennzeichen: HH112B
Datum: 31.10.2008
Seiten: 42
Version: 1.00

Inhalt

Inhalt.....	3
1 Vorhabensdarstellung.....	5
1.1 Überblick.....	5
1.2 Ziele.....	5
1.2.1 Fachliche Projektziele und erwartete Ergebnisse.....	5
1.2.2 Förderpolitische Ziele.....	6
1.3 Verbund.....	7
1.4 Arbeitspaketstruktur.....	8
1.5 Zeitplan.....	8
2 Ergebnisse.....	9
2.1 Projektmanagement.....	9
2.2 Arbeitspaket Konzept.....	11
2.2.1 Anforderungen an das Fahrzeugmanagement-System aus Benutzersicht.....	11
2.2.2 Safety Case.....	12
2.2.3 Business Case.....	13
2.2.3.1 Cost Benefit Analyse.....	13
2.2.3.2 Nutzen-Bewertung von CARMA Innovationen.....	14
2.2.4 State of the Art.....	16
2.2.4.1 Verfahren zur Flugzeugabfertigung.....	16
2.2.4.2 Technische Systeme.....	16
2.2.4.3 Kommunikation.....	17
2.2.4.4 Fahrzeugseitige Führung.....	17
2.2.4.5 Forschungsprojekte.....	17
2.3 Arbeitspaket Technologie.....	19
2.3.1 Bewertung von Technologien zur Ortung und Identifizierung.....	19
2.3.2 Kommunikation auf dem Apron.....	20
2.3.3 Datenbanken und Maps.....	22
2.4 Arbeitspaket Applikation.....	23
2.4.1 Beschreibung Mobil Client.....	23
2.4.2 Konzept Fahrzeugdarstellung auf einem Vorfeld-Lotsen Display.....	25
2.4.3 Ist-Analyse Flottenmanagement und Turnaround.....	27
2.4.3.1 Eckdaten und örtliche Besonderheiten.....	27
2.4.3.2 Operationelle Beschreibung Turnaround am Flughafen Hamburg.....	27
2.4.3.3 Systemunterstützung.....	28
2.4.3.4 Arbeitsaufgaben und Problemerkörterung.....	28

2.4.3.5 Optimierungspotenzial	29
2.5 Arbeitspaket Implementierung	29
2.5.1 Beschreibung des Testsystems.....	29
2.5.1.1 Konzept.....	29
2.5.1.2 Kommunikationssystem	32
2.5.1.3 Onboard System (Mobil-Client).....	33
2.5.1.4 Leitzentrale	34
2.5.2 Demonstration	35
2.6 Zusammenfassung Ergebnisse.....	36
3 Zusammenfassung und Ausblick.....	37
4 Anhang I	38
4.1 Abkürzungsverzeichnis / Glossar	38
4.2 Literaturverzeichnis	41
4.3 Abbildungsverzeichnis	42
4.4 Tabellenverzeichnis	42

1 Vorhabensdarstellung

1.1 Überblick

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.

Es ist internationaler Konsens, dass sog. A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) Systeme, in modularen Schritten implementiert, für den Erhalt der Sicherheit bei steigendem Verkehrsaufkommen, die bessere Ausnutzung von Flughafenkapazitäten unter widrigen Sichtbedingungen und für eine bessere Effizienz des Luftverkehrs sorgen werden. Dabei wurden vor allem die Belange des Rollverkehrs auf den Start- und Landebahnen eines Flughafens berücksichtigt. Die Vorfeldbereiche und die damit verbundene Betrachtungen größerer Fahrzeugflotten wurden bisher wenig untersucht.

Die integrierte Betrachtung von A-SMGCS mit Turn-Around- und Ressourcen-Management wurde bislang ebenfalls nur rudimentär durchgeführt. In dieser Integration wird jedoch ein signifikantes Potenzial vermutet. Aus diesem Grund wurde das Projekt CARMA - Car Management on Aprons ins Leben gerufen.

Das mit einer Laufzeit von 18 Monaten geplante Projekt, hat im November 2006 begonnen und wurde mit einer 3-monatigen Verlängerung im Juli 2008 abgeschlossen. Es stand dabei ein Projektbudget von ca. 750.000 € zur Verfügung.

1.2 Ziele

CARMA ist ein anwendungsorientiertes F&E-Projekt, welches nicht allgemeine Grundlagen, sondern ganz konkrete Lösungswege und Machbarkeiten für die Implementierung eines Fahrzeug-Managements aufzeigt und die erarbeiteten Konzepte als Funktionsmuster erstellt. Dabei geht es neben den rein technischen Herausforderungen auch um den Aufbau von Kompetenznetzwerken und Strukturen zur Zusammenarbeit verschiedener Einrichtungen und um die Schaffung von Modellen zur schnellen Umsetzung von Know-how in operationell nutzbare Systeme und Produkte.

1.2.1 Fachliche Projektziele und erwartete Ergebnisse

In CARMA sollte untersucht werden, wie eine einheitliche kostengünstige CNS-Infrastruktur für Fahrzeuge auf dem Hamburger Flughafen aufgebaut werden kann. Weiterhin sollte festgestellt werden, wie die Überwachungs- und Führungsinformation am besten den Operateuren (Fahrzeugführer, Einsatzzentrale, Vorfeldkontrolle) dargestellt werden kann. Hierbei waren auch Sicherheitsaspekte zu untersuchen. Letztlich sollte ein Business-Case für ein operationelles Fahrzeugmanagementsystem für Hamburg erstellt werden. Das konzipierte System sollte anhand von Prototypen, die in einigen wenigen Fahrzeugen mit ersten vereinfachten Anzeigesystemen integriert wurden, für die Vorfeldkontrolle und den Einsatzzentralen demonstriert werden.

In dem Projekt wurden folgende Ergebnisse angestrebt:

- Nachweis der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit zur Installation eines Fahrzeug-Managements auf dem Flughafen Hamburg (Schwerpunkt Vorfelder).
- Detailliert ausgearbeitete, technische Konzepte und Funktionsmuster für
 - Kostengünstige Ortung, Überwachung und Kommunikation für Fahrzeuge auf den Vor- bzw. Rollfeldern

- Applikationen zur Darstellung der Fahrzeug-Information im A-SMGCS
- Applikationen zum Flottenmanagement in Fahrzeug-Einsatzzentralen
- Applikationen zur Fahrerassistenz für mehr Sicherheit und Effizienz
- Konsistente Versorgung der Applikationen mit Datenbasen und Karten
- Safety-Untersuchungsergebnisse bzgl. des Fahrzeugmanagementkonzepts
- Business-Case für eine Industrialisierung und Anwendung des erarbeiteten Fahrzeugmanagementkonzepts auf dem Hamburger Flughafen.

1.2.2 Förderpolitische Ziele

Die Umsetzung von Know-how in operationell nutzbare Systeme und Produkte bedingt eine enge Kooperation zwischen nationaler bzw. regionaler Forschung, industrieller Entwicklung und den Systemanwendern (Flugsicherung, Flughafen, Fluglinien). Insbesondere sind regionale Netzwerke und Infrastrukturen zu schaffen, in denen innovative Systeme mit vertretbarem Aufwand an praktischen Beispielen getestet und demonstriert werden können. Hier müssen Simulations-Plattformen und technische und operationelle Feldtest-Plattformen zum Einsatz kommen. Diese Infrastrukturen sind auch zur breitenwirksamen Darstellung der regionalen Luftfahrtkompetenz und zur praxisorientierten Lehre nutzbar, um den Wirtschaftsstandort Deutschland nachhaltig zu stärken. Sie sollen nicht nur projektbezogen etabliert werden, sondern nachhaltig über die Laufzeit mehrerer Projekte Bestand haben.

Zwischen der DFS, der FHG und dem DLR wurde die Umsetzung einer operationellen Testplattform am Hamburger Flughafen vereinbart und mit Unterzeichnung des Kooperationsvertrages vertraglich abgeschlossen. Die Daten des am Flughafen im Aufbau befindlichen operationellen Systems A-SMGCS werden dabei als Grundlage für die weiteren Forschungsaktivitäten in diesem Bereich dienen. Zusammen mit der DFS und der FHG hat das DLR bereits erste Schritte zur Ausstattung und Nutzung der Testplattform unternommen.

Das Projekt CARMA, das als erstes Projekt die Möglichkeiten der Testplattform nutzte, spiegelt die reale Umsetzung des Kooperationsvorhabens wieder. Die Nutzung des Arbeitsraumes im DFS-Gebäude und die Datenanbindung an den Flughafen direkt vor Ort, haben bereits deutlich die Vorteile einer solchen Forschungsplattform aufgezeigt. Trotz der noch nicht vollständigen Ausrüstung der Testplattform stand bereits eine Arbeitsumgebung zur Verfügung, die die Integration der in CARMA entwickelten Komponenten als Demonstrationssystem ermöglichte. Nicht nur die gemeinsame Nutzung der Plattform und die damit verbundene enge Zusammenarbeit der Partner, sondern auch die Präsentation der Ergebnisse in einem entsprechenden Rahmen, verdeutlichen den Erfolg des Aufbaus einer derartigen Forschungsplattform.

1.3 Verbund

Unter der Federführung der Flughafen Hamburg GmbH waren an dem Verbundvorhaben die folgenden Einrichtungen beteiligt:

Projektpartner	Akronym	Ausführende Organisationseinheit
Flughafen Hamburg GmbH	FHG	Flightoperations Logistics
AIRSYS Airport Business Information Systems GmbH	AIRSYS	
Deutsche Flugsicherung GmbH	DFS	Tower-Niederlassung Hamburg
Airbus Deutschland GmbH	AIRBUS	Avionics Consultation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	DLR	Institut für Flugführung
Technische Universität Braunschweig	TU-BS	Institut für Flugführung
Technische Universität Hamburg-Harburg	TUHH	Institut für Telematik
Universität Hamburg	UHH	Arbeitsbereich Technische Informatiksysteme

Tabelle 1-1: Verbundpartner

An dieser Stelle soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass mit dem Projekt CARMA eine länderübergreifende Finanzierung und Zusammenarbeit realisiert werden konnte. Die TU-Braunschweig wurde durch die Zusage der Förderung durch das Land Niedersachsen in das Verbundprojekt integriert.

Einige Partner wurden über Unteraufträge eingebunden, so dass sich die folgende formale Strukturierung ergab:

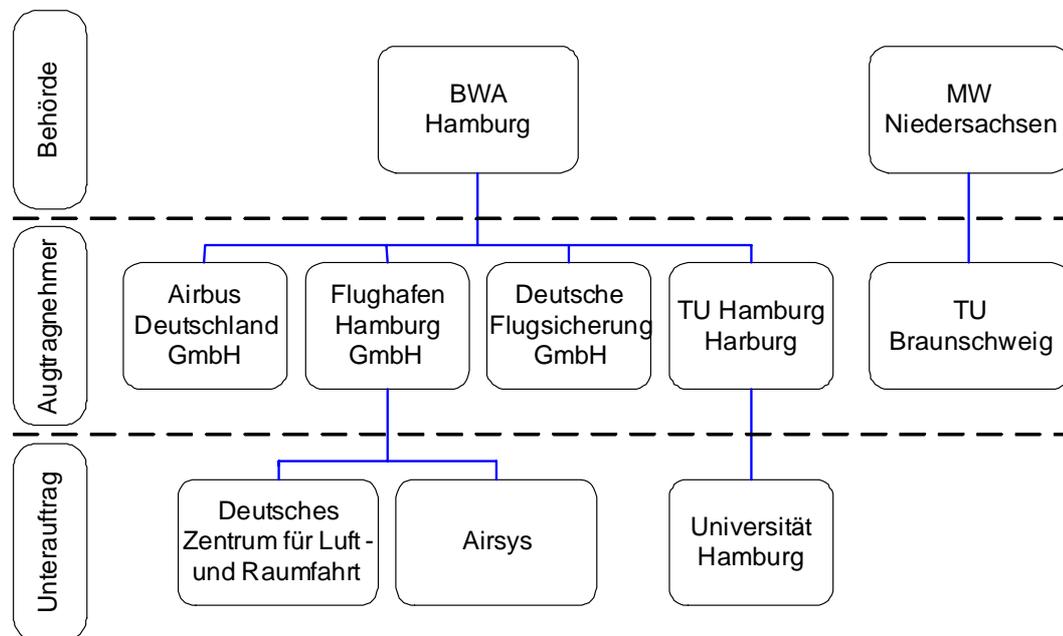


Abbildung 1-1: Strukturierung des Projektteams

1.4 Arbeitspaketstruktur

Die folgende Übersicht zeigt die Struktur der Arbeitspakete

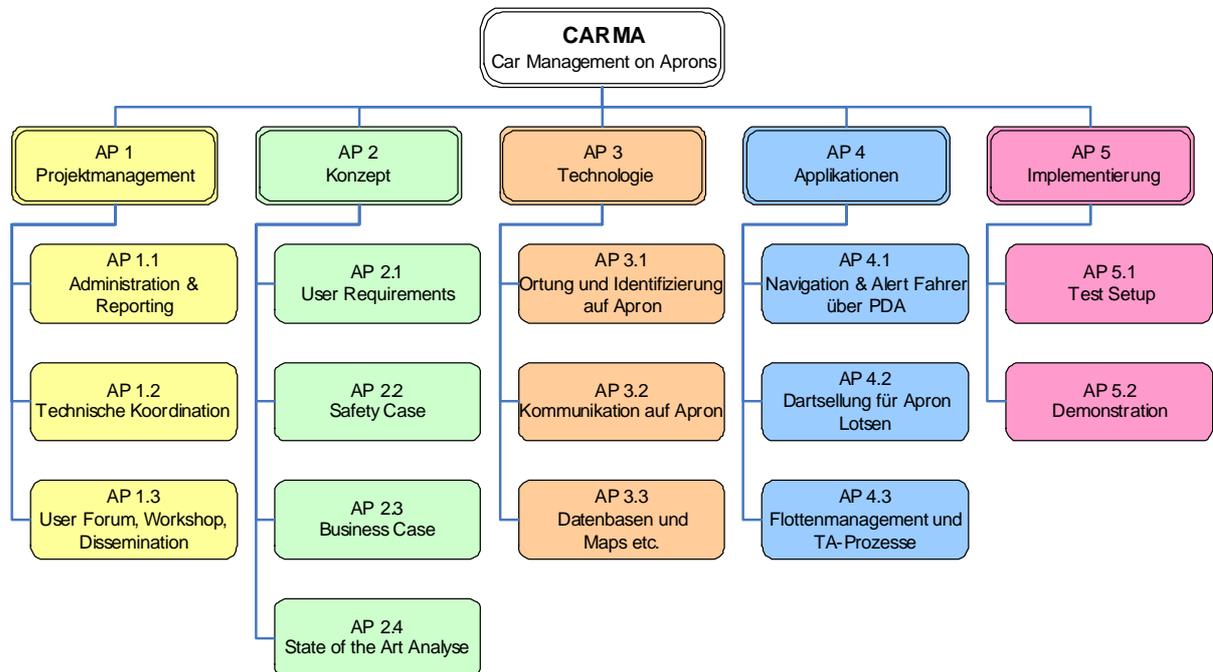


Abbildung 1-2: Strukturierung Arbeitspakete

1.5 Zeitplan

Aufgrund der aufgetretenen Verzögerungen bei der Versendung der Zuwendungsbescheide, einiger Verschiebungen innerhalb der Arbeitspakete und der Verlängerung des Projektes ergibt sich der folgende angepasste Zeitplan:

	4Q 2006	1Q 2007	2Q 2007	3Q 2007	4Q 2007	1Q 2008	2Q 2008
Admin. Management Technische Koord. User Forum & WS.							
User Requirements Safety Case Business Case State-of-the-Art							
Ortung & Ident Kommunikation Datenbasen							
Navi. und Alert Fahrer Darstell. Apronlotse Flotten, Turn-Around							
Test-Setup Test & Demonstration							

Abbildung 1-3: Angepasster Projektzeitplan

2 Ergebnisse

Im Folgenden wird detaillierter auf die Ergebnisse des Projektes eingegangen.

2.1 Projektmanagement

Der Verbundführer FHG leitete das Projekt. Bereits bei der Antragstellung wurde vereinbart, dass das DLR die FHG hinsichtlich der Projektdurchführung unterstützt. Das DLR hat dabei die technische Koordination der Arbeiten in der Testplattform und die Koordination der Zusammenarbeit der Partner mit den entsprechenden Arbeitstreffen übernommen.

Arbeitstreffen

Der Verbund hat sich zur gegenseitigen Information und zur Abstimmung der Arbeiten in regelmäßigen Abständen im Gesamtverbund getroffen. Zusätzlich dazu wurden themenbezogene kleinere Treffen abgehalten. Im Rahmen von mehreren Integrations-Zusammenkünften in der Testplattform wurde die technische Umsetzung des Demonstrators vorangetrieben.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Testplattform, die im Sicherheitsbereich des Flughafens liegt, nicht öffentlich zugänglich ist und somit Zutrittsberechtigungen für die Projektpartner organisiert werden mussten.

User Workshop

Von den im Antrag vorgesehenen zwei User Workshops wurde nur einer während der Laufzeit des Projektes abgehalten. Im Gegensatz zu der geplanten Aufnahme von Anforderungen aus der Sicht möglicher Nutzer, konnte nur eine grundsätzliche Informationsveranstaltung erzielt werden. Der zweite Workshop, bei dem die Ergebnisse des Projektes und die erstellten Konzepte und Überlegungen den verschiedenen Stakeholdern präsentiert werden sollen, kann erst nach Ablauf des Projektes stattfinden.

Dissemination

Das Projekt CARMA wurde auf dem „International Workshop On Aircraft System Technologies 2007“ (AST) im März 2007 vorgestellt. Des Weiteren wurden erste Ergebnisse im Rahmen des 1. WFF Review Meeting in Frankfurt vorgetragen.

Website und Teamsite

Zum Datenaustausch und als Kommunikationsplattform wurde vom DLR eine Teamsite eingerichtet. Für alle Projektpartner bestand hierbei ein gesicherter Zugriff auf die Projektdokumente und Projektinformationen.

Der Verbund hat sich auch auf die Einrichtung einer Internetseite geeinigt. Diese enthält Informationen zum Projekt, zu den Projektpartnern und bietet die Möglichkeit, die veröffentlichten Dokumente herunterzuladen. Die Webseite ist unter <http://carma.ti5.tu-harburg.de> zu erreichen

Demonstration

Im Rahmen einer Demonstration sollte gegenüber der Behörde für Wirtschaft und Hamburg, dem Projektträger Luftfahrt des DLR und Vertretern der Verbundpartner der gemeinsam entwickelte Demonstrator vorgestellt werden. Die Demonstration wurde am 11.06.2008 im Arbeitsraum der Testplattform im Gebäude der DFS durchgeführt. Neben der Leitzentrale, die im Testraum aufgebaut war, konnten die Teilnehmer auch in Fahrzeugen mitfahren.

Umbenennung / Zusammenlegung von Dokumenten

In Absprache mit dem Projektträger wurden folgende Änderungen an der zu liefernden Dokumentation vorgenommen. Einige Arbeitsanteile mussten verschoben werden, da sie als nicht realisierbar erkannt wurden.

AP	Dokument	Kommentar
2	D211 User Requirements	Umbenannt D211 Anforderungen an das Fahrzeugmanagement-System aus Benutzersicht (Inhalte leicht geändert, da wenige Anforderungen direkt von den Nutzern kamen)
2	D231 Business Case	Umbenannt D231 Cost Benefit Analyse (Business Case stellt eine umfassendere Untersuchung dar)
2	D231 Cost Benefit Analyse	Es wurden zusätzliche Inhalte betrachtet. Umverteilung von Arbeitsanteilen aus AP 4.3
3	D331 Bestandsaufnahme	Umbenannt D331 Datenbanken und Maps
4	D411 Navigation & Warnung Fahrer über PDA	Umbenannt D411 Beschreibung Mobilclient
4	D421 Operationelles Konzept	Umbenannt D421 Konzept Fahrzeugdarstellung auf Aprondisplay
4	D433 Bedarfsanalyse D434 Analyse und Optimierung	Dokumente wurden zusammengelegt in D431 Ist-Analyse Turnaround
4	D431	Untersuchungen zu virtuellen Sensoren im Flugzeug wurden nicht durchgeführt. Arbeitsanteile wurden in das AP2.3 Cost Benefit Analyse verschoben
5	Test Setup	Geändert in D511 Beschreibung Testsystem

Tabelle 2-1: Änderungen in Dokumentation und Arbeitsinhalten

Berichte

Während der Projektlaufzeit wurden zwei Zwischenberichte durch die Zuwendungsempfänger erstellt (2006 und 2007). Anfang 2008 wurde im Zusammenhang mit dem Antrag auf Verlängerung ein Status-Treffen mit dem Projektträger abgehalten, das als Entscheidungshilfe für eine Verlängerung dienen sollte.

Verlängerung

Mit einer Laufzeit von 18 Monaten war das Projekt von November 2006 bis April 2008 geplant. Aufgrund von Verzögerungen bei der Versendung der Zuwendungsbescheide und einigen Verschiebungen im Projekt hat sich der Verbund entschieden eine Verlängerung von drei Monaten zu beantragen. Diesem Antrag wurde vom PT stattgegeben, so dass das Projekt am 31.07.2008 beendet wurde.

2.2 Arbeitspaket Konzept

Das Arbeitspaket gliedert sich in vier Unterarbeitspakete, die im Folgenden aufgezeigt werden. „Konzept“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf grundlegende Überlegungen zum Thema Fahrzeugeinsatz. Hierzu gehören neben der Aufstellung von Anforderungen und Betrachtungen zu aktuell verwendeten Systemen und Technologien auch Untersuchungen zu Aspekten der Sicherheit und der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

2.2.1 Anforderungen an das Fahrzeugmanagement-System aus Benutzersicht

Die ursprüngliche Zielrichtung des Arbeitspaketes, die von potentiellen Nutzern geäußerten Anforderungen aufzunehmen, musste verändert werden. Im Rahmen eines User Workshop am 18.04.2007, wurde klar, dass die dort genannten Anforderungen nicht ausreichten, um einen notwendigen Anforderungskatalog zu erstellen, der für die Entwicklungen im Projekt genutzt werden könnte. Aus diesem Grund wurden auch Anforderungen erarbeitet, deren Erfüllung der Verbund aufgrund seiner eigenen Erfahrungen auf dem Gebiet A-SMGCS für sinnvoll und erforderlich hielt und die seitens der ICAO im Dokument 9830 „Manual on Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS)“ empfohlen und innerhalb des Projekts EMMA bereits validiert und entsprechend dokumentiert worden sind.

Der ursprüngliche Titel des entsprechenden Dokumentes wurde daher von „User Requirements“ in „Anforderungen an das Fahrzeugmanagement-System aus Benutzersicht“ geändert, um darzulegen, dass auch Anforderungen aufgenommen wurden, die nicht direkt von den Nutzern eingebracht wurden.

Der erste Teil des Dokuments „User Requirements“ beschreibt die grundlegenden operationellen Anforderungen der identifizierten Nutzer, nämlich der

- Betreiber von Bodenabfertigungsdiensten (Groundhandler) an die Darstellung auf ihren Bodenverkehrslage-/Managementdisplays
- Lotsen der Vorfeldkontrollstelle an die Darstellung auf ihren Bodenverkehrslagedisplays
- Führer von Fahrzeugen an die Darstellung ihres eigenen Standortes sowie der Gesamtbodenverkehrslage auf ihren Mobilgeräten.

Der zweite Teil des Dokuments listet detailliert die technischen Anforderungen auf

- Technische Requirements Allgemein
- Technische Requirements Verkehrslage
- Technische Requirements Management
- Technische Requirements Mobil-Client
- Technische Requirements HMI.

Die Art und Weise der Darstellung der Anforderungen und ihr Detaillierungsgrad wurde an bereits bewährte EC – EMMA Dokumente angelehnt.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass eine Funktionalität zum Management der Fahrzeuge nur für die eigentlichen Betreiber der Flotten benötigt wird. Nutzer wie Flughafen oder Vorfeldkontrolle profitieren im Wesentlichen von der Information der Position der Fahrzeuge. Schon durch die Darstellung der Verkehrslage können hier Planungs- und Sicherheitsaspekte verbessert werden.

Als weiteres Ergebnis wurde klar, dass bei der Darstellung der Fahrzeuge darauf geachtet werden muss, dass die eigentliche Aufgabe der Nutzer nicht beeinträchtigt wird. Es ist eine entsprechende Filterfunktionalität wichtig.

Relevantes Dokument:

D211	Anforderungen an das Fahrzeugmanagement-System aus Benutzersicht	D211_UR_V100.pdf
------	--	------------------

2.2.2 Safety Case

Das Arbeitspaket untersucht, inwiefern ein System, wie es CARMA darstellt, bei der Vermeidung von Unfällen und Zwischenfällen mit Beteiligung von Fahrzeugen behilflich sein kann.

Dazu werden Vor- und Unfälle untersucht, die sich auf den Vorfeldern weltweit ereignet haben. Ausgewertet werden Unfallberichte der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU), der Lufthansa-Technik AG und der englischen und amerikanischen Luftfahrtbehörden. Ausgewählte Beispiele werden durch Aufspaltung in einzelne Teilereignisse analysiert, welche dann mittels Fehlerbäumen miteinander vernetzt werden.

Es wurde auf verschiedene Quellen zurückgegriffen, die entsprechende Berichte, Studien oder Statistiken bereitstellten. Die betrachteten Daten stammen von folgenden Einrichtungen bzw. Firmen:

- ICAO,
- BFU,
- Lufthansa Technik,
- Flughafen Hamburg,
- AAIB (England),
- NTSB (USA),
- ATSB (Australien),
- Flight Safety Foundation,
- Onnetomuustutkintakeskus (Finnland).

Aus den vorliegenden Berichten wurden folgende Zwischenfälle genauer untersucht:

- Unfall von einer Boeing 747 und einer MD-87 in Frankfurt/Main (Kollision zwischen Flugzeug und geschlepptem Flugzeug bei sehr schlechter Sicht)
- Kollision einer Boeing 727 mit einem Bus in Denver, CO (Zusammenstoß Flugzeug / Bus an schlecht einsehbarem Bereich bei Nacht)
- Kollision einer Boeing 727 mit einem Gepäckwagen in Philadelphia (Zusammenstoß durch verringertes Situationsbewusstsein)
- Kollision einer DC-9 mit einem Tankwagen in Philadelphia (Zusammenstoß Luftfahrzeug / Tankwagen wegen eingeschränkter Sicht)
- Kollision einer MD-88 mit einem Gepäckwagen in Cincinnati (Grobe Fahrlässigkeit bei Zusammenstoß auf überschaubarer Fläche)
- Kollision einer A319 mit einer Stehleiter (Ansaugen einer Leiter durch ein Triebwerk, an einem selten verwendeten, nicht korrekt überprüften Standplatz)

- Runway Incursion in Sydney am 20. Oktober 2005 (Fast Zusammenstoß einer startenden und einer geschleppten Maschine, durch Verständigungs- und Zuordnungsprobleme)

Die Untersuchungen der Unfälle zeigen, dass Unaufmerksamkeit, störungsbehaftete Funkübertragung, Unübersichtlichkeit, widrige Witterungsbedingungen, organisatorische Mängel, technische Mängel und grobe Fahrlässigkeit die Hauptfaktoren für die Zwischenfälle waren.

Folgende Punkte können hinsichtlich der Sicherheit und der Verwendung von Systemen wie CARMA festgehalten werden

- Die meisten Unfälle auf Vorfeldern sind Bagatellschäden und entstehen durch Nachlässigkeiten im Umgang des Personals mit Geräten und Fahrzeugen, wie z.B. beim Rangieren von Fluggasttreppen. Diese sind auch mit einem System wie es in CARMA geplant ist nicht zu vermeiden.
- Schwerere Unfälle scheinen dagegen möglicherweise vermeidbar, da diese oft bei höheren Geschwindigkeiten geschehen sind, wodurch zum einen ein höherer Sachschaden und zum anderen auch schwerer Personenschaden entstanden ist.
- Ein CARMA-System kann sicherlich auch Verletzungen vermeiden und Menschenleben bewahren, was zusätzlich für einen derartigen Einsatz spricht. Aus diesen Gründen ist anzunehmen, dass sich ein System wie in CARMA geplant, rein finanziell nach einigen Jahren amortisieren sollte.
- Das Personal muss im Umgang mit dem System ausreichend geschult werden, damit auch ein Sicherheitsgewinn gewährleistet werden kann. Grobe Fahrlässigkeiten einzelner Personen lassen sich niemals ausschließen, schwere Unfälle ebenso wenig.

Relevantes Dokument:

D221	Safety Case	D221_SC_V100.pdf
------	-------------	------------------

2.2.3 Business Case

Im Rahmen des Arbeitspaketes sollten erste grundlegende Untersuchungen zu wirtschaftlichen Fragestellungen eines Fahrzeug-Managementsystems erfolgen. Bei ersten Gesprächen wurde jedoch schnell klar, dass es im Interesse mehrerer Partner ist, diese Thematik umfangreicher als geplant zu untersuchen. Besonders der Umstand, dass hinsichtlich der Bewertung unterschiedliche Zielrichtungen und Methoden möglich sind, hat dazu geführt, dass die Untersuchungen in zwei, voneinander gut abzugrenzenden Teilbetrachtungen durchgeführt wurde und der Fokus deutlich erweitert werden konnte. Es hat sich weiterhin herausgestellt, dass der Begriff „Business Case“ für die Untersuchungen nicht geeignet ist, sondern die Begriffe „Cost Benefit Analyse“ und „Nutzenbewertung von Innovationen“ die Arbeiten besser beschreiben.

Relevantes Dokument:

D231	Cost Benefit Analysis	D211_CBA_V100.pdf
------	-----------------------	-------------------

2.2.3.1 Cost Benefit Analyse

Im Teil I, liegt der Schwerpunkt auf einer quantifizierbaren Technologiebewertung im Rahmen einer „Cost Benefit Analysis“. Dazu wurde die Integration der Technologie CARMA (Car Management on Aprons) am Flughafen Hamburg Fuhlsbüttel analysiert.

Es wurde eine ereignisgesteuerte Simulation aufgebaut, die zum Einen das Referenzszenario (Zustand heute) und zum Anderen das Technologieszenario (mit CARMA Integration) beinhaltet. Ausgehend von statistischen Analysen, wurde ein synthetisches Referenzszenario gebildet, das den Einsatz der Bodenfahrzeuge zur Abfertigung der Flugzeuge in dem tatsächlichen täglichen Bedarf simuliert und als technologische Messgröße die relative Nutzung der Bodenfahrzeugflotte zum Ergebnis hat.

Als Messgröße der Technologie bietet sich die Metrik „Nutzenerhöhung“ an, um die höhere Effizienz durch das Car-Management aufzuzeigen.

In der CBA wird üblicherweise den Technologiekosten ein zu erwartender Benefit gegenüber gestellt und die Zeitspanne bis zum Erreichen der Rentabilitätsschwelle ermittelt.

Da im Projekt eine Simulation des Car-Managements nicht vorgesehen war, und somit die Benefit-Ermittlung nicht vorgesehen war, muss die CBA einen umgekehrten Weg einschlagen, indem sie eine Benefit-Forderung erhebt, um die notwendigen technologiebedingten Investitionen in vertretbarer Zeit amortisieren zu können. Die Spezialisten der BVD müssen dann erklären, ob die Annahmen zur Nutzensteigerung der Bodenflotte realistisch erscheinen.

Nach Aufbau und Kalibrierung des Referenzszenarios wurde die relative Nutzung der Fahrzeugflotte des „Bodenverkehrsdienstes“ ermittelt. Zusätzlich wurde ein zukünftiges Verkehrswachstum simuliert, um die Bedingungen der zukünftigen CARMA Technologie im richtigen Rahmen analysieren zu können.

Mit der Benefit-Forderung einer Erhöhung der relativen Nutzung um beispielsweise 0,6%-Punkte, würden sich die erforderlichen Investitionen in die CARMA Technologie innerhalb von 3 Jahren amortisieren. Die angenommene Benefit-Forderung wurde mit einer Sensitivitätsberechnung, sowie mit einer Risiko-Betrachtung auf ihre Machbarkeit überprüft.

Das Ergebnis der Cost Benefit Analyse zeigt, dass die relative Nutzenerhöhung der Fahrzeugflotte in dieser Simulation nicht zu hoch angesetzt ist, und sollte von den Experten für den Einsatz von Bodenfahrzeugen auf ihre Realitätsnähe überprüft und bestätigt werden.

2.2.3.2 Nutzen-Bewertung von CARMA Innovationen

Im Teil II wird der Versuch unternommen, die ‚Benefit‘-Seite der CBA dahingehend zu fundieren, dass ‚Car Management on Apron‘ (CARMA) - Lösungen einen ökonomischen Bewertungsbeitrag erhalten. Die Analyse geht über die unmittelbaren Kosteneinsparungen spezifischer CARMA-Innovationen beim Investor bzw. beim Betreiber deutlich hinaus. Sie beziffert die Vielfalt an Wertschöpfungsbeiträgen, wie diese aus CARMA induzierten Verbesserungen der Verkehrsführung auf dem Vorfeld für die unterschiedlichen Vorteilnehmergruppen des Flughafen-Bereichs resultieren.

Die Untersuchungen gliedern sich dabei in drei wesentliche Schritte

- den ‚Nutzen‘ einer verbesserten Verkehrsführung als ‚**Eigenschaft**‘ zur ‚Bedürfnisbefriedigung‘ zu erfassen und diese im ‚**Ausmaß**‘ der Wertschätzung zu beziffern (dies beruht auf der Definition von Nutzen, bei der Eigenschaft und Ausmaß zu berücksichtigen sind),
- die **Wertschätzung** nach den verschiedenen Wirtschaftssubjekten – den sog. ‚stakeholders‘ - differenziert vorzunehmen und
- die Bemessung von Nutzen **monetär** vorzunehmen, dass er als Investitions-, ‚output‘ möglichst kongruent den Kosten - als monetär bewerteten Mittel-, ‚input‘ – gegenüber gestellt werden kann.

Als Ergebnis der Arbeiten liegt eine allgemein anwendbare Systematik zur Nutzenermittlung vor. Für die Bemessung des monetären Nutzens wurde im Rahmen des Projektes CARMA die Systematik am Beispiel eines mit Hamburg vergleichbaren Flughafens in eine Beispielbetrachtung überführt.

Es wird angenommen, dass die Einführung der in CARMA verwendeten Technologien und Systeme zu einer Verbesserung der Führungsfähigkeiten führt. Als Ergebnis dieser verbesserten Führungsfähigkeit ergeben sich verschiedenen Kategorien der Wertschöpfung und die Vorteilnehmergruppen, die in der folgenden Tabelle dargestellt sind.

Kategorien der Wertschöpfung	Vorteilnehmer-Gruppen
Kosten-Entlastung	Airlines
Kapazitäts-Steigerung	Airport Gesellschaft
Safety-Erhöhung	Air Traffic Control
Arbeitseffektivitäts-Steigerung	Passagiere
Umweltverträglichkeits-Verbesserung	Luftfahrtstandort
Luftfahrtstandort-Fundierung	

Tabelle 2-2: Identifizierte Kategorien der Wertschöpfung und Vorteilnehmergruppen

Da nicht alle Vorteilnehmergruppen von allen Kategorien der Wertschöpfung profitieren, wurde eine Matrix erarbeitet, die diese Zuordnung abbildet. Auf Basis dieser Zuordnung wurden dann die jeweiligen Nutzenberechnungsansätze entwickelt.

Mit Unterstützung des Flughafens Hamburg wurden Beispieldaten und realistische Annahmen erarbeitet, die dann in die Berechnungsansätze eingeflossen sind. Als Ergebnis konnte für jede Vorteilnehmergruppe eine monetäre Aussage über mögliche Effekte getroffen werden.

Die wichtigsten Ergebnisse der Nutzen-Analyse können in drei Thesen zusammengefasst werden:

- (1) Technische Innovationen zur Verbesserung der Flottenführung lassen sich in der Breite ihrer ökonomischen Vorteilhaftigkeit nicht nur ‚lediglich qualitativ‘ bestimmen. Eine Nutzenberechnungssystematik – basierend auf der Analyse technischer Fähigkeiten zur Verkehrsführung, von erwarteten Wirkungsergebnissen der Verkehrsführung und von daraus generierten Wertschöpfungspotentialen – ermöglicht die Berechnung des monetären Nutzens. Dieser fließt nicht nur an den Investor selbst zurück sondern kommt in erheblichem Maße recht unterschiedlichen Vorteilnehmer-Gruppen zu.
- (2) CARMA Innovationen sind in ihrer Zweckbindung letztendlich auf eine beschleunigte Abfertigung von Flugbewegungen und auf die stets zu verbessernde Sicherheitslage ausgerichtet. Die Wirkungsanalyse lässt eine signifikante ‚Safety‘- Verbesserung auf dem Apron ebenso erwarten wie das Potential, die Geschwindigkeit pro abgefertigter Flugbewegung um ca. 1 min – dieses entspricht einer ‚turn around‘- Beschleunigung pro Flugzeug von 2 min - zu erhöhen.
- (3) CARMA induzierte Führungssystem-Verbesserungen lassen ein erhebliches und periodisches Nutzenpotential in monetären Größen erwarten. Sie können anhand eines integrierten Rechenmodells in Abhängigkeit vorzugebender Parameter-Eingaben nach Vorteilnehmern simuliert werden.

2.2.4 State of the Art

Um zukunftsichere Anwendungen zum Fahrzeugmanagement entwickeln zu können, hat der Verbund den gegenwärtigen Stand der operationellen Verfahren zur Flugzeugabfertigung auf dem Vorfeld des Flughafens Hamburg nebst der dabei gegenwärtig eingesetzten technischen Systeme analysiert und beschrieben. Zusätzlich hat er bereits heute verfügbare zukunftsichere Technologien zur Ortung und Identifizierung, Einsatzplanung und Führung, sowie Kommunikation und Darstellung zusammengestellt. Diese Zusammenstellung diente dem Verbund als Grundlage für weitergehende Betrachtungen bei der Bewertung und Auswahl geeigneter Technologien für den CARMA-Demonstrator im AP „Technologie“.

2.2.4.1 Verfahren zur Flugzeugabfertigung

Am Beispiel eines Kurz und Mittelstreckenflugzeuges und eines Langstreckenflugzeuges wurden exemplarisch die Abläufe einer Flugzeugabfertigung beschrieben. Dabei wurden die kritischen Vorgänge und die Einschränkungen aufgrund gesetzlicher Vorgaben beschrieben.

Die Verbesserung der Abfertigung von Luftfahrzeugen am Boden, sowie die Verkürzung der Bodenabfertigungszeiten, sind immer wieder Gegenstand verschiedener Forschungsaktivitäten. Am erfolgversprechendsten sind die Ansätze, die weniger auf die Optimierung der Einzelvorgänge, als vielmehr auf die Verbesserung der Koordination der Abläufe setzen.

Dazu gehört auch die Schaffung der erforderlichen Schnittstellen zu den luftseitigen und landseitigen Steuerungs- und Planungssystemen. Damit kann auch der Datenaustausch zwischen den weit verzweigten Akteuren des Turnaround-Prozesses standardisiert werden, welches einerseits die Einführung derartiger Konzepte zur gezielten instrumentellen Verknüpfung beim Flottenmanagement beschleunigt und andererseits die Kosten deutlich reduzieren hilft, wie sie klassischerweise bei den derzeit teilweise vorhandenen Insellösungen zu beobachten sind.

2.2.4.2 Technische Systeme

Im AP wurden verschiedenste Technologien kurz beschrieben und auf deren Verwendung in relevanten Projekten eingegangen. Betrachtet wurden dabei

- GPS, EGNOS, D-GPS
- GALILEO
- Ortung in WLAN-Netzen
- Ortung in GSM-Netzen
- Radar - PSR/SSR/ASR
- Multilateration mit Mode-S Transpondern

und deren Einsatz in Forschungsprojekten und Systemen wie EMMA, SAMSON, CRISTAL TIS-B, Proveo, Ismael, ETNA und RFID.

Bei der Planung und Führung von Bodenfahrzeugen und dem damit verbundenen Personalaufwand gibt es deutliche Unterschiede an den Flughäfen innerhalb Europas. Aus Besuchen auf verschiedenen Flughäfen geht hervor, dass die Spanne von „Papier und Bleistift“ bis hin zu umfangreichen, computerunterstützten Systemen reicht. Als wesentliche Kriterien sind hier die Größe und Komplexität der Flughäfen und der beteiligten Unternehmen anzusehen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass an größeren Flughäfen bereits speziell entwickelte Systeme zum Einsatz kommen. Die Verwaltung der extrem hohen Anzahl an Personal und

Geräten bei größeren Firmen ist ohne eine rechnerbasierte Systemunterstützung nicht mehr leistbar.

Bei kleineren Dienstleistern, mit begrenzten Ressourcen (Equipment und Personal) und einem geringen Anteil an der Abfertigung am Flughafen, ist eine Unterstützung durch Computersysteme sehr selten vorhanden. Hier ist der Mensch immer noch in der Lage, die Planung per Hand vorzunehmen, die aktuelle Situation zu überblicken und bei Problemen entsprechende Lösungen zu finden.

Unabhängig vom Einsatz erforderlicher Systeme zur Ressourcenplanung, dienen die zwischen Fahrzeug und Einsatzzentrale ausgetauschten Informationen oftmals zur Dokumentation der Prozessvorgänge und werden somit als Nachweis zu Abrechnungszwecken und zur Dokumentation der Einhaltung von vertraglich geregelten Leistungen verwendet.

Betrachtete Systeme sind hier TESS (Transport-Einsatz-Steuerungssystem), PADILOS II, GVS (Geräteverfügbarkeitssystem), ETNA, PLANDIS, die im Wesentlichen am Flughafen Frankfurt eingesetzt wurden.

2.2.4.3 Kommunikation

Drahtlose Kommunikationstechnologien sind die zukünftige Basis für die Kommunikation von Bodenfahrzeugen mit ihren Leitstellen, Managementsystemen und den Vorfeldlotsen. Es wurden daher auch Kommunikationstechnologien betrachtet, die in Forschungsprojekten verwendet wurden oder darüber hinaus vielversprechend sind. Dazu gehören

- Sprechfunk
- GSM / GPRS
- UMTS
- TETRA
- WLAN
- WiMAX
- Mode S Extended Squitter
- VDL Mode 4

Als Anwendung wird die am Flughafen Hamburg eingesetzte Software KW-Online und QDisp beschrieben.

2.2.4.4 Fahrzeugseitige Führung

Auf vielen Flughäfen in Deutschland sind noch keine fahrzeugseitigen Führungskomponenten installiert. Die Fahrer werden per Dienstplan über ihre Aufgaben informiert, Änderungen oder Zusatzaufgaben werden per Funk weitergegeben. Auch Freigaben werden über Funk erteilt. Zusammenstöße und Behinderungen sollen durch entsprechende Führung per Funk und die Umsicht des Fahrers vermieden werden.

Systeme mit fahrzeugseitigen Komponenten werden am Flughafen Frankfurt für die Feuerwehr (ETNA), am Flughafen München (System der Firma ‚Kratzer Automation‘) und zurzeit auch in Hamburg (QDisp) eingesetzt.

2.2.4.5 Forschungsprojekte

Es wurde zusätzlich untersucht, inwieweit abgeschlossene und laufende Forschungsprojekte thematisch mit den Ansätzen und Ideen von CARMA verbunden sind. Auch wenn viele der

relevanten Projekte auf den Bereich der Luftfahrzeuge abzielen, besitzen Erkenntnisse aus diesen Projekten eine Relevanz zu CARMA.

EMMA

Das Projekt stellt ein reines A-SMGCS Projekt dar, das sich mit A-SMGCS Level 1 und 2 beschäftigt. Auf der Basis des ICAO A-SMGCS Manuals und des EUROCONTROL A-SMGCS Konzepts wurde ein EMMA A-SMGCS-Konzept entwickelt, das die vier Basisfunktionen

- Surveillance
- Control
- Planning
- Guidance

und die damit verbundenen Services detailliert beschreibt.

Das Projekt definiert umfangreiche Requirements hinsichtlich der Funktionen Surveillance und Control, die zum Teil für das CARMA-System übernommen wurden. Die Ausrüstung von Fahrzeugen ist auch bei der ICAO und der Eurocontrol in den Konzepten enthalten. Hier geht es im Wesentlichen um Fahrzeuge, die Start- und Landebahnen benutzen. Bei einer Kopplung eines operationellen A-SMGCS und eines CARMA-Systems müssen die Anforderungen, Spezifikationen und Schnittstellen jedoch miteinander harmonisieren. Insofern sind die Erfahrungen und Empfehlungen aus diesem Projekt und dem Folgeprojekt EMMA2 von Interesse für die Umsetzung eines Fahrzeugmanagementsystems.

SAMSON

Ziel des Vorhabens SAMSON war eine Machbarkeituntersuchung zur Realisierung eines kostengünstigen Systems für die Überwachung von Bewegungen von Fahrzeugen und Flugzeugen auf den Flughafenbewegungsflächen kleiner oder mittlerer Flughäfen ohne jegliche Bodenüberwachungs-Infrastruktur, wie z.B. Bodenradar.

Das Projekt wurde nur in einigen Teilen durchgeführt, hat aber gezeigt, dass eine technische Lösung grundsätzlich realisierbar ist. Die Positionsgenauigkeit ist dabei stark von den verwendeten Systemen abhängig.

CRISTAL TIS-B

Das Projekt besitzt in sofern Relevanz, als es sich mit der Verteilung der Verkehrslage (TIS-B Traffic Information System - Broadcast) beschäftigt, die auch in CARMA umgesetzt wird. Dabei geht es um die Übermittlung der eigenen Position an alle anderen ausgerüsteten Verkehrsteilnehmer (broadcast) und den Empfang und die Darstellung der von der anderen ausgestrahlten Informationen. Es ergibt sich daraus eine Gesamtverkehrslage.

Die Ergebnisse der Phase I zum System Design und zu den Anforderungen an Ground System und Airborne System sind für CARMA besonders interessant.

AIRNET

Von besonderem Interesse war das Projekt AIRNET. AIRNET ist ein Forschungsprogramm mit dem Ursprung im 6. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission. Erst im Laufe der Recherchen im Rahmen von CARMA wurde klar, dass die Ziele und Ansätze von Airnet und CARMA ähnlich sind.

Relevantes Dokument:

D241	State of the Art	D241_OI_V100.pdf
------	------------------	------------------

2.3 Arbeitspaket Technologie

Die Zielsetzung dieses AP war die Analyse, Bewertung, Empfehlung und Auswahl der im CARMA-Demonstrator zum Einsatz kommenden Technologien.

- zur Ortung und Identifizierung von Fahrzeugen auf dem Apron
- zur Darstellung der Bodenverkehrslage und der Fahraufträge auf Displays
 - der Einsatzzentrale
 - der Fahrzeuge
- zur Kommunikation der Einsatzzentrale mit den Fahrzeugen auf dem Apron
- zu Datenbasen, Maps, etc.

2.3.1 Bewertung von Technologien zur Ortung und Identifizierung

Im Arbeitspaket wurden existierende Technologien zur Ortung und Identifizierung untersucht. Nach einer zunächst theoretischen Analyse wurden zwei Ortungstechnologien (GPS, WLAN-Ortung) für eine praktische Evaluation am Flughafen Hamburg ausgewählt. Kriterium war jeweils die Einsatztauglichkeit der Technologie für die Überwachung der Bodenfahrzeuge.

Die theoretische Analyse der in Frage kommender Ortungstechnologien beleuchtete den Einsatz von Bodenradaranlagen, satellitengestützten Ortungstechnologien (z. B. GPS und Galileo), WLAN- und Mobilfunk-Ortung sowie Bodensensorik. Die Auflösung des am Flughafen Hamburg installierten Bodenradars reicht nicht um Bodenfahrzeuge darzustellen. Neue Radare sind relativ teuer und erfordern eine zusätzliche Identifikation der Fahrzeuge.

Bodensensorik, wie sie z.B. im Container Terminal Altenwerder angewendet wird, flächendeckend auf dem Vorfeld, den Vorfeldrand- und Betriebsstraßen zu installieren ist nur mit erheblichem Aufwand zu realisieren und scheidet damit für den Flughafen aus.

Zu teuer erscheint auch die Verwendung von Flugzeug-Transpondern für den Einsatz in Multilaterationssystemen, wie sie beim A-SMGCS zum Einsatz kommen. Für die relativ kleine Anzahl an Fahrzeugen die die Runways befahren werden, sollen die Transponder weiterhin zum Einsatz kommen (auch in Hamburg). Für die weitaus größere Anzahl von Fahrzeugen im Vorfeldbereich ist das jedoch keine Lösung.

Im Vergleich zur Mobilfunk-Ortung ist bei WLAN eine größere Ortungsgenauigkeit zu erwarten, da am Flughafen Hamburg das WLAN kleinere Zellenradien aufweist. Galileo ist aktuell noch nicht verfügbar. Damit sind GPS und die WLAN-Ortung die vielversprechendsten Ortungstechnologien und wurden für die praktische Evaluation am Flughafen Hamburg ausgewählt. Da beide gewählte Ortungstechnologien voraussetzen, dass die Fahrzeuge kooperativ sind, reduziert sich das Problem der Identifikation auf das Senden der Kennung jedes Fahrzeugs. Nicht kooperative Ziele (keine eigenständige Übermittlung der Identifikation) werden nicht berücksichtigt.

Am Flughafen Hamburg durchgeführte Messfahrten haben ergeben, dass GPS die zuverlässigste, genaueste und preiswerteste Ortungstechnologie ist. Insbesondere mit Korrekturdaten eines Referenzempfängers (D-GPS) ist die Ortung, für die im CARMA-Projekt betrachtete Anwendung, in Außenbereichen ausreichend. Im terminalnahen Bereich ist GPS aufgrund von Störeinflüssen und Abschattungen als kritisch zu bewerten.

Die untersuchte komplementäre Ortungstechnologie WLAN kann die Genauigkeit von GPS nicht erreichen, erlaubt aber eine Ortung in Innenräumen. Sie könnte außerdem zusätzlich zu GPS eingesetzt werden, um durch die Kombination die Genauigkeit zu erhöhen. Mit reiner WLAN-Ortung wurde auf dem Vorfeld unter günstigen Bedingungen eine Genauigkeit von 80 Metern ermittelt (bei 90 % der Messungen).

Für den Demonstrator hat sich der Verbund entschieden, GPS zur Ortung einzusetzen. Zusätzlich könnte die WLAN-Ortung dort eingesetzt werden, wo – vor allem in Innenräumen – eine Ortung mit GPS nicht möglich ist. Die Identifikation wird realisiert, indem jedes Fahrzeug zusätzlich zu seinen Positionsdaten auch seine Vehicle-ID versendet.

Die TUHH hat einen Ansatz zur Ortung kleiner Fahrzeuge bzw. Gräte ohne eigene Stromversorgung (z. B. Schleppstangen, Gepäckanhänger, mobile Treppen) entwickelt, die nicht im Projektantrag enthalten ist, aber von Bodenverkehrsdiensten benötigt wird. Der Ansatz konnte allerdings im Projekt nicht mehr in einen Demonstrator umgesetzt werden, dieses soll jedoch im Nachfolgeprojekt WFF geschehen soll.

Relevantes Dokument:

D311	Bewertung von Technologien zur Ortung und Identifizierung	D311_OI_V100.pdf
------	---	------------------

2.3.2 Kommunikation auf dem Apron

Das Arbeitspaket analysiert mögliche Technologien zur drahtlosen Kommunikation von Bodenfahrzeugen auf dem Vorfeld mit dem kabelgebundenen Flughafen-System, unter besonderer Beachtung der Gegebenheiten am Flughafen Hamburg.

In einem theoretischen Teil wurde die prinzipielle Eignung aktueller drahtloser Kommunikations-Technologien für die Anforderungen auf dem Flughafen untersucht. Für

- Bluetooth
- Zigbee
- IrDA
- Wireless USB
- WLAN
- WiMAX
- GPRS
- UMTS

wurden insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt:

- Kommunikation an allen relevanten Orten auf dem Flughafen
- Erreichbarkeit des Kommunikationsnetzes im Indoor-/Outdoor-Bereich
- Latenzzeiten im Millisekundenbereich
- Standardkomponenten wie PDA (Personal Digital Assistant)
- Verfügbarkeit der Technologie für die Fahrzeugseite
- Kostenreduzierung durch Nutzung der am Flughafen vorhandenen IT-Infrastruktur.

Aufgrund ihrer mangelnden Eignung und Verbreitung fallen einige Funktechnologien von vornherein weg. Es verbleiben WiMAX, Mobilfunk und WLAN als ernstzunehmende Technologien. Diese werden detailliert beschrieben.

Zur praktischen Erprobung der ausgewählten Kommunikationstechnologien WLAN und GPRS wurden im Juni 2007 Messfahrten mit einem hierzu ausgerüsteten Fahrzeug durchgeführt. Messungen im Gepäckkeller fanden zu Fuß im September statt. Es ist zu

beachten, dass die WLAN-Infrastruktur ständigen Änderungen unterworfen ist und die Ergebnisse der Messfahrt insofern nur als Momentaufnahme zu verstehen sind. Zurzeit wird am Flughafen Hamburg das im Vergleich zu IEEE-802.11g langsamere IEEE-802.11b genutzt. Einige der WLAN-Hotspots sind zudem nicht direkt über ein schnelles Netzwerk wie Ethernet angeschlossen, sondern über Modemleitungen, durch die Daten getunnelt werden müssen.

Die Messfahrten fanden auf dem Vorfeld und der Umlaufstraße um den Flughafen Hamburg statt. Bei der Vorbereitung der Fahrten wurde ein grober Plan mit den Routen erarbeitet, die abgefahren werden sollte. Die konkrete Route musste dann an die aktuell auftretenden Gegebenheiten des Flugbetriebes adaptiert werden und konnte daher vorher nicht exakt geplant werden.

Das Dokument D321 beschreibt ausführlich die Messfahrten, die aufgenommenen Parameter und die sich die daraus ergebende Situation am Flughafen Hamburg.

Die folgende Tabelle stellt die erarbeiteten Vor und Nachteile gegenüber

	Vorteile	Nachteile
WIMAX	<ul style="list-style-type: none"> • gute Abdeckung auch an unzugänglichen Orten des Geländes • Vermeidung der Handoverproblematik 	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Verbreitung (keine Praxiserfahrung) • keine Standardhardware verfügbar • Lizenzen für Frequenzbänder • Kosten bei kommerziellen Anbietern • beschränkt für Ortung nutzbar • nicht am Hamburger Flughafen vorhanden
Mobilfunk GPRS	<ul style="list-style-type: none"> • gute Abdeckung auch innerhalb von Gebäuden • Vermeidung der Handoverproblematik • weit verbreitet • Umfangreiche Hardware vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> • Abhängigkeit von Mobilfunkprovider • beschränkt für Ortung nutzbar • Nutzung des Netzes durch andere (Belastung nicht einschätzbar und kontrollierbar – Problem Stabilität)
WLAN	<ul style="list-style-type: none"> • Ist in großem Bereich bereits am Flughafen vorhanden • Niedrige Latenzzeiten, hoher Datendurchsatz • Erweiterbarkeit • Viele Standardkomponenten verfügbar • Gute Kommunikation im Gepäckkeller • grundsätzliche Möglichkeit zur Ortung (eingeschränkt nutzbar) 	<ul style="list-style-type: none"> • Handoverproblematik • Nutzung von Geräten ohne externe Antenne problematisch

Abbildung 2-1: Kommunikationstechnologien Vor- und Nachteile

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile hat sich der Verbund für die Nutzung von WLAN entschieden. Als Fallback-Lösung könnte Mobilfunk mit den beschriebenen Einschränkungen in Betracht gezogen werden.

Relevantes Dokument:

D321	Kommunikation auf dem Apron	D321_KA_V100.pdf
------	-----------------------------	------------------

2.3.3 Datenbanken und Maps

Das AP wurde in zwei Teilbereiche untergliedert:

Datenbanken und Maps

Topographische Darstellung

Bezüglich der topografischen Darstellung des Flughafen Hamburgs auf den CARMA Verkehrslagedisplays hat sich der Verbund auf das standardisierte AMDB-Format (Airport Mapping Database) festgelegt, Es verwaltet die einzelnen Flughafen-Elemente (Runways, Taxiways, Stands) in separaten Dateien. Da eine entsprechende Datenbank zu Beginn des Projektes noch nicht vorhanden war, erstellte die TU-Darmstadt im Auftrag des DLR eine solche Datenbank für den Flughafen Hamburg. Die Verarbeitung der Flughafendaten basiert auf dem EUROCAE Format ED99A.

Entfernungsmatrix

Für die Berechnung von Entfernungen auf dem Vorfeld hat sich der Verbund für die Verwendung einer Entfernungsmatrix entschieden, die die logischen (nicht die Luftlinien-) Entfernungen sämtlicher vorhandener Positionen auf dem Vorfeld miteinander in Beziehung setzt. Der Verbundpartner AIRBUS hat den Auftrag übernommen, eine Entfernungsmatrix für den Flughafen Hamburg zu erstellen. Mit ihrer Hilfe wurde in CARMA – unter der vereinfachenden Annahme einer mittlere Geschwindigkeit für alle Fahrzeuge – die Fahrzeiten für Fahrten vom Startort zum Zielort ermittelt.

Bottleneck Analyse

Die Bottleneck-Analyse sollte dazu verwendet werden, Problemfelder in den Prozessabläufen zu identifizieren. Der Bottleneck-Analyse liegt dabei der Gedanke zugrunde, dass ein Gesamtprozess nur so schnell ist, wie der langsamste seiner Teilprozesse.

Die Definition der spezifischen Ziele der Stakeholder und die Einsicht in die zur Berechnung notwendigen Daten konnten aus verschiedenen Gründen nicht realisiert werden. Grund hierfür war im Wesentlichen der nicht zu Stande gekommene Informationsaustausch mit den Stakeholdern. Sowohl der dafür vorgesehene Workshop, als auch der versendete Fragebogen und die Interviews konnten nicht die benötigten Daten liefern. Es war somit keine reale Bottleneck-Analyse möglich.

Stattdessen wurde eine theoretische Betrachtung der allgemeingültigen Vorgehensweise einer Bottleneck-Analyse durchgeführt, die sich aus folgenden Teilschritten zusammensetzt:

- A Priori Datenerhebung:
- Datenanalyse:
 - Teilschritt I: Modellparameter die geändert werden können
 - Teilschritt II: Modellergebnisse der Bottleneck-Analyse

Relevante Dokumente:

D331	Datenbasen und Maps	D331_DBuM_V100.pdf
D333	Bottleneck-Analyse	D333_BA_V100.pdf

2.4 Arbeitspaket Applikation

Das Arbeitspaket beinhaltet die Umsetzung des Mobil-Clients und die Integration der Fahrzeuge in ein A-SMGCS-Display, Die Umsetzung der Darstellung der Verkehrslage und der Managementkomponente, die thematisch in das AP gehören, wurden im Arbeitspaket 5 im Rahmen der Erstellung des Demonstrators bearbeitet. Als Voruntersuchung zur Implementierung der Managementkomponente wurde eine Ist-Analyse der Vorgänge, Problemfelder und Optimierungspotenziale durchgeführt.

2.4.1 Beschreibung Mobil Client

Der Mobil-Client ist das Gerät im Fahrzeug und stellt die Schnittstelle des CARMA-Systems zum Fahrer eines entsprechend ausgerüsteten Abfertigerfahrzeuges dar. Der entwickelte Client kann auf verschiedenen mobilen Geräten zum Einsatz kommen und ist über eine drahtlose Schnittstelle mit dem CARMA-System verbunden.

Innerhalb des Projektes wurden folgende Geräte betrachtet:

- UMPC
- Tablet PC
- PDA

Die Anwendung auf einem PDA ist grundsätzlich möglich, wurde jedoch bislang nicht umgesetzt. Probleme hierbei sind die fehlenden Anschlussmöglichkeiten für externe Antennen und die relativ kleine Displaygröße.

Sowohl UMPC als auch Tablet-PC wurden mit externem GPS-Empfänger und externem WLAN-Empfänger ausgestattet, wobei die jeweiligen Antennen beim Testbetrieb auf dem Fahrzeugdach installiert wurden. Es hat sich gezeigt, dass damit deutlich bessere Ergebnisse als mit integrierten Antennen erzielt werden.

Die entwickelte Software wurde weitgehend betriebssystem- und plattformunabhängig entwickelt.

Das Konzept des Mobilclients sieht eine topographische Darstellung des Flughafens vor, die durch die Integration einer SVG (Scalable Vector Graphics) umgesetzt wurde. In Kombination mit der symbolischen Darstellung der eigenen Position, der Flugzeuge und des weiteren Fahrzeugverkehrs ergibt sich für den Fahrer ein gutes Situationsbewusstsein. Inwieweit hier Filterungen eingesetzt werden müssen, um die Menge an Daten auf ein optimales Maß anzupassen, muss noch untersucht werden. Die folgende Abbildung 2-2 zeigt beispielhaft die aktuelle Darstellung.

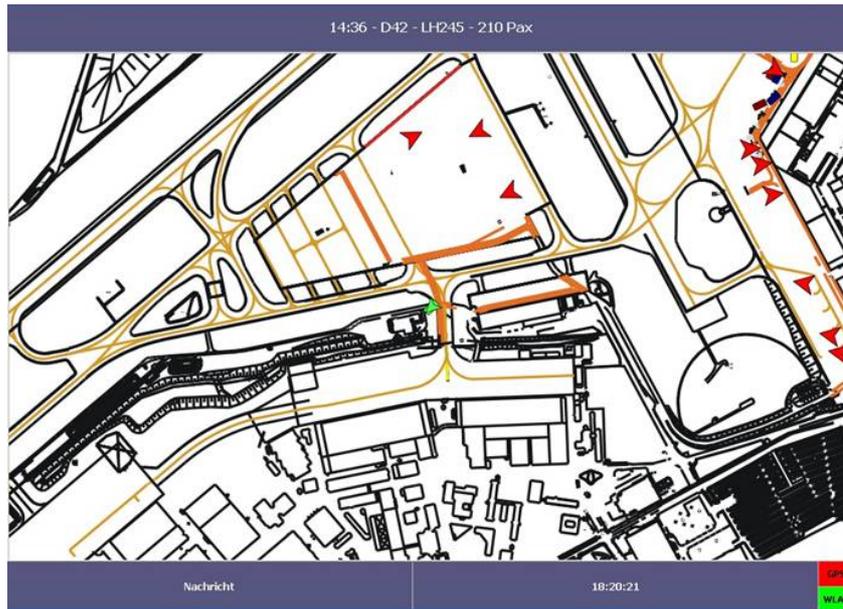


Abbildung 2-2: Mobilclient Beispiel Kartendarstellung

Abbildung 2-2 zeigt die Standardansicht des Fahrers im Betrieb. Sie unterstützt den Fahrer bei der Navigation und der Erfassung des ihn umgebenden Rollverkehrs (insbesondere bei schlechten Sichtbedingungen).

Die Auftragsabwicklung erfolgt durch Einblenden entsprechender Dialogfelder (siehe Abbildung 2-3).



Abbildung 2-3: Mobilclient Beispiel Auftragseingang

Der Fahrer hat dann die Möglichkeit, über die Bedienung der entsprechenden Schaltflächen, auf die Ereignisse zu reagieren.

Zur Kommunikation mit der Bodenseite (Vehicle Communication Server) verwendet der Mobil Client die in CARMA erarbeiteten Protokolle. Dies bezieht sich auf sowohl auf Informationen zur Darstellung der Positionen der einzelnen Objekte, als auch auf die

Auftragsabwicklung. Hierbei liegen dann verschiedene Zeitstempel vor, die automatisch vom System generiert wurden und nicht vom Fahrer eingegeben werden müssen.

Relevantes Dokument:

D411	Beschreibung Mobilclient	D411_MC_V100.pdf
------	--------------------------	------------------

2.4.2 Konzept Fahrzeugdarstellung auf einem Vorfeld-Lotsen Display

Da auch Vorfeld-Lotsen als mögliche Nutzergruppe identifiziert wurden, sollte in diesem Arbeitspaket der Versuch unternommen werden, ein Konzept zur Integration der Informationen in ein Vorfeld-Lotsen Display zu erstellen.

Grundlage zur Implementierung von Fahrzeuginformationen ist das Vorhandensein eines Verkehrslagedisplays bei den Vorfeld-Lotsen. Da dies erst im Rahmen der Einrüstung eines operationellen A-SMGCS am Flughafen Hamburg erfolgt, konnte ein Darstellungskonzept für das spätere operationelle System nicht erarbeitet werden. Aus diesem Grund wurde für CARMA das im DLR als Testversion verfügbare HMI verwendet.

Die topografische Darstellung basiert auf dem standardisierten AMDB-Format (Airport Mapping Database), welches die einzelnen Flughafen-Elemente (Runways, Taxiways, Stands...) in separaten Dateien verwaltet. Da diese Datenbank zu Beginn des Projektes noch nicht vorhanden war, erstellte die TU-Darmstadt im Auftrag des DLR eine solche Datenbank. Hierdurch war es möglich, den Flughafen mit dem HMI darzustellen.

Um sicher zu stellen, dass die Vorfeld-Lotsen durch die Darstellung von Fahrzeugen in ihrer eigentlichen Arbeit nicht beeinträchtigt werden, muss die Menge der dargestellten Informationen berücksichtigt werden. Unter dieser Voraussetzung wurden Gespräche mit den Vorfeld-Lotsen geführt. Die Vorüberlegungen zu einer reduzierten Darstellung wurden dabei durch die Lotsen bestätigt. Im Gegensatz zu der erwarteten Reduktion hinsichtlich verschiedener Fahrzeuggruppen, wurde von den Lotsen eine Reduktion der Anzeigebereiche für sinnvoll angegeben.

Als relevante Bereiche zur Darstellung von Fahrzeugen wurden die Kreuzungen von Fahrstrassen und Rolllinien identifiziert, bei denen sich Fahrzeuge und Flugzeuge begegnen können.

In der technischen Umsetzung wurde in dem Test-HMI ein Filterlayer eingefügt, der die Bereiche definiert, in denen Fahrzeuge angezeigt werden sollen. Definiert wird dieser Bereich momentan auf dem HMI selbst. Durch Mausklicks wird ein Fläche aufgespannt (mindestens drei Punkte nötig), die den Darstellungsbereich beschreibt. Durch zusätzliche Punkte kann ein flexibel angepasstes Polygon erzeugt werden.

Die folgende Darstellung zeigt das Ergebnis, das sich durch einen Filterbereich direkt um die Fahrstrassen im Bereich der Außenstandplätze ergibt.

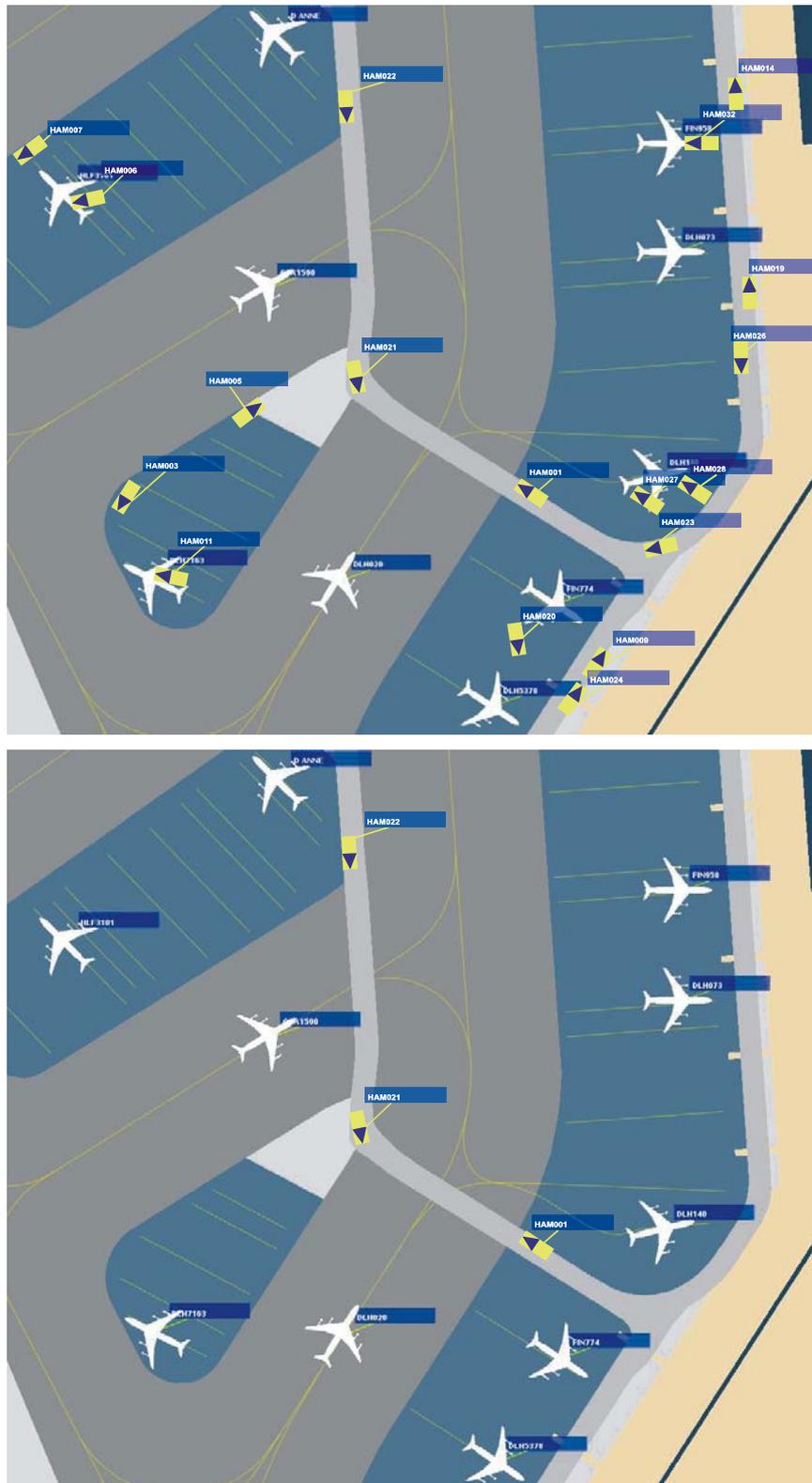


Abbildung 2-4: Display mit allen Fahrzeugen und reduzierter Darstellung

Relevantes Dokument:

D421	Konzept Fahrzeugdarstellung auf Apron Display	D421_AD_V100.pdf
------	---	------------------

2.4.3 Ist-Analyse Flottenmanagement und Turnaround

Die Arbeiten innerhalb dieses Arbeitspaketes dienen der allgemeinen Beschreibung der Situation am Hamburger Flughafen hinsichtlich der

- örtlichen Gegebenheiten (Layout, Aufteilung und Nutzung von Flächen usw.)
- Abfertigungsprozesse der Flugzeuge
- Systemunterstützung der ansässigen Firmen
- Arbeitsaufgaben, Arbeitsabläufe und Problemfelder bei den Flughafentöchtern GROUNDSTARS und STARS

Es wird außerdem versucht ein Optimierungspotenzial aufzuzeigen.

Relevantes Dokument:

D431	Ist-Analyse Flottenmanagement und Turnaround	D431_IAT_V100.pdf
------	--	-------------------

2.4.3.1 Eckdaten und örtliche Besonderheiten

Im Jahr 2006 fanden am Hamburger Flughafen 168.389 Flugbewegungen statt, wobei knapp 12 Millionen Passagiere abgefertigt wurden. Insgesamt werden von Hamburg etwa 120 Ziele von jeweils 70 Airlines angefliegen.

Die Vorfelder werden von der FHG selbst kontrolliert. Es gibt zwei Vorfelder die für das CARMA Projekt relevant sind (Vorfeld 1 und 2), die räumlich durch die Start-Landebahn 15/33 getrennt sind. Die Verbindungsstraße zwischen den Vorfeldern führt südlich um die Startbahn herum. Daraus ergibt sich für die Bodenabfertiger die Situation, dass der Weg zum Vorfeld 2 (und wieder zurück) mit einem hohen Zeitaufwand verbunden ist und entsprechend gut kalkuliert werden muss.

Nach der Liberalisierung der Abfertigungsdienste gibt es auch am Flughafen mehrere Dienstleister für die einzelnen Abfertigungsbereiche.

Aufgrund der Menge der Abfertigungsvorgänge und der rechtlichen Verbindung zur FHG wurden im Wesentlichen GROUNDSTARS und STARS im Projekt berücksichtigt.

2.4.3.2 Operationelle Beschreibung Turnaround am Flughafen Hamburg

In dem Dokument D241_SOA „State of the Art“ sind die prinzipiellen Abläufe bei der Bodenabfertigung von Flugzeugen beschrieben. Im Rahmen einer Untersuchung durch die FHG wurden am 15. Juni 2007 an Positionen des Flughafens Hamburg Beobachtungen durchgeführt und per Videoaufzeichnung dokumentiert. Es ergab sich hierdurch die Möglichkeit, die Beobachtungen der realen Abfertigungsvorgänge am Flughafen Hamburg mit dem angenommenen Referenzprozess zu vergleichen, um Besonderheiten herauszustellen.

Die Auswertung des Materials hat folgende wesentliche Punkte ergeben

- Alle beobachteten Aus- und Einsteigevorgänge von Passagieren waren durchweg schnell. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass die Beobachtungen an einem Sommertag gemacht wurden, an dem die meisten Reisenden mit leichter Kleidung unterwegs gewesen sein dürften. Dies reduziert die für das Entnehmen und Verstauen von Kleidung und Handgepäck benötigte Zeit und trägt so zu einem schnelleren Aus- und Einsteigen bei.
- Auf eine Versorgung der Bordküchen und eine Betankung des Flugzeugs wurde bei einigen der beobachteten Abfertigungsvorgänge gänzlich verzichtet. Dies

entspricht der Strategie einiger Fluggesellschaften, das Flugzeug für mehrere Flugmissionen im Voraus auszustatten und dadurch bei den folgenden Zwischenstopps Zeit zu sparen.

- Die Reinigung der Fluggastkabine wurde überwiegend sehr schnell durchgeführt. Dies kann an einer geringen Anzahl an Passagieren für die betreffenden Flüge liegen (vgl. kurze Aus- und Einsteigevorgänge). Eine andere Erklärung ist eine Beschränkung der Reinigungstätigkeiten auf ein notwendiges Minimum, um die Bodenzeit des Flugzeugs so kurz wie möglich zu halten.

Aufgrund fehlender Missions- und Nutzlastdaten und einer nicht optimalen Kameraperspektive sind Rückschlüsse nur bedingt möglich.

2.4.3.3 Systemunterstützung

Durch eine mehrtägige Vor-Ort-Analyse konnten Informationen zu den aktuell verwendeten Systemen zur Steuerung und Überwachung des Einsatzes der Bodenabfertiger gewonnen werden. Neben den Leitzentralen von STARS und GROUNDSTARS wurden auch die Vorfeldlotsen und die Leitstelle der Gepäckzentrale mit einbezogen und die Arbeiten der Vorfeldmannschaften berücksichtigt und dokumentiert.

Zentrales System am Flughafen Hamburg ist das von der Firma Airsys entwickelte System QDisp. Es wird sowohl bei STARS als auch bei GROUNDSTARS, jedoch auf die entsprechenden Aufgaben angepasst, in den Leitzentralen eingesetzt. Es hat sich außerdem gezeigt, dass ein Onboard-System große Vorteile für die Arbeitsabläufe und die Abrechnungsmodalitäten bietet. Aus diesem Grund wurde parallel zu den Untersuchungen in CARMA das System QDisp Mobil von der Firma Airsys eingeführt. In einem ersten Schritt wurden die Busse der Firma STARS mit dem System ausgestattet. Eine Integration in Schlepper soll demnächst erfolgen.

Das System QDisp beinhaltet bereits einige Funktionen, die im Rahmen von CARMA umgesetzt wurden und im Folgeprojekt WFF erweitert werden sollen. Die Konzepte in CARMA und WFF gehen hier jedoch deutlich weiter. Die Beschränkung auf Basisfunktionalitäten wurde in QDisp ganz bewusst unternommen, um das System nicht unnötig komplex zu gestalten (Wunsch der Nutzer).

Die in CARMA umgesetzte digitale Auftragskommunikation ist auch für QDisp implementiert. Es hat sich aber gezeigt, dass Sprechfunk immer noch für die Bereiche benötigt wird, die noch nicht mit einem Onboard-System ausgerüstet sind.

Alle anderen Firmen am Flughafen haben keine oder nur minimale Systemunterstützung bei der Bewältigung ihrer Aufgaben (teilweise sind diese einfach hinsichtlich des Personals und der Geräte zu klein)

2.4.3.4 Arbeitsaufgaben und Problemerkörterung

Neben der allgemeinen Darstellung der Arbeitsaufgaben, der zur Verfügung stehenden Ressourcen und einer groben Beschreibung der Aufgaben der Abfertiger, ging es auch um die Erkennung von Problemfeldern und möglichen Engpässen.

Aufgrund der räumlichen Situation am Flughafen Hamburg ergeben sich einige Probleme, die während der Beobachtung aufgefallen sind.

- Kein Platz zum Abstellen von Gerätschaften direkt an der Position
 - Geräte müssen immer wieder zu Abstellplätzen zurück gebracht werden
- vorgesehene Bereiche zum Abstellen von Gerätschaften reichen nicht aus
 - Abstellen in anderen Bereichen – teilweise Suchen von Geräten

- Abstellen in nicht erlaubten Bereichen
- Abfertigungspositionen sind sehr eng
 - Enges Positionieren der einzelnen Abfertiger führt zu gegenseitigen Behinderungen
 - Abstellen und Fahren im für die Flugzeuge vorgesehenen Rollbereich

2.4.3.5 Optimierungspotenzial

Das Kapitel versucht die Geschäftsprozesse von STARS zu abstrahieren und durch diese Strukturierung Optimierungspotenziale aufzuzeigen. Es bezieht sich dabei auf den Stand Frühjahr 2007, bei dem einige der Funktionalitäten des Systems QDisp noch nicht verfügbar waren.

Eine vollautomatische Disposition von Fahrzeugen zu Aufträgen ist nicht möglich. Jedoch kann die Unterstützung des Disponenten durch Computersysteme deutlich gesteigert werden. CARMA kann hierzu beitragen, in dem es dem Disponenten relevante Informationen über die Fahrzeuge zur Verfügung stellt und Ressourcen vorschlägt, die für die Erledigung einer bestimmten Abfertigung günstig sind.

Durch Einsatz von Computersystemen in den Fahrzeugen, die Informationen wie Auftrag und Ziellokation sowie Informationen über das Fahrzeug, den Bearbeitungsstand eines Auftrags und die Position mit dem Leitstand austauschen, wird ein deutlich erhöhter Informationsdurchsatz bei gesteigerter Zuverlässigkeit erzielt.

2.5 Arbeitspaket Implementierung

Neben den theoretischen und praktischen Untersuchungen hinsichtlich der Konzepte, der möglichen Technologien, der möglichen Auswirkungen und der Umsetzung eines Fahrzeugmanagementsystems, war es auch das Ziel des Projektes, einen Demonstrator zu realisieren, der die Umsetzung der Ideen beinhaltet.

Durch die Zusammenarbeit der Partner konnte ein System aufgebaut werden, das sowohl die Ortung und Identifizierung als auch eine digitalisierte Auftragsabwicklung beinhaltet.

Unter Nutzung der von DLR, FHG und DFS betriebenen Testplattform und unter Zuhilfenahme von verschiedenen Simulationstools konnte ein Demonstrator aufgebaut werden, der bereits über umfangreiche Möglichkeiten zur Ergebnispräsentation und der weiteren Entwicklung auf diesem Gebiet verfügt.

Auf eine Anbindung des CARMA Demonstrators an die Vorfeldkontrollstelle der FHG und den Tower der DFS musste verzichtet werden, da die dort operationell noch genutzten ASDE-Darstellungssysteme für eine technische Nachrüstung/Integration zur Darstellung der CARMA-Bodenverkehrslage nicht mehr in Frage kamen und die zukünftig im Rahmen von A-SMGCS genutzten Displays noch nicht zur Verfügung standen.

2.5.1 Beschreibung des Testsystems

2.5.1.1 Konzept

Basierend auf den Erkenntnissen aus A-SMGCS Projekten wie BETA oder EMMA wurde ein erster Ansatz entwickelt, wie ein Fahrzeugmanagement-System umgesetzt werden könnte. Die Teilbereiche Boardseite, Übertragung und Bodenseite wurden in enger Anlehnung an die im A-SMGCS verwendeten Strukturen auf ein Fahrzeugmanagementsystem übertragen. Als Ergebnis ergibt sich das in Abbildung 2-5 dargestellte Grundkonzept.

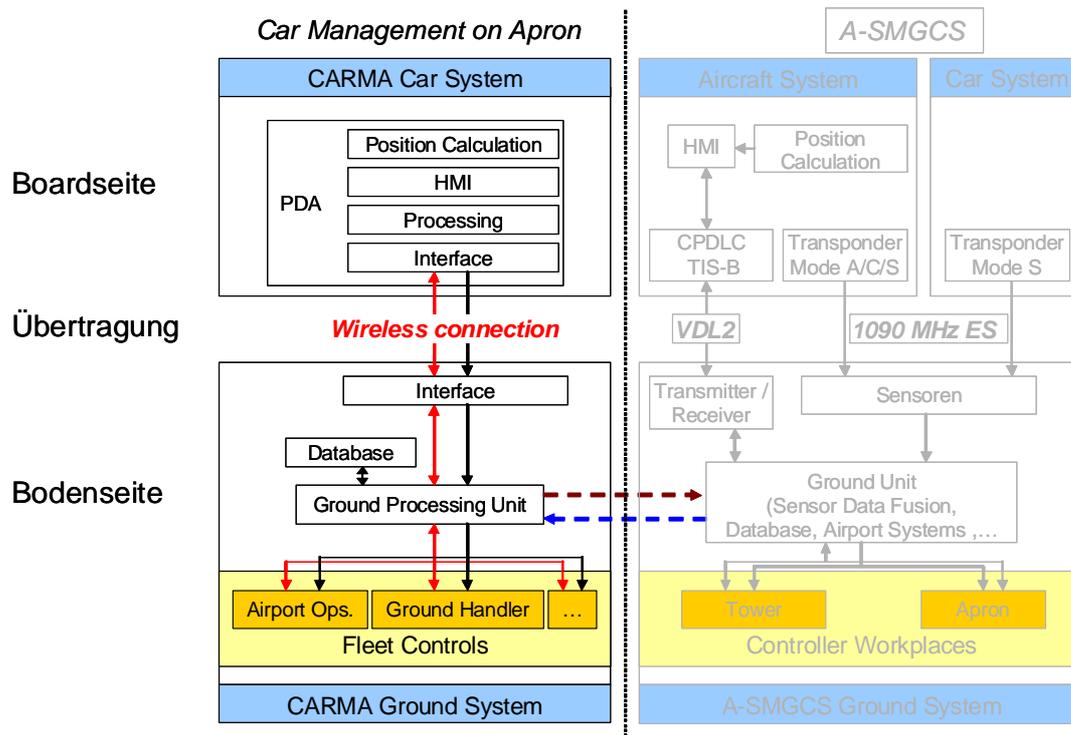


Abbildung 2-5: Grundkonzept für das CARMA System

Aufbauend auf diesem Konzept wurde eine Architektur entwickelt, die die identifizierten Komponenten und die benötigten Kommunikationsschnittstellen beinhaltet. Dabei wurde auch eine Verteilung der zu entwickelnden Komponenten auf die Projektpartner vorgenommen. Abbildung 2-6 zeigt als gemeinsames Arbeitsergebnis die funktionale Architektur des CARMA Gesamtsystems. Die mit unterbrochenen Linien dargestellten Verbindungen wurden innerhalb des CARMA-Projektes noch nicht realisiert. Die Anbindung der Simulationstools soll nicht mehr Bestandteil der weiteren Entwicklungen sein. Sie stellt eine vorübergehende Lösung zur Datenbereitstellung dar, um die Funktion des Gesamtsystems zu ermöglichen.

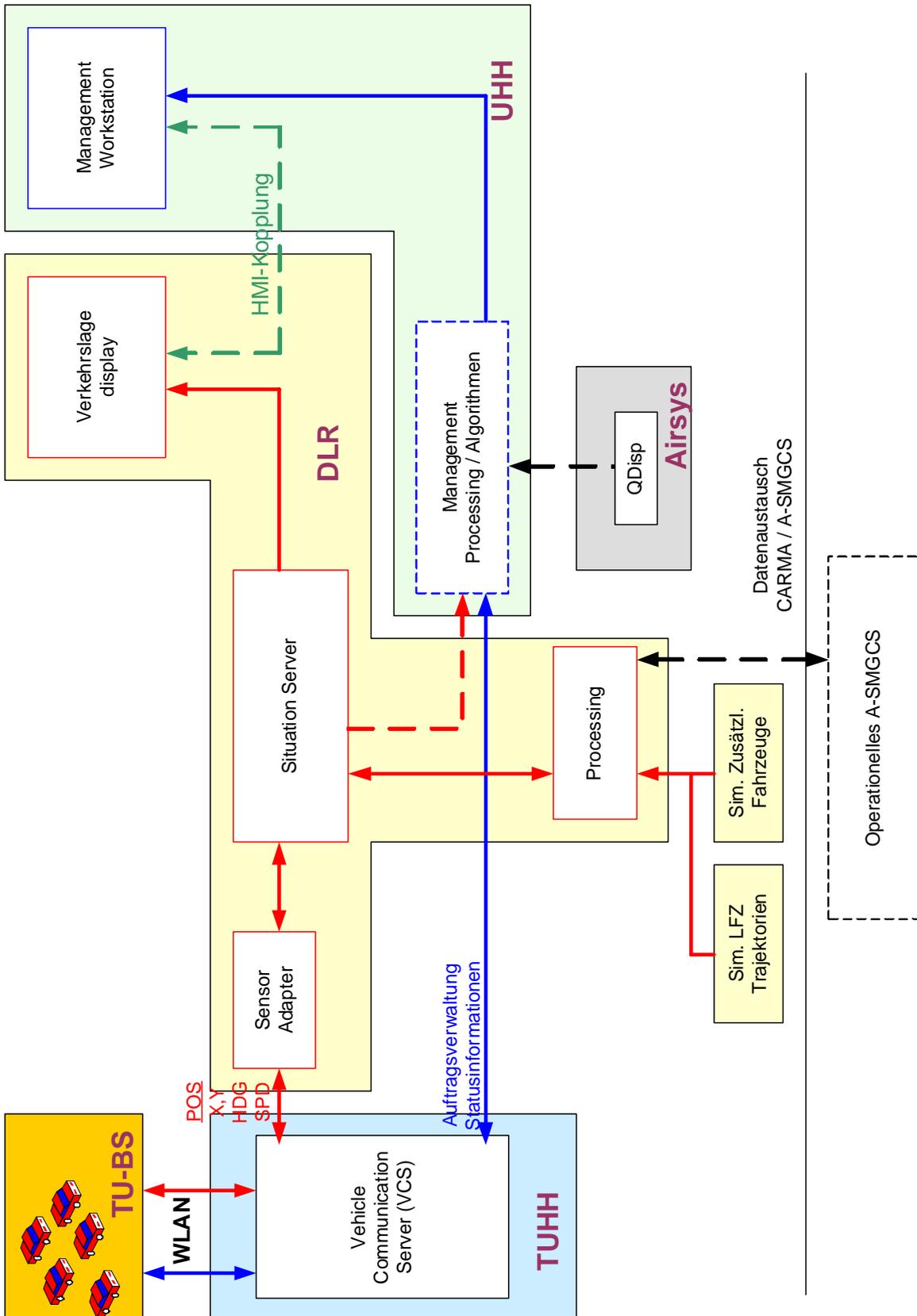


Abbildung 2-6: Architektur für das CARMA System

- Der Vehicle Communication Server (VCS) ist die zentrale Komponente der Hilfsfunktion Kommunikation, die für den Austausch der Daten zwischen den verschiedenen Systemen/Komponenten zuständig ist. Sie unterhält Verbindungen zu den CARMA-Onboard-Systemen via WLAN und zu den Komponenten Situation Server und Management via Ethernet.
- Der Situation Server (SS) ist die zentrale Komponente der Basisfunktion Surveillance. Sie fusioniert die Positionsdaten der mit CARMA-Onboard-Systemen ausgerüsteten Fahrzeuge mit denen, der mit Mode S ausgerüsteten LFZ zu einer Gesamtbodenverkehrslage.
- Management (MGT) ist die zentrale Komponente der Basisfunktion Management. Sie erstellt rechnergestützte Vorschläge bezüglich der Zuweisung anstehender Fahraufträge an die Fahrzeuge (Ressourcen), wobei der Auftrag der jeweils bestgeeigneten der zur Verfügung stehenden Ressourcen zugeteilt wird. Die Art und Weise, wie die Ressourcen belegt und freigegeben werden, ist von besonderer Bedeutung und wird von den jeweiligen Nutzern vorgegeben. Die in der Architektur enthaltene Trennung der Management-Funktionalität und der dazugehörigen Arbeitsoberfläche erfolgt im Projekt WFF. In CARMA sind beide Elemente vereint.
- Die Verkehrslagedisplaysysteme bei den Nutzern wie Groundhandler, Vorfeldkontrolle und TWR stellen die Gesamtbodenverkehrslage über eine digitale Flughafenkarte ggf. mit zusätzlichen Informationen dar.
- Das Onboard-System stellt die Schnittstelle zum Fahrer eines ausgerüsteten Fahrzeuges dar. Es unterstützt den Fahrer bei der Navigation, Situationserfassung und Auftragsabwicklung.
- Über die Schnittstellen zu anderen Systemen werden operationelle und simulierte Daten zur Verfügung gestellt. Zur Initiierung der einzelnen Abfertigungsprozesse werden Flugplandaten, voraussichtliche On-block-/Off-blockzeiten und Positionsdaten der LFZ benötigt. Es ist geplant die dazu erforderlichen Daten aus den im Einsatz befindlichen Systemen wie QDisp sowie weiteren Airline- und Flugsicherungssystemen zu liefern. (in CARMA Nutzung von Simulationstools)

2.5.1.2 Kommunikationssystem

Um Daten zwischen Leitzentrale und Mobilclient austauschen zu können, wurde zum einen ein Kommunikationsserver (PC) eingerichtet und zum anderen die Anbindung der Testumgebung an das am Flughafen genutzte WLAN realisiert. Hierzu wurde für das Projekt ein virtuelles WLAN-Segmenet (V-LAN) eingerichtet, welches ein abgeschlossenes Teilsystem darstellt und andere WLAN-Verbindungen nicht beeinflussen konnte. Das V-LAN arbeitet nach den Standard IEEE802.11 b + g und deckt alle betriebsinternen, außen liegenden Vorfeldbereiche, alle Gepäckkeller, alle Publikumsbereiche in den Terminals und alle Shops ab. Zu diesem Zweck sind ca. 120 Access Points am Flughafen Hamburg installiert. Das V-LAN wird direkt über die vorhandene Dateninfrastruktur mit 100 MB über einen Switch an die CARMA-Clients angeschlossen.

Die Verarbeitung der Daten wird dann vom Vehicle Communication Server übernommen (PC mit Monitor für Monitoringzwecke).

Für die Kommunikation zwischen den Teilkomponenten wurden im Rahmen des Projektes sämtliche Protokolle und Schnittstellen definiert und implementiert.

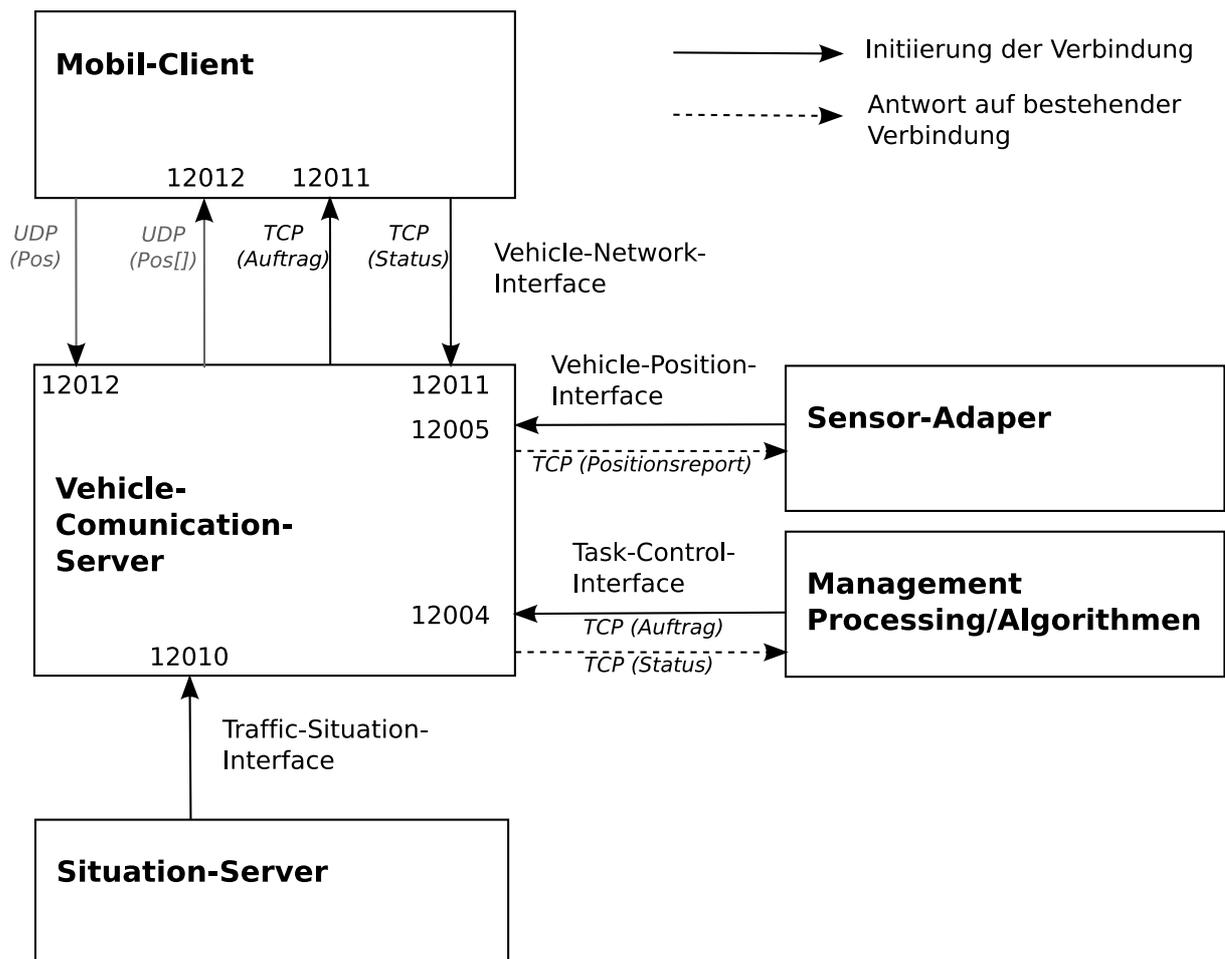


Abbildung 2-7: Kommunikationsverbindungen

2.5.1.3 Onboard System (Mobil-Client)

Als mobile Endgeräte für den Demonstrator wurden ein Tablet-PC und ein Ultra-Mobile-PC (UMPC) ausgewählt. Diese Geräte wurden jeweils mit externen GPS-Empfängern und externen WLAN Sender/Empfängern ausgestattet.



Abbildung 2-8: Verwendete Onboard Hardware

2.5.1.4 Leitzentrale

Die Einsatzzentrale, die im Arbeitsraum der Testplattform aufgebaut war, besteht aus einem Arbeitsplatz für einen Groundhandler. Da das CARMA Konzept dem A-SMGCS Konzept sehr ähnlich ist, wurde die Aufteilung der Bedienoberflächen vom A-SMGCS übernommen, d.h. es wurde eine Zweiteilung der Bedienoberflächen vorgenommen. Ein Display nebst Tastatur und PC-Maus wird für die Anwendung „Surveillance“ und eins nebst Tastatur und PC-Maus für die Anwendung „Management“ genutzt. Eine Kopplung wurde für den Demonstrator noch nicht realisiert.



Abbildung 2-9: Arbeitsplatz Groundhandler in der CARMA Einsatzzentrale

Relevantes Dokument:

D511	Beschreibung Testsystem	D511_BT_V100.pdf
------	-------------------------	------------------

2.5.2 Demonstration

Als geeignetes Beispiel für die CARMA Demonstration wurde vom Verbund die Einsatzplanung/-führung von Vorfeldbussen auf dem Vorfeld des Flughafens Hamburg seitens eines Groundhandlers zum Transport von Passagieren vom Gate zum LFZ bzw. vom LFZ zum Gate gewählt.

Da sich die Vorfeldbusse unter Beachtung spezieller Vorfeldregeln auf separaten Fahrstraßen auf dem Vorfeld bewegen und somit weder der Vorfeldkontrolle der FHG noch der TWR Kontrolle der DFS unterliegen, war für die Durchführung dieser Demonstration die Einbeziehung dieser Dienststellen sowie die Darstellung der Bodenverkehrslage auf ihren Verkehrslagedisplays nicht erforderlich.

Da es sich bei diesem Vorhaben um eine Machbarkeitsstudie handelte, wurde lediglich ein Demoplan aufgestellt, der nur Anwendungen aufführte, die mit dem vorhandenen CARMA-Demonstrator tatsächlich durchführbar waren und dementsprechend auch vorgeführt werden konnten/sollten. Der Demoplan war mit einem Testplan, wie er für Validierungsprojekte nach der E-OCVM Methode aufgestellt wird, nicht vergleichbar. Eine Aufzeichnung und Auswertung von Daten war nicht vorgesehen

Die im Demoplan vorgesehenen Demonstrationen der praxisbezogenen Anwendungen „Surveillance“ und darauf aufbauend ein „Management“ in realer Umgebung wurden am 11.6.08 durchgeführt. Es wurden zwei Fahrzeuge (eines von der FHG mit Mitfahrgelegenheit, eines vom DLR) mit einem CARMA-Onboard System ausgerüstet.

Damit jeder Teilnehmer die Arbeitsweisen der Bediener, Groundhandler und Fahrer, und die Systemunterstützung durch den CARMA Demonstrator sowohl in der Einsatzzentrale, als auch in einem der Fahrzeuge in der Realität miterleben konnte, wurden mehrere vergleichbare Demonstrationsdurchläufe durchgeführt.

Beide Fahrzeuge begannen jeweils ca. 5 Minuten nacheinander mit der Durchführung eines ersten Fahrauftrages am Standort des DFS TWR Gebäudes. Nach deren auftragsgemäßen Beendigung erhielten die Fahrer weitere Fahraufträge durch den Groundhandler. Diese wurden von den Fahrern teils abgelehnt, bzw. angenommen, auftragsgemäß durchgeführt und beendet. Die damit verbundenen Eingaben in den CARMA Demonstrator wurden von dem Groundhandler bzw. den Fahrern entsprechend vorgenommen. Die Teilnehmer beobachteten die Interaktionen zwischen dem Groundhandler in der Einsatzzentrale und den Fahrern in den Fahrzeugen sowie die entsprechenden Darstellungen auf den verschiedenen Displays. Ein Demonstrationsdurchgang dauerte jeweils ungefähr 30 Minuten. Folgende Funktionalitäten und Interaktionen wurden vorgestellt

Surveillance

- Ortung und Identifizierung der Fahr-/Luftfahrzeuge auf dem Vorfeld
 - Einsatzzentrale
 - die Positionen der Fahrzeuge und der LFZ wurden über einer digitalen Flughafenkarte auf dem Display des Groundhandlers dargestellt
 - Fahrzeuge
 - die Positionen der Fahrzeuge und der LFZ wurden über einer digitalen Flughafenkarte auf dem Onboard-System der Fahrzeuge dargestellt
- Feststellen des eigenen Fahrzeugstandortes durch Eigenortung
 - Fahrzeuge
 - eigener Standort wurde auf einer digitalen Flughafenkarte auf dem Onboard-System der Fahrzeuge dargestellt

Management

- Erstellung eines Auftrages durch die Einsatzzentrale
 - manuelle Erstellung – automatische Auftragsgenerierung noch nicht implementiert
- Zuweisung eines anstehenden Fahrauftrages an ein Fahrzeug
 - manuelle Zuweisung – Zuweisungslogik noch nicht implementiert
- Bestätigung eines Auftrages durch den Fahrer
- Ablehnung des Auftrags
- Annahme des Auftrags
- Beendigung des Auftrags

Neben diesen im Demoplan festgelegten Anwendungen wurden interessierten Teilnehmern noch Ergänzungen, wie die Übermittlung freier Textmeldungen zwischen der Einsatzzentrale und den Fahrzeugen, vorgeführt und spezielle Möglichkeiten des zur Verfügung stehenden Demonstrators erörtert.

2.6 Zusammenfassung Ergebnisse

Das Gesamtergebnis dieses Verbundvorhabens liegt in Form einer Machbarkeitsstudie vor, die den Nachweis erbringt, dass mit heute verfügbaren Technologien ein Fahrzeugmanagementsystem für den Einsatz auf dem Vorfeld des Flughafens Hamburg erstellt werden kann.

Der Nachweis wurde erbracht, indem eine entsprechende CNS-Infrastruktur als Demonstrator auf dem Flughafen Hamburg aufgebaut worden ist, mit dem praxisorientierte Anwendungen in realer Umgebung erfolgreich vorgestellt wurden.

Bei dem Demonstrator handelte es sich um die Grundversion eines Fahrzeugmanagementsystems mit den Basisfunktionen „Surveillance“ zur Erfassung und Darstellung von Bodenverkehr und „Management“ zur effektiven Einsatzplanung und Steuerung von Fahrzeugen.

Die wesentlichen technischen Merkmale des Demonstrators sind:

- Konzipiert in Anlehnung an das ICAO A-SMGCS Konzept
- Nutzung des ADS-B/TIS-B Überwachungskonzepts mit WLAN als Enabler
- Nutzung vorhandener IT-Infrastruktur
- Verwendung moderner Technologien GPS, WLAN, UMPC
- Offene Architektur
- Modularer Aufbau, mit der Möglichkeit zum stufenweisen Upgrade
- Flugsicherungs bewährte Schnittstellen und Protokolle.

Aufgrund der Erfahrungen, die die Verbundpartner während der Durchführung des Vorhabens gesammelt haben, in Verbindung mit den Stellungnahmen potentieller Nutzer zum Demonstrator, wird erwartet, dass bereits der operationelle Einsatz einer funktions-/betriebsfähigen Grundversion Vorteile bezüglich der Sicherheit und Effektivität bringt.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Projekt-Ergebnisse, die mit den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln und in der vorgegebenen Zeit von den Partnern erreicht worden sind, können als ein klarer Erfolg gewertet werden. Diese Einschätzung wurde auch vom Projektträger Luftfahrt gegenüber den CARMA-Partnern bei der Demonstrationsveranstaltung bestätigt. Durch die partnerschaftliche Zusammenarbeit konnte nicht nur ein Demonstrator für ein Fahrzeugmanagement realisiert werden, der die technischen Ziele des Projektes erfüllt, sondern auch die Vernetzung verschiedener Institutionen und die Stärkung der Region Hamburg als Luftfahrtstandort erreicht werden. Mit der Inbetriebnahme der Testplattform und CARMA als erstem Projekt, das diese nutzt, wurde ein zukunftsweisender Schritt getan, der den technologischen Vorsprung und die Vernetzung von Industrie und Wissenschaft weiter voranbringt.

Hinsichtlich der Weiterführung der Forschungen auf dem Gebiet des Fahrzeugmanagements ist auf das Projekt WFF „Wettbewerbsfähiger Flughafen“ zu verweisen. Im Cluster 3 (Teilprojekte 3.1 und 3.3) des innerhalb des Luftfahrtforschungsprogramms IV der Bundesregierung geförderten Projektes geht es um die **operationellen** Fragestellungen, die innerhalb des Projektes CARMA noch vernachlässigt wurden. Die Ausrüstung mehrerer Fahrzeuge, die Entwicklung von Optimierungsstrategien und die Weiterentwicklung der Bedienoberflächen sind hier die wesentlichen Ziele. Ein Feldversuch soll dann die Grundlage für die Validierung der Konzepte bilden.

Die Erfahrungen, die der Verbund während der Durchführung des Vorhabens gesammelt hat, lassen ein weiteres Engagement und weitere Investitionen für eine kontinuierliche Weiterentwicklung derartiger Systeme vermuten. Insbesondere unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Bewertung der untersuchten Innovationserkenntnisse in CARMA, gibt es erfolversprechende Lösungen auch hinsichtlich der Umsetzung einer Vermarktung. Im Verlauf des Projektes ist auch klar geworden, dass eine tiefgreifendere Untersuchung der wirtschaftlichen Fragestellungen unabdingbar ist.

Aus technischer Sicht, wird die Weiterentwicklung von CARMA der des A-SMGCS sehr ähnlich sein, d.h. auf diese Machbarkeitsstudie hin wird ein voll funktionsfähiger prä-operationeller Prototyp – unter verstärkter Einbeziehung/Beteiligung der Nutzer – für den Einsatz in realer Umgebung erstellt werden, der dann gemäß der European Operational Concept Validation Methodology (E-OCVM) validiert und evaluiert werden muss.

Der weitere Ausbau der Testplattform und die Anbindung an weitere operationelle Systeme ist eine weitere wesentliche Aufgabe, die sowohl im Projekt WFF, als auch innerhalb der Kooperationsvereinbarung zwischen DFS, FHG und DLR vorangetrieben werden muss.

Die Bedeutung der Testplattform wird stetig steigen, insbesondere durch die Anbindung an die operationellen Systeme des Flughafens, der DFS und der Airlines. Sie wird als ständiges Basissystem genutzt werden und soll die Durchführung aussagekräftiger Demonstrationen ermöglichen, deren Ergebnisse nicht nur in künftigen Forschungsprojekten der FHG/DFS/DLR nützlich sind, sondern auch weiteren Forschungseinrichtungen, Standardisierungsinstitutionen (ICAO, EUROCAE) und schließlich der Industrie bei der Entwicklung bis zur Produktreife, Vermarktung und Einführung zur Verfügung gestellt werden.

4 Anhang I

4.1 Abkürzungsverzeichnis / Glossar

AAIB	Air Accidents Investigation Branch (UK)
ADSB	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast
AMDB	Airport Mapping Data Base
AP	Arbeitspaket
ASDE	Airport Surface Detection Equipment (Primary Radar)
A-SMGCS	Advanced - Surface Movement Guidance and Control System
ASR	Airport Surveillance Radar
ATSB	Australian Transport Safety Board
BETA	Operational Benefit Evaluation by Testing an A-SMGCS
BFU	Bundesstelle für Flugunfall Untersuchung
BVD	Bodenverkehrsdienst
BWA	Behörde für Wirtschaft und Arbeit Hamburg
CARMA	Car Management on Aprons
CBA	Cost Benefit Analyse
CNS	Communication Navigation Surveillance
D	Dokument
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
D-GPS	Differential-GPS
DLR	Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EC	European Commission
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EMMA	European Airport Movement Management by A-SMGCS
STARS	Special Transport and Ramp Services GmbH & Co. KG – Bodenabfertiger am Hamburger Flughafen, der für Busse, Pushback und Enteisierung zuständig ist
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
E-OCVM	European Operational Concept Validation Methodology
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment
F&E	Forschung und Entwicklung
FHG	Flughafen Hamburg GmbH
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications

GVS	Geräteverfügbarkeitssystem
HMI	Human-Machine Interface
ICAO	International Civil Aviation Organization
ID	Identifier
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IrDA	Infrared Data Association
LFZ	Luftfahrzeug
MGT	Management (management_Komponente)
MW	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Niedersachsen
NTSB	National Transportation Safety Board (US)
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistent
PSR	Perimeter Surveillance Radar
PT	Projekträger
QDisp	Aktuelles Unterstützungssystem für die Disponenten – entwickelt von der FHG Tochter Airsys
RFID	Radio Frequency Identification
SS	Situation Server
SSR	Secondary Surveillance Radar
SVG	Scalable Vector Graphics
TCP	Transmission Control Protocol
TESS	Transport-Einsatz-Steuerungssystem
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TIS-B	Traffic Information System - Broadcast
TSI	Traffic-Situation-Interface
TU-BS	Technische Universität Braunschweig
TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg
TWR	Tower
UDP	User Datagram Protocol
UHH	Universität Hamburg
UMPC	Ultra Mobile Personal Computer
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
VCS	Vehicle Communication Server
VDL	VHF Data Link
V-LAN	Virtual Local Area Network
WFF	Wettbewerbsfähiger Flughafen (Lufo IV)

WiMax	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network

4.2 Literaturverzeichnis

- [1] **CARMA**
Dokument D211 "Anforderungen an das Fahrzeugmanagement-System aus Benutzersicht"; Version 1.0; Juli 2008
- [2] **CARMA**
Dokument D221 "Safety Case"; Version 1.0; Juli 2008
- [3] **CARMA**
Dokument D231 "Cost-Benefit-Analys"; Version 1.0; Juli 2008
- [4] **CARMA**
Dokument D241 "State of the Art"; Version 1.0; Juli 2008
- [5] **CARMA**
Dokument D311 "Bewertung von Technologien zur Ortung und Identifizierung"; Version 1.0; Juli 2008
- [6] **CARMA**
Dokument D321 "Kommunikation auf dem Apron"; Version 1.0; Juli 2008
- [7] **CARMA**
Dokument D331 "Datenbasen und Maps"; Version 1.0; Juli 2008
- [8] **CARMA**
Dokument D333 "Bottleneck-Analyse"; Version 1.0; Juli 2008
- [9] **CARMA**
Dokument D411 "Beschreibung Mobil Client"; Version 1.0; Juli 2008
- [10] **CARMA**
Dokument D421 "Konzept Fahrzeugdarstellung auf Apron Display"; Version 1.0; Juli 2008
- [11] **CARMA**
Dokument D431 "Ist-Analyse Turnaround"; Version 1.0; Juli 2008
- [12] **CARMA**
Dokument D511 "Beschreibung Testsystem"; Version 1.0; Juli 2008
- [13] **Klaus-Rüdiger Täglic**
Abschlußbericht CARMA DFS; Oktober 2008
- [14] **Marcus Venzke**
Abschlußbericht CARMA TUHH; Oktober 2008
- [15] **Norbert Rieckmann**
Abschlußbericht CARMA Airbus Deutschland; Oktober 2008
- [16] **Axel Husfeldt, Steffen Loth**
Abschlußbericht CARMA Flughafen Hamburg GmbH; Oktober 2008

4.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Strukturierung des Projektteams	7
Abbildung 1-2: Strukturierung Arbeitspakete	8
Abbildung 1-3: Angepasster Projektzeitplan	8
Abbildung 2-1: Kommunikationstechnologien Vor- und Nachteile	21
Abbildung 2-2: Mobilclient Beispiel Kartendarstellung	24
Abbildung 2-3: Mobilclient Beispiel Auftragseingang	24
Abbildung 2-4: Display mit allen Fahrzeugen und reduzierter Darstellung	26
Abbildung 2-5: Grundkonzept für das CARMA System	30
Abbildung 2-6: Architektur für das CARMA System	31
Abbildung 2-7: Kommunikationsverbindungen	33
Abbildung 2-8: Verwendete Onboard Hardware	34
Abbildung 2-9: Arbeitsplatz Groundhandler in der CARMA Einsatzzentrale	34

4.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Verbundpartner	7
Tabelle 2-1: Änderungen in Dokumentation und Arbeitsinhalten	10
Tabelle 2-2: Identifizierte Kategorien der Wertschöpfung und Vorteilnehmergruppen	15