



WFF – Schlussbericht  
(01.07.09 – 31.03.10)



Schlussbericht - WFF  
Zuwendungsempfänger  
Deutsche Lufthansa AG, Köln

Verbundbezeichnung  
Verbund WFF

Vorhabensbezeichnung  
„WFF – Wettbewerbsfähiger Flughafen“

Laufzeit  
01.01.2007 bis 31.03.2010

Förderkennzeichen  
20V0601M

Berichtszeitraum  
01.07.2009 bis 31.03.2010

Berichterstatter

i. A. Ralph Schwarzendahl  
Commercial Airport Relations  
FRA EU/KL

i.A. Dieter Michels  
Projektleitung Help Desk Services  
FRA JO/X

  
Rechtsverbindliche Unterschriften



Datum  
28. September 2010



---

1 Übersicht.....	1
1.1 Aufgabenstellung.....	1
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	1
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	1
1.3.1 Arbeitsplan und Einhaltung.....	1
1.3.2 Zeitplan und Einhaltung.....	1
1.4 Stand der Wissenschaft und Technik zu Beginn des Vorhabens .....	2
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	2
2. Detaildarstellung .....	3
2.1 Erzielte Ergebnisse.....	3
2.1.1 Cluster 3.....	3
2.1.1.1 Teilprojekt 3.2.....	3
2.1.1.2 Teilprojekt 3.4.....	9
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	15
2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit.....	15
2.5 Fortschritt auf dem Gebiet .....	16
2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen .....	18
3. Anhang .....	20
3. 1 Abkürzungsverzeichnis.....	20
3. 2 Abbildungsverzeichnis .....	21





## 1 Übersicht

Das zu erwartende Wachstum im Luftverkehr wird sich neben den beiden Hubs der Lufthansa in Frankfurt und München, die aktuell bereits an der Kapazitätsgrenze operieren, auch auf die „Mid-Size-Airports“ in Deutschland konzentrieren. Dies wiederum bedeutet, dass auch hier zukünftig durch Einsatz von Technologie ein optimaler Ressourceneinsatz gewährleistet sein muss, damit die operative Stabilität des Gesamtsystems und hier im speziellen des Turnarounds eines Flugzeugs garantiert ist.

Die Optimierung des Turnarounds bietet neben der Kundenzufriedenheit vor allem wirtschaftliche Vorteile für die Fluggesellschaft und den Flughafen. Die Kennzahl der Aircraftutilization ist aus Produktionssicht ein entscheidender Einflussfaktor. Neben der finanziellen Bedeutung ist es aber zwingend erforderlich die Vorgaben auch in der Praxis umsetzen zu können. Für die Flughäfen sind Stabilität und Attraktivität des Flugangebots ein relevantes Entscheidungskriterium bei der Wahl des Abflugortes der Fluggäste.

Für Lufthansa ist die operative Stabilität der Flüge, insbesondere die damit verbundenen Umsteigerverkehre auf beiden Hubflughäfen von hoher Relevanz, da unter Umständen bei Verspätungen Folgekosten für das Unternehmen und weitere Unannehmlichkeiten für die Passagiere resultieren können.

Bei der Betrachtung eines Turnaroundprozesses sind zahlreiche Prozessbeteiligte involviert und damit auch in einer möglicher Verursacherrolle, bezüglich einer Abflugsverspätung. Dabei muss jedoch ein unwirtschaftlicher Ressourceneinsatz am Boden vermieden werden. Vielmehr ist auch hier eine intelligente Steuerung aller beteiligten Gewerke anzustreben.

Die geplante Umstellung auf eine „CDM-Steuerung“ (collaborative decision making) der Flughäfen zur verzahnten Koordination von Flughafeninfrastruktur und der aktuellen Luftraumbeschränkungen (Slots) bedingt absolut verlässliche und valide Offblock Zeiten. Diese wiederum erfordern nicht nur eine bessere Steuerung der Bodenprozesse sondern ein frühzeitiges Erkennen von Dysfunktionen in der Abfertigung. Hierbei sind vor allem auch die Passagierprozesse im Terminal systemrelevant, aber derzeit deutlich weniger transparent darstellbar als dies bei Lufthansa eigenen oder Flughafenproduktionsprozessen heute möglich ist.

Mit diesen Fragestellungen beschäftigte sich das Cluster 3 des Verbundes WFF (wettbewerbsfähiger Flughafen) hinsichtlich Prozessmonitoring sowie taktischer und prä-taktischer Entscheidungen zur Verbesserung des Turnaroundprozesses.

### 1.1 Aufgabenstellung

Die Lufthansa AG war im Verbund WFF als Zahlungsempfänger und in der Projektkoordination für Cluster 3 „Turnaround“ beteiligt. Die Mittel der direkten Förderung für Fremdaufträge wurden hierbei für die Arbeitspakete (3.2 und 3.4) verwendet. Diese beinhalten auch die Schaffung einer validen Datenbasis für den Leitstand in Braunschweig, sowie die Simulation der Terminalprozesse.

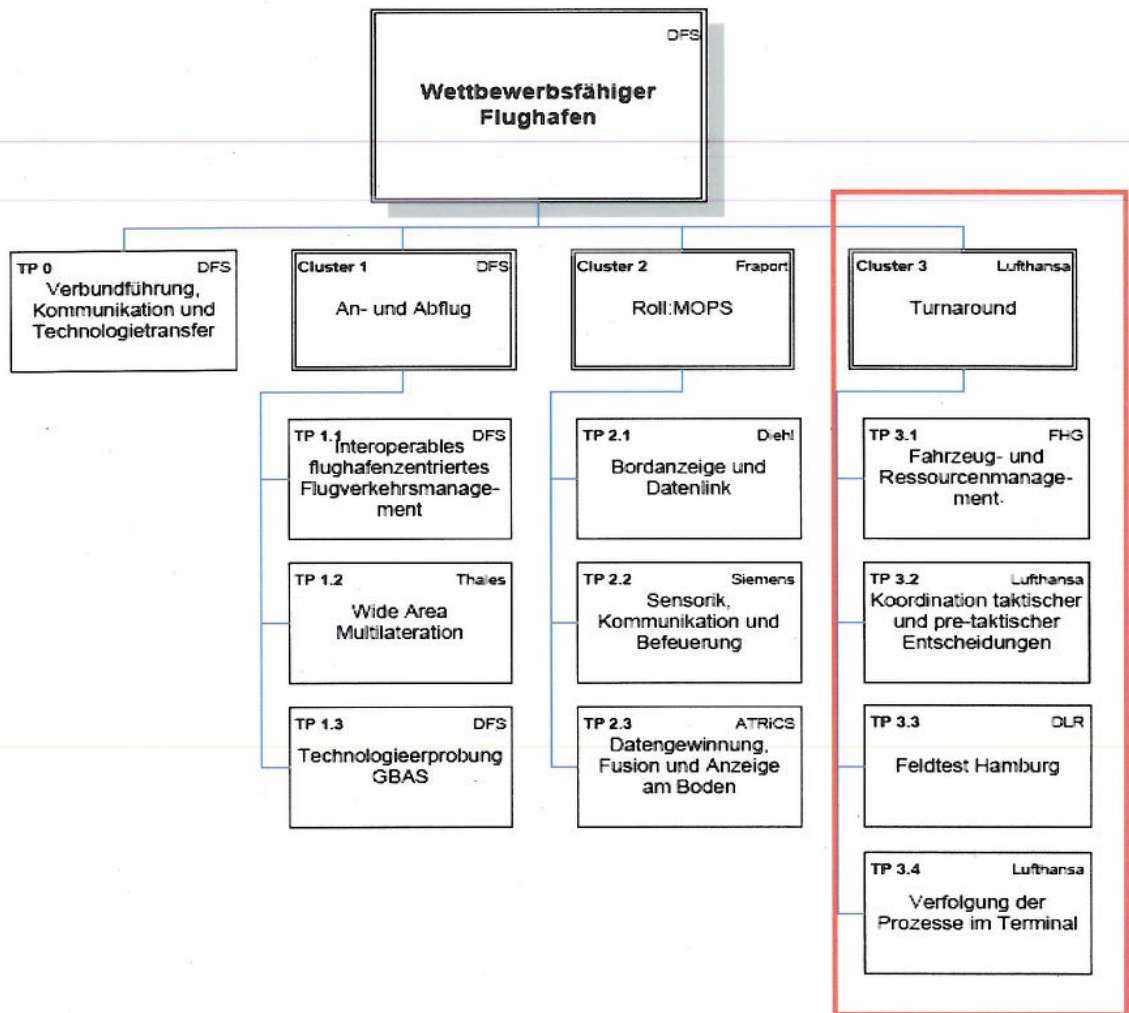


Abbildung 1: Zusammenhang der Cluster und Teilpakete





## **1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die verschiedenen Forschungsaktivitäten diverser Institute haben sich in der Vergangenheit primär auf die infrastrukturellen Engpässe, wie Bahnsystem und Rollwege konzentriert. Das Projekt CARMA des DLR beinhaltet als ersten Schritt eine Untersuchung der Fahrzeugflotte auf dem Vorfeld und deren optimierten Einsatz. Ziel hierbei war eine Machbarkeitsstudie einer Systemunterstützung. Parallel hierzu sollte eine Darstellung aller abfertigungsrelevanten Teilprozesse im Versuchsleitstand des DLR in Braunschweig systemseitig aufgebaut und für künftige Verhandlungsszenarien ertüchtigt werden. Gerade letztere bedingen absolute transparente Abbildungen der Ist-Situation um taktische und prä-taktische Entscheidungen im Leitstand treffen zu können.

## **1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

### **1.3.1 Arbeitsplan und Einhaltung**

Lufthansa hat neben der Projektorganisation des Cluster 3 die Erfahrungen und Entscheidungsvorgaben aus der Praxis eingebracht. Parallel wurde in verschiedenen Workshops Szenarien und Reaktionen der Fluggesellschaften und der Airports diskutiert. Diese betreffen zum Beispiel Aktionen bei Sondersituationen wie Schlechtwetterlagen und Streiksituationen, aber auch alltägliche Störungen wie kurzfristige Schließung einer Ladebahn oder Verspätungssituationen einzelner Flüge. Die Untersuchung der im Terminal ablaufenden Prozesse wurde als Teilprojekt 3.4 an die Uni RWTH Aachen vergeben. Die „What – If“ Simulation wurde vom DLR Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr entwickelt. Die Datensammlung und visuelle Darstellung zur Einbindung in den DLR-Leitstand wurde LH-intern sowie durch die Firma IDG AG im Unterauftrag realisiert. Die aktuelle Übermittlung der Daten musste aufgrund der Komplexität der Schnittstellen zurückgestellt werden und es wurden stattdessen ex post zwei Tagesdarstellungen in den Leitstand eingebunden.

### **1.3.2 Zeitplan und Einhaltung**

Das Projekt wurde am 01.01.2007 begonnen und konnte fristgerecht zum 31.03.2010 beendet werden. Eine aktive Einbindung der Realzeiten in Hamburg aus dem Allegro System in den Leitstand des DLR in Braunschweig ist für 2010 avisiert und kann dort einer für eine weitere Zusammenarbeit der Lufthansa und den Forschungsinstituten DLR und RWTH Aachen dienen.



#### **1.4 Stand der Wissenschaft und Technik zu Beginn des Vorhabens**

Die Teilprojekte 3.1 und 3.3 wurden unter der Leitung des DLR zusammen mit dem Flughafen Hamburg abgearbeitet und im Bericht des DLR umfassend beschrieben. Bei den Teilprojekten 3.2 und 3.4 sollte zum einem die theoretische Machbarkeit eines gemeinsamen Leitstandes und eine Simulation der Terminalprozesse bearbeitet werden. Für den Leitstand sind aktuelle Prozessdaten erforderlich. Diese müssen visuell so aufbereitet werden, dass es den Mitarbeitern möglich ist innerhalb kurzer Zeit die Situation zu erkennen und daraus abgeleitete Maßnahmen einzuleiten. Ziel hierbei ist vor allem das Treffen richtiger Entscheidungen unter bestimmten Betriebsmodi und im taktischen bzw. prä-taktischen Entscheidungsraum. Hierfür sind die Anbindung der verschiedenen Dispositionssysteme der verschiedenen Prozessbeteiligten am Flughafen Hamburg und die Einbindung sämtlicher flugzeugbezogenen Zeitstempel in Echtzeit zwingend erforderlich.

#### **1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Lufthansa AG steht seit einigen Jahren und auf vielfältigen Ebenen in einem engen Kontakt zu allen beteiligten Partnern. Darüber hinaus bestehen Kontakte zu denen für dieses Projekt relevanten Flughäfen und der DFS. Für die Dispositionsdaten der des Flughafens und der einzelnen Teilgewerke wurde eng mit der Fa. Airsys, dem IT-Dienstleister des Flughafens Hamburg und der von Lufthansa beauftragten IT-Dienstleister Fa. Informations-Design AG in Frankfurt zusammengearbeitet. Die so ermöglichte Datengrundlage kann zukünftig in Realzeit in den Leitstand des DLR in Braunschweig einfließen. Da neben den Daten der Flugzeugabfertigung auch die Passagierprozesse im Terminal relevant für den Turnaroundprozess sind, wurde die Uni RWTH Aachen von Lufthansa im Unterauftrag beauftragt hier auf theoretischer Basis ein Simulationstool zu erstellen.





## 2. Detaildarstellung

### 2.1 Erzielte Ergebnisse

#### 2.1.1 Cluster 3

##### 2.1.1.1 Teilprojekt 3.2

###### AP 3.2.1

In einem Leitstand sollen übergeordnet Entscheidungen bezüglich des Flughafenverkehrs in der Zukunft (ab etwa 30min bis hin zu 24h) getroffen werden.

Die Stakeholder haben die Aufgabe auf verschiedenen Ebenen Entscheidungen herbei zu führen. Auf der Performance Ebene können dies u.a. Entscheidungen zu Key Performance Indicators, wie der Pünktlichkeit oder der Durchsatz sein. Auf der Flow Ebene betrifft dies z.B. die RWY Nutzungsstrategie oder das ARR/DEP Ratio, während auf der Event-Ebene Entscheidungen zu einzelnen Flügen getroffen werden, wie der Priorisierung von Flügen. Da viele Entscheidungen heutzutage in den Operation Centern der einzelnen Stakeholder getroffen werden und auch zukünftig dort getroffen werden sollen, ist eine Anbindung dieser an einen Leitstand für Rückfragen notwendig

Um das umzusetzen, ist es notwendig, eine Systemunterstützung aufzubauen, Akteure und deren Aufgaben zu definieren, sich Gedanken über die Verhandlungs- und Entscheidungsprozesse zu machen, sich zu überlegen, wie die Arbeitsplätze aussehen könnten und auch eine Simulationsumgebung mit entsprechenden Simulationskomponenten aufzubauen.

Im AP 3.2.1 sollte entsprechend der Zielsetzung des Arbeitspaketes ein Airline-Leitstandsclient definiert werden.

Zusammen mit der Lufthansa hat sich das DLR dieser Thematik angenommen und in mehreren Iterationsschritten und vielen konstruktiven Diskussionen einen Entwurf eines einer Airline genügsamen Clients erstellt. In diesem Zusammenhang wurden auch die Aufgaben des Agenten an diesem Client diskutiert. Aus ersten Grafiken (siehe Abbildung 2) und Definitionen der Funktionalitäten entstand eine sehr detaillierte Beschreibung des Clients (Abbildung 3).

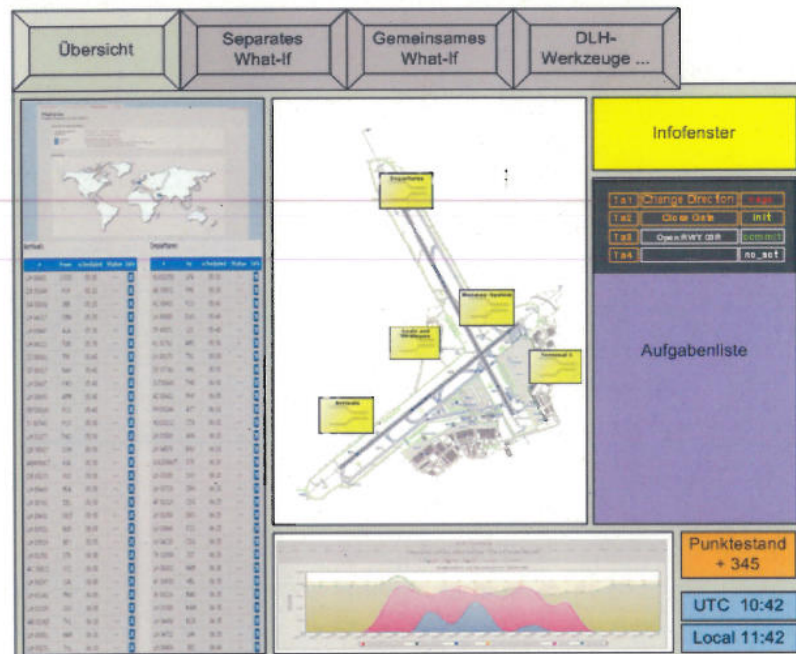


Abbildung 2: Layout Airline-Leitstandsclient – früher Entwurf



Abbildung 3: Entwurf des Airline Clients – finaler Stand

In den Gesprächen wurde auch deutlich, dass ein zusätzlicher Client entwickelt werden muss, über den die Entscheidungen der Verkehrszentrale (OZ) der Lufthansa mit in die Entscheidungen innerhalb des APOC (Airport Operation Centre) einfließen sollen. Vorschläge, wie dies umgesetzt werden kann sind verfasst worden.

Weiterhin wurde festgestellt, dass eine Systemanbindung von Seiten der Lufthansa für die Simulation nicht sinnvoll ist, da die Systeme der Lufthansa keine Simulationskomponenten enthalten und somit nicht auf sich verändernde Verkehrssituationen der Simulation reagieren können. In diesem Zusammenhang wurde sich darauf geeinigt, dass beim DLR in



Braunschweig eine Anbindung an das DAS (Datenaustauschsystem) etabliert werden soll, um Hamburg-relevante Daten mehrerer Verkehrstage aufzuzeichnen.

Auch ist deutlich geworden, dass ein zusätzlicher Client entwickelt werden muss, über den die Entscheidungen der Verkehrszentrale (OZ) der Lufthansa mit in die Entscheidungen innerhalb eines APOC (Airport Operation Centre) einfließen sollen. Vorschläge, wie dies umgesetzt werden kann, wurden verfasst.

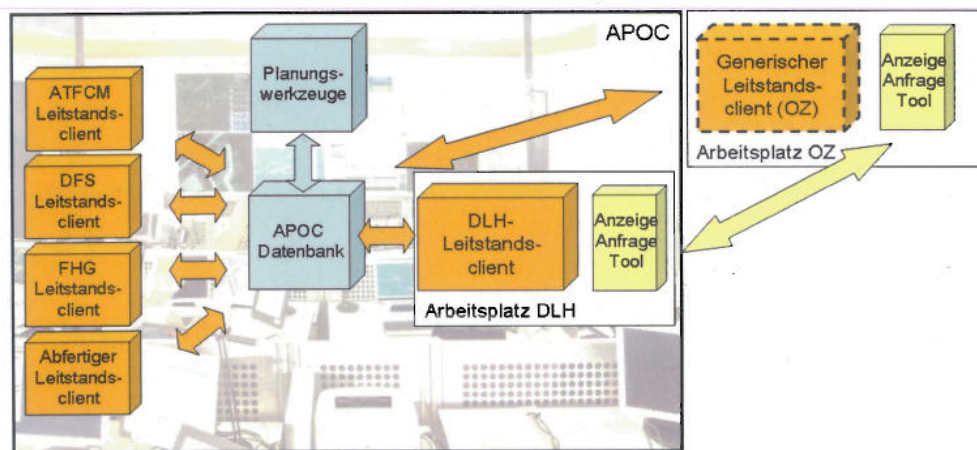


Abbildung 4: Anbindung Airline-Leitstandsclient und generischer Leitstandsclient (OZ)

In diesem Zusammenhang wurde auch festgehalten, wie und welche Informationen zwischen dem Airline-Leitstandsclient und dem OZ-Client ausgetauscht werden sollen.



### AP 3.2.2

Der Airline Client ist erstellt worden und umfasst folgende Funktionen:

- Anzeige von Flugplänen
  - Inkl. Planzeiten
  - „Edit“-Fenster zum einstellen verschiedener Bedingungen die Einzelflüge betreffend
- Anzeige und Eingabe zur Durchführung von Verhandlungen inkl. der Anpassung von zwei Performance-Parametern (inkl. dem Vergleich verschiedener Lösungsvorschläge)
- Situationsüberblick über die Flughafenressourcen
- Anzeigenfenster für Performance-Werte, gesamt und die einer Airline
- Anfragefenster an eine Verkehrszentrale
- Darstellung des zum Flug gehörenden Turnarounds
- Interne Priorisierung zur Festlegung einer Reihenfolge (bisher bei den DEP geplant)
- Externe Priorisierung als Vorteilsnahme eigener Flüge gegenüber der Flüge anderer Airlines

Die Verhandlungsdurchführung kann nur im Zusammenspiel mit dem DLR-eigenen Basis-Client durchgeführt werden, da wenigstens zwei Teilnehmer teilnehmen müssen. Die Kommunikation der Clients und die Anbindung an die DLR-Systeme ist erfolgreich umgesetzt worden. Weiterhin können Eingaben aus dem Airline Client oder dem Basis-Client im System „operationell“ gemacht werden, sodass sich die Eingabe/Änderung von Randparametern in der Planung wiederfindet. Die Planzeiten für einzelne Flüge, Performance-Werte usw. werden verändert und angepasst.

Die Flughafenressourcen, die Runways, das Taxiwegesystem und die Terminals werden farblich markiert, je nachdem, wie hoch die momentane Ressourcenauslastung ist. Für das Taxiwegesystem und die Terminals standen bis zum Projektabschluss nur geschätzte Daten zur Verfügung.

Die Anfrageeinheit zur Übermittlung von Wünschen an die Verkehrszentrale einer Airline ist funktionsbereit, eine Weiterleitung der Eingaben findet jedoch nicht statt. Das System war zum Projektabschluss noch nicht mit dem Airline Client verbunden.

Die Darstellung des Turnarounds beruht auf einfachen von den Flugzeugherstellern veröffentlichten Informationen. Zufällige Variationen können jedoch eingebaut werden. Das System wurde vom DLR entwickelt, da eine Anbindung an das ALLEGRO System in WFF nicht möglich war.

Die interne Priorisierung ist bis zum Ende des Projektes nicht fertig gestellt worden. Hierbei sollen Departures, die den gleichen Schedule haben in ihrer vom TOP (Total Operations Planner) vergebenen Reihenfolge beliebig getauscht werden können. Dies geschieht ausschließlich innerhalb der Airline und betrifft somit nur eigene Flüge.

Die externe bzw. auch globale Priorisierung ist datentechnisch bereits möglich und funktioniert im Basis-Client. Der Einbau in den Airline Client wurde bis zum Projektende noch nicht umgesetzt. Hierbei hat die Airline die Möglichkeit eigene Flüge gegenüber





allen anderen Flügen zu priorisieren, sodass diese Flüge näher am Schedule geplant werden. Eine Abhängigkeit vom Bonus-Malus-System wurde, nach Gesprächen mit der Lufthansa, im Rahmen von WFF nicht umgesetzt.

### **AP 3.2.3**

Nach einigen Gesprächen stellte sich heraus, dass Lufthansa Systeme nicht in den Airline-Client und die DLR-interne Simulation eingebunden werden können. Die Systeme der Lufthansa sind nicht simulationsfähig und Ergebnisse der Simulation werden somit in den Systemen der Lufthansa nicht verarbeitet.

Die Anbindung des DAS an das DLR wurde Anfang 2009 umgesetzt und Daten aus dem DAS aufgezeichnet. Die DAS-Daten der Lufthansa liegen beim DLR in einzelnen Textdateien jedes einzelnen Tages im XML-Format vor. Eine Auswertung der Dateien mit Excel erfolgte nach der Datenkonvertierung mittels eines XML-Parsers.

In Erwartung, dass die besten Ergebnisse durch eine Simulation in Verspätungssituationen zu erreichen sein könnten, wurden die Excel-Dateien nach entsprechenden Kriterien durchsucht und ausgewertet. Da eine größere Zahl an Verspätungen oft mit verschiedenen Wettersituationen korreliert, wurden METAR-Daten vom Hamburger Flughafen mit aufgenommen und ausgewertet. In den Auswertungen zeigte sich, dass diese Informationen jedoch lediglich einen Hinweis liefern und die Gründe für aufgetretene Verspätungen hiermit nicht eindeutig verifiziert werden können.

Die DLR-Simulation kann jeweils nur mit einem Datensatz arbeiten. Deshalb wurde entschieden, dass ein Referenztag ausgewählt werden sollte, an dem möglichst viele Verspätungen auftraten, um das mögliche Potential einer Verkehrsflussoptimierung aufzuzeigen. Als Referenztag mit möglichst vielen Verspätungen kam der 10.02.09 in Betracht. Hier waren entsprechend der Aufzeichnungen aus dem DAS System 71 Departures und 50 Arrivals mit mehr als 15min verspätet.

Nach Auswahl der Szenarien-Tage sind weitere Daten der FHG dazu beschafft worden, da das DAS System nicht alle Flüge am Hamburger Flughafen beinhaltet.

Eine Anbindung an das A-SMGCS und CARMA im TMAN (Turnaround Manger) wurde nicht vorgenommen, da diese Daten einerseits keinen Eingang in die vom DLR entwickelte Turnaround Darstellung finden und andererseits diese Informationen auch keine Relevanz für ein solches System in einer Simulation beim DLR haben.

### **AP 3.2.4**

Das ausgewählte Verkehrsszenario wurde in die Simulationslandschaft des DLR eingepflegt. Damit konnten Funktionstests im Systemverbund mit dem Airline Client durchgeführt werden.

In der Simulation des Verbundes wurden Verhandlungen zu einzelnen KPIs durchgeführt und die Rückwirkungen einer Bahnsperre durch den Flughafen auf die Departures und Arrivals aufgezeigt. Hierbei zeigten sich die Fähigkeiten des im DLR entwickelten Total Operation Planners (TOP), welcher aufgrund der Bahnsperren Verzögerungen von An- und Abflügen ausrechnet. Am Airline Client konnte dadurch plausibel aufgezeigt werden, für welchen Flug mit welchen Verspätungen zu rechnen ist und bis zu welchem Zeitpunkt es dauern würde, bis der Normalbetrieb wieder vorstatten gehen wird. Gleichzeitig wurden weitere Anzeigen (u.a. die KPIs Pünktlichkeit und



Durchsatz oder die Auslastungen einzelner Flughafen Ressourcen) entsprechend der Auswirkungen durch die Sperrungen im Airline Client aktualisiert.

Ziel in diesem Arbeitspaket war es ebenso aufzuzeigen, inwiefern eine optimierte Planung der An- und Abflüge am Hamburger Flughafen einen Vorteil für den Einsatz im realen Betrieb versprechen kann. Diesen Zielvorstellungen konnte aus verschiedenen Gründen nicht nachgekommen werden. Die Auswertung der Verspätungen von Departures am Hamburger Flughafen zeigte, dass diese meist von Vorflügen bereits Verspätungen mitbrachten. Gründe hierfür konnten nicht eindeutig festgestellt werden. Die anschließende Betrachtung diverser Delay Codes zeigte, dass es durch die Wetterbedingungen an dem Tag auch an anderen Flughäfen zu Verspätungen kam. Auch stellte sich in der Auswertung der Daten heraus, dass weitere Informationen und getroffene Entscheidungen nicht zur Verfügung standen bzw. nur unvollständig vorlagen. Eine realitätsgetreue Nachbildung der Ereignisse in der Simulation war somit nicht gegeben.

In weiterführenden Arbeiten nach WFF ist vorgesehen, die Leitstandsthematik direkt am Flughafen Hamburg weiter zu betrachten und dann die Systeme an die reale Systemwelt vor Ort anzukoppeln.



Abbildung 5: Testaufbau Airline Client im DLR-Systemverbund



### 2.1.1.2 Teilprojekt 3.4

#### AP 3.4.1

Im Rahmen des AP 3.4.1 erfolgte die Analyse der Terminalprozesse unter dem Aspekt des Turnaround eines Luftfahrzeuges. Dabei stand die Betrachtung des Flughafens Hamburg im Fokus, der für das Forschungsprojekt „WFF – Wettbewerbsfähiger Flughafen“ als Beispielflughafen ausgewählt wurde.

Die Schnittstelle zwischen dem Turnaround auf der Abstellposition und dem Terminalgebäude mit seinen Prozessen stellt das De-/Boarding der Passagiere da. Dabei handelt es sich um den Aus- (Deboarding) bzw. Einsteigevorgang (Boarding) der Passagiere dar (Abbildung 6). Im Rahmen der Bestandsaufnahme erfolgt die Bestimmung der Terminalprozesse bzw. Einrichtungen mit Relevanz auf den Turnaround Prozess sowie der zu erwartenden Auswirkungen.

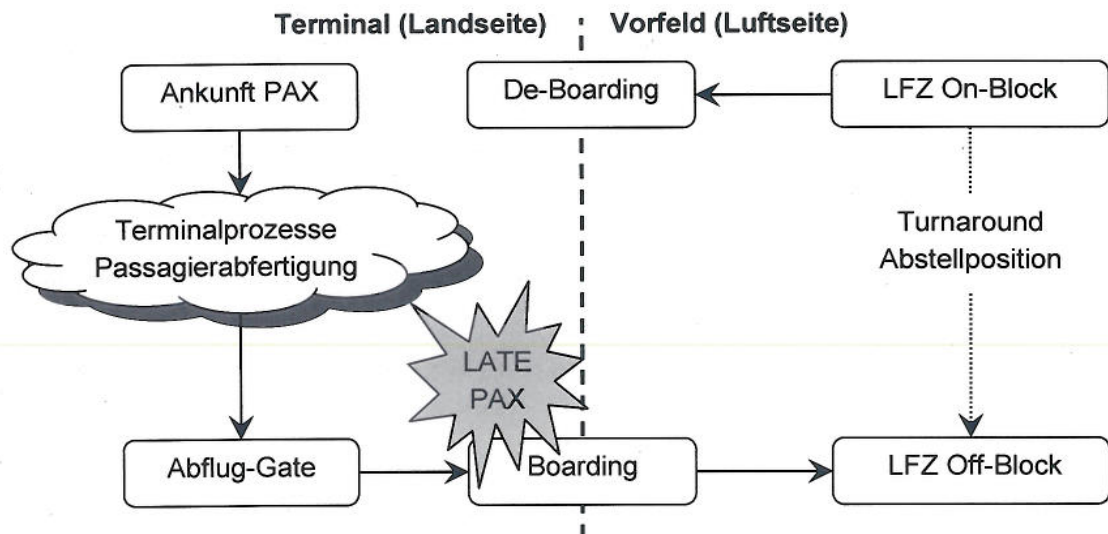


Abbildung 6: Schnittstelle Luft-/Landseite

Ein weiteres Aufgabenfeld in AP 3.4.1 im Zusammenhang mit der späteren Anwendung der What-If Simulation, die durch das DLR Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr beigesteuert wurde, war die Bestimmung der Auswirkungen, die sich durch den Einsatz neuer Entwicklungen im Bereich der Passagierabfertigung ergeben. Besonders die zunehmende Automatisierung sowie neue technische Möglichkeiten und Verfahren im Bereich der Passagierabfertigung beeinflussen beispielsweise den Durchsatz einzelner Abfertigungseinrichtungen.

#### AP 3.4.2

Ziel von AP 3.4.2 war die Entwicklung von Schnittstellen zu anderen Elementen / Tools, die im Rahmen der Überwachung und Steuerung der Flughafenprozesse zur Anwendung kommen. Beim Aufbau der Simulationsumgebung wurden diese Aspekte berücksichtigt.

So erfolgt über den Terminal Monitor die Anbindung an die Luftseite (Vorfeld) sowie die Verknüpfung mit den Informationen aus dem Terminalbetrieb. Eine Übersicht der genutzten Simulationsumgebung liefert Abbildung 7.

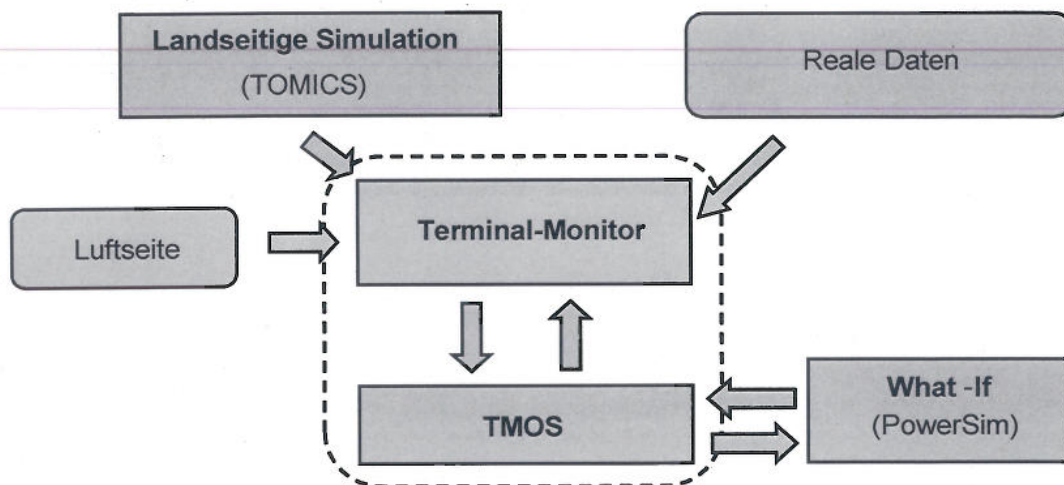


Abbildung 7: Simulationsumgebung

### AP 3.4.3

Im Rahmen des AP 3.4.3 wurden Möglichkeiten erarbeitet, mit deren Hilfe die Prozessabläufe innerhalb des Terminalgebäudes mit Blick auf den Turnaround Prozess der Flugzeuge überwacht sowie gegebenenfalls gesteuert werden können. Eine wichtige Kenngröße dafür ist die Ankunftszeit der Passagiere am Abflug-Gate. Der Zeitpunkt für die Ankunft der Passagiere im Warteraum am Gate ist von der vorgelagerten Prozesskette abhängig.

Im Rahmen der Arbeiten fand neben der Betrachtung der Konzepte für die Passagierführung (allgemein, individuell) auch eine Verknüpfung mit der dafür notwendigen Technik statt. Eine Übersicht zu dem Zusammenhang zwischen der Struktur der bereit gestellten Informationen sowie der benötigten Technik liefert Abbildung



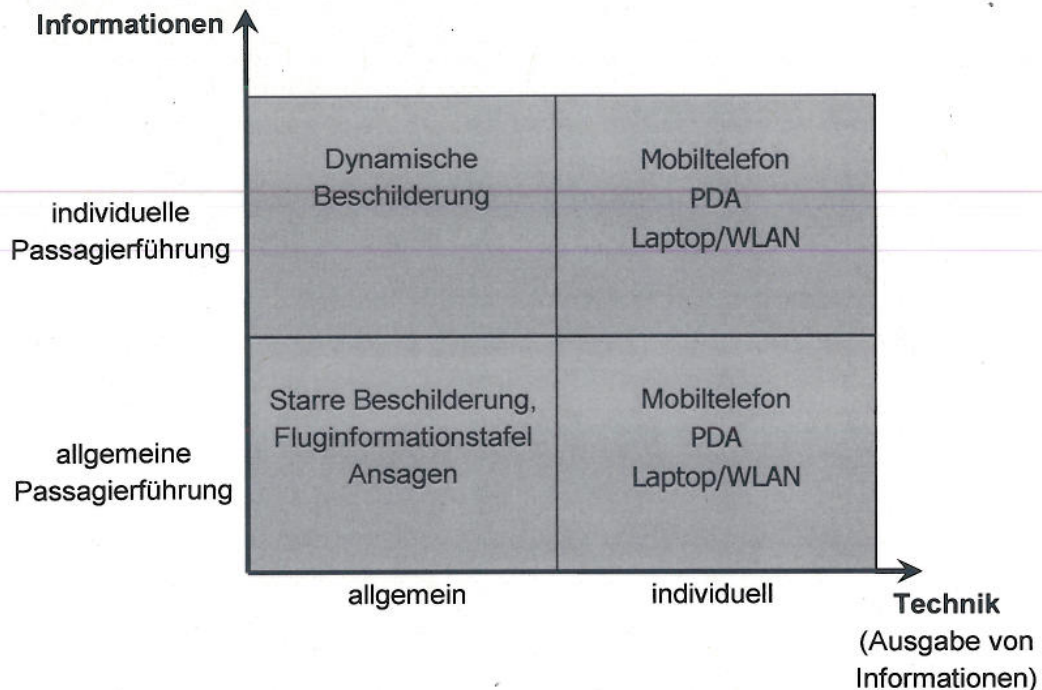


Abbildung 8: Passagierführung und Technik

Im Rahmen der Bestandsaufnahme und Analyse der Terminalprozesse wurde festgestellt, dass aktuell kein umfassendes bzw. funktionsfähiges System zur Bestimmung der Position der Passagiere im Terminalgebäude bzw. des Status im Abfertigungsprozess zur Verfügung steht. Aus diesem Grund konnte nicht direkt auf Daten bzw. Informationen zurück gegriffen werden, die eine Modellierung in einer Simulation ermöglichen. Anhand aktueller Entwicklungen und dem Stand der Forschung erfolgt eine Abschätzung eines möglichen Systems. Für die Anwendung um Rahmen des Projektes WFF wurde davon ausgegangen, dass ein mögliches System primär auf der Bestimmung der Anzahl an Personen in einem bestimmten Bereich (z.B. Wartebereich oder Fläche) beruht. Eine Bestimmung der Personenanzahl ist beispielsweise über RFID oder Videokameras in Kombination mit Bildverarbeitungssoftware möglich. Dies würde im Fall einer anonymen Datenerhebung, auch aus datenschutzrechtlicher Sicht, einen deutlichen Vorteil gegenüber personalisierten Daten bieten. Im Projekt selbst bleibt die Datenhoheit unberücksichtigt.

Eine Steuerung der Terminalprozesse auf Basis der voraussichtlichen Ankunftszeit der Passagiere am Abflug-Gate wäre wünschenswert. Für den Entwurf eines What-If Tools ist dies jedoch nicht praktikabel. Im Rahmen der Bestandsaufnahme zeigte sich das Problem der Vorausplanung über mehrere Abfertigungsprozesse. So müsste beispielsweise die Steuerung über die Ankunftszeit am Abflug-Gate zu dem Zeitpunkt an dem sich der Passagier am Check-In befindet auf Basis des aktuellen Zustands z.B. an der Passkontrolle erfolgen. Der Zustand an der Passkontrolle kann sich jedoch beim Eintreffen des entsprechenden Passagiers jedoch anders darstellen. Aus diesem Grund sollte im Rahmen der Arbeiten die separate Steuerung einzelner Terminalprozesse mittels Bewertung auf Basis spezifischer Qualitätskenngrößen erfolgen.



Die (erwartete) Wartezeit wurde hierfür als geeignete und realistische Kenngröße für die Bewertung und Steuerung der Terminalprozesse erachtet. Die Nutzung der Wartezeit bietet den Vorteil, dass sie bereits als Kenngröße für die Bewertung der Qualität des Check-In Prozesses im Bereich der Lufthansa zum Einsatz kommt. Darüber hinaus gibt es hierzu weitere Quellen und Arbeiten (u.a. IATA), die auf Basis der Wartezeit und der jeweiligen Prozess- bzw. Abfertigungsstation, bestimmte Qualitätskenngrößen (als Level of Service) definieren.

#### **AP 3.4.4**

Die Funktionalität der Steuerung der Terminalprozesse sollte anhand der Betrachtung von beispielhaften Störungssituationen überprüft werden. Grundlage für die Entwicklung von Steuerungsentscheidungen mittels What-If Probing ist die szenarioorientierte Betrachtung von Störungssituation und die damit verbundene systematische Beschreibung. Deshalb wurden Möglichkeiten erarbeitet, die eine Beschreibung von Störungen durch geeignete Parameter erlauben. Grundsätzlich ist bei der Beschreibung von Störungen dahingehend eine Unterscheidung notwendig, ob es sich bei der Beeinträchtigung um eine Abfertigungseinrichtung oder eine Terminalfläche handelt. Abhängig davon, ob sich auf einer Terminalfläche Einrichtungen befinden bzw. welcher Art die Störung ist, kann dadurch eine Auswirkung auf die dort befindlichen Einrichtungen möglich sein.

Aufgrund der komplexen Struktur eines Terminalgebäudes sowie des Abfertigungsprozesses mit seinen technischen Einrichtungen, ist eine Vielzahl unterschiedlicher Störungsszenarien möglich. Die Gründe für eine Beeinflussung der Abläufe im Flughafenterminal können sowohl innerhalb wie auch außerhalb des Gebäudes liegen.

Generell ist die Darstellung der Auswirkungen und Zusammenhänge bei Störungssituationen sehr komplex und abhängig von der Größe und Struktur des Terminalgebäudes. Aus diesem Grund wurden wesentliche Ursachen für Störungen sowie deren mögliche Auswirkungen bestimmt und aufgelistet. Dazu zählen auch Ereignisse, die keine Störung im eigentlichen Sinn bedeuten, aber einen Einfluss auf den Abfertigungsprozess der Passagiere haben.

#### **AP 3.4.5**

Für die Durchführung des „What-If Probings“ ist der Aufbau einer Simulationsumgebung notwendig. Die zwei wesentlichen Bestandteile der Simulationsumgebung (siehe Abbildung 7) in WFF sind das mikroskopische Simulationsprogramm TOMICS sowie die makroskopische Simulationssoftware Powersim. Das Programm TOMICS wurde hierfür der RWTH Aachen von Seiten des DLR zur Verfügung gestellt. Die Software Powersim wurde im Rahmen des Projektes WFF von der RWTH Aachen angeschafft. Damit wurde softwaretechnisch die Voraussetzung geschaffen, dass das Simulationsmodell inklusive der Szenarien bei dem Projektpartner RWTH Aachen entwickelt werden konnte.

Speziell für die Untersuchung der Steuerung der Terminalprozesse wurden Erweiterungen vorgenommen. Dies betrifft beispielsweise das Tool *Sensor Simulator* mit dessen Hilfe die verschiedenen Technologien der Passagierführung (RFID, Kameras) abgebildet werden können. Bei Powersim handelt es sich um eine kommerzielle Software zur makroskopischen Simulation. Die Auswahl einer makroskopischen



Simulation für den Aufbau des What-If Tools wird durch die, im Vergleich zu einer mikroskopischen Simulation, geringeren Simulationszeit notwendig.

Das Simulationsmodell in Powersim wurde in der Form aufgebaut, dass zwei verschiedene Anwendungsmodi möglich sind. Die Gestaltung der grafischen Oberfläche und der Simulationsparameter erlaubt sowohl die Simulation eines Leitstandsclients im taktisch-operationellen Betrieb, wie auch die Anwendung als Planungs- und Analysetool. Je nach Anwendungsmodi stehen in Powersim dem Anwender verschiedene Displays zur Auswahl (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10). Auf der einen Seite für die Implementierung und Steuerung der Simulationsszenarien und auf der anderen Seite für die Auswertung der Simulationsergebnisse.

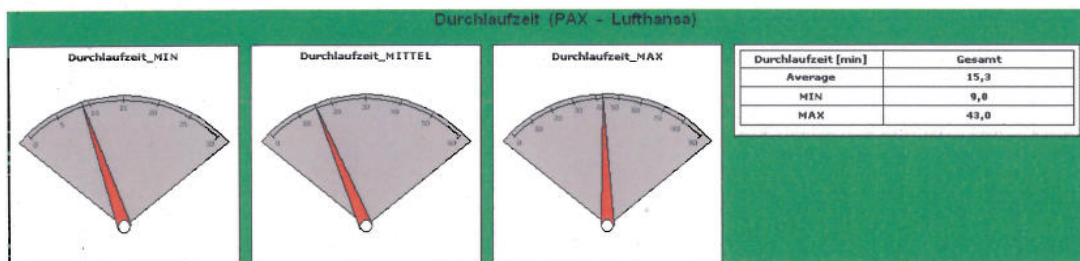


Abbildung 9: Display Durchlaufzeit Passagiere

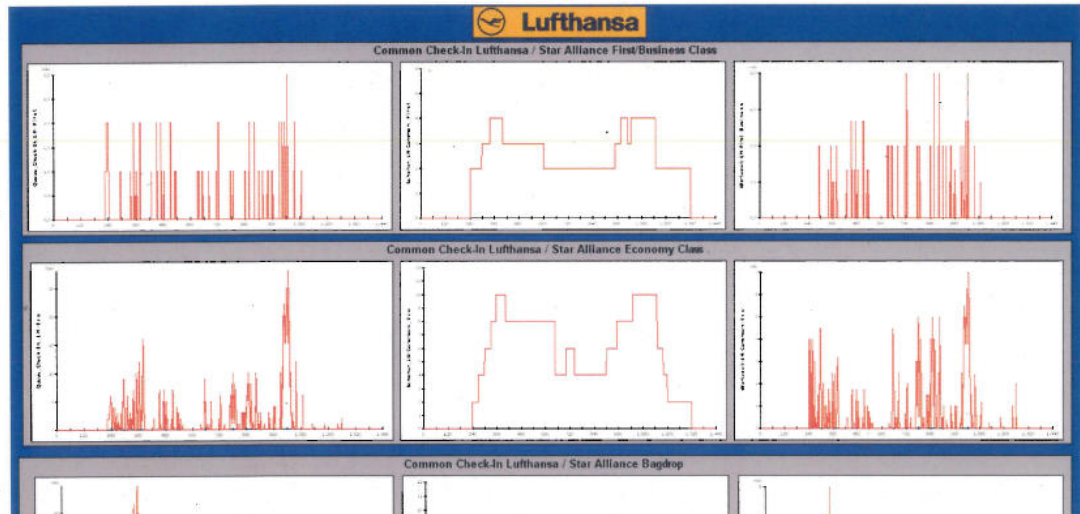


Abbildung 10: Display Status Check-In (Lufthansa)

Das Simulationsmodell in Powersim beinhaltet gleichzeitig die Funktionalität des What-If Tools.

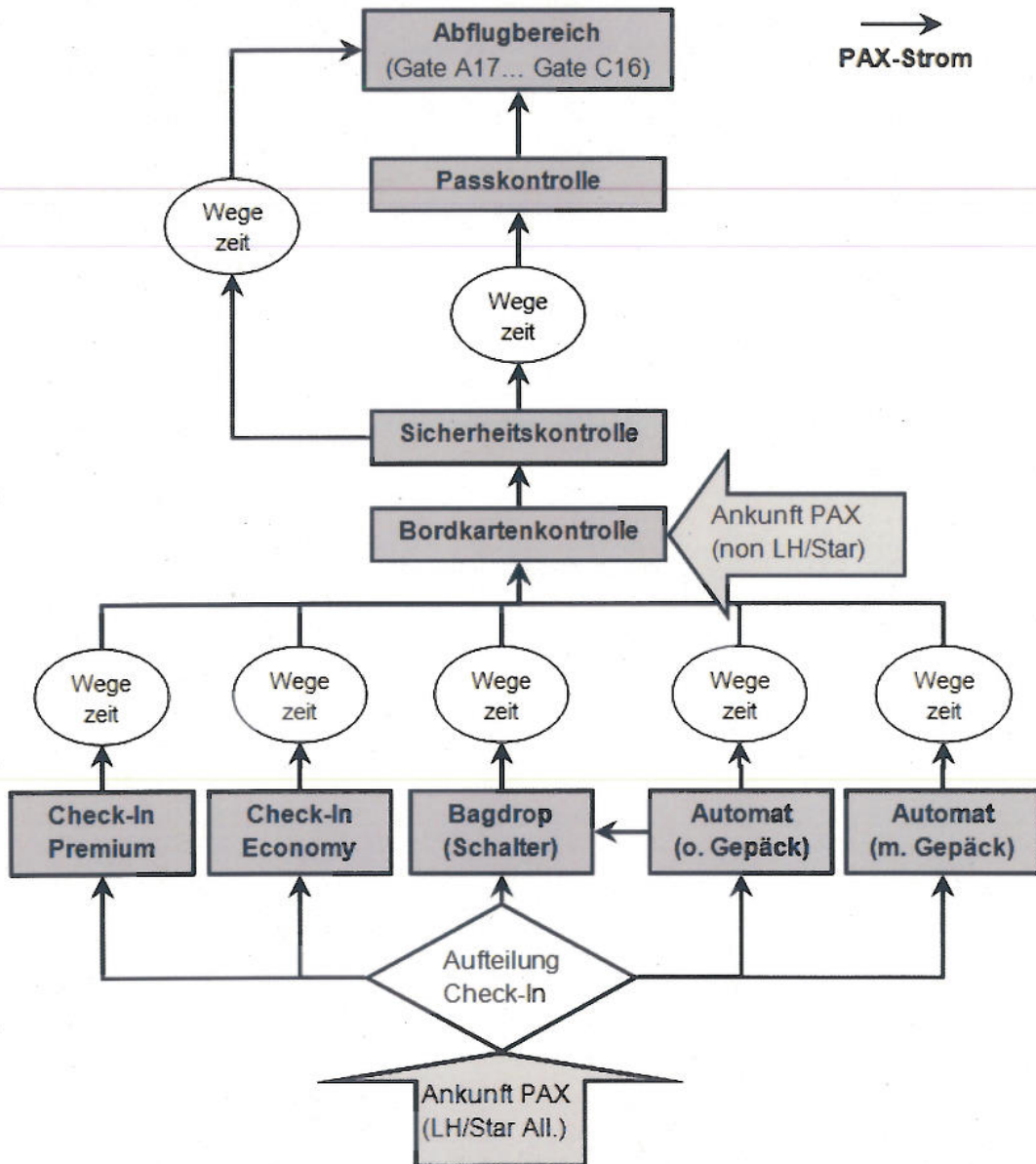


Abbildung 11: Passagierfluss (Powersim)

In den Simulationsprogrammen TOMICS und Powersim wurden die Referenzszenarien erstellt. Der Aufbau der Simulationsmodelle erfolgte auf Basis der tatsächlich vorhandenen Infrastruktur des Flughafens Hamburg (Stand: Dezember 2008). Eine Übersicht des Modells in Powersim liefert Abbildung 11.

Für die Betrachtung von Störungsszenarien wurde im Simulationsmodell von Powersim die Möglichkeit der Implementierung von bestimmten Störungssituationen geschaffen. Die Vorgabe erfolgt über festgeschriebene Parameter. Neben dem Start oder der Dauer der Störung sind dies beispielsweise Änderungen der Abfertigungs- oder Laufzeiten bis hin zum kompletten Ausfall von Abfertigungseinrichtungen. Die Implementierung der





Störungsszenarien in der Simulation erfolgt über ein eigenes Display des What-If Tools (Abbildung 12). Die Vorgabe erfolgt getrennt für Abfertigungseinrichtungen bzw. Wegezeiten zwischen den einzelnen Abfertigungsstationen.



Abbildung 12: Powersim (Ausschnitt Display Control Störung)

Die Implementierung des Referenzszenarios sowie typischer Störungsszenarios in die Simulation wurde durchgeführt. Anschließend erfolgte die Simulation. Dabei konnte die Funktionsweise des What-If Probing und die Möglichkeit der Steuerung über die erwartete Wartezeit nachgewiesen werden.

### 2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Alle im Projekt vorgesehenen Arbeiten konnten abgeschlossen werden. Die noch ausstehende Übertragung der realen Zeitstempel aus dem Allegro System ist noch in 2010 vorgesehen. Damit konnte das Gesamtprojekt trotz zwischenzeitlicher Verzögerungen fristgerecht abgeschlossen werden. Die Erkenntnisse und damit die Angemessenheit der geleisteten Arbeit ist schon alleine deswegen gegeben, da Lufthansa eine Übertragung der Ergebnisse auf relevante Stationen prüft und auch im Hinblick auf die kommende „CDM-Steuerung“ hier Erkenntnisgewinne sieht, die u.a. in zukünftige Arbeitsplatzgestaltungen einfließen werden.

### 2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Die Lufthansa AG betreibt heute an den beiden verkehrsstärksten Flughäfen Frankfurt und München sogenannte Hub-Control-Center. Die Mitarbeiter dieser Center koordinieren alle internen Prozesse, aber auch die Leistungserbringung externer Partner und Provider.

Heute umfasst dies primär ad hoc Reaktionen zur Lösungen für auftretende Probleme, sowie eine hauptsächlich taktisch vorausschauende Planung. Diverse IT-Instrumente sind bereits heute eine wichtige Grundlage zur Abbildung der Komplexität und zur Sicherstellung operativ stabiler Prozesse einer Airline. Der Trend in der Industrie weist in Richtung einer weitergehenden Integration zu sogenannten APOC (Airport Operation Center – Leitstand).

Das Spektrum der Entscheidungen wird sukzessive über die Vorfeldtätigkeiten auf die Terminal- Prozesse ausgedehnt. Hierbei ist eine stärkere IT-Unterstützung bei der Entscheidungsfindung des operativen Personals erforderlich.





Alle Prozessbeteiligten wirken bei der Erstellung, Verabschiedung und Umsetzung gemeinsamer kurzfristiger Maßnahmen eng zusammen. Zukünftig werden zunehmend über die heutigen taktischen Entscheidungen hinaus auch längerfristige Entwicklungen antizipativ betrachtet (prätaktischer Bereich mit mehreren Stunden Vorlauf). Perspektivisch ist davon auszugehen, dass auch ‚Mid-Size-Airports‘ (z.B. DUS, HAM, STR und BBI) einen Bedarf für derartige Leitstände, angepasst auf Größe und Bedürfnisse, etablieren werden. Zudem benötigen die Airlines als Kunden der Flughäfen einen weiter reichenden Einfluss auf die wesentlichen operativen Prozesse am Boden.

Das DLR arbeitet seit geraumer Zeit an derartigen Konzepten und hat eine Reihe entsprechender Werkzeuge wie z.B. eine Leitstandssimulationsumgebung entwickelt, mit deren Hilfe die oben erwähnten Konzepte untersucht werden können. Mit dem Unterauftrag an das DLR soll zunächst geprüft werden, inwieweit sich aus einer Integration von DLR-Entwicklungen in vorhandene bzw. geplante Lufthansa-Tools wirtschaftliche Vorteile für die Airline ergeben könnten. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes „WFF-Turnaround“ werden von der Lufthansa sorgfältig geprüft. Sollte die technisch-operationelle Machbarkeit nachgewiesen werden und eine wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit gegeben sein, wird Lufthansa konkrete Möglichkeiten der Implementierung im Kreise ihrer Partner (Star Alliance, Verbundpartner und Flughäfen) diskutieren und ggf. vorantreiben. Abhängig von diesen Ergebnissen wird auch eine Industrialisierung prototypischer Lösungen und eine entsprechende Vermarktung anzustreben sein.

Eine Ursache für ein verzögertes „Off Block Ready“ ist der „Late Passenger“. Durch eine Erprobung neuer Erfassungs- und Steuerungsinstrumente soll geprüft werden, inwieweit dadurch ein wesentlich verbesserter zeitaktueller Überblick über den Status aller für einen Flug eingetragenen Passagiere auf ihrem Weg zum Flugzeug zu erzielen ist. Eine flächendeckende Erfassung vorausgesetzt, könnten durch die Lokalisierung zeitkritischer Passagiere zielgerichtete Maßnahmen zur Vermeidung von verpassten Anschlüssen und Verspätungen getroffen werden. Gleichsam könnten Flughäfen und staatliche Organe wie die Bundespolizei von einer verbesserten Übersicht über die Passagierströme erheblich profitieren. Auch in diesem Bereich wäre nach erfolgreicher Demonstration der Eignung neuer Tools zur Entscheidungsunterstützung eine weitere Verwertung bei Airlines und anderen Stakeholdern des Flughafenbetriebs vorgesehen.

Daneben ermöglicht die Erfassung von Vorfeldfahrzeugen neben dem effizienten Einsatz des Equipment und der hierfür eingesetzten Personalressource weiterführend eine Integrationsmöglichkeit in die EFB (electronic flight bag) Lösung verschiedener Fluggesellschaften.

Dies könnte dann ein Zusatzmodul zu „moving map“ eine Übersicht über die Fahrzeugbewegungen auf dem Vorfeld darstellen und damit die Sicherheit auf dem Vorfeld deutlich erhöhen.

## 2.5 Fortschritt auf dem Gebiet

Die Datenbasis wurde in Hamburg durch ein komplexes Sollzeitenmodell, welches alle für Lufthansa operierenden Flugzeugtypen und sogenannte Geschäftsfälle, wie Turnaround, Bereitstellung oder Schlepp der Flugzeuge abbilden kann erstellt. Zusammen mit der Übermittlung der Datalink Zeitstempel verschiedener Betriebsmodi des Flugzeuges und den Dispositionsdaten aus LH-Systemen und der FHG kann die Realität nun in Echtzeit visualisiert werden. Dabei bietet das Allegro System aktuell verschiedenen Darstellungs- und Auswertungsmöglichkeiten und ermöglicht in einer Testumgebung derzeit auch die Generierung einer sogenannten ETDG Zeit (estimated





time due ground events), welche als Vorabinformation für eine spätere TOBT Zeit (Target Off-Block Time) im Zusammenhang mit einer CDM-Steuerung relevant ist. Über die Projektlaufzeit hinaus wird Lufthansa zusammen mit den Systempartnern und den Forschungsinstituten eine Einbindung dieser Realzeiten in den Leitstand anstreben, damit die heutigen theoretischen Erkenntnisse mit den Realzeiten aus der Praxis verzahnt werden können.

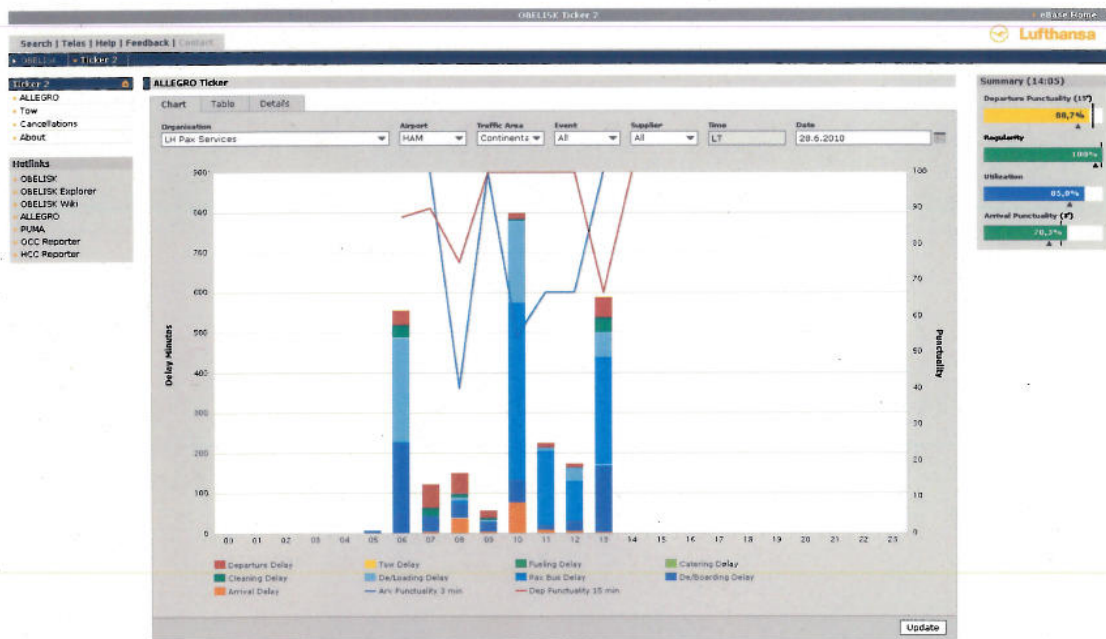


Abbildung 13: Graphische Darstellung der Prozessdefizite



Time	Flight	Position	Gate	Process Pelat	Supplier	Delay	Forecast
13:50	LH 4164	041	A23	Departure Delay		8	Y
13:49	LH 0102	040	A40	Position Change			N
13:48	LH 0017	017	A17	Boarding End	LH	10	Y
13:46	LH 4262	062	A36	Boarding Begin	LH	3	N
13:46	LH 3036	047	A26	Boarding At Position	LH	11	Y
13:46	LH 4262	062	A36	Boarding At Position	LH	11	Y
13:43	LH 4164	041	A23	Boarding End	LH	3	N
13:33	LH 4874	045	B30	Boarding At Position	LH	24	Y
13:31	LH 0017	017	A17	Boarding Begin	LH	2	N
13:31	LH 0017	017	A17	Boarding At Position	LH	27	Y
13:30	LH 3592	048	A24	Departure Delay		7	N
13:30	LH 3036	047	A26	Departure Delay		28	Y
13:30	LH 4164	041	A23	Boarding At Position	LH	28	Y
13:29	LH 3592	048	A24	Loading End	GROUNDSTARS	7	N
13:25	LH 3922	046	A22	Departure Delay		1	N
13:25	LH 4792	031	B31	Departure Delay		7	N
13:24	LH 4792	031	B31	Loading End	GROUNDSTARS	8	N
13:22	LH 0051	016	C16	Loading End	GROUNDSTARS	5	N
13:21	LH 4164	041	A23	Cleaning Begin		37	Y
13:20	LH 4792	031	B31	Boarding End	LH	12	N
13:13	LH 0017	017	A17	Deboarding At Position	LH	45	Y
13:11	LH 3592	048	A24	Boarding Begin	LH	1	N
13:10	LH 0017	017	A17	Arrival Delay		1	N
13:10	LH 0017	017	A17	Boarding Gate Occupied	LH	3	N
13:08	LH 4262	062	A36	QLP At Position	LH	50	Y

Abbildung 14: Detaildarstellung des Allegro Online-Tickers

## 2.6 Erfolge und geplante Veröffentlichungen

Mit Abschluss des Forschungsprojektes sind verschiedene Veröffentlichungen in der Planung für 2011 vorgesehen.

Neben Lufthansa internen Medien, die als Zielgruppe die operativen Mitarbeiter und/oder das Management avisieren, besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit die Ergebnisse bei den Partnerfluggesellschaften vorzustellen.

Des Weiteren sind Vorträge oder schriftliche Beiträge in folgenden Instituten und/oder Organisationen möglich.

- GARS  
<http://www.garsonline.de>.
- ER-Bulletin (LH-intern)
- LH-Passage (LH-intern)
- Aviation Conference in HAM
- Int. Ground Handling Conference  
<http://www.groundhandling.com/>
- DVWG  
<http://www.dvwg.de/>

Zudem wurde vom DLR Braunschweig der Leitstand-Client auf der ATC Global in Amsterdam der Öffentlichkeit vorgestellt (März 2010).

Bereits erfolgte Publikationen zum Themenbereich:





WFF – Schlussbericht  
(01.07.09 – 31.03.10)



---

Theiss, S.: "Steuerung Passagierführung im Hinblick auf den Turnaround eines Luftfahrzeugs" – In: Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2009 – Ausgewählte Manuskripte, ISBN 978-3-932182-63-4, Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt DGLR, Bonn, 2009

Piekert, Florian und Deutschmann, Andreas (2010), Flughafenmanagement der Zukunft. DLR Nachrichten (126), Seiten 34-37

Deutschmann, Andreas (2010) Abschlussbericht FAMOUS - Landseite. DLR-interner Bericht. DLR-IB 126-2010/3, 34 S.

Deutschmann, Andreas (2010) Microscopic and macroscopic "What - If - Simulation" of Terminal Processes increases Punctuality and Security of Air Traffic and Airport Operations. In: Konferenzband AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, 2 - 5 Aug 2010, Toronto, Canada

Deutschmann, Andreas und Rudolph, Florian (2010) Steigerung von Pünktlichkeit und Sicherheit im Luftverkehr durch gezielte Beeinflussung landseitiger Passagierabfertigungsprozesse. In: Konferenzband. Deutscher Luft- und Raumfahrt Kongress 2010, 31.08.2010 - 02.09.2010, Hamburg



### 3. Anhang

#### 3.1 Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
APOC	Airport Operation Centre
ARR	Arrival
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
ATFCM	Air Traffic Flow Capacity Management
CARMA	Car Management on Aprons
CDM	Collaborative Decision Making
DAS	Datenaustauschsystem
DEP	Departure
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
EFB	Electronic flight bag
ETDG	Estimated time due ground events
IATA	International Airtransport Association
PDA	Personell digital assistance
RFID	Radio frequency identification
RWY	Runway
TMAN	Turnaround Manager
TMOS	Terminal Management and Operating System
TOMICS	Traffic Oriented Microscopic Simulation
TOBT	Target Off-Block Time
TOP	Total Operations Planner
WFF	Wettbewerbsfähiger Flughafen
WLAN	Wireless local area network





### 3. 2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Zusammenhang der Cluster und Teilpakete	S.2
Abbildung 2	Layout Airline-Leitstandsclient – früher Entwurf	S.4
Abbildung 3	Entwurf des Airline Clients – finaler Stand	S.4
Abbildung 4	Anbindung Airline-Leitstandsclient und generischer Leitstandsclient (OZ)	S.5
Abbildung 5	Testaufbau Airline Client im DLR-Systemverbund	S.8
Abbildung 6	Schnittstelle Luft-/Landseite	S.9
Abbildung 7	Simulationsumgebung	S.10
Abbildung 8	Passagierführung und Technik	S.11
Abbildung 9	Display Durchlaufzeit Passagiere	S.13
Abbildung 10	Display Status Check-In (Lufthansa)	S.13
Abbildung 11	Passagierfluss (Powersim)	S.14
Abbildung 12	Powersim (Ausschnitt Display Control Störung)	S.15
Abbildung 13	Graphische Darstellung der Prozessdefizite	S.17
Abbildung 14	Detailldarstellung des Allegro Online-Tickers	S.18