



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Flugführung
Lilienthalplatz 7
D-38108 Braunschweig

Schlussbericht

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

Verbundbezeichnung
Verbundprojekt TAMS

Vorhabensbezeichnung
„TAMS – Total Airport Management Suite“

Laufzeit
01.12.2008 bis 31.05.2012

Förderkennzeichen
19b8009b

Berichtszeitraum
01.12.2008 bis 31.05.2012

Berichterstatter

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

Prof. Dr. rer. nat. Johannes Reichmuth
Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr
Linder Höhe
D-51170 Köln


rechtsverbindliche Unterschrift


rechtsverbindliche Unterschrift

Datum:
30. November 2012



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verbundprojekt TAMS

Schlussbericht des DLR e.V.

Förderkennzeichen
19b 8009b

IB-Nummer 112-2012/15
Zugänglichkeitsstufe A/I



Institut für Flugführung
Direktor: Prof. D. Kügler

Dokument Information

Zuständiger Projekt- / Abteilungsleiter:	Florian Piekert, DLR e.V., Michael Röder (AL)
Zuständiger Autor:	Florian Piekert
Weitere Autor(en):	Martin Jung, Andreas Reinholz, Beate Urban
Projekt / Zielfeld:	Verbundprojekt TAMS
Zugänglichkeitsstufe:	A/I (unbegrenzt zugänglich)
Datei:	IB 112-2012-15 TAMS Schlussbericht DLR v1.00.docx
Version:	1.00
Speicherdatum:	2012-11-30
Gesamtseitenzahl:	82

Freigabe:

Die Freigabe erfolgt lt. gesondertem Freigabebeformblatt:

© 2012, DLR, Institut für Flugführung:

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung innerhalb und außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des DLR, Institut für Flugführung, unzulässig und wird zivil- und strafrechtlich verfolgt. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Änderungsverfolgung

Version	Datum	Geänderte Seiten / Kapitel	Bemerkungen
0.01	04.10.2012	Alles	Initiale Struktur, erste Inhalte
0.04	19.10.2012	Kapitel I.3, I.4, III	
0.05	22.10.2012	Kapitel II	Struktur Kapitel II, erste Inhalte
0.06	06.11.2012	Kapitel I.3, II, III	Struktur verändert, Inhalte konsolidiert und Simulation+Prototypen Landseite integriert
0.07	07.11.2012	Kapitel II.2	
0.08	09.11.2012		Version für Review-Prozess
0.09	16.11.2012		Feedback aus Review eingearbeitet
0.10	16.11.2012		Bereinigte Fassung
0.90	19.11.2012		Vorlage zur Freigabe
1.00	30.11.2012		Finale Version

This page has intentionally been left blank.

Inhalt

I.	Aufgabenstellung und Kontext des Verbundvorhabens	11
I.1	Ziele und Aufgaben	13
I.2	Voraussetzungen und Ablauf des Projektes	15
I.3	Wissenschaftlicher und technischer Stand der Technik	18
I.4	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	19
II.	Bericht zu den erzielten Ergebnissen.....	21
II.1	Konzeptionierung und Spezifikation	21
II.1.1	Operationelles Konzept OCD – Operation Concept Document	21
II.1.2	Operationelle Szenarien und Beispielabläufe – Operational Scenarios and Business Use Cases	23
II.1.3	Systemanforderungen – System Requirement Document SYRD	26
II.1.4	Simulationskonzept SCD	27
II.1.5	Systemarchitektur und Schnittstellen – SAD/IDD	28
II.1.6	Validierungskonzept VCD	29
II.2	Ertüchtigung von Prototypen und Simulationsanlagen.....	31
II.2.1	DLR Prototypen.....	31
II.2.2	DLR Simulationsanlage ACCES	54
II.2.3	Mobiler Demonstrator.....	64
II.3	Validierung der TAMS Gesamtlösung	65
III.	Annex.....	73
III.1	Vorträge und Veröffentlichungen.....	73
III.2	Literaturreferenzen	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: GANTT Verlauf Arbeitspakete DLR	16
Abbildung 2: Systemarchitektur mit Partnersystemen	27
Abbildung 3: TAMS Systemarchitektur mit Schnittstellen	29
Abbildung 4: TOP-Modell der Verkehrsfluss-Zusammenhänge	33
Abbildung 5: TOP <i>Advanced</i> Basisclient	34
Abbildung 6: Demonstration der Auswirkungen der Schließung einer Start-/Landebahn	35
Abbildung 7: TOP <i>Advanced</i> Client - What-if Untersuchung	36
Abbildung 8: Aufgabenansicht des Clients (aktive Aufgabe/Task).....	37
Abbildung 9: APOC Bildwand Entwurf	38
Abbildung 10: Flughafen-Leistungsparameter (Ziele, Schwellwerte und Momentanwert)	38
Abbildung 11: Flughafen-Leistungsparameter mit Wetterinformationen	39
Abbildung 12: Flugdetailanzeige	40
Abbildung 13: PaxMan Module und Untermodule	41
Abbildung 14: Temadis Benutzeroberfläche (Localizer).....	42
Abbildung 15: Temadis - Tool Status.....	43
Abbildung 16: Pax-Radar	45
Abbildung 17: Flugplan Update	45
Abbildung 18: Hervorhebung eines Fluges	46
Abbildung 19: Darstellung der EPGT	46
Abbildung 20: Hauptansicht der Visualisierung <i>PaxWall</i>	48
Abbildung 21: Visualisierung <i>PaxWall</i> mit Interaktionsmöglichkeit	49
Abbildung 22: Links: Historie einer Warteschlange. Rechts: Öffnungszeiten eines Gates für verschiedene Abflüge.....	49
Abbildung 23: STAMPS Benutzerschnittstelle	52
Abbildung 24: Strukturdiagramm des PaxMan Vorhersagemodells.....	53
Abbildung 25: Rüstraum mit Serverschränken für Partnersysteme	55
Abbildung 26: Ablauf und Steuerung der Flugsicherungssimulation für ankommende Flüge.....	57
Abbildung 27: NARSIM Luftverkehrslagedarstellung.....	58
Abbildung 28: NARSIM Bodenverkehrslagedarstellung.....	59
Abbildung 29: Modellausschnitt TAMODES	60
Abbildung 30: Umfang der landseitigen Prozesse.....	62
Abbildung 31: TOMICS Modell des GIA Flughafens.....	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung des DLR-Anteils an Konzept-Dokumenten	30
Tabelle 2: Vergleich der Leistungsindikatoren mit den Validierungshypothesen (übersetzt aus [8], Tabelle 5-1).....	67

Ziel und Zweck des Dokumentes

Dieses Dokument enthält den Schlussbericht zu den Arbeiten des Zuwendungsempfängers Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) im Rahmen des Verbundprojektes TAMS „Total Airport Management Suite“. Das Verbundprojekt wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unter Förderkennzeichen 19b8009b gefördert und unter der Verbundkoordination des Projektpartners Siemens durchgeführt.

Die Durchführung der DLR Arbeiten erfolgte durch das in Braunschweig ansässige Institut für Flugführung (FL), das in Köln und Braunschweig ansässige Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr (FW) und durch das in Oberpfaffenhofen ansässige Institut für Physik der Atmosphäre (PA).

This page has intentionally been left blank.

I. Aufgabenstellung und Kontext des Verbundvorhabens

Bedingt durch die stetig zunehmende Verzahnung der Prozesse der unterschiedlichen an der Abwicklung des Luftverkehrs beteiligten Partner ist nur durch eine übergeordnete, ganzheitliche Betrachtung des Systems Luftverkehr eine Leistungssteigerung zu erzielen. Dabei ist es von fundamentaler Bedeutung, alle beteiligten Partner einzubeziehen.

Als Randbedingung gilt, dass auch bei Abwicklung einer gesteigerten Verkehrsnachfrage die bestehenden Sicherheitsstandards mindestens aufrechterhalten sowie bestehende Umweltfragen berücksichtigt werden müssen.

Primäres Ziel der übergeordneten Betrachtungsweise in TAMS ist die Bereitstellung von hinreichender Systemkapazität, um den gewachsenen Anforderungen Rechnung tragen zu können, wie sich diese beispielsweise durch die Notwendigkeit ergibt, effiziente und umweltverträgliche Mobilität als ein Schlüsselfaktor für eine High-Tech-Gesellschaft zu ermöglichen. Dabei nehmen Flughäfen mit ihrer Schnittstellenfunktion zwischen dem landgebundenen und dem Luftverkehr eine Schlüsselposition ein und stellen eine zentrale Rolle als Quellen und Senken des Luftverkehrs und intermodale Verkehrsknoten dar.

Aufgrund des weiter wachsenden Bedarfs an Mobilität nimmt auch die Nachfrage nach Flugverbindungen stetig zu. Das daraus resultierende Wachstum von Flugbewegungen führt zunehmend zur Überschreitung der an den Flughäfen zur Verfügung stehenden Kapazität. An der Kapazitätsgrenze arbeitende Flughäfen verursachen in das Luftverkehrsnetz eskalierende Unpünktlichkeiten. Diese üben unterschiedlich starke Störeinflüsse auf das gesamte Transportsystem aus. So war im Juli 2012 die durchschnittliche Verspätung 27 Minuten pro verspäteten Flug, wobei 40% aller Flüge in Europa mit 5 oder mehr Minuten verspätet waren und 19 % sogar mehr als 15 Minuten Verspätung aufwiesen [3].

Um in der Luftverkehrsplanung einen Grad an Stabilität gegenüber sich entwickelnden Unpünktlichkeiten zu erhalten, werden teilweise erhebliche Pufferzeiten eingeplant. Eine Reduktion von nur 5 Minuten Pufferzeit bei jedem zweiten Flug in Europa führt zu geschätzten Einsparungen von ca. 1 Milliarde Euro [1] pro Jahr.

Zusätzlich werden durch Wartezeiten der Luftfahrzeuge am Boden unnötige Lärm- und Schadstoffemissionen erzeugt, die aufgrund suboptimal verzahnter Prozesse entstehen. Dadurch ergibt sich weiterhin ein jährliches Einsparpotential von mehreren tausend Tonnen Treibstoff und begleitenden Schadstoffen, wenn die Wartezeit und auch Rolldauer an einem Flughafen ähnlich Frankfurt um nur eine Minute reduziert werden könnte [1].

Zu spät kommende Passagiere werden als eine der Hauptverspätungsursachen von den Fluggesellschaften angegeben, da diese Verspätungen heute erst in letzter Minute erkannt werden können. Durch unvorhergesehene Warteschlangen beim Einchecken und bei der Sicherheitskontrolle müssen Passagiere darüber hinaus Pufferzeiten in ihrer Reiseplanung berücksichtigen, um nicht durch den Flughafen hetzen zu müssen, sondern den Flughafenaufenthalt genießen zu können. Die Unpünktlichkeiten der Flüge führen bei weiterreisenden Fluggästen zum Verpassen ihres Anschlussfluges oder zu einem Zurückbleiben des Gepäcks am Umsteigeflughafen.

Schon im Jahr 2000 beliefen sich die durch Verspätungen für die Passagiere verursachten Kosten in Europa auf rund 2,5 Milliarden Euro.

Durch die heutige geringe Verzahnung der Prozesse der am Flugbetrieb beteiligten Parteien (z.B. Flughafenbetreiber, Fluggesellschaften, Behörden, Flugsicherung, Bodenverkehrs- und Sicherheitsdienstleister) kommt es zu einem hohen Maß an Brüchen in den eigentlich zusammengehörenden Prozessketten. Die Wettbewerbssituation im Flugverkehrswesen verlangt nach einer Kostenoptimierung und -effizienz bei den Parteien. Die Parteien optimieren ihre eigenen Prozessabläufe, ohne auf die Auswirkungen auf benachbarte Bereiche und auf ein Gesamtoptimum zu achten. Die Unterstützung für ein ganzheitliches Flughafenmanagement ist aufgrund der Organisationsstrukturen und verteilten Verantwortlichkeiten nur begrenzt vorhanden und die Wechselwirkungen der jeweiligen Geschäftsmodelle sind nicht bekannt.

Durch die zunehmende Komplexität der Abfertigungsprozesse können Störungen unabsehbare Effekte auch in nicht offensichtlich direkt angeordneten Prozessen auslösen. Beispielsweise kann es zu Verspätungen des Abfertigungsprozesses an Flugzeug 2 kommen, wenn die Ressourcen des Bodenverkehrsdienstleisters nicht rechtzeitig vor Ort sein können, weil Flugzeug 1 anstelle an einem Flugsteig auf dem Vorfeld abgefertigt werden muss. Die Auswirkungen von Eingriffen in die Prozesse sind nicht vollständig vorhersehbar und machen ein pro-aktives Handeln unmöglich.

EUROCONTROL hat erste Schritte zur Zusammenarbeit mehrerer am Flugverkehr beteiligter Parteien mit „Airport Collaborative Decision Making“ (A-CDM) [10] entwickelt. Jedoch ist diese Vorgehensweise auf die Koordinierung des abfliegenden Verkehrs beschränkt und bezieht auch nicht die ganzheitliche Betrachtung des Flughafens ein. Erst die Erweiterung dieses Ansatzes durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), gemeinsam mit EUROCONTROL, mit dem ganzheitlichen Konzept „Total Airport Management“ (TAM, [10]) bezieht alle flughafenrelevanten Parteien ein.

TAMS präzisiert in Teilen das durch DLR-Vorarbeiten entwickelte TAM Konzept und implementiert erstmalig ein daraus abgeleitetes integriertes Steuerungs- und Planungssystem (TAM Suite). Es macht alle relevanten Informationselemente der unterschiedlichen Systeme zeitnah für alle Entscheidungsträger transparent und erhöht so deren Vorwarnzeit bei sich abzeichnenden Störungen. Auf Basis dieser Informationen wird eine Gesamtplanung des Flughafenbetriebs erstellt, permanent aktualisiert und bildet so die Grundlage für eine ganzheitliche Steuerung eines Flughafens.

Die Gesamtplanung macht es nun möglich, pro-aktiv und abgestimmt einzugreifen, um vorgegebene Qualitätsziele auch bei Störungen erreichen zu können. In einem gemeinsamen Leitstand wird es allen Verantwortlichen ermöglicht, ein einheitliches Lagebild zu gewinnen und mögliche Handlungsoptionen zu untersuchen, sowie deren Implementierung zu initialisieren.

I.1 Ziele und Aufgaben

Total Airport Management (TAM) verfolgt das Ziel, die Prozesse am Flughafen zusammenhängend zu betrachten, zu optimieren und zu managen. Hierbei werden sämtliche Prozesse, die Luftfahrzeuge als auch die Passagiere betreffen, betrachtet.

Als Ziel des gesamten Verbundprojekts werden durch die gemeinschaftliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit mit den Industriepartnern adressiert:

- Konkretisierung des TAM Konzeptes durch
 - einen gemeinsamen „Airport Operation Plan“, der von allen Akteuren erstellt, verwaltet und angewendet wird,
 - die Integration von luft- und landseitigen Aspekten und Systemen,
 - das Erzielen einer lückenlosen ganzheitlichen Planung,
 - die Implementierung eines Airport Operation Control Center (APOC).
- Anpassung bestehender Forschungsprototypen und industrieller Teilsysteme, um ein übergreifendes TAMS-Betriebs- und Technikkonzept prototypisch zu realisieren,
- Überprüfung und Bewertung der Realisierbarkeit von TAMS in der DLR Simulations- und Testumgebung, sowie Quantifizierung des operativen Nutzens,
- Einrichtung eines mobilen TAMS Demonstrators.

Im Zuge der Hightech-Strategie für Deutschland wurde eine nationale Strategie entwickelt, um Deutschland an die Weltspitze der wichtigsten Zukunftsmärkte zu führen. Informations- (IT) und Kommunikations- sowie Luftfahrttechnologie zählen hier zu den identifizierten Innovationsfeldern.

Durch die Verfolgung der oben beschriebenen Ziele trägt das Projekt TAMS unmittelbar zu den übergeordneten politischen Zielen bei, die eine Stärkung der Systemkompetenz Deutschlands im Airport-Operations-Management beabsichtigt. Darüber hinaus werden Beiträge zur Hightech-Strategie der Bundesrepublik Deutschland in den Bereichen der IT und Luftfahrttechnologien erarbeitet. Dieses stärkt die von der Bundesregierung angestrebte Kernkompetenz der deutschen Luftfahrtindustrie.

Im Rahmen der strategischen Forschungsagenda „Vision 2020“ [37] sollen u.a. die Umweltbelastung durch das Lufttransportsystem reduziert, die Kosteneffizienz bei Wartung und Instandsetzung verbessert, die Transportleistung gesteigert und die Sicherheit und Passagierfreundlichkeit erhöht werden. Durch TAMS werden Beiträge erbracht, welche den Flughafenparteien durch den gesamtheitlichen Systemansatz ermöglichen, umweltschonender und kostensparender zu operieren, eine höhere Planungseffizienz zu erzielen und durch die Verzahnung der luftseitigen mit den Passagierprozessen den Passagierkomfort zu steigern.

Die Ziele der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des DLR fokussieren dabei auf

- die Erstellung des operationellen TAMS Konzeptes und die Konkretisierung der oben genannten Aspekte ([4] und [5]),
- das Ertüchtigen der im DLR befindlichen Testumgebung zur Durchführung von System-Integrationstests und von Versuchen zur Ermittlung des quantitativen Nutzens der TAMS Lösung ([6], [7] und [8]),
- die Weiterentwicklung der DLR Prototypen des Planungs- und Optimierungssystems Total Operations Planner (TOP) und den Mensch-Maschine-Bedienoberflächen,
- die Konzeptionierung und Entwicklung eines auf den landseitigen Flughafenbetrieb mit Fokus auf die Passagierprozesse ausgerichteten Planungs- und Entscheidungsunterstützungswerkzeugs PaxMan,
- die Demonstration von möglichen Vorgehensweisen der kooperativen Zusammenarbeit und Verhandlung von Parteivertretern in einer Flughafen-Leitstandumgebung auf Basis der im DLR vorhandenen Simulationseinrichtung.

I.2 Voraussetzungen und Ablauf des Projektes

Für jeden einzelnen TAMS-Projektpartner wäre die Erstellung einer gesamten TAM Suite ein wirtschaftlich untragbares Risiko gewesen. Es wäre ein hohes finanzielles Investment und vor allem Zeit notwendig gewesen, alle Komponenten zu entwickeln, die in diesem Projekt von den Partnern eingebracht und weiterentwickelt wurden. Das Risiko eines Scheiterns hinsichtlich der Time-to-Market wäre um ein vielfaches höher gewesen. Die Fördermittel des BMWi waren der notwendige Katalysator, die Projektpartner in einem zukunftsweisenden Projekt zusammenzubinden, um die Gesamtsystemkompetenz zu entwickeln und in kurzer Zeit in marktnahen Prototypen umzusetzen.

In [24] wird in Kapitel 1.3 detailliert auf die historische Entwicklung der Projekttaktime und den Anlaufschwierigkeiten eingegangen. Nachfolgend wird dieses aus Sicht des Zuwendungsempfängers DLR ergänzt.

Trotz des deutlich gegenüber der ambitionierten Planung zeitlich verschobenen Projektstartzeitpunktes (ursprünglicher Plan Anfang 2008 gegenüber November 2009 mit Erhalt des Zuwendungsbescheids) konnte das Projekt erfolgreich durchgeführt und der größte Teil aller Ziele erreicht werden.

Das Projekt war zunächst auf drei Jahre geplant und sollte in 3 Phasen bearbeitet werden, wobei die zweite Phase mit der ersten und dritten überlappte [2]. Aufgrund der Anfangsverzögerung hinsichtlich der formellen Beauftragung wurde gemeinsam mit den Partnern eine erweiterte Phasenplanung mit nun vier Phasen (Iterationen) und einer ausgeglicheneren Verteilung von Projektfunktionalität nach Erhalt der Projektlegitimation geplant. Die gemeinsamen Arbeiten innerhalb der Iteration 1 (12.2008-05.2010) wurden wegen des ausbleibenden Zuwendungsbescheids unterbrochen und es wurde zwischen allen Projektpartnern eine Verzögerungsphase beschlossen, welche mit Erhalt der formellen Genehmigung im November 2009 endete.

In Abbildung 1: GANTT Verlauf Arbeitspakete DLR ist die zeitliche Durchführung der Arbeiten des DLR aufgeführt.

Das Projektmanagement in HAP 0 (als AP 0.1) wurde über den gesamten Projektzeitraum erbracht, ungeachtet von der Verzögerungsphase. Die Intensität der damit verbundenen Aufgaben variierte über den Gesamtverlauf, so wurde beispielsweise zu Projektbeginn sehr intensiv an der Erarbeitung der Qualitätsmanagement-Richtlinien für das Projekt gearbeitet (AP 0.4) und im weiteren Verlauf die Projektprozesse begleitet und Teilaspekte punktuell geprüft. Ähnlich sind die Aufgaben in den Arbeitspaketen AP 0.2 „wissenschaftliche Koordination“ und AP 0.3 „Außendarstellung“ zu sehen, wobei die wissenschaftliche Koordination innerhalb des Projektes aber auch querschnittlich zu anderen Forschungsprojekten und Forschungsorganisationen kontinuierlicher durchgeführt werden musste, weil dieses für die Projektaußendarstellung notwendig war (siehe auch Kapitel III.1).

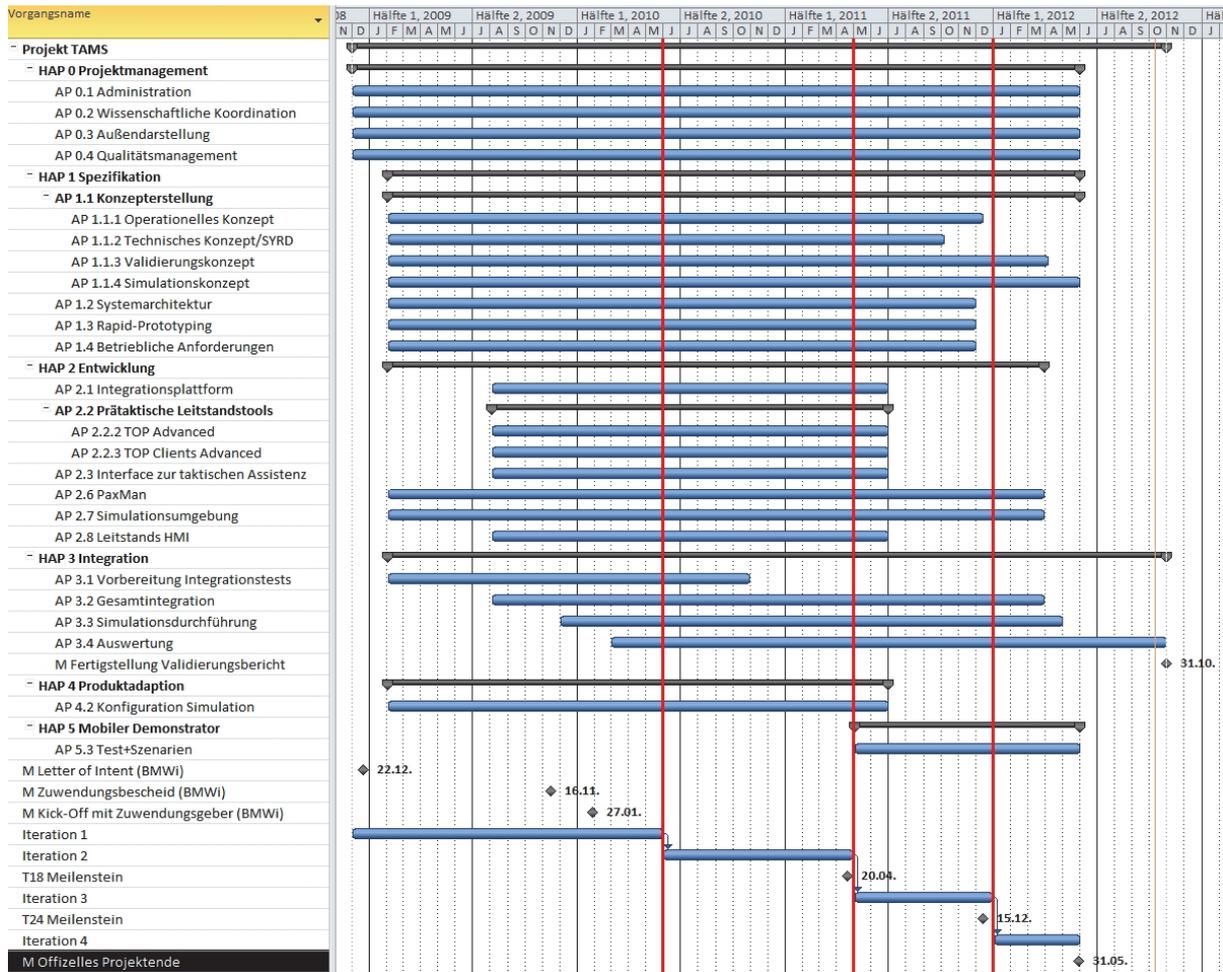


Abbildung 1: GANTT Verlauf Arbeitspakete DLR

Während die Arbeiten an den Arbeitspaketen im Hauptarbeitspaket (HAP) 2 „Entwicklung“ weitgehend partnerunabhängig durchführbar waren, wurden die Arbeiten in den HAPs 1 „Spezifikation“ und 3 „Integration“ von der Verzögerungsphase betroffen. Die Arbeiten in HAP 2 dienten der Ertüchtigung und der funktionalen Erweiterung der DLR Prototypen und der Simulationsumgebung, sowie der Neuentwicklung des PaxMan (Passenger Manager, siehe Kapitel II). Die ursprüngliche Zeitplanung dieser Entwicklungsarbeiten korrelierte sehr gut mit den Zeitpunkten, zu denen partnerübergreifende Arbeiten durchführbar waren und wo es unmittelbare Anknüpfungspunkte zu den HAPs 1 und 3 gab. Die daraus resultierenden Einflüsse und Entwicklungsziele konnten dann unabhängig von Partnerzuarbeit in der Verzögerungsphase durchgeführt werden. Die DLR-Arbeiten in HAP 2 waren zudem weitgehend unabhängig von der Iterationsplanung.

Im Rahmen des HAP 1 wurden in den ersten beiden Iterationen ausführliche Studien der derzeitigen Prozessabläufe, auch am Flughafen Stuttgart, durchgeführt. Dieses ermöglichte ein gemeinsames Verständnis über den Luftverkehr aus Flughafensichtweise und mündete in die ersten Fassungen des operationellen TAMS Konzeptes, welche auf Basis der DLR Vorarbeiten in internen Projekten entstanden. Das DLR konnte die Arbeit daran auch während der Verzögerungsphase fortsetzen. Basierend auf diesem

Verständnis und den in das Projekt eingebrachten Partner-Systemen wurde zur Festlegung der notwendigen Entwicklungsbasis einer späteren TAM Funktionalität eine Abweichungsanalyse der durch A-CDM definierten und den zu Projektstart in den Partnersystemen implementierten Funktionen durchgeführt. Der Funktionsumfang wurde gemeinsam mit den Partnern auf die Iterationen und auf die jeweiligen Anwendungen geplant. Durch die dadurch entstandenen Anforderungen für die Durchführung von Integrationstests und Versuchskampagnen konnte für die DLR Simulationsumgebung abgeleitet werden, welche Komponenten und Funktionen im weiteren Projektverlauf zur Verfügung stehen mussten. In Iteration 3 wurde das operationelle TAMS Konzept fertig gestellt und zur Verdeutlichung der Einsatzmöglichkeiten und anhand von Beispielanwendungsfällen noch weiter konkretisiert. Durch die Demonstration von unterschiedlichen Herangehensweisen der parteiübergreifenden Interaktion in einem Flughafenleitstand APOC mit den weiterentwickelten DLR Forschungsprototypen eines Total Operations Planners (TOP) und seiner Mensch-Maschine-Bedienelemente konnte aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten für die industrielle Weiterentwicklung nach dem Projektende in diesem Themenumfeld denkbar wären. In Iteration 4 wurden die Konzeptsdokumente zur Validierung und zur DLR Simulationsumgebung unter Beachtung des Projektverlaufs abschließend fertig gestellt.

Die unter HAP 3 angeordneten DLR Arbeiten hatten die Integration aller TAMS Komponenten und die Ermittlung der verkehrlichen Mehrwerte dieser Lösung zum Ziel. Die für die Integration der Partnersysteme notwendige Vorarbeit in der DLR Großanlage ACCES konnte in der Iteration 1 begonnen werden. Es wurden infrastrukturelle Maßnahmen ergriffen und bauliche Ergänzungen durchgeführt, um die Partnersysteme in dedizierten Serverschränken unterbringen zu können. Dadurch konnten die Partnersysteme von der vorhandenen DLR-IT-Infrastruktur separiert und auch über eine Zugangskontrolle vermieden werden, dass unbefugte Personen Zugang zu den Systemen erhalten. Sukzessive konnten die Partnersysteme nach der Verzögerungsphase eingerüstet und zu einem technischen Gesamtsystem integriert und als Iteration 1-Abschluss der erfolgreiche Verbund verifiziert werden. In Iteration 2 wurde die technische Integration um die logische Integration erweitert und mit der DLR Simulationsumgebung das korrekte dynamische Verhalten technisch verifiziert. Funktionale Erweiterungen der Komponenten wurden in Iteration 3 integriert und gemeinsam mit der zwischenzeitlich (HAP 2) ertüchtigten Simulationsumgebung intensiv für weitergehende funktionale Tests (Verifikation) und abschließend in Iteration 4 zur Ermittlung der Mehrwerte verwendet. In Iteration 4 wurde zudem der DLR Prototyp eines landseitigen Entscheidungsunterstützungssystems (PaxMan, siehe Kapitel II) integriert und in die Mehrwert-Analysen einbezogen, während in den vorherigen Iterationen Teilkomponenten nach Verfügbarkeit in die Tests einbezogen wurden.

Im Projektplan waren zwei Überwachungsmeilensteine definiert. Diese sollten 18 Monate (T18) sowie 24 Monate (T24) nach Projektbeginn den Fortschritt transparent darstellen und über die weitere Ausrichtung und Durchführung des Projektes entscheiden helfen. Gemeinsam mit dem Zuwendungsgeber wurde auf dem Halbzeitprüfmeilenstein T18 im April 2011 festgelegt, welche Fokussierung das Projekt erfahren und dass eine Verlängerung des Projektes um 6 Monate bis Mai 2012 erfolgen soll, um die aufgrund der Anlaufschwierigkeiten verlorene Projektzeit zu kompensieren

und alle nun gesetzten Hauptziele auch erreichen zu können. Daraufhin wurde unter Einbeziehung des Projektträgers TÜV eine Überarbeitung der Projektanträge durchgeführt und diese im Sommer 2011 zur Bewertung und Bewilligung beim Zuwendungsgeber eingereicht.

Weiterhin zählte zu den Hauptzielen die Ermittlung des operationellen Nutzens, welcher durch Validierungsanalysen im Rahmen von Versuchskampagnen durch das DLR gewonnen werden sollte. Um diese Arbeiten auch durchführen zu können, war aufgrund des Entwicklungsverzugs bei der Erstellung der TAM Suite eine Verlängerung des Projektzeitraums ebenfalls unabdingbar, da die Nutzenermittlung mit unzureichend fertig gestellten und ungetesteten Systemen keinerlei qualitative Aussage zulässt. Die Systemlösung war im April 2012 verfügbar, sodass die Analysen durchgeführt werden konnten. Die Auswertung und Berichtserstellung erforderte einen deutlich erhöhten Zeitbedarf als geplant und wurde auch durch die Sommerferienzeit zeitlich beeinträchtigt, sodass die damit verbundenen Arbeiten erst im November 2012 fertig gestellt werden konnten.

I.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand der Technik

Zu Beginn des Projektes existierten bereits Industriestandards zur Interoperabilität der Flugsicherungs- aber auch Flughafensysteme. Diese wurden über viele Jahre durch EUROCAE (European Organisation for Civil Aviation Equipment) und EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation) gemeinsam mit der Zulieferindustrie entwickelt. Für das Projekt TAMS wurden die Normen EUROCAE ED-133 [14], ED-141 [16], ED-145 [17], ED-146 [18], das EUROCONTROL Airport CDM Implementation Manual [11] sowie die A-CDM Functional Requirement Specification [13] und die ETSI-Norm EN-303212 [14] berücksichtigt. Darüber hinaus wurde durch jeden Partner die grundlegenden deutschen Industrienormen (DIN ISO) wo notwendig angewandt und berücksichtigt. Das Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen, Städtebau und Raumordnung (BMVBS) hat in [19] die rechtlichen Grundlagen und Mindeststandards zur Interoperabilität der Flugsicherungssysteme verbindlich festgelegt. Durch die ebenfalls bereits etablierte EG-Verordnung [22] ist die Übernahme der EUROCONTROL Nomenklatur und –Normen festgeschrieben. Hinsichtlich der Weitergabe und Verarbeitung passagierbezogener Informationen wurden bei der Entwicklung von landseitigen Unterstützungssystemen weiterhin Standards und Empfehlungen, wie die RP1797 der IATA [30], Empfehlungen des ACI [31] sowie bezüglich von Datenformaten die Entwicklung von AIDX [32] bewertet und je nach Notwendigkeit angewandt.

Während sich die oben aufgeführten Quellen auf technische Details beziehen, die für eine prototypische Systementwicklung notwendig sind, sind mit der Berücksichtigung der Ergebnisse der Projekte SWIM-Suit [20] und Episode-3 [21] Erkenntnisse aus europäischen Projekten eingeflossen, die zum TAMS Start noch bearbeitet wurden oder kurz vorher beendet wurden. Diese beiden Projekte haben ein ähnliches Themenfeld bearbeitet, in ihnen wurden allerdings jeweils unterschiedliche Aspekte fokussiert, sodass sie als komplementär zu den TAMS Arbeiten angesehen wurden. Das durch die Europäische Kommission eingerichtete Programm „SESAR“ (Single European Sky ATM Research, [23]) hatte ebenfalls Entwicklungsarbeiten im

Flughafenumfeld geplant. Zu Beginn von TAMS waren die SESAR Projekte im Arbeitspaket „WP 6 Airport“ jedoch nicht so weit fortgeschritten, dass Zwischenergebnisse oder sogar Ergebnisse vorlagen, die in TAMS hätten verwendet werden können (siehe auch Kapitel I.4), zumal die Zielstellung von TAMS deutlich über die zu erwartenden Projektergebnisse in den SESAR Projekten unterhalb Unterarbeitspaket WP 6.5 hinaus ging. Zum Ende der TAMS-Laufzeit sind aus SESAR keine Ergebnisberichte verfügbar da die relevanten Projekte noch in der Phasen der Konzeptdefinition sind. Eine Statusanalyse des DLR mittels der dem DLR verfügbaren Informationen zu SESAR WP6 zeigt, dass SESAR im Wesentlichen inhaltlich hinter den Ergebnissen aus TAMS zurückliegt. Insbesondere die Integration landseitiger Informationen (z.B. Passagierdatenflüsse, Passagier-Prognosen, etc.) in den Informationsaustauschprozess der Flughafenstakeholder ist in SESAR nur in sehr viel geringerem Umfang enthalten (z.B. Anzahl Umsteigepassagiere). Es ist in SESAR weiterhin nicht geklärt, wie eine systemische Kopplung taktischer Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung (Systementwicklung in SESAR WP12 Airport Systems) durchgeführt wird.

Der in TAMS verfolgte konzeptuelle Ansatz basiert auf dem zwischen DLR und EUROCONTROL entwickelten „Total Airport Management“-Konzept [10], welches in einem DLR-internen Projekt mit dem Fokus auf den Flughafenleitstand weiter detailliert wurde. Diese konzeptuelle Grundlage wurde aufgegriffen, war aber für die unmittelbare Anwendung in TAMS nicht konkret genug und beinhaltete keine Ausführungen hinsichtlich der die Entscheidung umsetzenden Unterstützungssysteme der Stakeholder.

I.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine Zusammenarbeit mit anderen offiziellen Stellen innerhalb des BMWi oder anderer Bundesministerien und Behörden ist im Rahmen des Projektes TAMS nicht erfolgt. Auf fachlicher Ebene konnte eine Abgrenzung zu den Projekten des Luftfahrt-Forschungsprogrammes durch die Einbindung der an diesen Projekten beteiligten DLR-Fachexperten erfolgreich durchgeführt werden. Darüber hinaus wurde eine über die periodisch geregelte Berichterstattung hinausgehende Einbindung des Projektträgers TÜV als betreuende Stelle durch die Einbindung in die TAMS Projektleiter-Treffen durchgeführt.

In der Laufzeit von TAMS wurden wenige LuFo-IV Projekte beantragt welche in begrenzten Umfang Teilbereiche von TAM adressierten. Diese Projekte wurden teilweise unter Beteiligung des DLR vorbereitet. In dieser Vorbereitung wurde durch das DLR versucht Themen einzubringen, welche die Inhalte von TAMS in Einzelbereichen erweitern (z.B. Integration von Wetterdaten). Über die Projektanträge ist der DLR-PT als Koordinator des LuFo über die Inhalte informiert. Einziger LuFo-Antrag der zum Ende von TAMS noch Aussicht auf Förderung hat ist der Projektantrag zu „Wetter in ATM und CDM“.

Die Zusammenarbeit mit über die Projektpartner hinausgehenden externen Unternehmen ist durch das DLR, als der wissenschaftliche Koordinator in TAMS, bedarfsorientiert in unregelmäßigen Abständen erfolgt. Besonders hervorzuheben ist die informative Zusammenarbeit mit dem EUROCONTROL Experimental Center (EEC) in

Brétigny (Frankreich). Das durch TAMS bearbeitete Thema wird komplementär im Rahmen des SESAR WP 6 und hier auch insbesondere in den Arbeitspaketen 6.5.x durch Mitarbeiter des EEC geleitet und bearbeitet. Eine enge Abstimmung erschien erforderlich, um frühzeitig auseinanderlaufende Zielrichtungen zu erkennen und diesen entgegensteuern zu können. Dieses wurde als notwendig erachtet, da durch die Arbeitsergebnisse in SESAR maßgebliche Richtungen eingeschlagen und über die Europäische Kommission in verbindliche Regelwerke überführt werden könnten. Eine für die TAMS Industriepartner zwingend notwendige langfristige Produktperspektive mit dem Arbeitsergebnis der TAMS Lösung erfordert eine Berücksichtigung dieser Aspekte um auf dem Markt Akzeptanz zu erzielen.

Durch die zwischen dem DLR und anderen Industrieunternehmen etablierte, lose Zusammenarbeit wurde dem Projekt mehrfach eine Plattform zur Projektdarstellung ermöglicht, die unterschiedlich intensiv genutzt werden konnte (siehe III.1).

II. Bericht zu den erzielten Ergebnissen

Nachfolgend werden detailliertere Angaben zu den in diesem Verbundprojekt durch das DLR erarbeiteten Ergebnissen gegeben. Diese bieten zum einen den Industriepartnern eine einzigartige Infrastruktur für zukünftige Produktweiterentwicklungen und einhergehenden Tests, zur Durchführung von Demonstrationen für zukünftige Interessenten und gehen in zukünftige institutionell finanzierte Forschungsaktivitäten des DLR ein. Darüber hinaus wird versucht, die erzielten Ergebnisse im Rahmen von staatlichen oder durch Drittmittel finanzierten nationalen Forschungsprojekten sowie im Rahmen der internationalen gemeinschaftlichen Forschung im Bereich Air Traffic Management (ATM; z.B. SESAR) einzubringen. Die Verwertungsplanung wird im Detail im TAMS Erfolgskontrollbericht des DLR beschrieben.

Die Arbeiten des DLRs in TAMS fokussierten drei wesentliche Bereiche

- II.1. Konzeptionierung,
- II.2. Ertüchtigung von Prototypen und Simulationsanlagen,
- II.3. Validierung der TAMS Gesamtlösung.

Über die erzielten Ergebnisse wird in den nachfolgenden Kapiteln eingehend berichtet.

II.1 Konzeptionierung und Spezifikation

In TAMS wurden mehrere Konzepte entwickelt, die hierarchisch zusammenhängen. Das übergeordnete Leitkonzept (Operationelles Konzept, Kapitel II.1.1) definiert, wie ein proaktives, ganzheitliches Flughafenmanagement, der TAM Philosophie folgend, durchgeführt und wie dieses mit der TAMS Systemlösung erfolgen kann. Durch ausführliche Beschreibungen anhand von Beispielszenarien und Mustervorgehensweisen (Kapitel II.1.2) wird die Vorgehensweise weiter verdeutlicht. Die Anforderungen an das technische System (Kapitel II.1.3) werden davon abgeleitet und diese werden ihrerseits genutzt, um die Anforderungen an die Simulationskomponenten (Kapitel II.1.4) abzuleiten. Daran angegliedert werden die dafür notwendigen Systemschnittstellen zwischen den Systemkomponenten und der zentralen Datenbank näher spezifiziert (Kapitel II.1.5). Das Vorgehen zur Bestimmung des verkehrlichen Mehrwerts dieser so definierten TAMS Lösung wird abschließend definiert (Kapitel II.1.6).

II.1.1 Operationelles Konzept OCD – Operation Concept Document

Das TAMS OCD (TAMS Operational Concept Document, [4]) greift die grundlegende TAM Philosophie auf und beschreibt die vertiefende Adaption dieses Management-Konzeptes für das Projekt TAMS. Da dieses zentrale Projektergebnis frei zugänglich veröffentlicht ist, wird auf eine ausführliche Wiedergabe an dieser Stelle verzichtet. Um dennoch einen Einblick in dieses Arbeitsergebnis zu ermöglichen, wird das Kapitel 1 des OCDs, es beinhaltet das *Executive Summary*, nachfolgend gekürzt und übersetzt aus dem englischen wiedergegeben:

Das TAMS Operationelle Konzept Dokument (Operational Concept Document OCD) beschreibt die TAM Prinzipien und Schlüsselemente, deren Beziehungen

zueinander und die industrielle Lösung, welche innerhalb dieses F&E-Projektes entwickelt wird.

Kapitel 2 gibt eine Übersicht über die derzeit bestehenden Probleme innerhalb des Luftverkehrsmanagements (ATM) und über die fundamentalen Randbedingungen, welche die Forschungsperspektive begleiten. Eine Darstellung des derzeitigen Standes der Wissenschaft und Technik unterstützt diese Sichtweise und ermöglicht die Erfassung der noch bestehenden Lücke. Diese kann sowohl als zentraler Motivator des wissenschaftlichen TAM Ansatzes und des TAMS Projektes als auch des damit verbundenen Paradigmenwechsels von der Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) Philosophie zu der gemeinschaftlichen Flughafenplanungsphilosophie (Collaborative Airport Planning – CAP) gesehen werden.

Kapitel 3 beschreibt den Ansatz, den das TAMS Projekt verfolgt. Die dahinterstehende Vision ist im Detail erläutert und durchgeführte oder bestehende Forschungsprojekte, welche sich ebenfalls mit einer ähnlichen Thematik befassen, werden kurz aufgeführt. Das Kapitel endet mit der Auflistung der Ziele des Projektes und der Maßnahmen, die zu deren Erreichung führen werden.

Das nachfolgende und wichtigste Kapitel 4 führt zu einem Verständnis des Konzeptes, wie der zukünftige Flughafenbetrieb mit einem TAMS geschehen kann. Es beginnt mit einer Beschreibung der Philosophie hinter dem zentralen Flughafenleitstand (Airport Operations Center – APOC) und öffnet eine neue Perspektive auf das Flughafenmanagement, welches den Paradigmenwechsel ermöglicht. Nach einer Einführung des „Warum-Was-Wie“ hinter diesem Ansatz wird auf den Unterschied zwischen einem zentralen und einer dezentralen, virtuellen Variante des APOC eingegangen.

Der auf Performanz-Kriterien ausgerichtete Flughafenbetrieb, wie von TAM vorgeschlagen, benötigt korrespondierende Maßkriterien, um diese Performanz messen zu können. Diese sogenannten Schlüsselindikatoren (Key Performance Indicators – KPIs) werden im Projekt abgeleitet und in den Kontext des zentralen Flughafenplanes (Airport Operations Plan – AOP) und des APOC gestellt. Dadurch wird die Notwendigkeit und Wichtigkeit der Qualität und Güte der zugrundeliegenden Datenbasis für den AOP ersichtlich. Abweichungen von der erwarteten Performanz oder vom geplanten Prozessverlauf werden durch Warnungsmeldungen angezeigt. Die Beschreibung von Rollen und Verantwortlichkeiten der APOC Mitarbeiter (Agenten), deren Aufgaben und Entscheidungsmöglichkeiten sowie die Verhandlungsrichtlinien, Arbeitspositionen und die Interaktion des APOCs mit der außerhalb des Flughafen befindlichen Welt runden dieses Kapitel ab.

Wie die Anwendungen der TAMS Projektpartner die beschriebenen TAM Konzeptelemente adressieren, wie diese kombiniert werden und wie die Funktionalität zu einer ersten industriellen TAM Anwendungsplattform (TAM Suite – TAMS) erweitert wird, ist in Kapitel 5 beschrieben.

Die mit dem Fokus auf eine gemeinschaftliche Planung einhergehenden Zielprozesse innerhalb eines Flughafen-APOC, formalisiert als Business Use Cases (BUCs), komplettieren dieses Dokument [Anm. des Autors: OCD] in Annex B [Anm. des Autors: Dokument TAMS_OS_BUC, separat, siehe auch Kapitel II.1.2, [5]]. Diese berücksichtigen alle in das Management von Prozessen rund um die Abfertigung und Durchführung von Flügen involvierten Partner. Die Beschreibungen sind auf einer abstrakten und logischen Ebene und berücksichtigen keine spezifischen technischen Definitionen oder Spezifikationen, welche für die Software-Entwicklung notwendig sind [Anm. des Autors: dieses erfolgt im Dokument SYRD unter der Verantwortung des Verbundleiters, siehe auch Kapitel II.1.3, [26]]. Die BUCs werden mit einem oder mehreren operationellen Szenarien verknüpft, die bildlich Situationen am Flughafen beschreiben, mit denen der Flughafen konfrontiert werden könnte.

Dieses Dokument [Anm. des Autors: OCD] ist bewusst auf einer hohen und abstrakten Ebene gehalten. Beschreibungen zu den technischen Details von TAMS gehören zu den untergeordneten Konzeptsdokumenten, wiedergegeben in der TAMS System Requirements Description [SYRD] und TAMS System Architecture Description [SAD, [27]] bzw. TAMS Interface Definition Documentation [IDD, [27]].

Das OCD wurde bewusst in englischer Sprache verfasst, um möglichst vielen Interessierten Zugang zu diesem Projektergebnis zu ermöglichen.

II.1.2 Operationelle Szenarien und Beispielabläufe – Operational Scenarios and Business Use Cases

Das Dokument „OS/BUC Operational Scenarios and Business Use Cases“ [5] beschreibt ergänzend zu den abstrakten Konzeptelementen und Vorgehensweisen im OCD beispielhaft den Einsatz der TAMS Lösung anhand von sieben operationellen Szenarien und mehreren Business Use Cases (BUCs). Diese Erläuterungen sind aufgrund des Umfangs in ein separates Dokument ausgliedert und nicht Bestandteil des OCDs.

Auch dieses Dokument ist mit dem Ziel einer Maximierung des möglichen Nutzerkreises in englischer Sprache verfasst. Das Dokument beschreibt in Kapitel 1 zusammenfassend den Inhalt des Dokuments (Executive Summary) und führt in Kapitel 2 den TAMS-Projekt-Flughafen GIA (Generic International Airport) und dessen Eigenschaften ein, z.B. ist GIA ein künstlicher Modellflughafen durchschnittlicher Größe und verfügt über eine größere Fluglinie, die GIA als Hubflughafen verwendet. Durchschnittlich hat GIA 900 Flugbewegungen am Tag und ca. 20 Millionen Passagiere im Jahr, die in vier Terminals abgefertigt werden. Die Flugbewegungen erfolgen auf einem abhängigen, gekreuzten Bahnsystem mit einer adäquat ausgestatteten Anzahl von Abroll- und Taxiwegen. Diese Beschreibung soll dafür dienlich sein, die weiter ausgearbeiteten Szenarien und Abläufe in einen gedanklichen Rahmen bringen zu können.

In Kapitel 3 werden sieben Szenarien beschrieben, und skizziert wie die TAMS Lösung bei der Abarbeitung der durch die Szenarien hervorgerufenen Herausforderungen

unterstützend genutzt werden kann. Die Wiedergabe des vollständigen Dokuments wird aufgrund der öffentlichen Verfügbarkeit an dieser Stelle nicht durchgeführt. Nachfolgend wird allerdings eine kurze Zusammenfassung der operationellen Szenarien (Kapitel 3) aufgeführt:

➤ Kapitel 3.1 Closed Terminal Area

Dieses Szenario beschreibt die Situation des Fundes eines unbeaufsichtigten Gepäckstücks und der damit aus Sicherheitsgründen verbundenen Sperrung eines Terminalbereiches und der Einstellung der Servicedienstleistungen im betroffenen Bereich.

➤ Kapitel 3.2 De-Icing and Winter Services

In diesem Szenario ist der Flughafen mit De-Icing und Schneebeseitigung aus Betriebsbereichen beschäftigt. Durch die damit verbundenen Arbeiten wird das Start-Landebahnsystem nicht benutzt werden können (Kapazität wird auf null reduziert). Es wird erwartet, dass die Räumarbeiten ca. 30 Minuten pro Bahn in Anspruch nehmen werden. Gleichzeitig wird durch die maximale Kapazität der De-Icing-Vorrichtungen die maximale Anzahl an Starts bestimmt. Dadurch gibt es sowohl für Landungen als auch für Starts eine Engpass-Situation zu bewältigen.

➤ Kapitel 3.3 Capacity Demand Balacing

Der Flughafen wird in diesem Szenario durch die zu früh eintreffenden Interkontinentalflieger überrascht. Durch starke Jetstreams ist die Reisezeit entsprechend verkürzt und verursacht nun eine Engpass-Situation, da die regulär zu dieser Zeit ankommenden Flugzeuge und die Interkontinentalflieger eine Arrival-Spitze verursachen und auch auf dem Boden für den Abfertigungsprozess eine Herausforderung bedeuten.

➤ Kapitel 3.4 Closure of Neighbouring Airport

Durch eine vorhergesagte Schlechtwetter-Situation muss ein umliegender Flughafen geschlossen und der dorthin fliegende Verkehr teilweise auch zu GIA umgeleitet werden. Dies bedeutet eine Vielzahl von notwendigen Arbeitsschritten auf dem Flughafen, da diese Flugzeuge hier regulär nicht anfliegen würden und somit auch Passagiere ankommen, die hierher nicht geplant waren. Zum einen beeinflusst diese Situation die regulär geplanten Verkehrsverbindungen, aber auch in Summe die vorhandenen Ressourcen am Flughafen, bis Lösungen für diese Neuankömmlinge erarbeitet werden konnten.

➤ Kapitel 3.5 Strike

In diesem Szenario ist der Flughafen durch einen angekündigten Streik von ca. 80% der Piloten der Hauptfluglinie betroffen. Der Streik beginnt mit dem Betriebsanfang und wird mehrere Stunden andauern, besonders auch in den Zeiten, wo die Hauptrotationen (Peaks) erfolgen würden. In diesem Szenario wird auf den Beginn und die Abhandlung des Streiks eingegangen.

- Kapitel 3.6 Recovery subsequent to strike
Dieses Szenario beschreibt die Arbeiten, die durchgeführt werden, wenn das Ende des Streiks (siehe Kapitel 3.5) absehbar wird.
- Kapitel 3.7 Quality of Service
Dieses Szenario befasst sich mit den Arbeiten, die für die Festlegung von zentralen Steuerparametern (Performance Parametern) zwischen den Leitstands-Akteuren (APOC-Agenten) notwendig sind.

Nachdem mit den operationellen Szenarien ein Rahmen um die Problemsituation und Mustervorgehensweise zum Behandeln dieser Situation aufgespannt wurde, stellen die Business Use Cases dabei eine detaillierte Beschreibung von Interaktionen zwischen den Leitstands-Operateuren, Ihren Operationszentralen und/oder mit den Leitstands-Unterstützungssystemen innerhalb dieser Szenarien dar. Da es unterschiedliche Lösungswege geben kann, können auch mehrere BUC innerhalb eines Operational Szenarios auftreten. Die folgenden Business Use Cases werden in Kapitel 4 aufgeführt, wobei diejenigen ausformuliert wurden, die für das Projekt und das Verständnis am besten geeignet erschienen.

- Kapitel 4.1. UPDATE SERVICE LEVEL AGREEMENT
Umfasst die prätaktische Planung von Performanzzielen und –strategien (nicht im Detail beschrieben).
- Kapitel 4.2. PLANNING OF CAPACITY FOR DAY OF OPERATION
Umfasst die Kapazitätsplanung z.B. des Start- und Landebahnsystems für den Arbeitstag (nicht im Detail beschrieben).
- Kapitel 4.3. MANAGEMENT OF AN ADDITIONAL ARRIVAL FLIGHT
Beschreibt die Vorgehensweise zum Umgang mit einem außerplanmäßig ankommenden Flugzeug.
- Kapitel 4.4. MANAGEMENT OF AN ADDITIONAL DEPARTURE FLIGHT
Beschreibt die Vorgehensweise zum Umgang mit einem außerplanmäßig abfliegenden Flugzeug.
- Kapitel 4.5. AIRCRAFT CHANGE
Umfasst die Handlungen, die durch den Wechsel eines physischen Flugzeugs notwendig werden (nicht im Detail beschrieben).
- Kapitel 4.6. HANDLING OF UPDATED ELDT OR EIBT
Beschreibt die Arbeitsabläufe beim Erhalt einer aktualisierten ELDT (Estimated LanDing Time – geschätzte Landezeit) oder EIBT (Estimated InBlock Time – geschätzte Ankunftszeit an der Parkposition).

- Kapitel 4.7. REFINE TOBT IN CASE OF UPDATED ERDT
Beschreibt die Arbeitsabläufe, wie ein TAMS Leitstand ein Airline Operation Center dabei unterstützen kann, eine Aktualisierung der TOBT (Target OffBlock Time – Zielzeit zum Verlassen der Parkposition) nach Erhalt einer aktualisierten ERDT (Estimated aircraft ReaDy Time) für einen Flug durchzuführen.
- Kapitel 4.8. TURNAROUND MANAGEMENT
Umfasst die Arbeitsabläufe für die Planung von Ressourcen für den Turnaround-Prozess bevor oder während eine Kapazitätsüberschreitung eingetreten ist.
- Kapitel 4.9. PASSENGER FLOW MANAGEMENT
Beschreibt die Vorgehensweise, wie alle Prozesse rund um die Passagiersteuerung gehandhabt werden.
- Kapitel 4.10. STAND- AND GATE MANAGEMENT
Beschreibt die Arbeitsabläufe bei einer durch ein Flugzeug verursachten Änderung einer bestehenden Standplatzzuweisung.
- Kapitel 4.11. PRE-DEPARTURE SEQUENCING
Umfasst die Arbeitsabläufe zur Priorisierung von Flügen zwischen Airlines und ATC (nicht im Detail beschrieben).
- Kapitel 4.12. ADJUSTMENT OF TRAFFIC PROCEDURES
Beschreibt die Arbeitsabläufe bei z.B. einem, durch eintretende oder erwartete Wittereinflüsse, notwendigen Wechsel der Betriebsweise des Start- und Landebahnsystems.
- Kapitel 4.13. DEMAND ADJUSTMENT
Dieses BUC beschreibt die Vorgehensweise zum gemeinsamen, kooperativen Management einer Kapazitätsengpass-Situation.

II.1.3 Systemanforderungen – System Requirement Document SYRD

Das DLR hat intensiv an der Erarbeitung der Anforderungen an das Gesamtsystem mitgearbeitet. Verantwortlicher Partner war der Verbundkoordinator Siemens. Das Dokument SYRD „System Requirement Documentation“ [26] gibt einen detaillierten Überblick über Anforderungen und Umsetzungen im Projekt TAMS, die dort beschriebenen Inhalte sind aufgrund von Eigentumsrechten an den Produktinformationen der Industriepartner jedoch nicht frei verfügbar.

Naheliegend ist jedoch, dass komplexe Systeme und systemübergreifende Funktionalitäten aus informationstechnischer Sicht ein gutes Architektur-Konzept erfordern. Jeder der TAMS Industriepartner hat mit seinen Anwendungen einen Teil zu der komplexen Gesamtlösung beigetragen. Die Vielzahl aller Flughäfen verfügen heutzutage über zentrale Datenbanksysteme zum Speichern der für den Flugbetrieb notwendigen Prozessinformationen. Diesen zentralen Baustein hat Siemens mit der

SIAMOS Datenbanklösung in das Projekt eingebracht und diese für den Einsatz in TAMS ertüchtigt.

Die IT-Architektur (siehe Abbildung 2) ermöglicht einen sehr modularen Aufbau mit den Partnerkomponenten und entsprechenden Schnittstellen zwischen den Unterstützungssystemen und der zentralen Datenbanklösung. Dieser Ansatz wird auch durch die DLR Simulationsumgebung aufgegriffen, die in Abbildung 3 (aus [24], [26], [28]) aufgeführten Schnittstellen werden im Simulationskonzept [6] (siehe auch Kapitel II.1.4) näher spezifiziert.

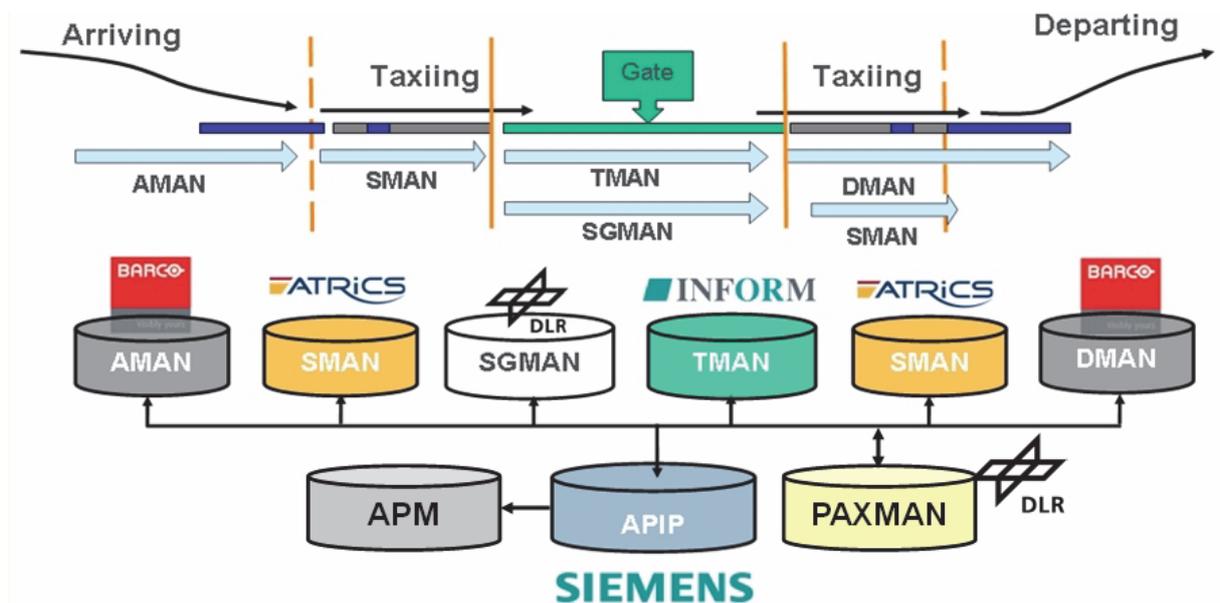


Abbildung 2: Systemarchitektur mit Partnersystemen

II.1.4 Simulationskonzept SCD

Das TAMS Simulationskonzept [6] überführt die aus dem operationellen Konzept an das Gesamtsystem gestellten Anforderungen, beschrieben in der SYRD, auf Anforderungen an die Simulationsumgebung, die als Realitätsersatz für die TAMS Versuchskampagnen (und Verifikationstests) genutzt wurde.

In dem Dokument wird auf Anforderungen in den Bereichen

- Simulationszeit,
- Flugzeug-Simulation,
- Terminal-Prozesse,
- Schnittstellen der Simulation zum TAMS System,
- Schnittstellen des TAMS Systems zur Simulation

eingegangen. Auf eine detaillierte Wiedergabe wird an dieser Stelle aufgrund der öffentlichen Verfügbarkeit des Dokuments verzichtet.

Die Simulationsumgebung konnte im Projekt derart weiter entwickelt werden, dass diese dynamisch durch die Partneranwendungen getroffenen Entscheidungen zu Flugbetriebsprozessabläufen berücksichtigt und realitätsgetreu zur weiteren Ablaufsteuerung umsetzt. Nähere Details werden in Kapitel II.2.2 beschrieben.

II.1.5 Systemarchitektur und Schnittstellen – SAD/IDD

Die abstrakten Anforderungen aus dem OCD wurden in der SYRD auf eine technische Sichtweise transferiert. Wie in Kapitel II.1.3 beschrieben, wurde in TAMS eine datenbankzentrierte Systemarchitektur etabliert, so wie dieses an zahlreichen Flughäfen ebenfalls etabliert ist und somit den Stand der Technik bezeichnet. Abbildung 3 ([24], [26], [28]) zeigt die technische TAMS Systemarchitektur mit den zwischen allen Komponenten vorhandenen Schnittstellen auf.

Während die Schnittstellen zwischen den DLR Simulationskomponenten und den Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystemen im Simulationskonzept (siehe Kapitel II.1.4) grob beschrieben sind, beinhaltet das Dokument SAD/IDD (System Architecture Description/Interface Definition Documentation, [27]) darüber hinaus ausführliche Beschreibungen aller Schnittstellen in technischer Detaillierung als XML-Beschreibung (WSDL, SOAP-Ansatz). Dieses Dokument ist aufgrund von Eigentumsrechten an den Produktinformationen der Industriepartner jedoch nicht frei verfügbar.

Das DLR hat zur Erarbeitung der Systemarchitektur, der Schnittstellen und der Detail-Definitionen beigetragen. Verantwortlicher Partner war der Verbundkoordinator Siemens.

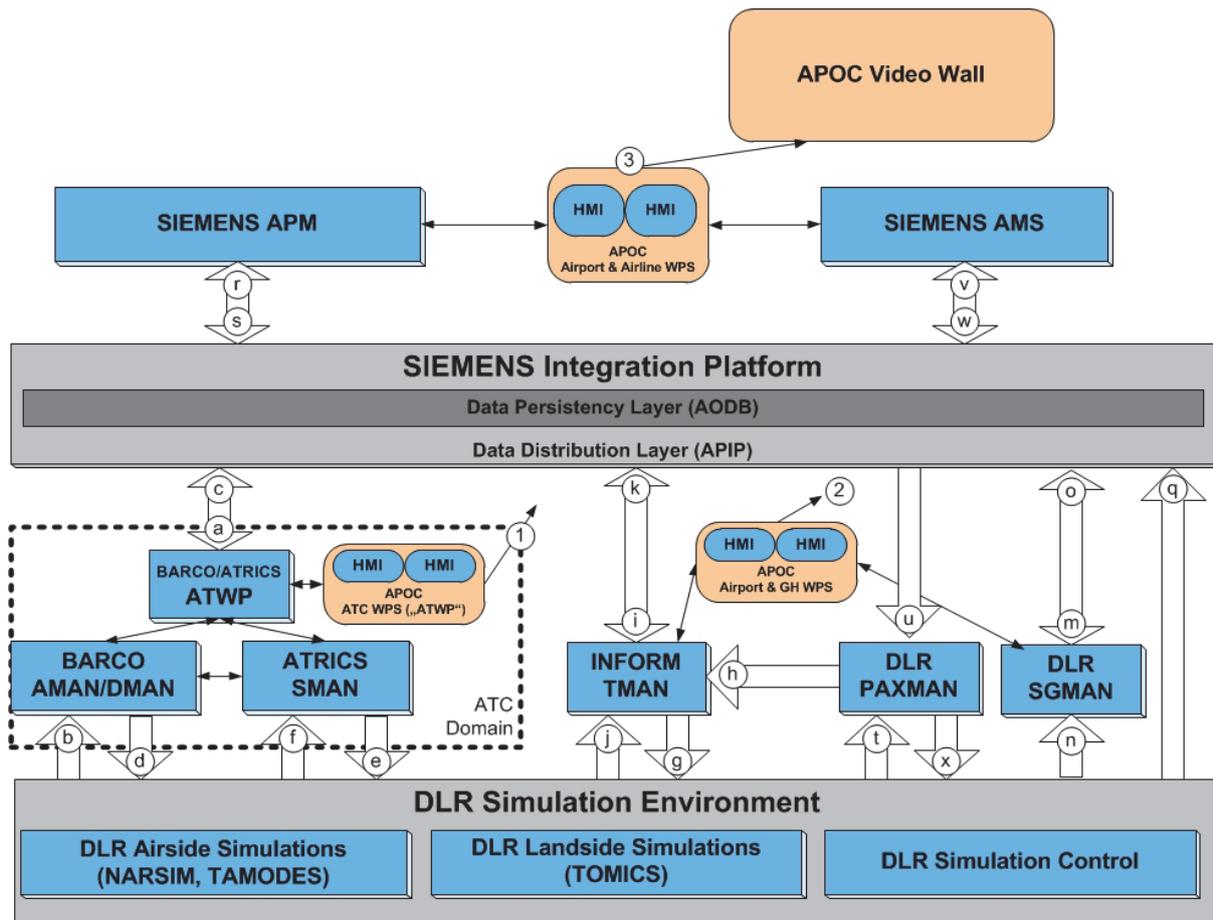


Abbildung 3: TAMS Systemarchitektur mit Schnittstellen

II.1.6 Validierungskonzept VCD

Das Validierungskonzept VCD (Validation Concept Document, [7]) beschreibt unter Anwendung des europäischen E-OCVM-Standards [29] die in TAMS verfolgte Vorgehensweise zur Ermittlung des durch das TAMS System zu erzielenden verkehrlichen Mehrwerts. Dieses Dokument ist ebenfalls frei zugänglich, insofern wird auf eine detaillierte Darstellung der Inhalte an dieser Stelle verzichtet.

Das VCD befasst sich in Kapitel 1 mit der Darstellung des Dokumentenzwecks, gefolgt von einer zusammenfassenden Beschreibung des operationellen TAMS Konzeptes in Kapitel 2. Dabei werden die zugrundeliegende Problemstellung (Kapitel 2.1) und der in TAMS verfolgte Lösungsweg (Kapitel 2.2) beschrieben.

Kapitel 3 fasst die nach E-OCVM notwendigen Aspekte für eine Validierung zusammen. Dabei wird die in TAMS verfolgte Validierungsstrategie in Kapitel 3.1 eingehend dargelegt, sowie auf die einzelnen, für die Validierung betrachteten, Stakeholder eingegangen (Kapitel 3.1.1). In Abhängigkeit des Reifegrades der Systeme (Kapitel 3.1.2) werden die Vorgehensweise und die zu erreichenden Ziele (in Kapitel 3.1.3) festgelegt.

Kapitel 3.2 geht detailliert auf die Versuchspläne und -durchführung ein. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Aussage, „das Koppeln von taktischen und prätaktischen¹ luft- und landseitigen Planungssystemen bringt einen operativen Vorteil“ zu belegen. Dazu wird eine ausführliche Beschreibung der involvierten taktischen Planungssysteme und daraus abzuleitender Untersuchungssystemzustände in Kapitel 3.2.1.1 gegeben, gefolgt von der Definition der Akzeptanz- (Kapitel 3.2.1.2) sowie abzuleitender Validierungskriterien (Kapitel 3.2.1.3). Zu betrachtende Leistungsindikatoren und Metriken (Kapitel 3.2.1.4) werden gefolgt von der gewählten Untersuchungsmethode (Kapitel 3.2.1.5) beschrieben.

Aufgrund der Erwartungen an das Leistungsverhalten der TAMS Lösung gegenüber einem Basissystem werden in Kapitel 3.2.1.6 Bewertungshypothesen definiert, die durch die Auswertung der Validierungsversuche im Validierungsbericht ([8], siehe auch Kapitel II.3) bestätigt wurden.

Kapitel 3.2.1.7 definiert nun das Experimentaldesign und die zur Untersuchung verwendeten Validierungsszenarien (Kapitel 3.2.1.8).

Kapitel 3.2.2 geht auf die zur Auswertung notwendige Datenanalyse ein und Kapitel 3.3 fasst die vorher aufgestellten Anforderungen und Vorgehensweisen zusammen und bildet diese auf den Untersuchungszeitraum sowie damit verbundene Rollen und Verantwortlichkeiten ab.

Tabelle 1: Zusammenfassung des DLR-Anteils an Konzept-Dokumenten

Dokument	federführender Projekt Partner	DLR-Anteil am Inhalt
OCD	DLR	Haupteditor, ca. 90%
OS/BUC	DLR	Haupteditor, ca. 95%
SYRD	SIEMENS	ca. 25%
SCD	DLR	100%
SAD/IDD	SIEMENS	ca. 10%
VCD	DLR	100%

¹ Die prätaktische Phase erstreckt sich ungefähr von jetzt +24h bis zur Aufgabe des ATC Flugplanes bei jetzt +3h [9].

II.2 Ertüchtigung von Prototypen und Simulationsanlagen

In Hauptarbeitspaket 2 Entwicklung hatten die DLR Arbeiten zwei zentrale Ausrichtungen. Zum einen wurden die bestehenden DLR Forschungsprototypen für das Projekt TAMS ertüchtigt und mit dem PaxMan und den dazugehörigen Modulen sogar neu entwickelt (die Ergebnisse sind in II.2.1 beschrieben). Zum anderen erforderten die Projektziele eine Ertüchtigung der benötigten Simulationsanlagen, sodass die Anwendungen der Industriepartner integriert und interaktiv, dynamisch mit der Simulation betrieben werden konnten (siehe Kapitel II.2.2).

II.2.1 DLR Prototypen

Das DLR hat in vorherigen internen Projekten mit der Entwicklung von Forschungsprototypen begonnen, um Fragestellungen unter anderem rund um das Forschungsgebiet „Total Airport Management“ untersuchen zu können. Um diese grundlegenden Arbeiten (SGMAN in Kapitel II.2.1.1, TOP in Kapitel II.2.1.2) für das Projekt TAMS verwenden zu können, war eine Ertüchtigung dieser Prototypen mit dem Ziel der Verwendung für weitergehende Untersuchungen im Sinne der übergeordneten TAMS Zielstellung unabdingbar.

Zusätzlich zu der Ertüchtigung der bestehenden Prototypen wurde mit dem PaxMan (in Kapitel II.2.1.3) ein neuartiges Managementsystem entwickelt, mit dem Einfluss auf den landseitigen Passagierprozess genommen werden kann.

II.2.1.1 SGMAN – Stand und Gate-Management

Der Stand- und Gate-Management Prototyp des DLR wurde als Ersatz für den aufgrund einer Budgetreduzierung nicht dem Projekt zur Verfügung stehenden Pendant des Partners Inform für die Projektzwecke beigelegt. Das Stand- und Gate-Management ist ein wesentlicher Einflussfaktor des Flugbetriebsablaufs. Mit diesem wird geplant, an welcher Parkposition oder Terminalposition ein Flugzeug im Turnaround abgewickelt wird und wo sich die Passagiere zum Besteigen des Flugzeugs im Terminal einzufinden haben. Die Gate-Zuweisung wird als Ableitung der Standplatz-Zuweisung im Projekt TAMS durch die Module des PaxMan getroffen.

Der DLR SGMAN plant die Standplätze entsprechend der hinterlegten Flughafenstruktur und unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Kriterien, z.B. Größe des zu verplanenden Flugzeugs und der zur Verfügung stehenden Standplatzfläche. Besonders wichtig wird diese dynamische Planung in den Fällen, wenn Flugzeuge erst verspätet die Parkposition verlassen können und im Landeanflug befindliche oder bereits gelandete Flugzeuge eigentlich auf diese Position geplant waren.

Die Planungsinformationen werden über die zentrale Flughafendatenbank mit allen anderen angeschlossenen Systemen kommuniziert. Für das Projekt TAMS war es notwendig, den Prototyp soweit zu ertüchtigen, dass eine dem TAMS Standard [26],

[27] entsprechende Kommunikation durchgeführt werden konnte. Im Rahmen des Projektes war es nicht vorgesehen, die Planungsalgorithmik zu verbessern oder zusätzliche, wenn auch wünschenswerte, Funktionalität zu entwickeln, welche kommerziell verfügbare Systeme geboten hätten.

II.2.1.2 TOP – Total Operations Planner

Durch die konzeptuelle Entwicklung des Total Airport Management Ansatzes wurde deutlich, dass die mit diesem Management-Ansatz verfolgten Steuerprozesse bisher so nicht verfügbare Planungsdaten als Entscheidungsgrundlage bedürfen. In dem Forschungsprojekt K-ATM im Rahmen des 3. Luftfahrtforschungsprogrammes der Bundesrepublik ([33]) wurde die im Unterauftrag der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH erfolgende Entwicklung eines ersten Prototypen eines „Cooperative Local Resource Planers“ durchgeführt. Dieser auf Flugsicherungsaspekte ausgelegte Prototyp setze erste Funktionen um, die in einem idealen Total Operations Planner (TOP) enthalten sein sollten. In DLR-internen Projekten wurde der CLOU-Ansatz aufgegriffen und die Entwicklung eines TOP-Planungsprototyps begonnen, der unter anderem alle Flughafenparteien berücksichtigt, aber auch leistungsparameterbasierte Planungen durchführen kann.

II.2.1.2.1 TOP Advanced – der Planungsprototyp

Mit dem TOP lässt sich präzisieren, wie die erwartete Verkehrsentwicklung mit einem prätaktischen Zeithorizont ohne eine Einflussnahme der Stakeholder eintreten könnte (sogenannter „Do Nothing Predictor“) und wie die Verkehrsentwicklung sein könnte, wenn die durch die Flughafenparteien eingestellten Planungsrandbedingungen (zum Beispiel Performance Parameter) Berücksichtigung finden. Dabei werden durch den TOP die Flugbewegungen nach unterschiedlichen Kriterien (z.B. Pünktlichkeit, maximaler Verkehrsfluss, Berücksichtigung von Lärm- und Emissionspegeln) unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen (z.B. der erwartete Wettereinfluss während des Planungshorizontes, die Infrastrukturverfügbarkeit und der Flugverkehrsmix) optimiert vorgeplant und den Stakeholdern so zusätzliche Informationen bereit gestellt, wie sich eine Anpassung der Planungsrandbedingungen auswirken könnte.

Der TOP bildet einen mehrstufigen Planungsprozess und zwei verschiedene Planungsmodi ab. Der erste Modus enthält auf oberster Ebene eine Abbildung von Verkehrsflüssen, die aufgrund der momentan verfügbaren Randbedingungen ableitbar sind (geplante Flugbewegungen auf Basis der veröffentlichten Flugpläne und von vorhandenen Flughafenkapazitäten). Dieser modellbasierte Ansatz (siehe Abbildung 4) betrachtet dabei unterschiedliche neuralgische Knotenpunkte des Flughafens und setzt diese miteinander über unterschiedliche Zusammenhänge in Beziehung (beispielsweise ergibt sich der mögliche Verkehrsfluss durch die Beziehung der Modellkomponenten Nachfrage Abflüge, Nachfrage Anflüge, Verteilung der Gesamtkapazität auf An- und Abflüge). Nach der Flussplanung erfolgt eine Abbildung der Verkehrsflüsse auf individuelle Flugbewegungen und somit auf die Start- und Landeereignisse. Diese

Ereignisse werden dann aggregiert und auf unterschiedliche Leistungsparameter abgebildet (beispielsweise Pünktlichkeit, Verkehrsfluss, Delay). Diese Basisplanung ist eine Prädiktion des Verkehrs, wenn keine durch die Flughafenakteure ausgeübten Steuereingriffe erfolgen. Der zweite Modus befasst sich mit Steuereingriffen und Plananpassungen, die sowohl durch die Akteure erfolgen können, aber auch durch eine effizientere Ausnutzung bestehender Kapazitäten, welche durch den TOP vorgeschlagen werden kann. Die Flughafenkapazität kann über eine Pareto-Frontier-Kurve abgebildet werden (siehe beispielsweise auch [36]). Daraus können unterschiedliche Arbeitspunkte, die über das Verhältnis der für Starts und Landungen genutzten Kapazitätsverteilung definiert werden, festgelegt werden. Der TOP nutzt nun die vorher ermittelten Leistungskennwerte und variiert dieses Verhältnis auf der Pareto-Frontier-Kurve und nutzt unterschiedliche mathematische Optimierungsverfahren, um ein gesamtheitlich optimalen Verkehrsfluss zu ermitteln. Dieser wiederum wird auf Flugereignisse abgebildet und daraus werden erneut Leistungskenngrößen ermittelt. Die durch die Flughafenparteien beeinflussbaren Planungsrandbedingungen umfassen dabei beispielsweise die Priorisierung von Flugereignisreihenfolgen oder können auch die durch die Optimierungsverfahren genutzten Zielkriterien betreffen (worüber sich eine Priorisierung Pünktlichkeit gegenüber maximalem Verkehrsfluss abbilden lässt).

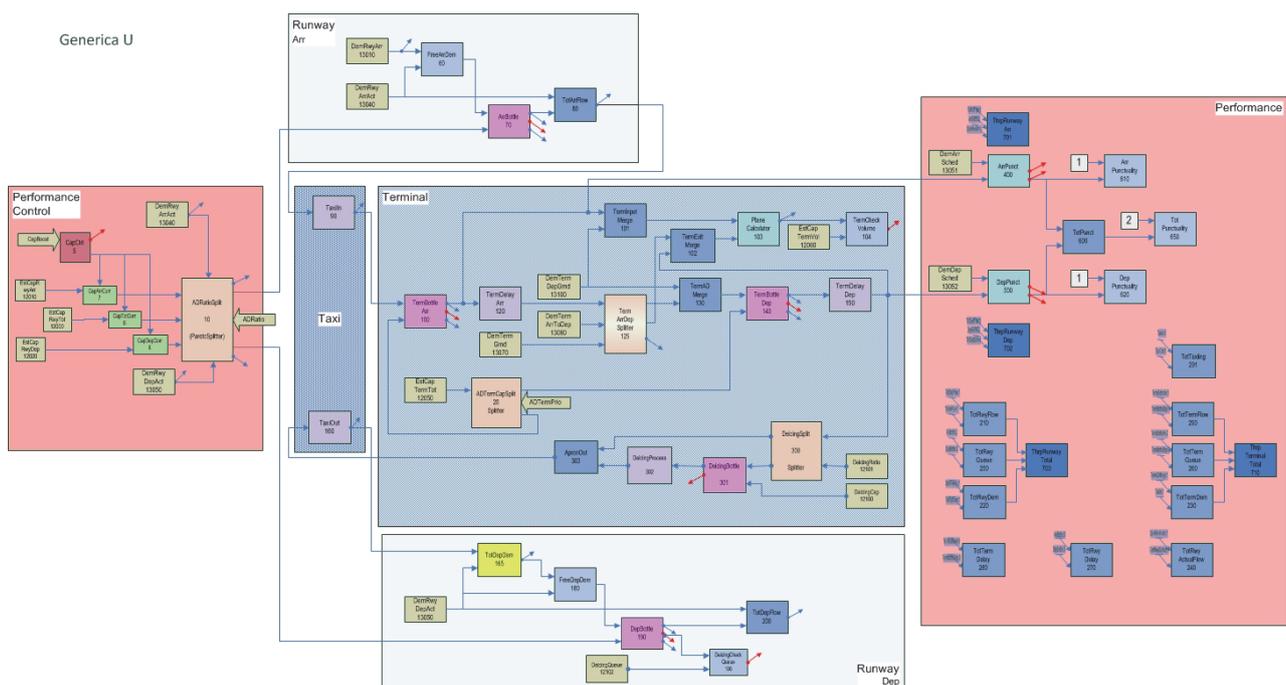


Abbildung 4: TOP-Modell der Verkehrsfluss-Zusammenhänge

Aufbauend auf den Grundlagenarbeiten in DLR-internen Vorhaben war es notwendig, den TOP für die Nutzung im Projekt TAMS zu ertüchtigen. Die Entwicklungsarbeiten umfassten dabei nicht nur die notwendige Anpassung der Komponentenschnittstellen zur Berücksichtigung der TAMS Datenstrukturen und Kommunikationsstandards, sondern es erfolgte auch eine umfassende Erweiterung der mehrstufigen Planungsalgorithmik des ursprünglichen TOPs zu einem TOP *Advanced*. Dabei wurde

beispielsweise das bisher verwendete Optimierungsverfahren näher betrachtet und um weitere, vielversprechende Algorithmen ergänzt. Diese wurden zur Untersuchung von dynamischen Kapazitätsverteilungs-, Verspätungsminimierungs- und Pünktlichkeits-erhöhungsverfahren verwendet [35].

Für die Flugereignisplanung wurde ein Bahnzuweisungsmodul implementiert, so dass auf der Ereignisebene den Flugereignissen nicht nur die Zeitpunkte für den Start und die Landung zugewiesen wird, sondern auch die dafür zu verwendende Bahn, welche durch die vorher definierten Planungsrandbedingungen zur Verfügung stehen (die unterschiedlichen Betriebsrichtungen und Modi des Start-/Landebahn-Systems).

II.2.1.2.2 TOP Advanced Clients – die Mensch-Maschine-Schnittstelle

Als Bedienschnittstellen der Operateure zum TOP *Advanced* kommen webbasierte Informationssysteme zum Einsatz. Die Entwicklung dieser sogenannten Clients erfolgte in einem parallel durchgeführten DLR-internen Vorhaben.

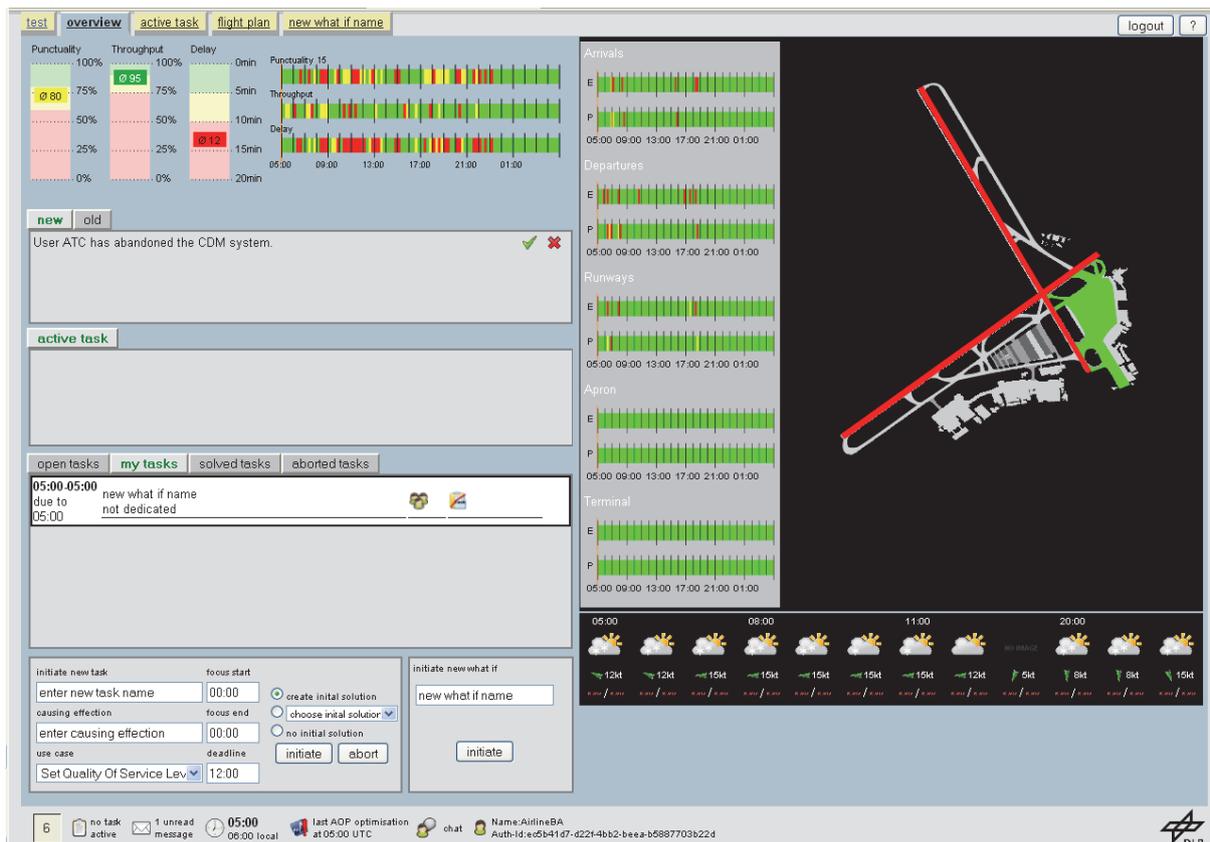


Abbildung 5: TOP *Advanced* Basisclient

Abbildung 5 gibt ein Beispiel für den Basisclient, der die für alle Flughafenakteure gleichermaßen notwendigen Informations- und Kontrollmöglichkeiten bereitstellt. Mit diesem Client ist die Steuerung der Parametrisierung des TOP *Advanced* möglich, um zielgerichtete „Was-wäre-wenn“-Untersuchungen durchführen zu können. Diese

Untersuchungen der Flughafen-Akteure sind als Entscheidungsunterstützung dienlich, mit ihnen kann ermittelt werden, wie sich eine angedachte Planungsänderung oder zukünftige Entscheidung sowohl auf die Gesamtflughafenleistung als auch auf die individuellen Flughafenparteien auswirken könnte. Gerade in Engpass-Situationen soll dadurch ermöglicht werden, dass eine zwischen allen Parteien abgestimmte und harmonisierte Gesamtplanung erzielt werden kann und jede Partei sich darüber im Klaren ist, was dieses für die anderen Parteien bedeutet, aber auch welche Maßnahmen nun getroffen werden müssen, um diese abgestimmte Planung umzusetzen. Das Planungsergebnis ist dann ein angepasster Airport Operations Plan AOP.

Die Testumgebung (II.2.2) des DLR wurde von den Partnern nicht nur zur Integration und Präsentation ihrer Systeme verwendet, sondern auch zur Integration der fortgeschrittenen DLR-Prototypen. Durch den Einsatz des prätaktischen TOP *Advanced* Planungsprototyps und der korrespondierenden Client Systeme setzte das DLR die toolgestützte Verhandlung der Flughafenparteien im APOC-Simulator ACCES um. Dabei wurde gemeinschaftlich festgelegt, wie zukünftige Planungsanpassungen durchzuführen sind, um die dargestellte Engpass-Situation bewältigen zu können.

Das in Abbildung 6 dargestellte Bild entstand während der Präsentation der Durchführung der Verhandlung beim TAMS T24-Meilenstein-Treffen am 15. Dezember 2011. Zur besseren Verdeutlichung der durchgeführten Vorgänge wurden links die luftseitigen Aspekte (der Basisclient) und rechts die landseitigen Aspekte dargestellt (beispielsweise die PaxMan-Module).



Abbildung 6: Demonstration der Auswirkungen der Schließung einer Start-/Landebahn

Während der Demonstration wurden durch die am unteren Bildrand erkennbaren Flughafenakteure (DLR-Mitarbeiter als Vorführpersonen) mit Hilfe der weiter ertüchtigten Spezialansichten der Client-Systeme die oben beschriebenen „Was-wäre-wenn“-Betrachtungen durchgeführt. Dafür wurden, wie in Abbildung 7 zu sehen, die Leistungskenngößen der unveränderten Situation mit denen der nach der vorgenommenen Planungsanpassung erwarteten Situationsentwicklung gegenübergestellt. Durch die Variation weiterer Planungsrandbedingungen, beispielsweise der Umpriorisierung von Flugereignissen oder der Gewichtung von Präferenzen bezüglich tolerierbarem Verspätungsgrades, haben die Akteure unterschiedliche Ergebnispläne erzeugt, die sie gemeinsam in dem APOC Flughafenleitstand diskutieren (verhandeln) und zu einer für alle tragfähigen Kompromisslösung überführen konnten.

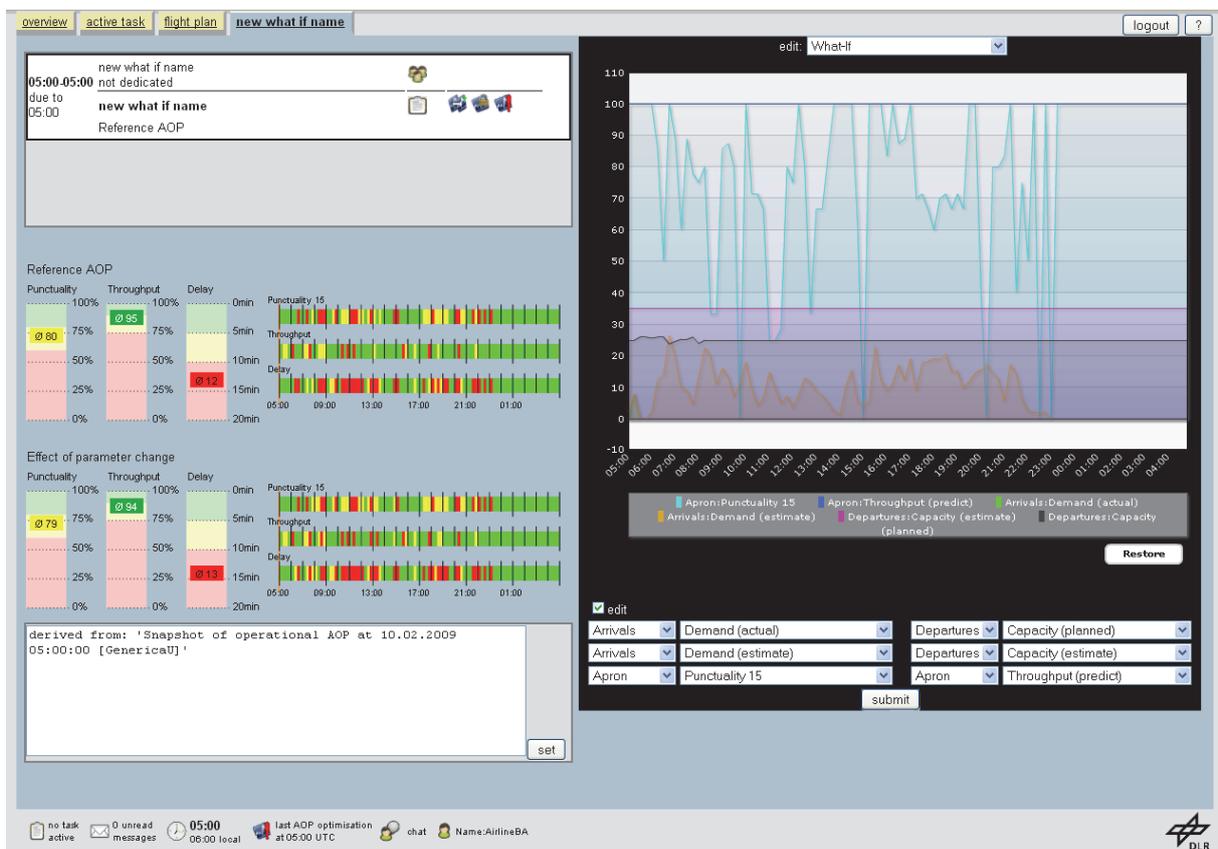


Abbildung 7: TOP Advanced Client - What-if Untersuchung

Eigens für die gesamtheitlich darzustellende, harmonisierte Situationslage wurde ein speziell für die Verwendung auf einer zentralen Leitstandsanzeige ausgerichtetes Anzeigesystem (siehe Abbildung 9, aus [4]) konzipiert und grundlegende Aspekte davon in Form des sogenannten Powerwall-Clients umgesetzt. Der Begriff Powerwall bezeichnet die zentrale Darstellungsleinwand oder Bildwand, welche durch einen oder mehrere Beamer oder Hintergrundprojektionsverfahren mit Informationen bestrahlt wird - die Anzeigen in Abbildung 6 sind auf einer solchen Bildwand dargestellt. Auf dieser Bildwand werden durch dieses Anzeigesystem sowohl Wetterinformationen, die

Verläufe der prognostizierten Flughafenleistungskenngrößen, der eingestellte Präferenzsatz, aber auch eine Übersicht über noch offene Abstimmungsverhandlungen (offene Tasks) dargestellt.

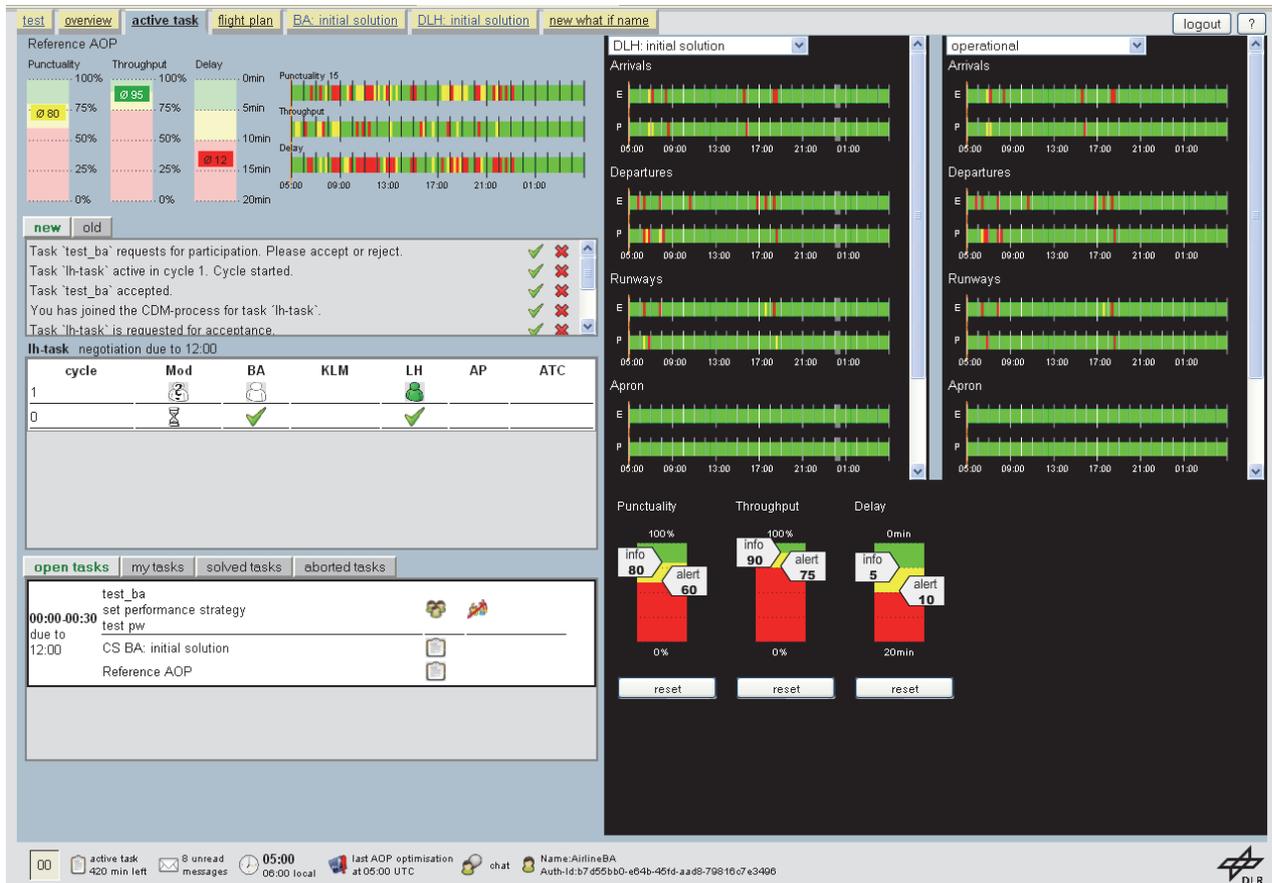


Abbildung 8: Aufgabenansicht des Clients (aktive Aufgabe/Task)

Zu der Ermittlung des gemeinsamen Ergebnisses zwischen den Stakeholdern wurde eine umfangreiche Ablaufsteuerung (Workflow-Steuerung) entwickelt. Unterschiedliche Problemsituationen erfordern in der Regel auch unterschiedliche Lösungswege und einzubeziehende Akteure. Für die wesentlichen, in [5] beschriebenen Problemsituationen wurden diese Lösungswege in Workflows implementiert. Abbildung 8 zeigt beispielhaft eine Momentaufnahme eines solchen Ablaufes mit zuvor in „Was-wäre-wenn“-Betrachtungen ermittelten Lösungsvorschlägen zum Vorgehen in dieser Problemsituation. In Abbildung 6 wurde während des T24-Meilenstein-Treffens mit diesem System demonstriert, wie Akteure das aus TAMS Sicht optimale Vorgehen bei einer durchzuführenden Bahnsperre mit diesen Hilfsmitteln finden und dieses dann über einen Workflow gemeinsam festlegen und dann in den (simulierten) Realbetrieb überführen können.

Die für alle Akteure gleichermaßen einsehbare Bildwand-Darstellung (Abbildung 9 als Anhaltspunkt) zeigt dabei die wesentlichen Eckpfeiler der erwarteten Situation in aggregierter Form an. In Abbildung 10 ist dargestellt, wie die Umsetzung zur

Darstellung der Schwellwerte für die Service-Level für die drei wesentlichen Flughafenparameter Pünktlichkeit, Durchsatz und Delay erfolgt ist und wie die aggregierte Darstellung der momentanen Flughafenleistung ist (farbige Pfeile). Abbildung 11 stellt die Service-Level-Prädiktionen der sich über die Zeit entwickelnden Kenngrößen dar. Diese wird durch die Darstellung des prognostizierten Wetters angereichert und mit der Vorhersage der Leistungskenngrößen für neuralgische Bereiche des Flughafens auf der nächsten Detailstufe komplettiert. Die vollständige Umsetzung des in Abbildung 9 skizzierten Bildwandclients war während der TAMS Projektlaufzeit nicht möglich, da das zeitlich verschoben durchgeführte DLR-interne Vorhaben bereits vor dem TAMS Abschluss planmäßig endete.

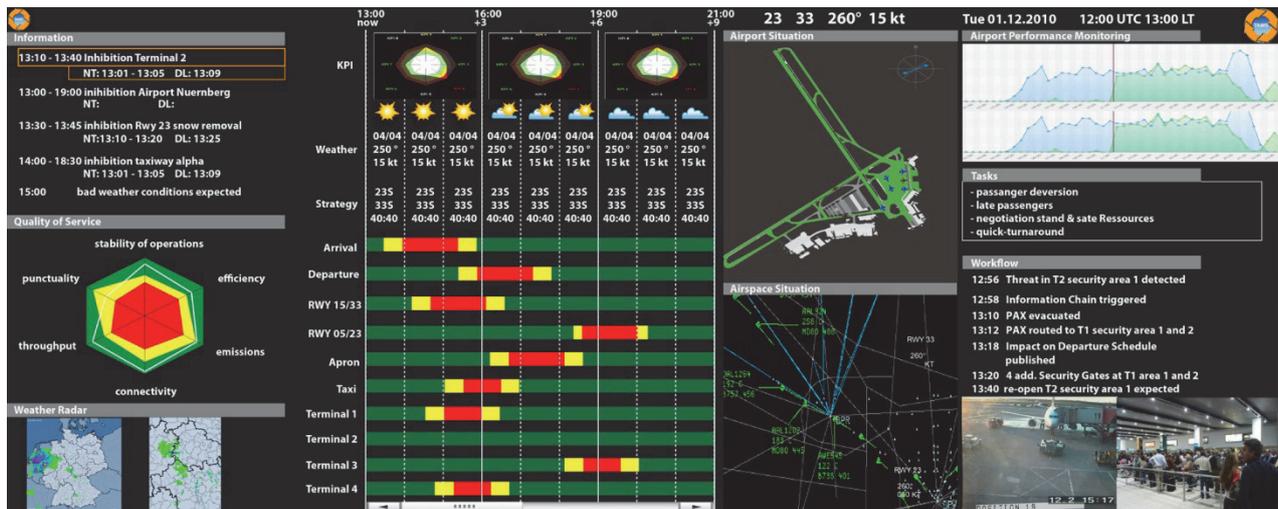


Abbildung 9: APOC Bildwand Entwurf



Abbildung 10: Flughafen-Leistungsparameter (Ziele, Schwellwerte und Momentanwert)

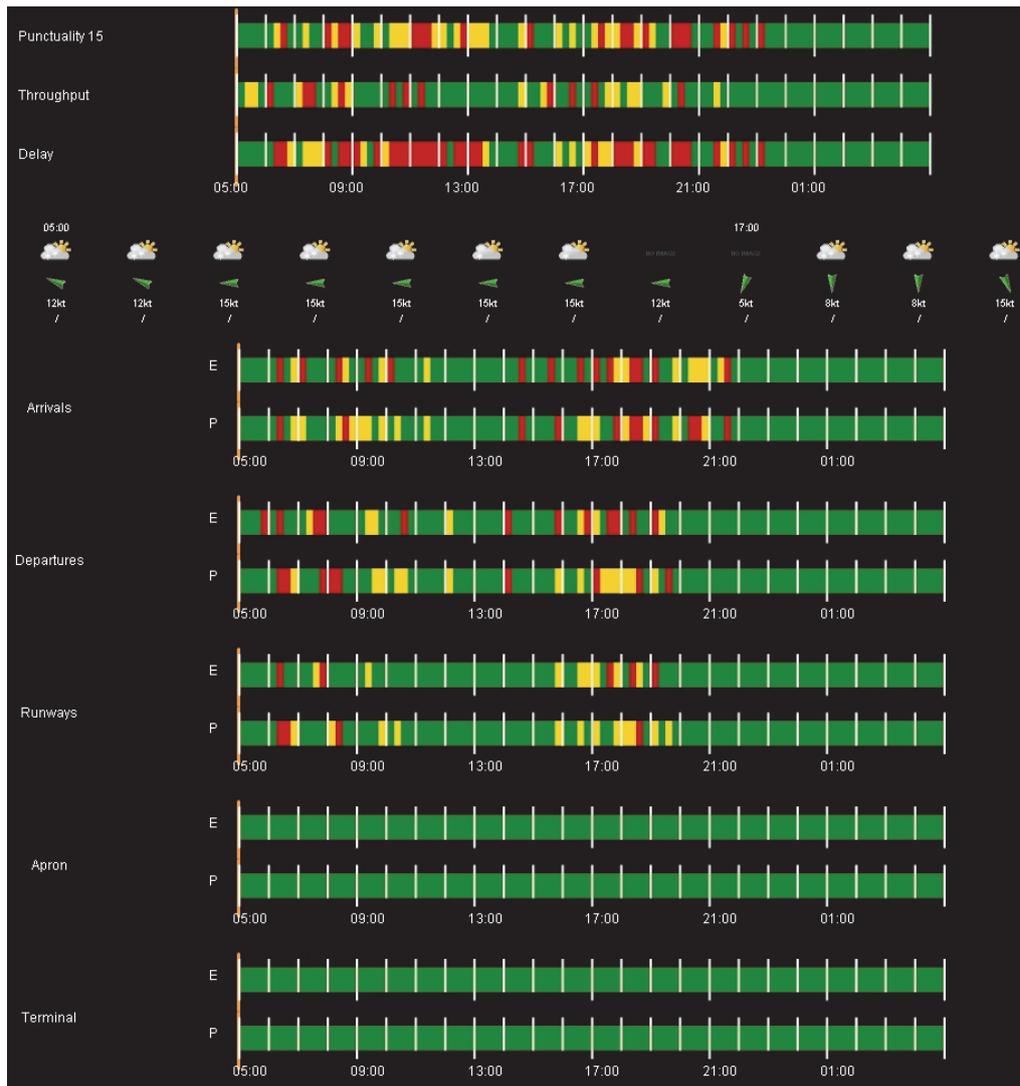
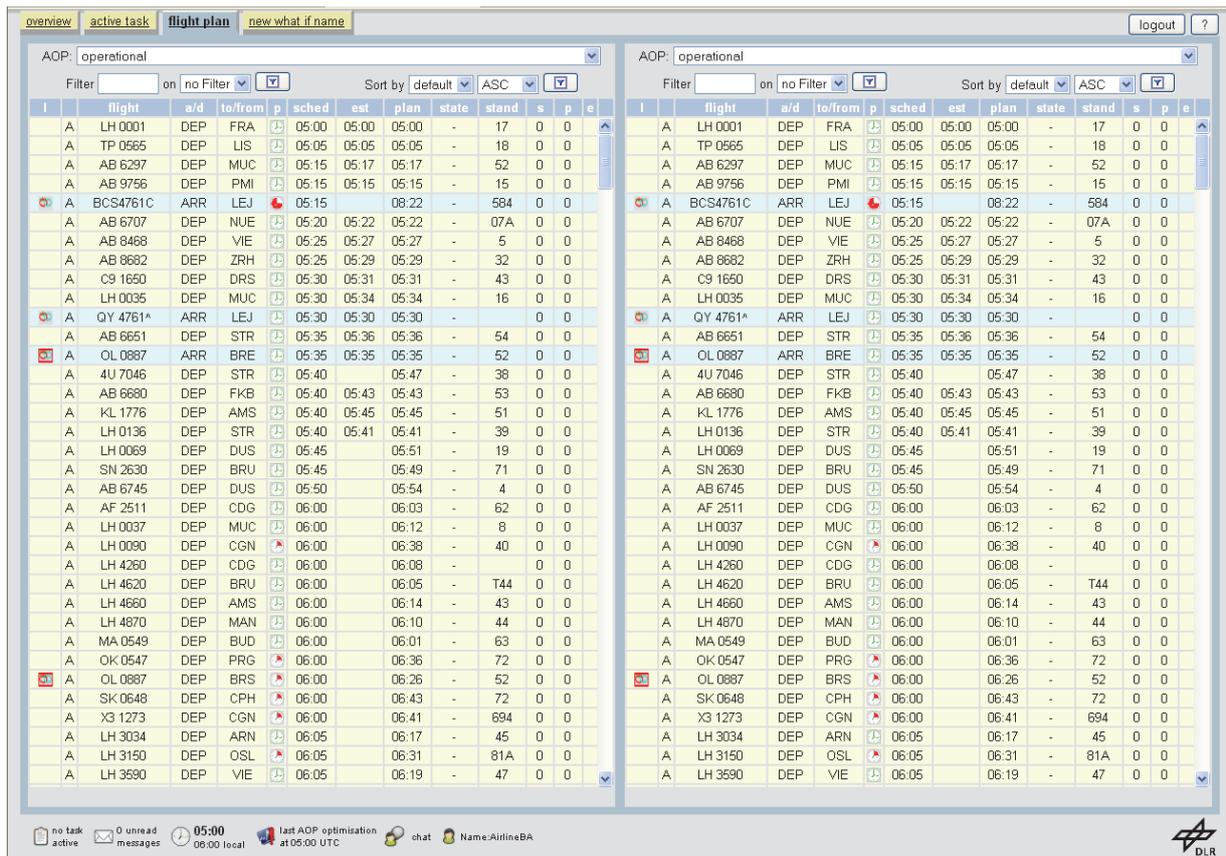


Abbildung 11: Flughafen-Leistungsparameter mit Wetterinformationen

Nur diese Powerwall-Anzeige wäre nicht ausreichend, um den Akteuren eine Informationslage zu bieten, auf derer sie notwendige Entscheidungen treffen müssen. Diese Anzeige ist daher komplementär zu den Darstellungen des oben beschriebenen TOP Clients zu nutzen. Die dafür jeweils verwendeten Daten kommen aus der zentralen Flughafendatenbank und garantieren eine konsistente und synchrone Sichtweise auf die Situation.

Es erscheint zweckmäßig für die jeweiligen Stakeholder unterschiedliche Detailinformationsseiten in die Clients zu integrieren. Dieses beruht auf der Feststellung, dass beispielsweise eine Fluggesellschaft zum Treffen einer Entscheidung andere Detailinformationen benötigt, als dieses bei einem Flugsicherungsdienstleister oder einem Flughafenbetreiber in einer konkreten Problemsituation der Fall ist. Abbildung 12 zeigt die Umsetzung einer Flugplanübersicht für einen Stakeholder, wobei die Informationsdarstellung und der Zugriff in Abhängigkeit von einem hinterlegten komplexen Rechte- und Rollenmodell gesteuert werden kann. Dieses ermöglicht das Ausblenden von Flügen anderer Airlines, um auch Datenschutzaspekten zu entsprechen.



The screenshot displays two identical flight detail tables side-by-side. Each table has a header row with columns: I, flight, a/d, to/from, p, sched, est, plan, state, stand, s, p, e. The data rows list various flights such as LH 0001, TP 0565, AB 6297, AB 9756, BCS4761C, AB 6707, AB 8468, AB 8682, C9 1650, LH 0035, QY 4761A, AB 6651, OL 0887, 4U 7046, AB 6680, KL 1776, LH 0136, LH 0069, SN 2630, AB 6745, AF 2511, LH 0037, LH 0090, LH 4260, LH 4620, LH 4660, LH 4670, MA 0549, OK 0547, OL 0887, SK 0648, X3 1273, LH 3034, LH 3150, and LH 3590. The interface includes a top navigation bar with tabs for 'overview', 'active task', 'flight plan', and 'new what if name', along with a 'logout' button. A status bar at the bottom shows system information like 'no task active', '0 unread messages', and '05:00'.

Abbildung 12: Flugdetalleanzeige

Die Arbeitsplätze der im APOC-Leitstand agierenden Stakeholder-Repräsentanten werden mit einem auf die jeweiligen Bedürfnisse angepassten TOP *Advanced Client* ausgestattet und könnten über noch zu spezifizierende Schnittstellen an das Back-Office des jeweiligen Stakeholders angebunden werden (Netzwerkkommunikation).

II.2.1.3 PaxMan – Passagier-Management auf der Flughafen-Landseite

Der PaxMan ist die zentrale Management-Anwendung für die Steuerung und Überwachung der auf der Landseite durchgeführten Passagierprozesse. Er übernimmt in TAMS die Hauptaufgabe zur Integration von luft- und landseitiger Planung und schließt somit den Planungskreis des ganzheitlichen Planungsansatzes nach dem TAM Gedanken.

Die einzelnen Module (oder die „ToolSuite“) des PaxMan erlauben das Management und die Überwachung von allen passagierrelevanten Prozessen im Flughafenterminal. Des Weiteren versorgt der PaxMan die TAMS Luftseite, insbesondere die Airline sowie das Ground Handling, mit allen relevanten Passagierinformationen und Funktionen (z.B. die zeitliche Verschiebung des Boarding) und ermöglicht dadurch eine effiziente Passagierabfertigung. Dazu übernimmt der PaxMan die Vorausberechnung der relevanten Prozess(end)zeiten, insbesondere auch in Hinblick auf gemeinsame A-CDM

Meilensteine mit den anderen TAMS-Systemen. Die für die Partner wichtigste Kennzahl ist dabei die vom PaxMan prognostizierte "Estimated Passenger at Gate Time" (EPGT, siehe Kapitel II.2.1.3.7). Die EPGT sagt aus, wann voraussichtlich alle Passagiere am Gate eintreffen werden. Als Basis der Berechnung dient u.a. die aktuelle Situation im Terminal, die durch ein spezielles Modul zum Monitoring bereitgestellt und bewertet wird. Dieses Monitoring umfasst den Fluss der Passagierprozesse sowie alle anderen Ressourcen zur Passagierabfertigung.

Der Zeitbereich, der durch den PaxMan betrachtet wird, reicht von der prätaktischen Vorausplanung über die Ausführung der Flugtrajektorie bis hin zur Postanalyse des Fluges. Um die spezifischen Anforderungen, die sich aus der groben Vorausplanung über die Detailplanung bis hin zur Durchführung der Terminalprozesse ergeben, erfüllen zu können, stellt der PaxMan Informationen in zwei Zeitbereichen zur Verfügung:

1. aggregierte vorausberechnete Passagierflüsse,
2. Auslastung der Terminalressourcen in einer Detailansicht mit Bezug zu den aktuellen Betriebsabläufen.

Abbildung 13 zeigt die Architektur des PaxMan mit seinen Modulen, die landseitige Simulation sowie die entsprechende Anbindung der beiden Komponentengruppen an die Luftseite. Im Nachfolgenden werden die einzelnen Module des PaxMan (linke Seite der Abbildung, im orangenen Bereich) näher vorgestellt. Die Komponenten der Simulationsumgebung werden im Kapitel II.2.2.3 näher betrachtet.

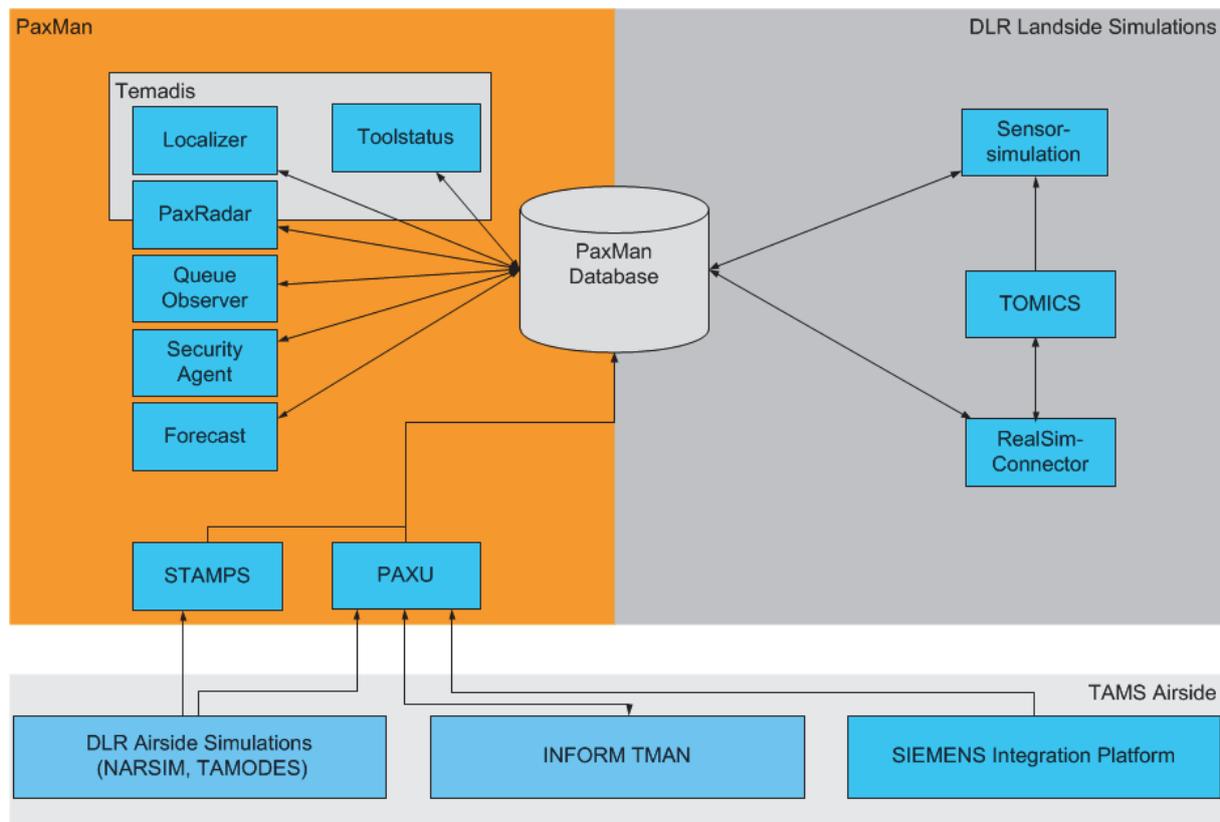


Abbildung 13: PaxMan Module und Untermodule

II.2.1.3.1 Temadis

Das Terminal Management Display (Temadis) ist eine webbasierte Anwendung, die verschiedene Informationen des PaxMan Systems miteinander integriert. Mit Temadis kann die Steuerung von landseitigen Prozessstellen sowie von PaxMan Subsystemen übernommen werden. Es stellt damit einen wichtigen Teil der Mensch-Maschine-Schnittstelle dar. In Abhängigkeit von spezifischen Anforderungen von Benutzern oder Benutzergruppen können unterschiedliche Ansichten und Zugriffsberechtigungen vergeben werden.

Die Hauptelemente des Temadis sind die Module „Localizer“ und „Tools Status“. Mit Hilfe des „Localizer“ ist es möglich, einen schnellen Überblick über verschiedene Prozessstellen der Landseite anhand einer Flughafenkarte zu bekommen (siehe Abbildung 14). Mit einem Klick auf eine bestimmte angezeigte Ressource können detaillierte Informationen abgerufen werden, z.B. werden die Ressourcennutzung, Warteschlangenlängen, Umschlagleistung oder die geplante personelle Besetzung angezeigt. Auch Veränderungen in der geplanten Ressourcenverteilung können hier eingegeben werden.

Eine integrierte Suchfunktion sorgt für schnellen Zugriff auf detaillierte Informationen, z.B. für einen bestimmten Flug und alle damit verbundenen Ressourcen.

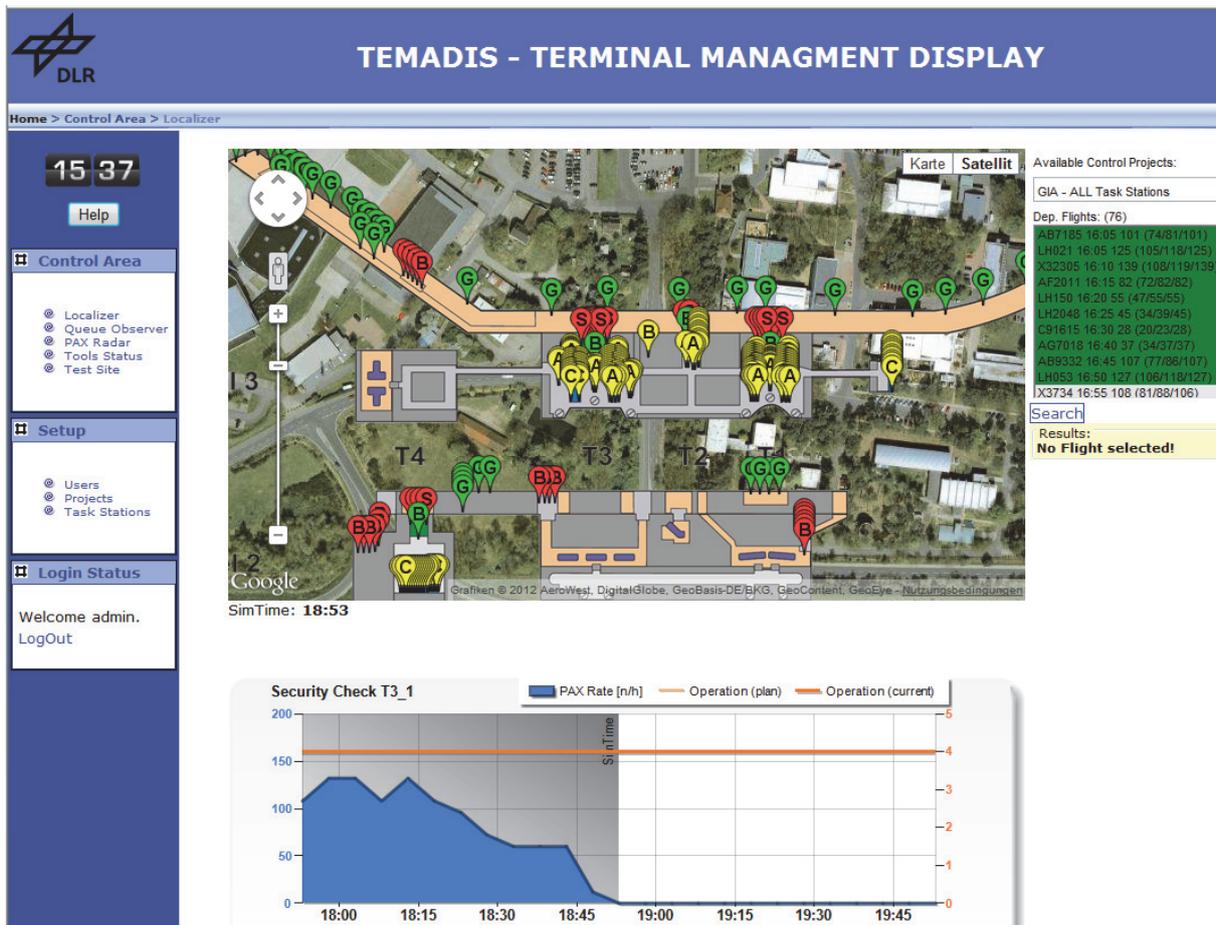
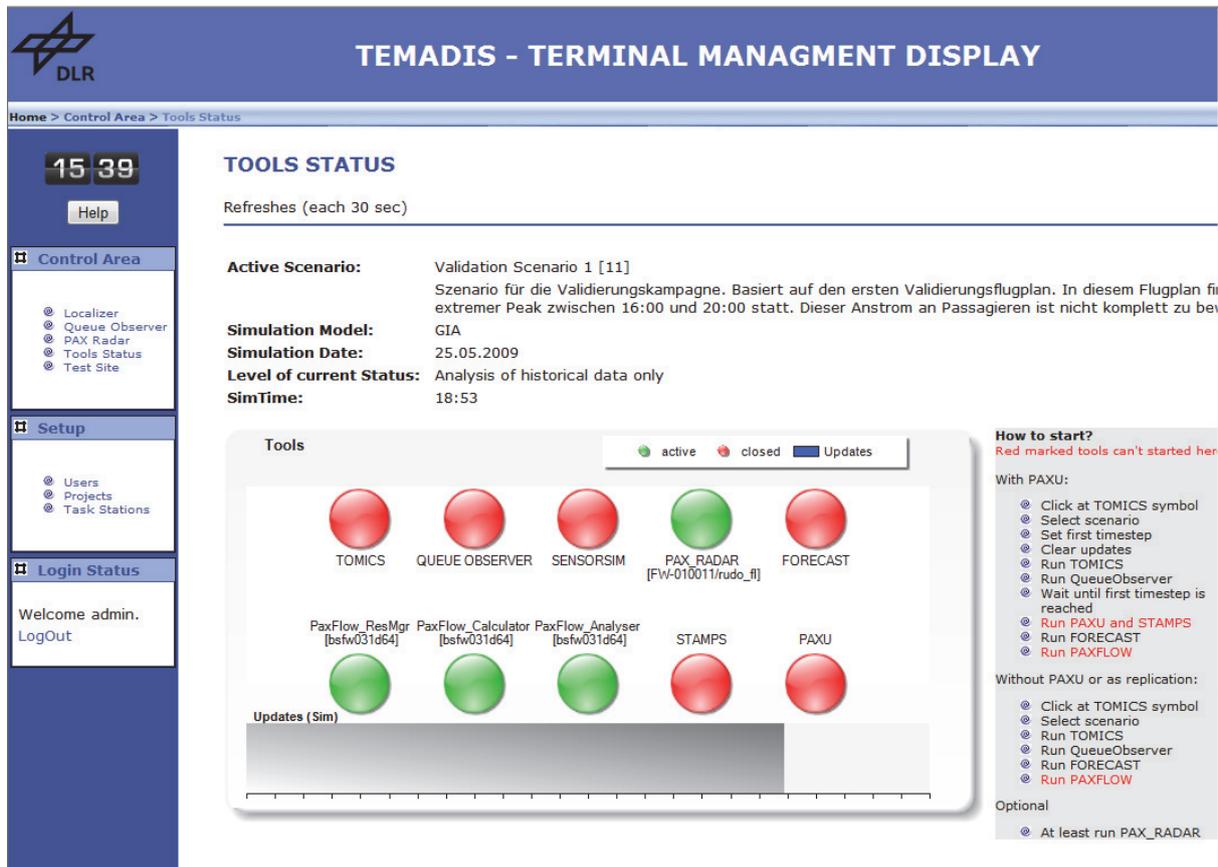


Abbildung 14: Temadis Benutzeroberfläche (Localizer)

Das Modul „Tools Status“ zeigt den aktuellen Zustand aller PaxMan Subsysteme und des aktiven Szenarios, mit Zusatzinformationen, an. Einige PaxMan-Module können direkt von hier gestartet werden. Der zeitliche Verlauf von Simulationsupdates wird ebenfalls dargestellt (siehe Abbildung 15).



TEMADIS - TERMINAL MANAGEMENT DISPLAY

Home > Control Area > Tools Status

15 39
Help

TOOLS STATUS
Refreshes (each 30 sec)

Active Scenario: Validation Scenario 1 [11]
Szenario für die Validierungskampagne. Basiert auf den ersten Validierungsflugplan. In diesem Flugplan für extremer Peak zwischen 16:00 und 20:00 statt. Dieser Anstrom an Passagieren ist nicht komplett zu be...

Simulation Model: GIA
Simulation Date: 25.05.2009
Level of current Status: Analysis of historical data only
SimTime: 18:53

Tools
active closed Updates

TOMICS QUEUE OBSERVER SENSORSIM PAX_RADAR [FW-010011/rudo_01] FORECAST

PaxFlow_ResMgr [bsfw031d64] PaxFlow_Calculator [bsfw031d64] PaxFlow_Analyser [bsfw031d64] STAMPS PAXU

Updates (Sim)

How to start?
Red marked tools can't started here

With PAXU:

- Click at TOMICS symbol
- Select scenario
- Set first timestep
- Clear updates
- Run TOMICS
- Run QueueObserver
- Wait until first timestep is reached
- Run PAXU and STAMPS
- Run FORECAST
- Run PAXFLOW

Without PAXU or as replication:

- Click at TOMICS symbol
- Select scenario
- Run TOMICS
- Run QueueObserver
- Run FORECAST
- Run PAXFLOW

Optional

- At least run PAX_RADAR

Abbildung 15: Temadis - Tool Status

Mittels des Menüs „Control Area“ ist die Visualisierung von zwei weiteren PaxMan Subsystemen möglich - dem Pax-Radar (siehe Kapitel II.2.1.3.2) und dem Queue Observer (siehe Kapitel II.2.1.3.3).

II.2.1.3.2 Pax-Radar

Das Pax-Radar wurde entwickelt, um dem Anwender einen schnellen Überblick über die aktuelle landseitige Situation am Flughafen zu ermöglichen. Es visualisiert eine große Anzahl an flugrelevanten Informationen in einer kompakten Sicht. Das Pax-Radar stellt dabei den aktuellen landseitigen Status der abfliegenden Flüge der nächsten 10 Stunden am Flughafen dar. Jeder der Kreise repräsentiert einen Flug. Die Größe der Kreisfläche gibt die Anzahl der gebuchten Passagiere wieder. Die Position der Kreisflächen ergibt

sich je nach Einstellung seitens des Anwenders aus der Gate-Position, der Airline, des Flugzeugtyps oder des Zielflughafens und der Zeit bis zur Off-Block-Zeit des Fluges.

Der Radius des PaxRadar-Kreises basiert auf einer logarithmischen Skala, welche die Zeit repräsentiert. Der Mittelpunkt ist der momentane Zeitpunkt und der äußerste Rand markiert die 24 Stunden Grenze. Die einzelnen Kreisinge markieren bestimmte Zeiten bis zur Gegenwart (5min, 15min, 1h, 3h, 10h) und die Zeitintervalle werden zur Gegenwart hin immer feiner aufgelöst. Mit dem Verstreichen der Zeit bewegen sich die Kreise also immer mehr zum Mittelpunkt und der Betrachter bekommt einen Überblick über die zeitkritischen Flüge.

Die inneren Füllstände geben die Anzahl der Passagiere an den jeweiligen Prozessstellen (Check-In, Security, Boarding) zu diesem Flug an. Die Anzahl der Passagiere, die am Check-In erfasst wurden, füllen den Kreis in blau. Alle Passagiere, die bereits die Sicherheitsschleusen durchquert haben, füllen den Kreis in orange und alle Passagiere, die das Flugzeug betreten haben, füllen den Kreis in grün. Die Füllstände der vorhergelagerten Prozessstellen werden dabei überschrieben. Sind alle Passagiere eines Fluges an Bord des Flugzeugs, wird dieser Kreis komplett in grün dargestellt. Gibt es jedoch noch rote, blaue beziehungsweise orange Flächen fehlen noch Passagiere.

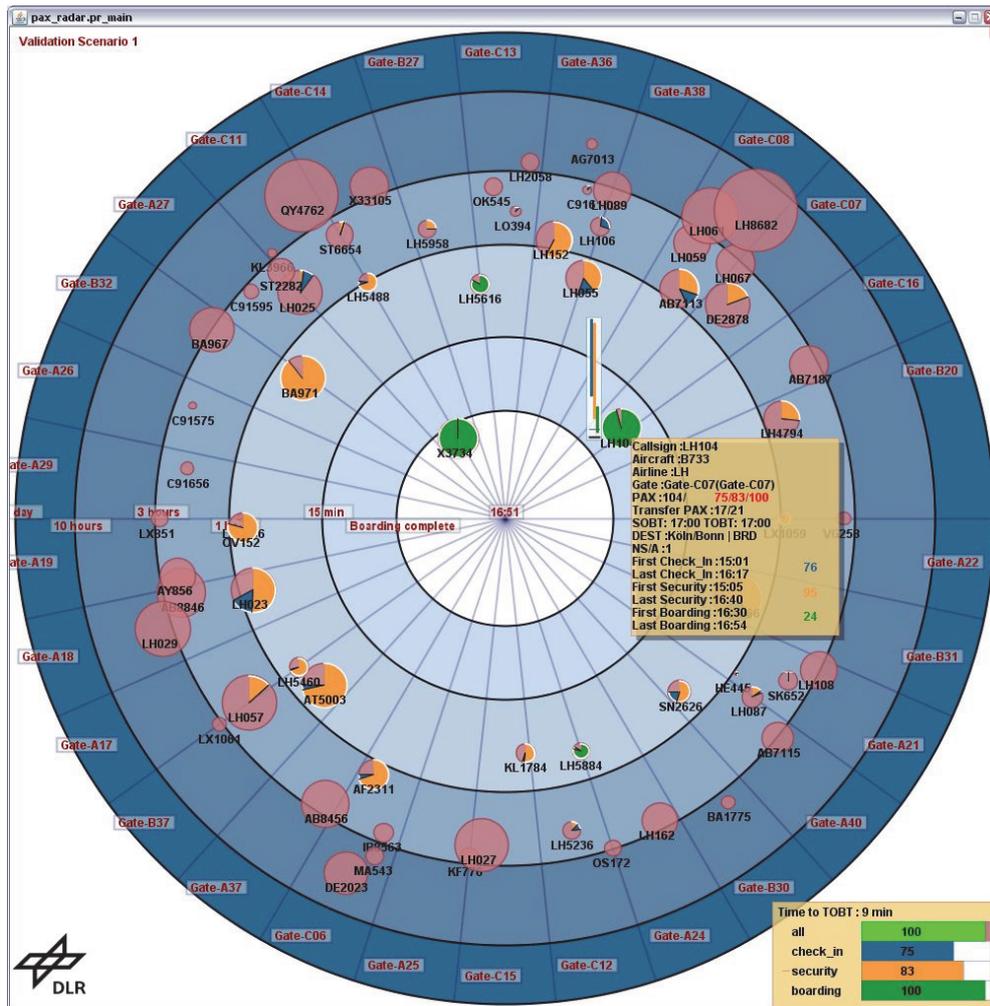


Abbildung 16: Pax-Radar

Gibt es zu einem Flug ein Update (z.B. einen Gate-Change oder ein TOBT-Update) wird der Flug an die entsprechende Stelle verschoben und markiert. Zusätzlich bleibt die alte Position über einen kleinen schwarzen Punkt und über eine Verbindung zur neuen Position erkennbar.



Abbildung 17: Flugplan Update

Bewegt man die Maus über eine der Kreisflächen, öffnet sich ein gelber Kasten, in welchem weitere Informationen zu diesem Flug dargestellt werden. So bekommt man zum Beispiel Informationen über den Flugzeugtyp, den Zielflughafen oder über die

Anzahl der gebuchten Passagiere. Weiterhin werden unten rechts Fortschrittsbalken zu den unterschiedlichen Prozessstellen gezeigt. Unten links werden, wenn vorhanden, dann Fortschrittsbalken zu den Transferpassagieren, unterteilt nach den Zubringerflügen, angezeigt.

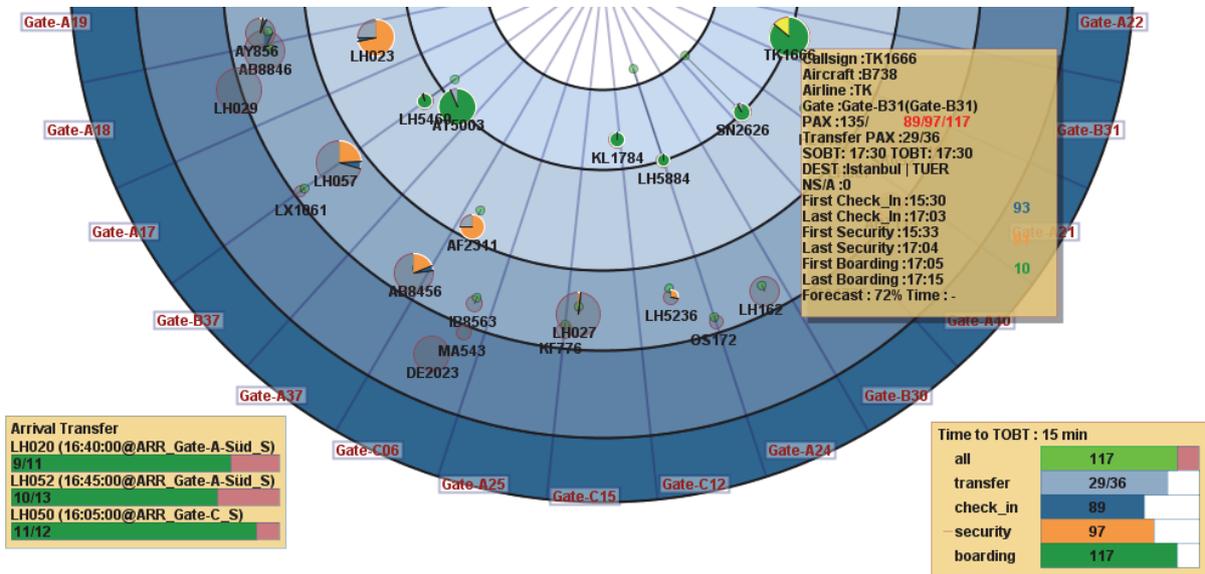


Abbildung 18: Hervorhebung eines Fluges

In Kombination mit der „Forecast“ (siehe Kapitel II.2.1.3.7) kann zu jedem Flug die entsprechende Prognose in Form der EPGT dargestellt werden. Dargestellt wird die EPGT zu einem Flug über eine kleine grüne Kreisfläche in der Radar-Ansicht. Die EPGT zeigt an, wann der letzte Passagier voraussichtlich am Gate sein wird. Diese Kreisfläche befindet sich auf dem Strahl der aus dem Mittelpunkt des Radars und des Fluges konstruiert wird. Die grüne Kreisfläche kann sich in Bezug auf den Mittelpunkt entweder vor oder hinter dem Flug befinden. Liegt die Kreisfläche vor dem Flug, so lautet die Prognose, dass alle Passagiere auf Basis der SOBT aus dem Flugplan mindestens rechtzeitig am Gate sein werden. Liegt die Kreisfläche hinter dem Flug, besteht die Gefahr, dass nicht alle Passagiere rechtzeitig am Gate sein werden und der Boarding Prozess unter Umständen verlängert werden könnte, was wiederum zu einer Abflugverspätung führen könnte.

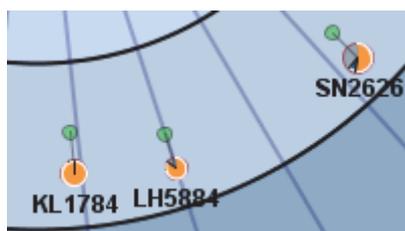


Abbildung 19: Darstellung der EPGT

Das Pax-Radar benötigt zur korrekten Funktion eine Anbindung an die PaxMan-Datenbank. Soll außerdem noch die EPGT im Pax-Radar angezeigt werden, muss die „Forecast“ zusätzlich aktiv sein. Momentan werden nur Informationen zu den einzelnen Passagieren an den entsprechenden Prozessstellen erhoben, denkbar wäre eine Erweiterung auf das zugehörige Gepäck (welches in TAMS allerdings nicht weiter betrachtet wurde).

II.2.1.3.3 Queue Observer und PaxWall

Das Tool Queue Observer ermittelt die Länge von Warteschlangen an jeder geöffneten Prozessstelle. Als Eingabedaten erhält der Algorithmus die aktuellen Koordinaten der Passagiere am Flughafen. Die Positionen der Passagiere würden an einem Flughafen beispielsweise mittels Kameras, die in den jeweiligen Räumen untergebracht sind, erfasst. Da es sich um Simulationsräume handelt, werden die bekannten und exakten Passagierpositionen mit Hilfe einer Sensor Simulation (siehe II.2.2.3) erfasst und verrauscht.

Mit Hilfe eines Greedy-Algorithmus werden die Eingabedaten aus der Sensor Simulation ausgewertet. In einem ersten Schritt werden alle gefundenen Personen genau einer Prozessstelle zugeordnet. Dabei ist der minimale euklidische Abstand (entsprechend der Simulation im zwei-dimensionalen Raum) zwischen Passagier und einer der Prozessstellen ausschlaggebend. Im zweiten Schritt wird anschließend die Länge der Warteschlange vor der jeweiligen Prozessstelle ermittelt. Dabei werden die Koordinaten einer Prozessstelle als Basis-Koordinaten genommen. Die Person mit dem geringsten Abstand zu diesem Basispunkt zählt genau dann zu der Warteschlange dieser Prozessstelle, falls der Abstand einen vorgegebenen Wert, die maximale Lücke, nicht überschreitet. Um weiter entfernte Personen zu prüfen wird der Basispunkt auf die Koordinaten der zuletzt gefundenen Person gelegt. Befinden sich keine Passagiere mehr innerhalb der maximalen Lücke, dann sind die Berechnungen für eine Prozessstelle abgeschlossen und die Warteschlange ermittelt.

Die ermittelten Warteschlangen können nun zur Bewertung der Servicequalität herangezogen werden. Ebenfalls können sie zur Entscheidungsunterstützung herangezogen werden, um zusätzliche Prozessstellen öffnen oder nicht mehr benötigte schließen zu können. Damit können Betriebskosten am Flughafen eingespart werden (siehe II.3).

Über die grafische Benutzerschnittstelle PaxWall wird den Entscheidungsträgern des Flughafens die derzeitige landseitige Situation visualisiert. Jeder Engpass wird dem Betrachter unvermittelt und deutlich aufgezeigt. Aber auch die Standardsituation bietet Möglichkeiten Details über den Flughafen abzurufen. Die web-basierte Visualisierung ermöglicht den Zugriff mit jedem Gerät (auch mobile Geräte), das einen Internetbrowser mit Standardfunktionalität unterstützt.

Die Hauptansicht ist eine auf Geodaten basierende Karte der Terminals am Flughafen. Jedes Terminal wird dabei in die wichtigsten Bereiche unterteilt: Check-In, Sicherheitskontrolle, Passkontrolle und Gate-Bereich. Warnmeldungen werden über

einen dicken roten Rahmen um einen Terminalbereich gekennzeichnet. Abbildung 20 zeigt einen Engpass (z.B. lange Warteschlangen) an der Sicherheitskontrolle von Terminal T1 auf. Die Hauptansicht eignet sich ideal für den Einsatz an einer Videowand, da sie einfach gehalten ist und eine Engpasssituation deutlich kennzeichnet.

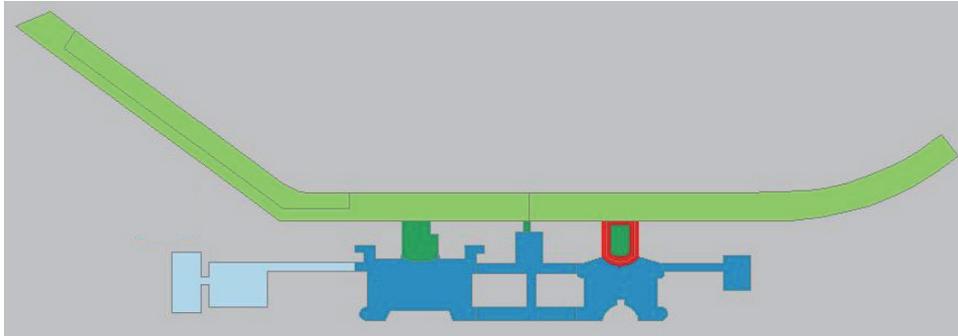


Abbildung 20: Hauptansicht der Visualisierung *PaxWall*

Für Geräte mit Interaktionsmöglichkeiten können weitere Details angezeigt werden (siehe Abbildung 21). Alle verfügbaren Prozessstellen werden als Piktogramme angezeigt. Diese unterscheiden sich in Check-In Schalter, Check-In Automat, Sperrgepäck, Sicherheitskontrolle, Passkontrolle und Gate. Zusätzlich zu dem Alarmmechanismus auf Terminalbereichsebene können Engpässe somit detailliert visualisiert werden:

-  Prozessstelle geschlossen,
-  Kurze Warteschlange,
-  Warteschlange im normalen Bereich,
-  Lange Warteschlange,
-  Sehr lange Warteschlange.

Viele Anwender kennen sich mit den Interaktionsmöglichkeiten von Geokartendiensten im Internet aus. Entsprechend leicht ist die Bedienung dieser Software. Ein Benutzer kann auf eine von der Softwarebibliothek OpenLayers standardisierte Zoom- und Schwenkfunktionalität zurückgreifen. Jede Prozessstelle kann angeklickt werden, um weitere Details in einer Statusleiste anzuzeigen.



Abbildung 21: Visualisierung *PaxWall* mit Interaktionsmöglichkeit

Neben den aktuellen Werten einer Prozessstation können Historiencharts angezeigt werden (siehe Abbildung 22). Die linke Graphik zeigt die Länge der Warteschlange der letzten vier Stunden. Rechts sind die Schalteröffnungszeiten abgebildet. Dabei liegt auf der x-Achse die Zeit, auf der y-Achse die Anzahl des Personals, das zum jeweiligen Zeitpunkt eingesetzt wurde. Die unterschiedlichen Farben geben bei diesem Beispiel die Öffnungszeiten des Gates für den jeweiligen Abflug an.

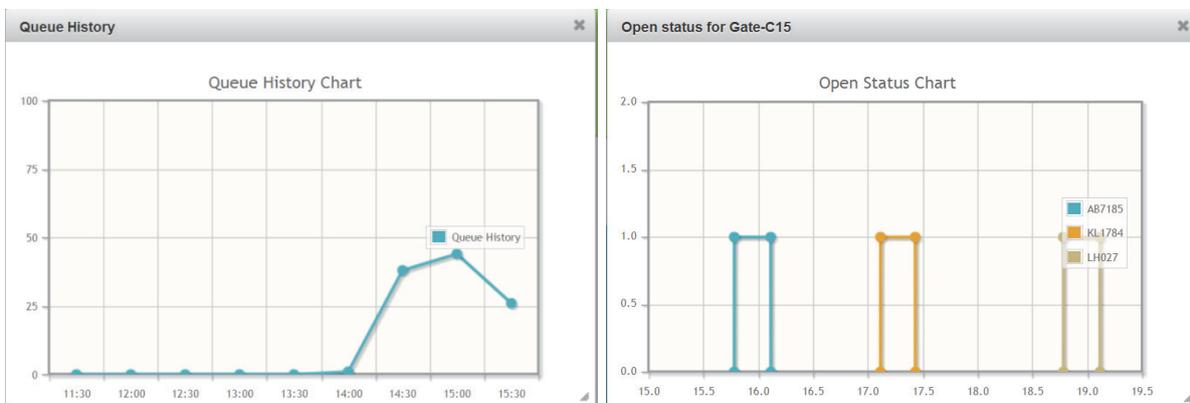


Abbildung 22: Links: Historie einer Warteschlange. Rechts: Öffnungszeiten eines Gates für verschiedene Abflüge.

Ein Benutzer hat mit PaxWall eine Visualisierung, welche die Informationsflut aufbereitet, aggregiert und Engpässe gut ersichtlich anzeigt.

II.2.1.3.4 Security Agent

Der Security Agent ist ein einfaches Entscheidermodul, welches in der Lage ist Sicherheitskontrollen bei Engpässen zu öffnen oder bei Überkapazität zu schließen. Dieses Tool ist somit in der Lage das Verhältnis von Betriebskosten zu Durchsatz zu verbessern (siehe II.3).

Die Entscheidungsfindung basiert auf den Warteschlangenberechnungen des Tools Queue Observer (siehe II.2.1.3.3). Zur Vereinfachung wird angenommen, dass immer genügend Personal vorhanden ist, um zusätzliche Linien zu öffnen. Dieses Modul muss die folgenden Bedingungen für eine realitätsnahe Entscheidung berücksichtigen:

- Häufiges Öffnen und Schließen einer Sicherheitskontrolle darf nicht erfolgen. Dafür werden zwei Schwellenwerte eingeführt. Falls die durchschnittliche Zahl von wartenden Personen den Öffnen-Schwellenwert überschreitet, werden zusätzliche Schalter geöffnet. Fällt die Personenzahl unter den Schließen-Schwellenwert, so werden Kontrollen geschlossen.
- Eine kürzlich geöffnete Sicherheitskontrolle soll nicht kurz darauf wieder geschlossen werden. Eine minimale Öffnungszeit in Minuten reduziert einen teuren Kurzeinsatz des Sicherheitspersonals.
- Das Sicherheitspersonal benötigt eine gewisse Zeit, um eine Kontrolle zu besetzen und zu öffnen. Eine vorgegebene minimale Zeitspanne zwischen der Entscheidung eine Kontrolle zu öffnen oder zu schließen und dem tatsächlichen Prozessstart berücksichtigt diese Tatsache.
- Öffnungs- und Schließzeiten einer Sicherheitskontrolle müssen in einem 15-Minuten Raster liegen. Dieses Raster berücksichtigt die Arbeitszeiten des Sicherheitspersonals.

II.2.1.3.5 Stamps

Eine der funktionalen Anforderungen an das TAMS-System bestand darin, dass alle taktischen Simulationstools (sowohl luftseitig als auch landseitig) während einer Gesamtflughafensimulation synchron zueinander auf der Zeitskala fortschreiten. Für eine solche Synchronisation waren zunächst die Definition und die Realisierung eines für alle taktischen Simulationstools gemeinsamen Simulationszeitgebers erforderlich. Die Simulationstools selbst mussten mit einem Simulationszeitempfänger ausgestattet bzw. integriert werden. Da die verschiedenen Simulationstools in einem Netzwerk verteilt sind und auf unterschiedlichen Plattformen laufen, wurde darauf geachtet, dass die Verteilung der Simulationszeiten durch den Zeitgeber so erfolgt, dass sie unabhängig von der Plattform, der Programmierschnittstelle und der Netzwerkadresse des jeweiligen Zeitempfängers ist. Eine dafür geeignete Netzwerknachrichtentechnik stellt beispielsweise die sogenannte Broadcasting-Technik dar. Sie hat darüber hinaus den Vorteil, dass der Nachrichtensender keine Sorge dafür tragen muss, welche und wie viele Empfänger im Netz auf seine Nachrichten warten. Jedes Gerät (Client), das im Netz

des Nachrichtensenders registriert ist, kann die Nachricht empfangen und muss selber für den Empfang sorgen.

STAMPS (Stream based TAMS-Paxman Synchronizer) stellt den Simulationszeitempfänger für den PaxMan dar. Da die Simulationszeit als eine XML-verpackte Nachricht versendet und empfangen wird, muss sie vom Empfänger zunächst extrahiert und ausgewertet werden. Aus diesem Grund wurde die Funktionalität von STAMPS so erweitert, dass die Simulationszeiten erst empfangen, danach ins UTC-Format konvertiert und schließlich auf die PaxMan-Datenbank gespeichert werden. Eine im PaxMan-System laufende Passagiersimulation, die synchron mit den Simulationen der TAMS-Luftseite bleiben soll, überprüft in regelmäßigen Zeitintervallen, ob durch STAMPS neue Simulationszeiten auf der Datenbank vorliegen. Je nachdem ob dies der Fall ist oder nicht, fährt sie fort bzw. hält sie an. Eine weitere Anforderung an das TAMS-System und damit an die Simulationstools und deren Simulationszeitempfänger betraf die Simulationsgeschwindigkeit und damit den Sendetakt der Simulationszeit. Neben einer einfachen Geschwindigkeit (Sendetakt 1 sec) sollten Simulationen mit einer 5-fachen Geschwindigkeit (Sendetakt 1/5 sec) möglich sein. Zur Umsetzung dieser Anforderung im STAMPS war softwaretechnisch eine Entkopplung zwischen dem Prozess des Empfangens und dem Prozess der Verarbeitung der Simulationszeiten erforderlich. In der Programmiersprache JAVA, in der STAMPS implementiert wurde, erfolgte diese Entkopplung mittels der Thread-Technik, die die Parallelisierung (Entkopplung) von Prozessen ermöglicht.

Zur Steuerung und Überwachung der Prozesse und Abläufe wurde STAMPS mit einer graphischen Benutzeroberfläche ausgestattet. Die folgende Abbildung 23 zeigt ein Screenshot der Hauptbedienoberfläche.

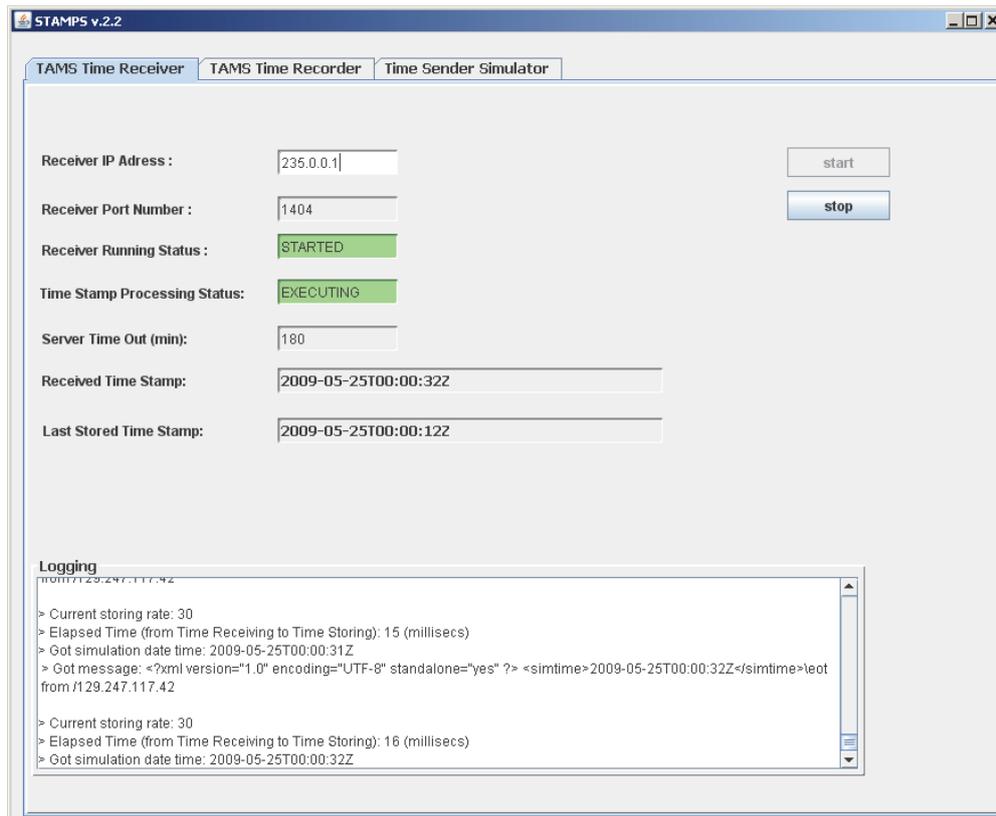


Abbildung 23: STAMPS Benutzerschnittstelle

II.2.1.3.6 PAXU

Das Tool PAXU („Passenger and Airport Data Exchange Unit“) stellt die zentrale landseitige Integrationsplattform dar. Es sorgt für den konsistenten und synchronen Datenaustausch zwischen Land- und Luftseite. Wie in Abbildung 13 zu sehen, kommuniziert das Tool dazu mit der luftseitigen Simulationsumgebung, dem TMAN und der zentralen SIAMOS Integrationsplattform.

Die SIAMOS-Plattform als zentrale Flughafendatenbank versorgt die PAXU beim Start mit ersten gültigen Tages-Flugplänen. Im laufenden Betrieb aktualisiert sich die PAXU mit Hilfe der SIAMOS-Plattform, um die für die Landseite relevanten Veränderungen, wie beispielsweise Aktualisierungen der Standplanung oder TOBT Änderungen, abzurufen. Basierend auf diesen Änderungen generiert die PAXU entsprechende Anweisungen für die einzelnen Module innerhalb der PaxMan-Suite sowie für die landseitige Simulationsumgebung. So sorgt die PAXU etwa bei Stand Updates dafür, dass eine passende Zuordnung zu einem Passagiergate im Terminal gefunden wird, welches auch den terminalseitigen Erfordernissen entspricht (z.B. Schengen/ Non-Schengen oder Passagiermenge). Mit Hilfe der PAXU ist somit das tatsächliche „Fluggeschehen“ (die luftseitigen Prozesse) von GIA vollständig mit der Landseite integriert, d.h. kommt beispielsweise ein simulierter Flug später an, so sind auch die simulierten Passagiere auf diesem Flug erst entsprechend später im System vorhanden.

Als Ausgabe stellt die PAXU den Partnersystemen alle relevanten Prozessdaten (aktuelle Situation- sowie Prognosedaten, wie etwa die EPGT – „Estimated Passenger at Gate Time“) zur Verfügung. Zusätzlich sendet die PAXU diese Daten in regelmäßigen Abständen an den TMAN, wenn etwa landseitige Meilensteine, z.B. „alle Passagiere geboarded“, eingetreten sind.

II.2.1.3.7 Forecast

Um eine bessere Prädiktion und eine bestmögliche Planungsgenauigkeit zu gewährleisten, wurde die „Forecast“ innerhalb des PaxMan entwickelt, die zu jedem Flug die EPGT bestimmt. Die „Forecast“ zeigt an, ob alle gebuchten Passagiere für einen Flug rechtzeitig am Gate sein werden. Dabei werden aktuelle Informationen, wie die Warteschlangenlänge und die Anzahl der geöffneten Schalter an den Servicestationen, herangezogen.

Die „Forecast“ basiert dabei auf einer „System-Dynamics Simulation“ und läuft als Windows-Dienst auf dem PaxMan-Systemrechner im Hintergrund. Sie reagiert automatisch auf Flugplanupdates (zeitlich oder örtlich) oder auf landseitige Änderungen in der Prozesskette. Sobald ein solches Update oder eine Änderung im PaxMan hinterlegt wird, wird ein neuer Prognoselauf initiiert, um die Unterschiede und Konsequenzen aus den Updates zu bestimmen. Dabei wird immer der aktuelle Systemzustand genutzt.

System-Dynamics beschreibt eine Methode zur Untersuchung dynamischer Prozesse, entwickelt von Jay W. Forrester [34]. Dargestellt wird ein System-Dynamics-Modell als Flussdiagramm welches über Niveaus, Raten und Hilfsgrößen (Variablen und Konstanten) beschrieben wird, um komplexe Zusammenhänge darzustellen.

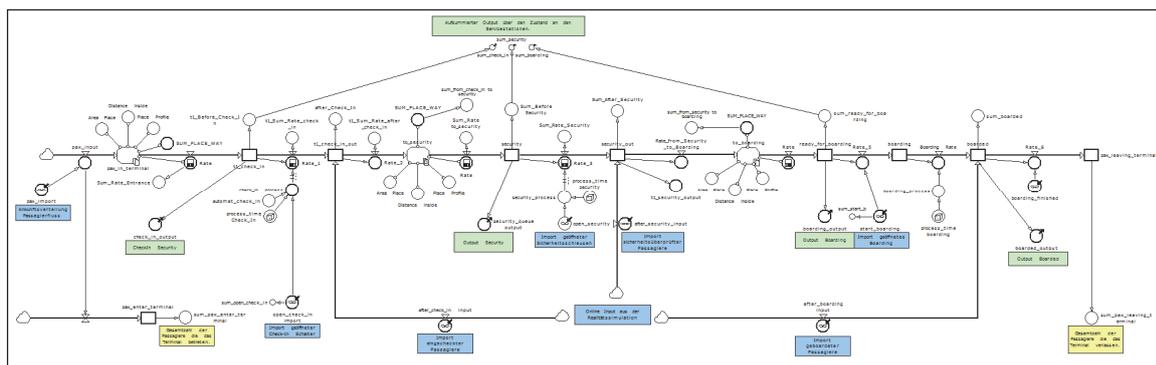


Abbildung 24: Strukturdiagramm des PaxMan Vorhersagemodells

Die über die „Forecast“ erzeugten Informationen werden innerhalb des PaxMan im PaxRadar angezeigt (siehe II.2.1.3.2) und vom Security Agent (siehe II.2.1.3.4) genutzt um eine aktuelle Ressourcenplanung zu berechnen.

Luftseitig erfolgt der Datenaustausch über jede neue TOBT, die von den luftseitigen Systemen geliefert wird. Auf Basis dieser TOBT wird mit der System-Dynamics Simulation eine zugehörige EPGT berechnet und an die luftseitigen Systeme als Bewertungskriterium zurück geliefert. Solange zu einem Flug noch keine TOBT vorhanden ist, dient die SOBT als Bewertungsgrundlage.

II.2.2 DLR Simulationsanlage ACCES

Die Integrations- und Testumgebung bestand im Wesentlichen aus zwei Komponenten, zum einen die für die Integration notwendige Hardware nebst Konfiguration und zum anderen die komplette Simulationsreihe der Flughafenprozesse zur Darstellung eines virtuellen Flughafens als Realitätsersatz.

Zu diesem Zweck wurde ein lokales Netzwerk eingerichtet, das vollständig vom DLR-Unternehmensnetzwerk getrennt und mit VPN-Zugriff für alle Partner ausgestattet wurde. Dies machte das Testen und die Integration sehr effizient, da die Partner von ihren eigenen Büros aus auf ihre Systeme zugreifen konnten, die sich physisch beim DLR in Braunschweig befanden. Integrationstests wurden, über Telekonferenzen begleitet durchgeführt. Nur die Meilensteintests T18 und T24 haben die Präsenz der Partner vor Ort in Braunschweig erfordert.

Das gesamte System wurde im Airport Control Center Simulator (ACCES/Flughafenleitstands-Simulator, siehe als Beispiel Abbildung 6) installiert, der eine Reihe von Operatorarbeitsplätzen und eine große Videowand bereitstellt, um ein gemeinsames Situationsbewusstsein für die anwesenden Operateure sicherzustellen. Für die TAMS-Demonstrationen zum T18- und T24-Meilenstein wurden die Operatorarbeitsplätze mit den Partnersystemen verbunden und eine ausgewählte Anzahl an Displays wurde über das Videowand-Managementsystem vom DLR und unter Berücksichtigung der während des Projekts entwickelten, im HMI-Konzept (Bestandteil des OCD [4]) dargelegten, Ideen mit der Videowand verbunden.

Die für die Unterbringung der Partnersysteme notwendige Umgebung wurde in den Kellerräumen unterhalb des ACCES Leitstands-simulators geschaffen. Dafür wurden industrieübliche 19" Systemschränke fest installiert (siehe Abbildung 25) und der Zugang zu den Systemen durch Unbefugte durch entsprechende Zugangskontrollmechanismen ausgeschlossen.



Abbildung 25: Rüstraum mit Serverschränken für Partnersysteme

Die andere Hauptkomponente der Test- und Integrationsumgebung ist eine Simulationsreihe, mit der sämtliche relevanten Prozesse am Flughafen simuliert werden können. Die Hauptprozesse bestehen aus dem Flugbetrieb (Ankunft, Rollwege und Abflug), dem Abfertigungsprozess und den Passagierbewegungen durch das Terminal. Für alle diese Prozesse wurden bereits bestehende Simulationskomponenten wiederverwendet, an die Projektanforderungen angepasst und, wo erforderlich, erweitert. Die Hauptaufgaben bestanden in der Verknüpfung dieser Komponenten zu einer konsistenten Flughafensimulationsreihe sowie in der Ermöglichung vollautomatischer Simulationsdurchläufe, wobei die Simulation den Vorgaben und Entscheidungen der taktischen Planungstools folgt. In der Regel werden diese Entscheidungen von menschlichen Operatoren getroffen, wie z. B. Fluglotsen und Pseudopiloten, die die Flüge steuern. Für die TAMS-Validierung war es jedoch erforderlich, diese menschlichen Operateure ebenfalls zu simulieren, um die Einflüsse der menschlichen Entscheidungsträger von der reinen Systemleistungsfähigkeit auszublenden. Das Ergebnis ist eine einzigartige Simulationsreihe, die den Luftverkehr gemäß den Planungsausgaben (Ankunft- und Abflugsequenzierung usw.) der taktischen Entscheidungssysteme regelt. In einer vollständigen TAM-Suite, in der die taktischen Tools zudem mit der prätaktischen Planung gekoppelt sind, wird das Ergebnis der prätaktischen Planung ebenfalls automatisch simuliert. Dieses konnte jedoch nicht während der Projektlaufzeit erreicht werden.

In den folgenden Abschnitten werden die drei Hauptkomponenten der Simulation erläutert.

II.2.2.1 Flugereignisse

Die Simulation von Flugzeugbewegungen (Ankunft, Rollverkehr, Abflug) wird von NARSIM, einem vom NLR² entwickelten kommerziellen Luft- und Bodenverkehrssimulator durchgeführt. Dieser Simulator wurde durch das DLR so angepasst, dass er einen vollautomatisch gesteuerten Verkehrsfluss erlaubt. Es war erforderlich, im NARSIM spezielle Verfahren, z. B. für das Abfliegen von Warteschleifen, für das Projekt TAMS zu entwickeln. Die größte Herausforderung bestand in der Automatisierung von Aufgaben, die normalerweise in der Realität oder in „Human-in-the-Loop“-Simulationsläufen von Fluglotsen und Piloten ausgeführt werden.

Für den Ankunftsprozess bedeutete dies, dass die Simulation die rechtzeitige Ankunft der ankommenden Flüge basierend auf den vom Arrival Manager (AMAN von Barco) angegebenen Landezeiten sicherstellen muss. Dies wurde mithilfe des ertüchtigten Forschungs-AMAN des DLRs erreicht. Normalerweise gibt der menschliche Fluglotse Anweisungen an das Flugzeug (den Piloten), um die gewünschte Abfolge und die gewünschten Landezeiten zu erzielen. Der DLR Forschungsprototyp wurde nun zur Simulation der Fluglotsen verwendet. Der AMAN des DLR enthält einen sehr präzisen 4D-Flugbahnprädiktor und kann außerdem Empfehlungen generieren, die Fluglotsen dabei helfen, eine höhere Landezeitpräzision zu erreichen. Während im realen Betrieb der DLR AMAN eigenständig durch die Korrelation der Radardaten mit dem Verkehrsgeschehen Abschätzungen für die Landezeitpunkte (ELDT - Estimated Landing Time) berechnet, wurde in TAMS der AMAN des DLR mit den ELDTs des AMAN von Barco gefüttert. Diese Vorgaben wurden nun im DLR AMAN ausgewertet und mithilfe des Empfehlungsgenerators in Steuerkommandos umformuliert, die dann im NARSIM umgesetzt werden konnten (siehe auch Abbildung 26). Dieser Ansatz resultierte in der Regel in realitätstypischen Landezeitfehlern von nur wenigen Sekunden.

Die Anweisungen des Barco AMAN zur Verzögerung von Flügen im Luftraum über Warteschleifen wurde dadurch abgebildet, dass der Barco AMAN Vorschläge generiert hat, die vom NARSIM dann umgesetzt wurden. Auch hier wäre der normale Vorgang der, dass diese Vorschläge an den Fluglotsen gemeldet würden und dieser dann die Umsetzung mit dem Piloten des Fluges über Sprechfunk koordiniert, bzw. diesen direkt anweist (über Richtungs- und Geschwindigkeitsanweisungen). Dieses wurde ebenfalls im NARSIM über ein Modul berücksichtigt.

² NLR: Nationales Luft- und Raumfahrtlabor der Niederlande

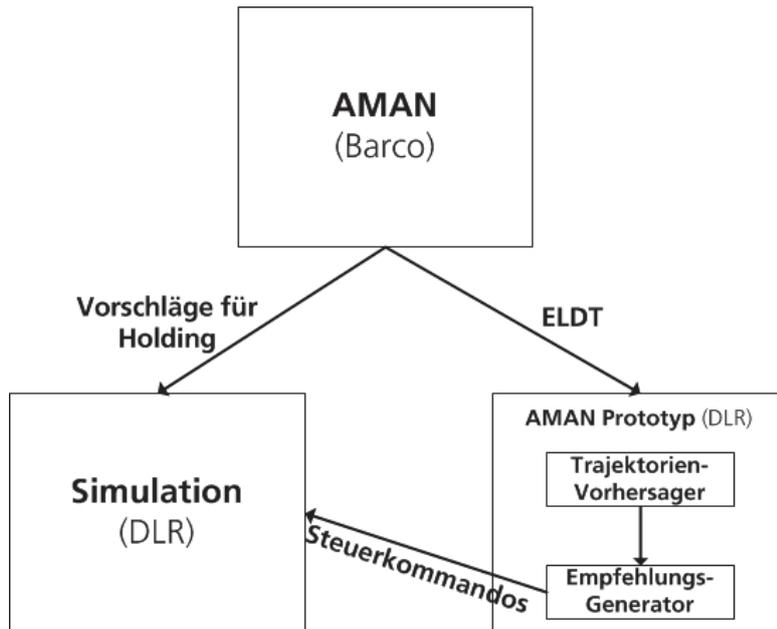


Abbildung 26: Ablauf und Steuerung der Flugsicherungssimulation für ankommende Flüge

Für die Rollverkehrs- und Abflugprozesse wurde eine automatische Fluglotsenfunktion als Ersatz für den nicht vorhandenen menschlichen Lotsen (z.B. ARPON und Departure Clearance) von ATRiCS im Surface Manager (SMAN) implementiert. Das zu diesem Zweck entwickelte automatische Flugsicherungssteuerungsmodul berechnet Rollwege für die Flugzeuge und generiert dann Rollanweisungen, denen die Simulation anschließend folgen kann. Dadurch werden die Flugzeuge am Boden durch den NARSIM bewegt. Mögliche Konfliktsituationen werden durch ein Stoppsignal-System vermieden (Stopbars), das auch über SMAN-Befehle gesteuert werden kann. Dieses veranlasst simulierte Flugzeuge zum Anhalten oder zum Fortsetzen des Rollens.

Gesamtheitlich wird dadurch der komplette Bewegungsprozess der Flugzeuge in der Luft und am Boden gesteuert. Als Übersicht wird dieses in Abbildung 27 und Abbildung 28 verdeutlicht.

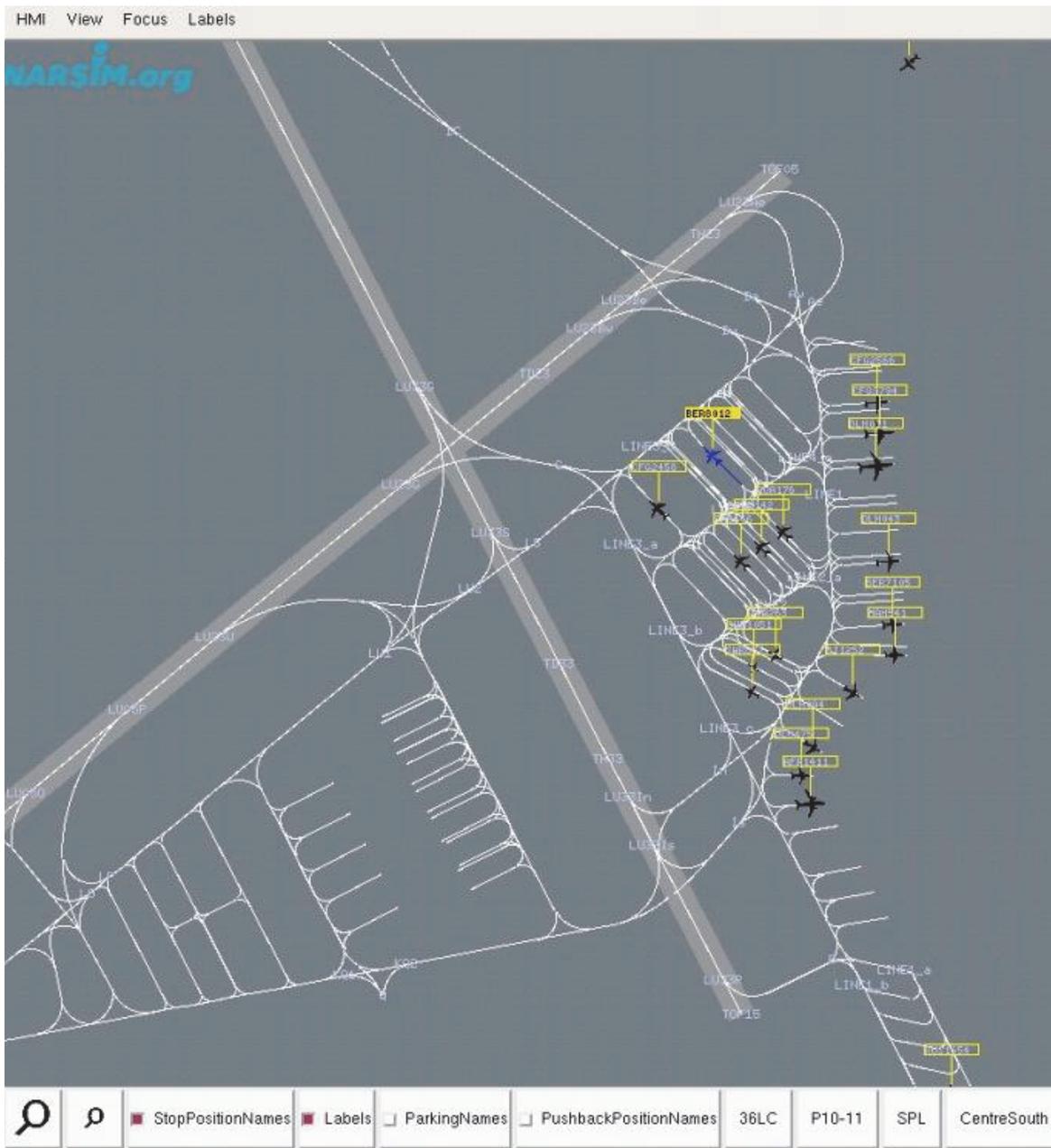


Abbildung 28: NARSIM Bodenverkehrslagedarstellung

II.2.2.2 Turnaround

Der Abfertigungsprozess wird von TAMODES simuliert, einem vom DLR in vorherigen internen Projekten begonnenen und in TAMS weiter ertüchtigten Simulationsmodul. TAMODES wurde in Matlab/Sim-Event programmiert und modelliert den gesamten Abfertigungsprozess von Flügen in Form einer ereignisgesteuerten Simulation (siehe Abbildung 29 für die Darstellung eines Ausschnitts aus dem Gesamtmodell).

Das dem TAMS-Projekt zugrunde liegende Modell wurde sorgfältig mit dem im Turnaround Manager (TMAN) verwendeten Modell des Partners INFORM harmonisiert. Für TAMS war es allerdings erforderlich, spezielle Schnittstellen zu entwickeln, um die direkte Kommunikation von TAMODES mit dem TMAN zu ermöglichen, obwohl TAMODES nahtlos in die Simulationsumgebung integriert wurde. Diese Kopplung war jedoch notwendig, da dadurch der TMAN den Simulationsablauf des Abfertigungsprozesses im TAMODES direkt beeinflussen kann (zum Beispiel das Einleiten einer Schnellabfertigung für spezifische Flüge). Dieses entspricht auch der Realität am Flughafen, wo die mit einem TMAN getroffenen Entscheidungen direkte Auswirkungen auf die Prozessverläufe und Abarbeitung der Turnaround-Prozesse haben.

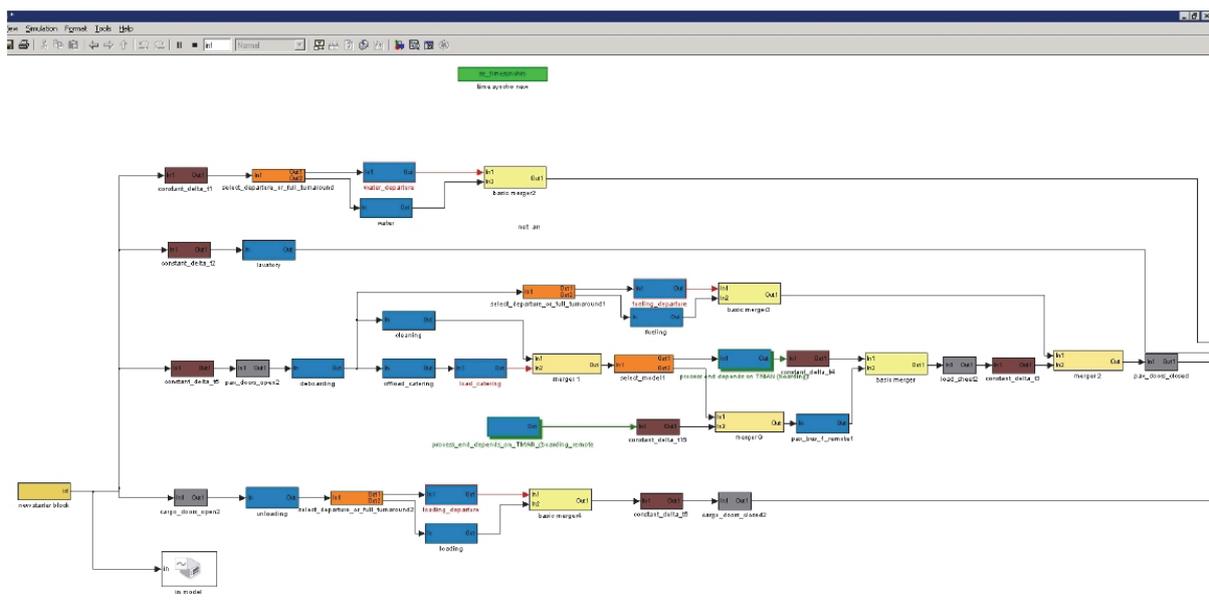


Abbildung 29: Modellausschnitt TAMODES

In den in TAMS durchgeführten Experimenten wird TAMODES in zwei Betriebsmodi verwendet. Ein Modus ist die Echtzeitsimulation, welche alle Schritte des Abfertigungsprozesses während ihres Auftretens in Realzeit simuliert. Bei der Simulation werden aktuelle Prozessstart- und -endzeiten an den TMAN gesendet, der den Verlauf und den Ablauf der Abfertigungsprozesse verfolgt und beim Auftreten von Abweichungen zur vorhandenen Planung, in der Regel in Form von Verspätungen, den Operateuren Warnungen anzeigt. Der Abfertigungsprozess für einen bestimmten Flug wird gestartet, wenn TAMODES das tatsächliche In-Block-Ereignis von der zentralen Flughafendatenbank (Siemens) empfängt. Wie auch im Zusammenspiel zwischen Barco

AMAN und der Simulation, wird der TMAN nicht durch einen Operateur bedient. Um nun auf die in der TAMODES-Simulation erzeugten bzw. simulierten Ereignisse (Verspätungen) reagieren zu können, war es notwendig, einen Schnittstellenprozess zwischen TMAN und TAMODES (und auch PaxMan) zu entwickeln, der einen Bediener simuliert. Normalerweise würde der TMAN z.B. durch Beauftragte der Fluggesellschaften bedient. In TAMS wurde durch Inform ein „automatischer Fluggesellschafts-Bediener“ entwickelt, der nach wohldefinierten Regeln auf die Ereignismeldungen des TAMODES reagiert und mit dem TMAN notwendige Plananpassungen einleitet.

Der zweite Einsatzmodus des TAMODES ist der Prognosemodus. In diesem berechnet TAMODES die geschätzte Prozessstart- und -endzeit über mehrere Stunden im Voraus. Bei diesen Prädiktionen werden die mit dem TMAN verbundenen Ressourcen-Managementssysteme der Bodenabfertigungsdienstleister simuliert. Dadurch ist es möglich, dem TMAN eine qualitativ hochwertige Prognose des Verlaufes der Abfertigungsprozesse zu liefern, die auch die in der Realität vorhandene begrenzte Ressourcenverfügbarkeit berücksichtigt.

Der TAMODES fokussiert in seiner Modellierung auf sämtliche Bereiche des Turnarounds, jedoch nicht auf die eigentlichen Passagierprozesse. Dieser zentrale Aspekt der Abfertigung wird nachfolgend beschrieben. Die einzige Ausnahme bildet der Boardingprozess der Passagiere, TAMODES führt hier ebenfalls eine Prädiktion und Realzeit-Abbildung durch und stellt diese Informationen dem TMAN zur Verfügung.

II.2.2.3 Passagierprozesse

Die landseitige DLR Test- und Simulationsumgebung beinhaltet eine umfassende und detaillierte Simulation aller relevanten landseitigen Prozesse mit Fokus auf dem Passagier und bildet dabei alle relevanten Passagierprozesse des Projektpartners Flughafen Stuttgart ab. Dies schließt auch das Ankomstmuster der Passagierströme und die Unterscheidung des Transportmodus bei der Ankunft am Flughafen ein. Daher gibt es eine Schnittstelle, über die sich unterschiedliche Bedingungen des Bodenzugangs (z. B. verspätete Zugverbindung oder Autobahnstau) direkt auf die simulierten Flughafenterminalprozesse auswirken können.

Um das Passagierverhalten auf dem Flughafen (landseitig) zu modellieren, wurde die TOMICS-Simulationssoftware verwendet. Diese Software wurde speziell durch das DLR in vorherigen internen Projekten entwickelt, um individuelle Passagierbewegungen in Transportknoten in einer sogenannten mikroskopischen Simulation zu modellieren. Zahlreiche Verbesserungen waren erforderlich, um die in TAMS vorhandenen Anforderungen des neu konzipierten und entwickelten PaxMan-Systems zu erfüllen. Diese Simulation wird im „Hintergrund“ ausgeführt und kommuniziert ausschließlich mit den neu erstellten Modulen des PaxMan (so wie dieses in der Realität auch vorstellbar ist). Dadurch wird auch ein einfacher Migrationspfad von der experimentellen Umgebung in die Realität sichergestellt.

Der im Simulator abgebildete Umfang der landseitigen Prozesse ist in Abbildung 30 dargestellt. Da in TAMS der Bereich der Gepäck- und Frachtabfertigung nicht näher betrachtet wurde, wurden diese Aspekte ebenfalls nicht abgebildet.

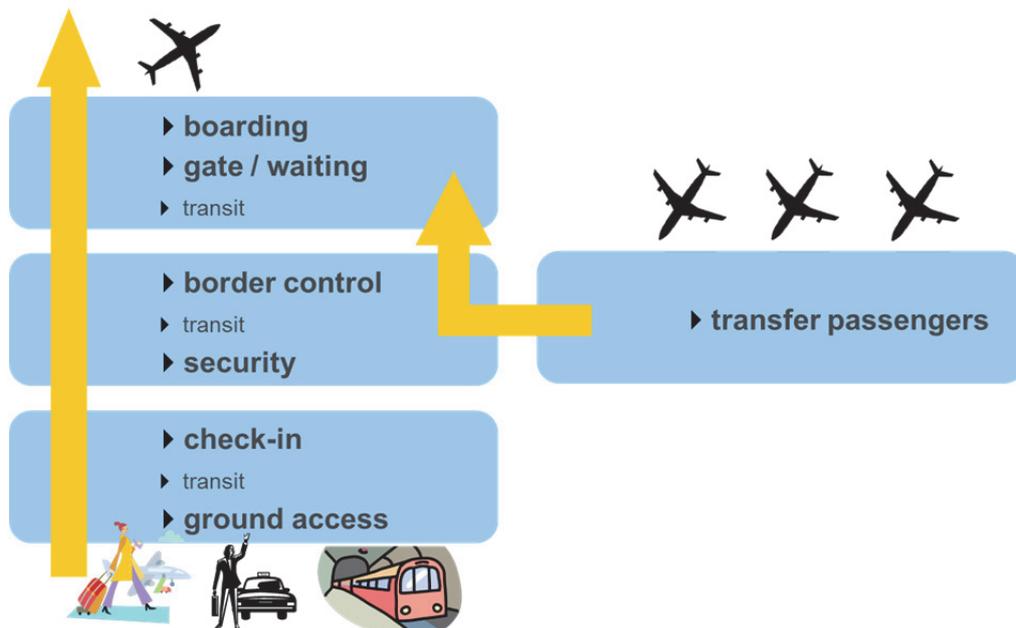


Abbildung 30: Umfang der landseitigen Prozesse

Für TAMS wurde ein spezifisches Modell anhand einer elementaren Struktur von Komponenten des Hamburger und Stuttgarter Flughafens aufgebaut. Alle Passagierbewegungen werden durch eine permanente Zeitschritt-bezogene Berechnung von Richtung und Geschwindigkeit sowie die Einschätzung möglicher Konflikte in einem definierten Raum simuliert. Abbildung 31 zeigt die TOMICS-Simulationssoftware mit dem spezifischen TAMS Modell.

Sämtliche Passagiere (ankommende, abfliegende und Transferpassagiere) werden vom TOMICS-Simulator simuliert. Durch den TAMODES wird jedoch auch eine Prädiktion der Boardingprozesses durchgeführt, da dieses ebenfalls ein zentraler Bestandteil des eigentlichen Turnarounds ist und das Simulationssystem auch ohne landseitige Simulationen lauffähig sein muss. Durch das Vorhandensein der landseitigen Simulationskomponenten ist es sinnvoll, dass die Kommunikation zwischen dem luftseitig ausgelegten Simulator TAMODES (II.2.2.2) und der Passagiersimulation TOMICS über den TMAN umgeleitet wird, da der TMAN die Informationen benötigt und selbstständig entscheiden kann, welche Datenquelle er für die Prädiktion des Boardingprozesses verwendet. So kann der Operateur des TMAN beispielsweise den Boarding Prozess beenden, wenn die Passagiere zu spät ankommen (wie dieses in der Realität auch durchgeführt wird). Wenn das Flugzeug zum Einsteigen der Passagiere bereit ist, sendet TAMODES ein Boarding-Startereignis an den TMAN. Dieses Ereignis wird auch an die Passagiersimulation weitergeleitet, und die Passagiere begeben sich vom Gate Bereich in das Flugzeug. Die Passagiersimulation informiert den TMAN kontinuierlich über die Anzahl der an Bord gegangenen und fehlenden Passagiere.

Nachdem alle Passagiere an Bord gegangen sind, sendet der TMAN ein Boarding-abgeschlossen-Ereignis an TAMODES, das den Abfertigungsprozess anschließend abschließt und ein Flugzeug-bereit-Ereignis an den TMAN zurückgibt.

Diese Implementierung ermöglicht einen vollautomatischen Ablauf (dieser ist für die Validierungsexperimente erforderlich), so wird das Boarding beendet, wenn Passagiere zu spät kommen. Es wurden eine Reihe von Regeln und Kriterien definiert, um den Zeitpunkt des Beendens des Boardings festzulegen – eine einfache Version zur Simulation der Aktivitäten des Agenten einer Fluggesellschaft (siehe auch II.2.2.2).

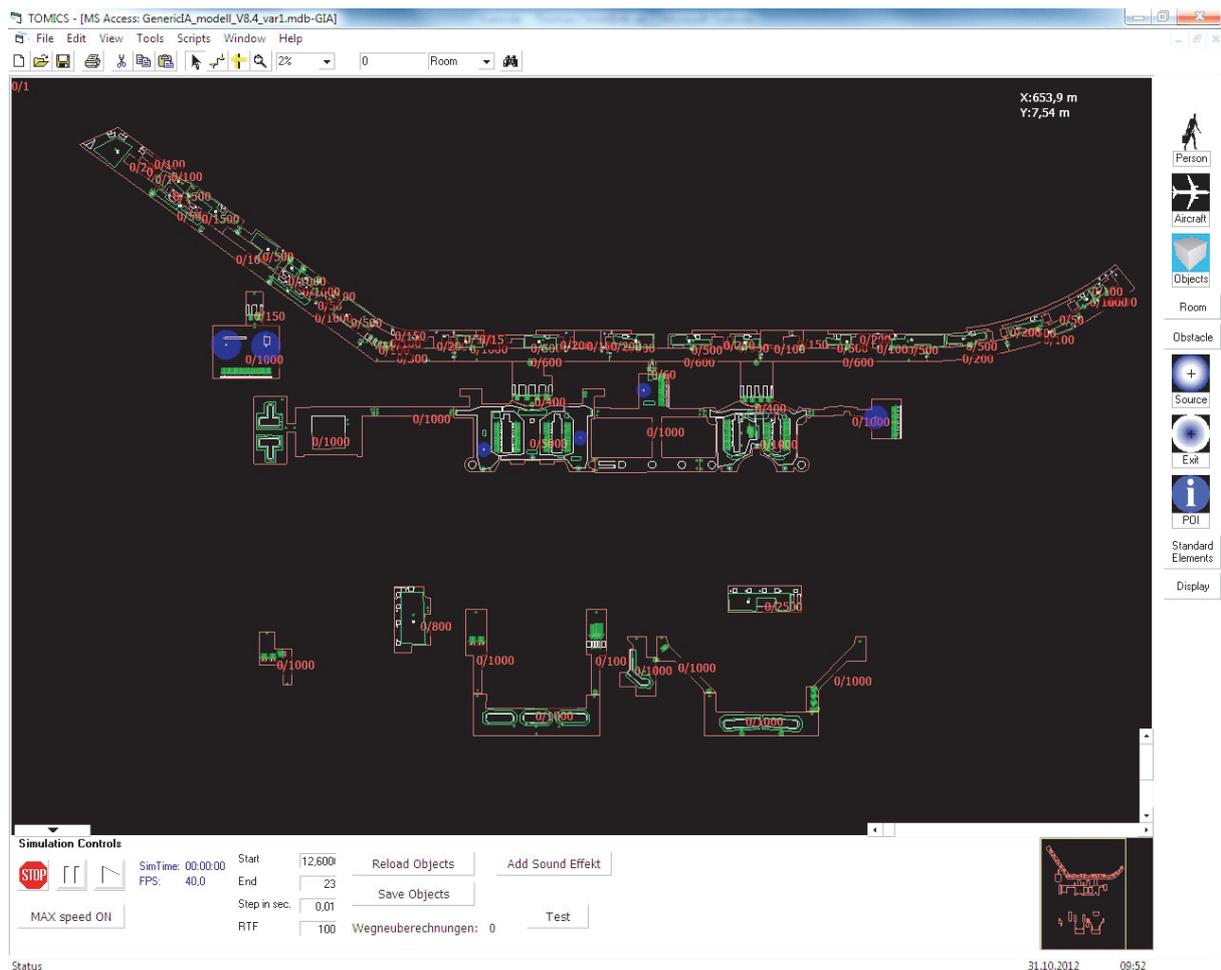


Abbildung 31: TOMICS Modell des GIA Flughafens

Um Informationen über den Verkehrsfluss von Passagieren zu erhalten und die ungenauen Informationen heutiger Sensoren in der realen Umgebung zu emulieren wurde ein separates Modul SensorSim zur Simulation moderner Sensoren für TOMICS konzipiert, entwickelt und in der Simulation eingesetzt. Damit ist es beispielsweise auch möglich, neuartige und bisher nur in der Theorie vorhandene Sensorsysteme experimentell zu untersuchen und Rückschlüsse auf Ihre Güte hinsichtlich der Genauigkeit von Passagierflusserfassungen zu ziehen.

Zur Sicherstellung der Kommunikation von Planungsinformationen aufgrund von luftseitigen Ereignissen, beispielsweise Gate-Änderungen, zur Initialisierung der Passagiersimulation und zur Synchronisation der luft- und landseitigen Simulation wurde das Modul „RealSim Connector“ entwickelt. Diese Anwendung überwacht Ereignisse in der PaxMan-Datenbank und übersetzt diese in geeignete Anweisungen für jeden durch TOMICS simulierten Passagier. Wenn ein Passagier während der Simulation einen Prozessschritt durchläuft, wie z. B. das Passieren eines Check-in-Schalters, das Durchschreiten einer Sicherheitsschleuse oder das Passieren eines Terminalgates, meldet dieses Modul diese Ereignisse an die PaxMan-Datenbank.

Die Hauptverbindungen zu den luftseitigen Prozessen werden mit dem SGMAN, bei dem die Gate Zuordnung mit dem Passagierfluss synchronisiert werden muss, und mit dem TMAN hergestellt, bei dem die TOBT auch entsprechend dem Passagierstatus angepasst wird.

II.2.3 Mobiler Demonstrator

Das DLR hat sich daran beteiligt, eine mobile Variante der synthetischen Flughafen-Umgebung zu schaffen. Die stationären Simulatoren des DLRs wurden dazu auf transportable Computersysteme installiert und geeignet konfiguriert. Besonders angepasste Demonstrationsszenarien wurden erzeugt und gemeinsam mit den Projektpartnern abgestimmt. Die ebenfalls auf transportable Rechnersysteme installierten Planungs- und Assistenzsysteme der Industriepartner ergeben mit den mobilen Simulatoren den sogenannten „mobilen Demonstrator“, der bereits auf der „Passenger Terminal Expo 2012“ und der „TAMS Abschlussveranstaltung“ eingesetzt wurde.

Mit dem mobilen Demonstrator ist es möglich, die Leistungsfähigkeit und das Systemverhalten der gekoppelten Planungs- und Entscheidungsunterstützungssysteme zu unterschiedlichen Anlässen zu präsentieren und dadurch unterstützt an beliebigen Orten über die Ergebnisse des Projektes TAMS zu berichten.

II.3 Validierung der TAMS Gesamtlösung

Die Ermittlung des verkehrlichen Mehrwerts der TAMS Gesamtlösung war eines der gesteckten Projektziele. Die Vorgehensweise zur Ermittlung wird durch das Validierungskonzeptdokument ([7], siehe auch II.1.6) definiert.

Das TAMS-Projekt hat eine Reihe von Validierungszielen und Hypothesen nach der Europäischen E-OCVM (European Operational Concept Validation Methodology, [29]) definiert. Im Verlauf des Projekts wurden die Ziele gemäß dem Fortschritt und der Ausrichtung des Projekts erneut aufgegriffen, verfeinert und angepasst.

Der Schwerpunkt der Validierungskampagne wurde auf die Bewertung der Vorteile der kombinierten luft- und landseitigen Unterstützung und der Managementanwendungen gelegt, die innerhalb des Projekts entwickelt wurden. Um die Einflüsse der menschlichen Entscheidungsträger von dem Systempotential abgrenzen zu können, wurde zur Ermittlung des Potentials ein szenariobasiertes, automatisch ablaufendes Verfahren konzipiert und entwickelt (siehe auch II.2.2).

Das Systemverhalten zwischen allen kombinierten Anwendungen wurde mit einer Basiskonfiguration verglichen, um über die Ermittlung der Abweichungen das Potential abzuschätzen. In Echtzeitsimulationen, die in der DLR ACCES APOC-Simulationsumgebung ohne Menschen durchgeführt wurden, wurde der menschliche Einfluss durch die Einführung automatisierter Entscheidungsfindungsprozesse eliminiert. Es wurden mehrere Szenarien, die luft- und landseitige Engpasssituationen beinhalten (z. B. Passagier Sicherheitsüberprüfung, Ankunft- und Abfluglastspitzen, die die verfügbare Kapazität überschreiten) verwendet. Die Szenarien basierten auf realen Tagesabläufen am Flughafen Hamburg (luftseitig), sowie komplementär abgeleiteter Prozessabläufe für die Landseite am Beispiel Stuttgart.

Die Untersuchung hatte einen hohen Komplexitätsgrad. Es war erforderlich, die Untersuchungsergebnisse möglichst detailliert und neutral zu berichten, damit auch durch Dritte die Validität der Ergebnisse überprüft werden kann. Dazu wurde ein Validierungsbericht [8] verfasst. Dieser wird durch einen gesamtheitlichen Bericht [25] komplettiert, welcher die Inhalte des Validierungskonzepts, die Dokumentation der Versuchsabläufe sowie die Inhalte des Validierungsergebnisberichts zusammenfasst und somit eigenständig lesbar ist.

Es wurden zwei Versuchskampagnen durchgeführt. Die erste Kampagne im Februar 2012 musste abgebrochen werden, ohne dass diese gewonnen Daten in die Validierungsauswertung einbezogen werden konnten. In dieser Versuchskampagne traten im Zusammenspiel zwischen den Lösungen und bei einzelnen Anwendungen Fehler auf, die während der intensiven Verifikationstestläufe der Software-Lösungen nicht wahrgenommen werden konnten. Um die Validierungsuntersuchung erfolgreich abschließen zu können, war es notwendig, diese Fehler zu beheben.

Nach dem Abschluss und dem erneuten Test der Komponenten wurde im April 2012 eine erneute Kampagne durchgeführt und Anfang Mai erfolgreich abgeschlossen. Die gewonnen Daten dieser Kampagne wurden dann zur Ermittlung des verkehrlichen

Mehrwerts genutzt. Diese wurden dann inferenzstatistisch analysiert und die Ergebnisse im Validierungsbericht niedergelegt.

II.3.1.1 Validierungshypothesen

Das Validierungskonzept [7] definiert einen Satz von Validierungshypothesen. Diese sagen aus:

H0: Das Basissystem und das TAMS System verhalten sich identisch und es gibt keinen Unterschied in der Gesamtleistungsfähigkeit.

H1: Ein positiver Effekt des Systemverhaltens mit der TAMS Systemkonfiguration gegenüber dem Basissystem existiert.

Der Validierungsbericht [8] beschreibt in Kapitel 4 umfassend die für jeden Leistungsparameter ermittelte Abweichung zwischen den beiden Konfigurationen. Kapitel 5.1 fasst alle betrachteten Metriken tabellarisch (Tabelle 5-1) zusammen und setzt diese in Bezug zu den Validierungshypothesen und der Effekt-Erwartungshaltung. Diese Tabelle ist nachfolgend (übersetzt aus dem englischen) aufgeführt. Dabei wird aufgeführt, ob der Einfluss der Systemkonfiguration (TAMS gegenüber der Basislösung) einen Effekt mit statistischer Signifikanz verursacht hat und eine Ableitung, ob Hypothese H0 oder H1 erfüllt wurde. Zusätzlich wird beschrieben, ob der Effekt erwartet wurde, sowie eine durch die TAMS Projektexterten getroffene Einschätzung, ob der beobachtete Effekt positiv, negativ oder neutral ist. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die nachfolgende aggregierte Darstellung für sich alleine genommen mögliche Fehlinterpretationen zulässt, wenn die in [8] Kapitel 4 angegebenen Details nicht berücksichtigt werden.

Die Erwartung eines Effektes und die Effektstärke (von '0' für keinen Effekt, '+' für einen positiven Effekt, '++' für einen stark positiven Effekt) wurden unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, der vorhandenen Einschränkungen und der verfügbaren Kontrollprozeduren abgeleitet. Wenn die Analyse eines Leistungsindikators ein statistisch nicht-signifikantes Ergebnis lieferte, wurde die Effektstärke mit 0 (neutral) definiert, und die Werte in grauer Farbe in der Tabelle aufgeführt. Auf eine Übersetzung der Leistungsindikatoren (KPI) wird verzichtet.

Systemzustand „A“ bezeichnet die Basiskonfiguration, wie diese funktional auf nicht-A-CDM-Flughäfen heutzutage etabliert ist. Systemzustand „D“ bezeichnet die Systemkonfiguration der verzahnten luft- und landseitigen Planungssysteme.

Tabelle 2: Vergleich der Leistungsindikatoren mit den Validierungshypothesen (übersetzt aus [8], Tabelle 5-1)

No	Leistungsindikator (Kapitelnum. in [8])	„A“ Basis Konfiguration	„D“ TAMS Konfiguration	System Effekt stat. signifikant	H0 oder H1 erfüllt	Effekt erwartet (Ja/Nein)	Effekt
1	Handled Traffic Arrival (4.1.1)	244 flights	244 flights	Nein	H0	Nein	0
2	Handled Traffic Departures (4.1.1)	239 flights	249 flights				
3	Slot compliance (4.1.2)	95%	95%	Nein	H0	Nein	0
4	Arrival Punctuality 15 minutes (4.1.3.1)	100%	100%	Nein	H0	Nein	0
5	Arrival Punctuality 3 minutes (4.1.3.2)	22,1%	22,7%	Nein	H0	Nein	0
6	Arrival Delay (4.1.4)	~330s	~329	Nein	H0	Nein	0
7	Departure Punctuality 15 minutes (4.1.5.1)	75,0%	86,8%	Ja	H1	Ja	++
8	Departure Punctuality 3 minutes (4.1.5.2)	32,9%	31,6%	Nein	H0	Nein	0
9	Departure Delay (4.1.6)	~537s	~418s	Ja	H1	Ja	++
10	Early Arrivals (4.1.7)	0	0	Nein	H0	Nein	0
11	Early Departures (4.1.8)	0	0	Nein	H0	Nein	0
12	Arrival Taxi Time (4.1.9)	~267s	~266s	Nein	H0	Nein	0
13	Departure Taxi Time (4.1.10)	~92s	~95s	Nein	H0	Nein	0
14	Engine Running Time (4.1.11)	~264s	~232s	Ja	H1	Ja	++
15	Waiting Time at Runway (4.1.12)	~172s	~136s	Ja	H1	Ja	++
16	TMA Time (4.1.13)	~2150	~2151	Nein	H0	Nein	0
17	Readiness Punctuality (4.1.14)	~208s	~96s	Ja	H1	Ja	++
18	Ready Waiting Time (4.1.15)	~102s	~153s	Ja	H1	Ja	+
19	Off-Block Waiting Time (4.1.16)	~349s	~296s	Ja	H1	Ja	+
20	Handled Pax (4.2.1)	38.009	39.360	n/a		Ja	+
21	Passenger Missing Rate (4.2.2)	9,26%	2,68%	Ja	H1	Ja	++
22	Boarding Punctuality (4.2.3)	~10,3 min	~9,11 min	Nein	H0	Ja	0
23	Transfer Connectivity (4.2.4)	97,65%	98,56%	Nein	H0	Nein	0
24	Passenger Waiting Time (4.2.5)	~13,65 min	~13,50 min	Nein	H0	Nein	0
25	Resource Costs (4.2.6)	22.812 min	22.865 min	n/a		Nein	+

II.3.1.2 Operationelle Auswirkungen

Zusammenfassend wird festgehalten:

- Es wurden 6,6% weniger Passagiere zurückgelassen und somit mehr Passagiere befördert, während abfliegende Flugzeuge weniger Verspätungen erfahren haben (-22,2% Verspätungen und +11,84% Pünktlichkeit).
- Diese positiven Merkmale konnten erzielt werden, während gleichbleibende Kosten für die landseitige Ressourcennutzung ermittelt wurden und zudem sogar die Kosten für Fluggesellschaften, durch eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs über eine um 12,12% reduzierte Triebwerkslaufzeit, gesenkt werden konnten.

Mit diesen Versuchsergebnissen wurde bewiesen, dass das TAMS System einen positiven Einfluss und somit einen operationellen verkehrlichen Mehrwert ermöglicht.

In welchem Maß die Ergebnisse auch auf andere Flughäfen übertragbar sind, war kein Bestandteil der Forschungsarbeiten innerhalb dieses Projektes.

Nachfolgend wird im Einzelnen auf die Leistungskenngrößen und die in Tabelle 2 beschriebenen Angaben eingegangen.

Eine Verbesserung der KPIs 1 (Handled Traffic Arrivals), 4 und 5 (Arrival Punctuality 15 minutes und 3 minutes) und 6 (Arrival Delay) mit dem TAMS System wurde nicht erwartet. Dies lag daran, dass der anfliegende Verkehr nicht im Fokus der Experimente stand und die AMAN-DMAN Kopplung (Barco) ein starres Master-Slave-Verfahren verfolgte und somit die Abflugplanung in den Experimenten nicht dynamisch berücksichtigte. Da dieses Verhalten aber in beiden Systemkonfigurationen identisch war, konnten keine über zufällige Effekte hinaus wahrnehmbaren Änderungen festgestellt werden. Ein anderes Kopplungsverhalten könnte dieses jedoch aufzeigen, ist allerdings nicht im Projekt TAMS vorgesehen gewesen.

Obwohl Tabelle 2 eine Erhöhung von 10 Flügen für KPI 2 (Handled Traffic Departures) aufweist, muss dieses in Relation zu der Gesamtanzahl der Flüge aller Szenarien gesetzt werden. Wenngleich es höchst wünschenswert wäre, war dieser Effekt statistisch nicht signifikant. Das festgestellte Ergebnis entspricht somit der Erwartungshaltung.

KPI 3 (Slot compliance) verhält sich ebenfalls erwartungskonform. Ungefähr 30% aller Flüge haben eine Slotzuweisung erhalten, dieses stellt ein realistisches Verhältnis dar. Aufgrund der ohnehin schon sehr hohen Slot-Einhaltungsrate von ca. 95% in der Basiskonfiguration konnte ein weiterer Zuwachs nicht festgestellt werden. Allerdings konnte auch kein nachteiliger Effekt durch die Einbeziehung der nun vorhandenen landseitigen Planung festgestellt werden.

Es wurde erwartet, dass TAMS einen Einfluss auf die Abflüge ausüben würde. KPI 7 (Departure Punctuality 15 minutes) verhielt sich erwartungskonform und es konnte statistisch nachgewiesen werden, dass TAMS die Pünktlichkeit in den Versuchen um 11,84% erhöht und die Anzahl der um mehr als 15 Minuten verspäteten Abflüge um 47% reduziert hat. Es wird angenommen, dass die Pünktlichkeitserhöhung durch den signifikant erhöhten Austausch von Planungsinformationen und der Passagierführung auf der Landseite hervorgerufen wird. Durch die verbesserten Planungsinformationen könnte auch das Situationsbewusstsein von menschlichen Operateuren verbessert

werden, wenn diese das System nutzen, und somit ein weiterer Beitrag zur Effizienzsteigerung geleistet werden. Es war nicht zu erwarten, dass KPI 8 (Departure Punctuality 3 minutes) eine positive Änderung innerhalb der Versuche erfahren wird. Eine Verbesserung würde die Notwendigkeit einer hochpräzisen Planung innerhalb von 5 Minuten mit einer möglicherweise hohen Frequenz von Planungsaktualisierungen erfordern. Die durchaus mögliche Kommunikations-Latenzzeit zwischen allen Komponenten über die zentrale Datenbank von maximal einer Minute hat diese Effizienz in den Versuchen verhindert. KPI 9 (Departure Delay) hat jedoch die positiven Erwartungen bestätigt. Es wurde statistisch nachgewiesen, dass mit TAMS die Abflugverzögerung um 22,2% reduziert wurde.

Änderungen in den KPIs 10 (Early Arrivals) und 11 (Early Departures) wurden nicht im Rahmen der Versuche erwartet. Die Modellierung des anfliegenden Verkehrs hat keine externen Faktoren wie Flughafenverspätungen oder Anweisungen für direkte Routenwahl auf den Anflugrouten berücksichtigt. Der Verkehr wurde derart geplant, dass der Verkehr pünktlich landen konnte (wie auch aus KPI 4 Arrival Punctuality mit 100% hervorgeht), wie dieses auch durch die Betrachtung von KPI 16 (TMA Time) unterstützt wird. Frühe Abflüge konnten aufgrund der Versuchsgestaltung mit automatisierten Entscheidungsträgern und den dort hinterlegten Algorithmen nicht erfolgen.

Änderungen in den Rollzeiten auf den Taxiwegen (KPIs 12 Arrival Taxi Time und KPI 13 Departure Taxi Time) wurden ebenfalls nicht erwartet. Die ankommenden Flüge mussten eine längere Distanz vom Landepunkt bis zum Gate zurücklegen, als dieses die Abflüge mussten, daher sind die Rollzeiten bei den ankommenden Flügen auch höher. Aufgrund der effizienten Planung des SMAN hat das konfliktfreie Steuern und die relativ kurze Rollzeit der Abflüge (ca. 90 Sekunden) kein zusätzliches Potential für weitere Optimierung geboten.

Höchst gewünschte und erwartete Effekte für die KPIs 14 (Engine Running Time), 15 (Waiting Time at Runway), 17 (Readiness Punctuality), 18 (Ready Waiting Time) und 19 (Off-Block Waiting Time) konnten experimentell ermittelt werden. Der Effekt, dass sich Abflugverzögerungen, nachdem ein Flug bereits bereit zum Verlassen der Parkposition ist, nicht mehr am Startbahnkopf sondern auf der Parkposition ergeben, wurde durch die Einführung der A-CDM Abflugplanungsfunktionalität erwartet. Als ein Ergebnis der sogenannten Pre-Departure Planning Funktion (PDS) des DMAN, konnte in den durchgeführten Versuchen die Triebwerkslaufzeit reduziert werden, da das Warten auf die Startfreigabe an der Parkposition in der Regel ohne laufende Triebwerke erfolgt. Gesamtheitlich konnte die Triebwerkslaufzeit um 12,12% (32 Sekunden) reduziert werden. Dieses entspricht fasst der Zeit (36 Sekunden), um die auch KPI 15 Waiting Time at Runway reduziert werden konnte (um 21%). Dieser Leistungsindikator ist in KPI 14 (Engine Running Time) bereits enthalten. Diese Reduktion wird ebenfalls durch die Vergrößerung von KPI 18 Ready Waiting Time unterstützt, welche die Zeit spezifiziert, die ein Flug an der Parkposition wartet, nachdem dieser fertig zum Start ist. Dieses ist ebenfalls ein statistischer Beleg dafür, dass die Wartezeit, unabhängig davon, dass diese weiterhin ungewollt ist oder nicht, zugunsten einer ökologisch und ökonomisch besseren umgeformt wurde. Dieser Effekt ist besonders positiv für Fluggesellschaften, da dadurch unmittelbare Treibstoffeinsparungen und somit eine Kostenersparnis ermöglicht

werden. Andererseits könnte dieses jedoch den Flughafen vor Kapazitätsengpässe an den Parkpositionen stellen, in Abhängigkeit vom geplanten oder erwarteten Flugaufkommen.

KPI 17 (Readiness Punctuality) zeigte einen signifikanten Zuwachs, mit einer 53,8% Reduktion der Zeit zwischen veröffentlichter Planzeit (SOBT) und der Zeit, zu welcher der Abflug tatsächlich fertig zum Verlassen der Parkposition war (ARDT). Dieser kann höchstwahrscheinlich der landseitigen Passagierprozesskontrolle und -steuerung zugeschrieben werden. Dadurch kamen Passagiere pünktlicher zur Boardingstelle und dadurch konnte der Boardingprozess besser seiner Planung folgen. Dieses ist ebenfalls ein statistischer Nachweis, dass TAMS ein besseres Prozessmanagement, näher an den geplanten Zeitpunkten, ermöglicht und dadurch pünktlichere Abflüge erzielbar sind.

KPI 19 (Off-Block Waiting Time) ergibt sich aus den KPIs 17 und 18. Die beobachtete Reduktion von KPI 19 ergibt sich primär durch die Reduktion von KPI 17, obwohl KPI 18 leicht zugenommen hat. Die Off-Block Waiting Time beinhaltet auch die 180 Sekunden Dauer für den Triebwerksanlauf, welcher in den Versuchen verwendet wurde. Gesamtheitlich ist die Verringerung für KPI 19 ein weiterer statistischer Beweis für die Verschiebung des Ortes, an welchem die Abflugverzögerung erfolgt (siehe oben). Obwohl Flüge dichter an ihrer veröffentlichten Planzeit (SOBT) fertig zum Abflug waren, wurde die eigentliche Startfreigabe künstlich (aufgrund der Verkehrslage) verzögert (eine durch die Systeme geplante Verspätung). Als Ergebnis wurden Abflüge nicht auf die Taxiwege gelassen, wohlwissentlich, dass diese dann in einer Startwarteschlange warten würden (Beweis durch die Reduktion von KPI 15 Waiting Time at Runway).

Die Anzahl der im Betrachtungszeitraum erfolgreich abgefertigten Passagiere (KPI 20 Handled Pax) wurde in Systemzustand „D“ erhöht. Dies wurde so erwartet, eine statistische Signifikanz konnte jedoch in den durchgeführten Läufen nicht nachgewiesen werden. Dieser Effekt kann in erster Linie den abfliegenden Passagieren zugeordnet werden, da in dem betrachteten Szenario keine ankommenden Flüge ausgefallen oder umgeleitet worden sind, so dass sich die Anzahl ankommender Passagiere in den betrachteten Flügen nicht geändert hat. Ein Einfluss der ankommenden Flüge auf die abfliegenden Flüge erfolgte also nur durch die Transferpassagiere.

In den durchgeführten Validierungsexperimenten wurde die Anzahl Passagiere, die ihren Flug verpasst haben, um 6,6% reduziert (KPI 21 Passenger Missing Rate). Dieses Verhalten war wünschenswert und auch erwartet. Hier zeigte sich deutlich das erhöhte Potential eines ganzheitlichen Flughafenmanagements mit koordinierter luft- und landseitiger Planung. In den Experimenten wurde ein automatisierter Airline-Agent verwendet (siehe auch II.2.2.2 und II.2.2.3), der für alle Flüge anhand eines Satzes wohldefinierter Regeln strikt entscheidet, ob der Boarding-Prozess beendet wird oder ob auf verspätete Passagiere weiterhin gewartet wird. Bei der Aufstellung dieser Regeln wurde auf eine Balance zwischen dem Bestreben verspätete Passagiere mitzunehmen und dem möglichst pünktlichem Abflug verfolgt. Für die durchgeführten Experimente wurden die Airline-Agenten aller Fluggesellschaften identisch parametrisiert. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Systemzuständen „A“ und „D“ sicherzustellen, wurden die identischen Regeln in den beiden Systemzuständen angewendet.

Dabei konnte in Systemzustand „D“ der Boarding Prozess im Durchschnitt um ca. eine Minute pünktlicher begonnen werden (KPI 22 Boarding Punctuality). Dies passt auch zu

der oben bereits beschriebenen Beobachtung, dass sich die Pünktlichkeit der Abflüge verbessert hat.

Die Anzahl der Transferpassagiere, die ihren weiterführenden Flug erreicht haben (KPI 23 Transfer Connectivity), wurde von dem bereits hohem Niveau in Systemzustand „D“ zusätzlich im Durchschnitt um 0,91% verbessert, jedoch war diese Erhöhung statistisch nicht signifikant. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der verwendete automatische Airline-Agent noch keine gesonderte Betrachtung der Transferpassagiere verwendet, die weiteres Verbesserungspotential erschließen würde.

Die Wartezeit der Passagiere vor den Prozesstationen (KPI 24 Passenger Waiting Time) und die Menge eingesetzter Ressourcen (KPI 25 Resource Costs) unterschieden sich in beiden Systemzuständen kaum. Dies ist insoweit bemerkenswert, da die Verbesserung der oben beschriebenen KPIs 20-23 ohne eine Erhöhung der eingesetzten Ressourcen erreicht wurde.

Mit den durchgeführten Validierungsversuchen konnte nachgewiesen werden, dass TAMS das Potential hat, um

- die Kapazität durch die Reduktion von Pufferzeiten und der durchschnittlichen Abflugverspätung zu steigern,
- die Effizienz durch das Erhöhen der Anzahl pünktlicher Flüge und die Reduktion der durchschnittlichen Triebwerkslaufzeit zu steigern,
- dadurch und durch die Reduktion von Emissionen aufgrund einer gesenkten Wartezeit in Warteschlangen mit laufenden Triebwerken eine positive Auswirkung auf die Umwelt auszuüben,
- durch die gesteigerte Passagiermitnahmerate den Passagierkomfort zu steigern und die Flugreise wieder zu einem Erlebnis werden zu lassen.

This page has intentionally been left blank.

III. Annex

III.1 Vorträge und Veröffentlichungen

Nachfolgend wird in chronologischer Sortierung aufgeführt, zu welchem Anlass und in welchem Rahmen durch das DLR oder unter Teilnahme des DLR über Projektinhalte und begleitende Ergebnisse berichtet wurde oder Veröffentlichungen erfolgten.

Neben den unten angegebenen Vorträgen und Veröffentlichungen explizit zu TAMS wurden durch das DLR wissenschaftliche Vorträge in Deutschland, Europa und den USA zum Forschungsbereich TAM gehalten. In der Mehrzahl dieser TAM-Vorträge wurde auch über das TAMS Projekt berichtet, eine Aufzählung dieser Vorträge erfolgt auf Grund der hohen Anzahl hier nicht.

Zahlreiche Vorführungen zu den entwickelten Demonstratoren, gerade in Bezug auf die der industriellen Entwicklung vorausseilenden DLR Prototypen, wurden im DLR durchgeführt, jedoch wurden diese nicht systematisch erfasst und werden hier nicht aufgezählt.

2009

- *Total Airport Management Partnership*
Poster zur Zusammenarbeit in TAMS (vor Zuwendungsbescheid)
Gemeinsam durch alle TAMS Partner erstellt
ATC Global 2009 Messe, März 2009, Amsterdam.
- *Ein landseitiges Terminalmanagement als Element von TAMS*
Claßen, A., Deutschmann, A.
TAMS Inventarisierungsworkshop, April 2009, Braunschweig

2010

- *Total Airport Management Suite*
TAMS Partner
Flyer und Projektinformationspräsentation auf dem DLR/NLR AT-One Stand,
ATC Global 2010 Messe, März 2010, Amsterdam.
- *Flughafenmanagement der Zukunft*
Piekert, F., Deutschmann, A.
DLR Magazin 126, Seiten 34-37, Mai 2010, Köln.
http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-618/10949_read-24960/
- *DLR und Industriepartner forschen an ganzheitlichem Flughafenmanagement-System*
Piekert, F., Claßen, A.,
DLR Pressemitteilung, 11.08.2010, Köln.
http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-6226/10238_read-26204/

- *TAMS Initiative gegründet – IT-Gesamtlösung für nachhaltige und effiziente Flughafenprozesse*
TAMS Partner
TAMS Pressemitteilung mit BMWi, 28.07.2010, Nürnberg.
http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/standorte/braunschweig/TAMS_d_final.pdf
- *Potential Impact of Data Variance on the Prediction of Key Performance Indicators (KPI) as a Decision Variable for Airport Pretactical Decision Making within a Total Airport Management (TAM) Airport Operation Center (APOC)*
Piekert, F., Dr. Strasser, M.
Wissenschaftlicher Beitrag für ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC) 2010 Conference, November 2011, Tokyo, Japan.
- *The Future is Holistic Airport Management*
Piekert, F., Günther, Y., Prof. Dr. rer.nat. Reichmuth, J.
Inform GroundStar User Conference 2010, September 2010, Aachen.

2011

- *Total Airport Management Suite*
TAMS Partner
Präsentation erster Projektergebnisse auf dem gemeinsamen Stand auf der ATC Global 2011 Messe, März 2011, Amsterdam.
- *TAMS – Dynamic Usage of Capacity for Arrivals and Departures in Queue, Delay and Punctuality Optimization*
Dr. Gluchshenko, O.
DLR Bericht IB 112-2010/48, Mai 2011, Braunschweig.
- *Optimization of Airport Processes*
Pick, A., Rawlik, T.
Konferenzbeitrag (Paper+Vortrag) für The 8th Asian Control Conference, Mai 2011, Kaohsiung, Taiwan.
- *Dynamic Usage of Capacity for Arrivals and Departures in Queue Minimization*
Dr. Gluchshenko, O.
Konferenzbeitrag (Paper+Vortrag) 2011 IEEE Multi-Conference on Systems and Control, September 2011, Denver, USA.
- *Ecological Interface Design and its Application to Total Airport Management*
Dr. Jipp, M., Schaper, M., Günther, Y., Papenfuss, A.
IEEE Conference on System, Man, and Cybernetics, Oktober 2011, Anchorage, Alaska, USA, ISBN 978-1-4577-0652-3, ISSN 1062-922X.

2012

- *TAMS – Total Airport Management Suite – A German R&D Project*
Piekert, F.
HochTief Total Airport Management Symposium, Februar 2012, Budapest, Ungarn.
- *Validating Airport Management Systems – TAMS*
Piekert, F., Drews, M.
Flyer und Projektinformationspräsentation auf dem DLR/NLR AT-One Stand, ATC Global 2012 Messe, März 2012, Amsterdam.
- *Anflug-, Rollverkehrs- und Abflugmanagement Benefits der prä-taktischen Vorsteuerung für die taktische Planung*
Dr. Helmke, H., Ehr, H., Dr. Gottstein, J., Jauer, M. L., et.al.
DLR Bericht IB [112-2012/05](#), Braunschweig, März 2012.
- *Total Airport Management Suite*
TAMS Partner
Gemeinsamer Messe-Auftritt auf der Passenger Terminal Expo 2012 mit dem TAMS Mobilen Demonstrator
April 2012, Wien, Österreich.
- *Softwareplattform „Total Airport Management Suite“ optimiert Abläufe am Flughafen*
TAMS Partner
Gemeinsame Pressemitteilung zum erfolgreichen TAMS Projektabschluss, 22.05.2012, Stuttgart.
http://www.tams.aero/documents/pressdocs/TAMS_PI_DE_20120521_public.pdf
- *Mehr Pünktlichkeit im Luftverkehr: Management-System optimiert Flughafenprozesse*
Piekert, F., Claßen, A.,
DLR Pressemitteilung, 22.05.2012, Köln.
http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10122/333_read-3635/
- *Ganzheitliches Flughafenmanagement – Stand der Forschung in Deutschland*
Prof. Dr.-Ing. Wörner. J.-D.
Keynote-Präsentation auf der TAMS Abschlussveranstaltung, 22.05.2012, Stuttgart.
http://www.tams.aero/documents/abschlusspresentation/TAMS_Dissemination_Event_03_Woerner_20120522.pdf
- *Total Airport Management Suite – Überblick und Konzepte*
Dr. Meier, C., Piekert, F.
Projektpräsentation auf der TAMS Abschlussveranstaltung, 22.05.2012, Stuttgart.
http://www.tams.aero/documents/abschlusspresentation/TAMS_Dissemination_Event_05_Meier_Piekert_20120522.pdf
- *Total Airport Management Suite – Passenger in Focus*
Claßen, A.
Projektpräsentation auf der TAMS Abschlussveranstaltung, 22.05.2012, Stuttgart.
http://www.tams.aero/documents/abschlusspresentation/TAMS_Dissemination_Event_08_Classen_20120522.pdf

- *Benefit Assessment in TAMS*
Dr. Jipp, M.
Projektpräsentation auf der TAMS Abschlussveranstaltung, 22.05.2012, Stuttgart.
http://www.tams.aero/documents/abschlusspresentation/TAMS_Dissemination_Event_09_jipp_20120522.pdf
- *Integration of Landside Processes into the Concept of Total Airport Management*
Helm, S., Classen, A., Rudolph, F., Werner, C., Urban, B.
16th Annual Air Transport Research Society (ATRS) World Conference, Juni 2012, Taiwan.
- *Coupling of ATM Planning Systems with Different Time Horizons*
Schaper, M., Dr. Temme, M.-M., Dr. Gluchshenko, O., Christoffels, L., et.al.
ATOS 2012 Air Transport and Operations Symposium, Delft, Niederlande, 18-20.06.2012.
- *Management-System optimiert Flughafenprozesse*
Piekert, F.
DLR Magazin 135, Seite 9, September 2012, Köln.
<http://www.dlr.de/dlr/ResourceImage.aspx?raid=58869>
- *Development of an HMI to Monitor and Predict Passenger Progress in the Landside Process Chain for a Holistic Airport Management*
Urban, B., Rudolph, F., Helm, S.
61. Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, September 2012, Berlin.
- *Stuttgart pioneers A-CDM ,missing link‘*
Gingrich, E. (Editor, JAR), Keller, K.-H., Dr. Meier, C., Hoppe, G., et.al.
Jane’s Airport Review, Seite 5, Ausgabe Juli/August 2012.
- *Echt- oder Schnellzeitsimulation als Methode der Evaluation in der Mensch-Technik Interaktionsforschung? Eine Diskussion der Daseinsberechtigung*
Dr. Jipp, M., Dr. Carstengerdes, N., Piekert, F.
Beitrag zum 48. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, September 2012, Bielefeld.
- *TAMS minds the A-CDM gap*
Gingrich, E. (Editor, JAR), Keller, K.-H., Piekert, F., Claßen, A., et.al.
Jane’s Airport Review, Seiten 20-23, Ausgabe Oktober 2012.
- *First Results of Coupling ATM Planning Systems with Different Time Horizons*
Schaper, M., Ehr, H., Pick, A., Dr. Gluchshenko, O., et.al.
DASC 2012 IEEE/AIAA 31st Digital Avionics Systems Conference, 14.-18.10.2012, Williamsburg, VA, USA.
- *Validation of the Total Airport Management Suite -Research Report-*
Carstengerdes, N., Piekert, F., Jipp, M., Reinholz, A., Suikat, R.
Deutsche Nationalbibliothek, 11/2012, Braunschweig,
Document Identifier: urn:nbn:de:101:1-201211303892
<http://d-nb.info/1028431228/34>

Die erarbeiteten wesentlichen Projektergebnisse sind auf der Projekt-Webseite öffentlich abrufbar unter <http://www.tams.aero/>. Dort befinden sich die auf der am 22.05.2012 veranstalteten TAMS Abschlussveranstaltung präsentierten Vorträge sowie die Konzeptdokumente „OCD – Operationelles Konzept Dokument“, „OS/BUC Operational Scenarios and Business Use Cases“, „SCD – Simulationskonzept“, „VCD – Validierungskonzept“, „VR – Validierungsbericht“ und auch das TAMS Glossar.

- *TAMS OCD v-1-0-1*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_OCD_v-1-0-1_public.pdf
- *TAMS OS/BUC v-3-0-0*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_OS_BUC_v-3-0-0_public.pdf
- *TAMS Glossar v-1-0-1*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_Glossary_v-1-0-1_public.pdf
- *TAMS SCD v-1-0-0*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_SCD_v-1-0-0_public.pdf
- *TAMS VCD v-2-0-0*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_VCD_v-2-0-0_public.pdf
- *TAMS Validierungsbericht v-1-0-0*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_VR_v-1-0-0_public.pdf

This page has been intentionally left blank.

III.2 Literaturreferenzen

- [1] *Gesamtvorhabenbeschreibung Leuchtturmprojekt TAMS*
TAMS Verbund
Version 3.0, November 2011.
- [2] *Vorhabensbeschreibung DLR-Anteil des Leuchtturmprojekt TAMS*
DLR
Version 3.3, September 2011.
- [3] *CODA Digest*
EUROCONTROL
<http://www.eurocontrol.int/coda/>, Brüssel, Juli 2012.
- [4] *Operational Concept Document OCD*
TAMS Verbund/DLR
Version 1.0.1, Braunschweig, 30.07.2012, *DLR IB 112-2011-49*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_OCD_v-1-0-1_public.pdf
- [5] *Operational Scenarios and Business Use Cases*
TAMS Verbund/DLR
Version 3.0.0, Braunschweig, 12.12.2011, *DLR IB 112-2011-54*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_OS_BUC_v-3-0-0_public.pdf
- [6] *Simulation Concept Document*
DLR
Version 1.0.0, Braunschweig, 05.10.2012, *DLR IB 112-2012-13*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_SCD_v-1-0-0_public.pdf
- [7] *Validation Concept Document*
DLR
Version 2.0.0, Braunschweig, 23.10.2012, *DLR IB 112-2012-10*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_VCD_v-2-0-0_public.pdf
- [8] *Validation Report*
DLR
Version 1.0.0, Braunschweig, 30.11.2012, *DLR IB 112-2012-11*
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_VR_v-1-0-0_public.pdf
- [9] *TAMS Glossar*
TAMS Partner/Barco Orthogon
Version 1.0.1, Bremen, 26.09.2012,
http://www.tams.aero/documents/konzeptdokumente/TAMS_Glossary_v-1-0-1_public.pdf
- [10] *Total Airport Management (Operational Concept & Logical Architecture)*
Günther, Y. (DLR), Inard, A. (EUROCONTROL), et.al.
Version 1.0, Braunschweig/Brüssel, 11/2006
<http://www.bs.dlr.de/tam/Dokuments/TAM-OCD-public.pdf>

- [11] *FAMOUS – Operationelles Konzept*
DLR/Günther, Y., Werther, B., Schaper, M., et.al.
Version 1.1, Braunschweig, 02/2009, DLR IB 112-2009/13.
- [12] *Airport Collaborative Decision Making Implementation – The Manual*
EUROCONTROL
Version 4, Brüssel, 03/2012,
http://www.euro-cdm.org/library/cdm_implementation_manual.pdf
- [13] *Airport Collaborative Decision Making – Functional Requirements Document*
EUROCONTROL
Version 4.0, Brüssel, 05/2009,
http://www.euro-cdm.org/library/cdm_frd.pdf
- [14] *Airport Collaborative Decision Making (A-CDM); Community Specification for application under the Single European Sky Interoperability Regulation EC552/2004 (ETSI EN 303 212 V1.1.1 (2010-06))*
ETSI – European Telecommunications Standards Institute
Version V1.1.1, 06/2010, Sophia Antipolis Cedex, Frankreich.
- [15] *ED-133 Flight Object Interoperability Specification*
EUROCAE WG 59
V1.0, 02/2009, Malakoff, Frankreich,
<http://www.eurocae.eu>
- [16] *ED-141 Minimum Technical Specifications for Airport Collaborative Decision Making (Airport-CDM) Systems*
EUROCAE WG 69
10/2008, Malakoff, Frankreich,
<http://www.eurocae.eu>
- [17] *ED-145 Airport-CDM Interface Specification*
EUROCAE WG 69
10/2008, Malakoff, Frankreich,
<http://www.eurocae.eu>
- [18] *ED-146 Guidelines for Test and Validation Related to Airport CDM Interoperability*
EUROCAE WG 69
10/2008, Malakoff, Frankreich,
<http://www.eurocae.eu>
- [19] *Interoperability Guide for Air Navigation Service Providers and Manufacturers*
BMVBS
V2.1, 01/2009, Langen,
<http://www.bmvbs.de>

- [20] *SWIM-Suit Project deliverables*
SWIM-Suit Project Partners,
<http://www.swim-suit.aero>
- [21] *Episode 3 Project deliverables*
Episode 3 Project Partners,
<http://www.episode3.aero>
- [22] *EG-Verordnung 2082/2000 zur Übernahme von EUROCONTROL-Normen...*
Europäische Kommission
10/2000, Brüssel, Belgien.
- [23] *SESAR Project Deliverables*
SESAR Joint Undertaking
Brüssel, Belgien.
<http://www.sesarju.eu>
- [24] *Abschlussbericht Leuchtturm Projekt TAMS*
TAMS Partner/Siemens, et.al.
Version 1.3, 31.07.2012, über Technische Informationsbibliothek TIB Hannover
erhältlich.
- [25] *Validation of the Total Airport Management Suite -Research Report-*
Carstengerdes, N., Piekert, F., Jipp, M., Reinholz, A., Suikat, R.
11/2012, Braunschweig,
Document Identifier: urn:nbn:de:101:1-201211303892
<http://d-nb.info/1028431228/34>
- [26] *System Requirements Documentation – SYRD*
TAMS Partner/Siemens, et.al.
Projektintern, Version 1-3-0, 05/2012.
- [27] *System Architecture Description / Interface Definition Documentation*
TAMS Partner/Siemens, et.al.
Projektintern, Version 2-12-0, 10/2011.
- [28] *Total Airport Management Suite – Überblick und Konzepte*
Dr. Meier, C., Piekert, F.
Projektpräsentation auf der TAMS Abschlussveranstaltung, 22.05.2012, Stuttgart.
[http://www.tams.aero/documents/abschlusspresentation/TAMS Dissemination Event 05 Meier Piekert 20120522.pdf](http://www.tams.aero/documents/abschlusspresentation/TAMS_Dissemination_Event_05_Meier_Piekert_20120522.pdf)
- [29] *European Operational Concept Validation Methodology. Establishing fitness-for-purpose. The iterative process by which the fitness-for-purpose of a new system or operational concept being developed is established.*
EUROCONTROL,
Version 2.0. 2007.
<http://www.eurocontrol.int/valfor/>

- [30] *CUPPS – Common Use Passenger Processing Systems*
Recommended Practice 1797, International Air Transport Association (IATA),
Recommended Practice 30.201 Air Transport Association (ATA),
Recommended Practice 500A07 Airports Council International,
IATA, Version 1.00, Mai 2008.
- [31] *Policies and Recommended Practices Handbook 2009*
Airports Council International,
7. Ausgabe, November 2009,
<http://www.aci.aero>
- [32] *Air Transport & Travel Industry AIDX Implementation Guide*
International Air Transport Association,
2010, v1.0, Montreal – Geneva.
- [33] *KATM – Kooperatives Flugplanungs- und Führungsverfahren – Schlussbericht
Verbund KATM*
DLR
2008, Version 1.0, Technische Informationsbibliothek Hannover,
Signatur F 08 B 1436,
<http://opac.tib.uni-hannover.de/DB=1/SET=1/TTL=11/SHW?FRST=19>
- [34] *Principles of Systems*
Forrester, Jay W.
MIT Press, Cambridge, 1982.
- [35] *TAMS – Dynamic Usage of Capacity for Arrivals and Departures in Queue, Delay and
Punctuality Optimization*
Dr. Gluchshenko, O.
DLR Bericht IB 112-2010/48, Mai 2011, Braunschweig.
- [36] *Estimating the Effects of the Terminal Area Productivity Program*
Lee, D., Kostiuk, P., Hemm, R., Wingrove III, E., Shapiro, G.
NASA Contractor Report 201682, NASA Contract NAS2-14361,
Logistics Management Institute, McLean, Virginia, 04/1997.
- [37] *European Aeronautics: A Vision for 2020 – Meeting society's needs and winning
global leadership*
ACARE – Group of Personalities
http://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/Vision%202020_0.pdf

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN Online-Veröffentlichung	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Verbundprojekt: TAMS – Total Airport Management Suite Schlussbericht des DLR e.V.	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Piekert, Florian Jung, Martin Reinholz, Andreas Urban, Beate	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.05.2012
	6. Veröffentlichungsdatum 30.11.2012
	7. Form der Publikation Online-Publikation als Bericht
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Linder Höhe 51170 Köln Federführendes Institut: Institut für Flugführung Lilienthalplatz 7 38108 Braunschweig	9. Ber.Nr. Durchführende Institution DLR IB 112-2012/15
	10. Förderkennzeichen 19b 8009b
	11a. Seitenzahl Bericht 82
	11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	12. Literaturangaben 37
	14. Tabellen 2
	15. Abbildungen 31
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Das Projekt TAMS (Total Airport Management Suite) – teilfinanziert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) – basiert auf dem Total Airport Management (TAM) Konzept, welches gemeinsam durch das DLR und EUROCONTROL erstellt wurde. Darin ist beschrieben, wie die gemeinschaftliche Zusammenarbeit der Flughafen-Stakeholder (Flughafen, Flugsicherung, Fluggesellschaft, Bodenverkehrsdienstleister, Behörden,...) verbessert werden kann, um die Effizienz, die Kapazitätsausnutzung und den Umweltschutz am Flughafen zu verbessern. Es erweitert das bekannte A-CDM Konzept der EUROCONTROL um folgende Konzeptelemente <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsamer Flughafen-Einsatzplan (Airport Operations Plan – AOP), erzeugt, gepflegt und geteilt durch alle Stakeholder • Integration von luft- und landseitigen Flughafen Aspekten • Durchgängige, nahtlose Planung der Flughafen-Prozesse auf Luft- und Landseite • Flughafen Leitstand (Airport OPerations Center – APOC) Die TAMS Ziele wurden von den Sozio-Ökonomischen Zielen der Bundesregierung abgeleitet und durch die Interessen der Industrie- und des Forschungspartners DLR geprägt. Der Verbund wurde durch SIEMENS geleitet und bestand insgesamt aus dem DLR, BARCO, INFORM, FLUGHAFEN STUTTGART und ATRICS. Das 3,5 Jahre dauernde Projekt wurde in 4 Iterationsschritten durchgeführt. Es wurde ein Operationelles TAMS Konzept erarbeitet, die Umsetzbarkeit des Konzeptes durch die Integration bestehender sowie neuartiger Industrielösungen und von Forschungsprototypen mit einer verkoppelten luft- und landseitigen künstlichen Flughafenumgebung beim DLR demonstriert. Die Validierung auf Basis realistischer Szenarien zeigte, dass TAMS die Abflugpünktlichkeit unter Beibehaltung der Ankunfts-pünktlichkeit von Flügen verbessern kann, die Anzahl der aufgrund von verpassten Anschlussflügen zurückgelassenen Passagiere reduziert und darüber hinaus die Triebwerkslaufzeit bei Wartephase und somit den Treibstoffverbrauch verringern kann. <p>Dieser Bericht beinhaltet den TAMS Schlussbericht des Partners DLR.</p>	
19. Schlagwörter TAMS, TAM, Airport-IT, AODB, Integrations-Plattform, xMAN, AMAN, DMAN, SMAN, TMAN, PaxMan, APM, APOC, Videowall, Control Center, AOC, AOP, Validierung, EOVM, E-OCVM, SGMAN, PaxRadar, GUI, TOP, Client, Advanced, DLR, FL, FW, PA, prätaktisch, taktisch, Taxi, Startbahn, Landebahn, Rollweg, Terminal, Luftseite, Landseite, Terminal, Management, Leitstand, PAX, Passagier, Flug	
20. Verlag www.tams.aero und elib.dlr.de	21. Preis Kostenlos

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN Internet-Publication / Download	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Final Report of Project Partner DLR Flagship Project TAMS – Total Airport Management Suite	
4. author(s) (family name, first name(s)) Piekert, Florian Jung, Martin Reinholz, Andreas Urban, Beate	5. end of project 2012-05-31
	6. publication date 2012-11-30
	7. form of publication Website www.tams.aero
8. performing organization(s) (name, address) DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Linder Höhe 51147 Köln Leading Entity Institute of Flight Guidance Lilienthalplatz 7 38108 Braunschweig	9. originator's report no. DLR IB 112-2012/15
	10. reference no. 19b 8009b
	11. no. of pages 82
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references 37
	14. no. of tables 2
	15. no. of figures 31
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract <p>The TAMS project (Total Airport Management Suite) – funded by the German Ministry of Economics and Technology – is based on the Total Airport Management (TAM) concept. TAM is a concept defined jointly by DLR and EUROCONTROL, where the collaboration between stakeholders (Airport, ATC, Airlines, Ground Handlers, Authorities, ...) is improved in order to enhance efficiency, capacity usage and environmental protection at the airport. It extends the well known A-CDM concept of EUROCONTROL by the following concept elements:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Joint Airport Operations Plan, created, maintained and shared by all stakeholders • Integration of airside and landside aspects • Seamless planning • Airport Operations Control Center (APOC) <p>The goals of the TAMS project were derived from the socio-economic goals of the German government and the interests of industrial and research partners of the project. The consortium led by SIEMENS includes DLR, BARCO, INFORM, Stuttgart Airport and ATRICS. The three-year project was conducted in four development iterations, developing the TAMS Operational Concept and showing the feasibility of the concept by integrating existing and novel industrial systems and research prototypes in an airside-landside integrated airport simulation environment at DLR. The validation with realistic scenarios showed that TAMS improves the departure flight punctuality while maintaining arrival punctuality, reduces the number of passengers with missed connection and reduces engine running times during waiting phases and thus reducing carbon emissions.</p> <p>This report contains the final report of the activities of the project partner DLR.</p>	
19. keywords TAMS, TAM, Airport-IT, AODB, Integration Platform, xMAN, AMAN, DMAN, SMAN, TMAN, PaxMan, APM, APOC, Videowall, Control Center, AOC, AOP, validation, EOCVM, E-OCVM, SGMAN, PaxRadar, GUI, TOP, Client, Advanced, DLR, FL, FW, PA, pretactical, tactical, taxi, runway, terminal, landside, airside, terminal, arrival, departure, PAX, passenger, flight, management,	
20. publisher www.tams.aero and elib.dlr.de	21. price Free download from website