

# STEUERUNG DER PASSAGIERFÜHRUNG IM HINBLICK AUF DEN TURNAROUND EINES LUFTFAHRZEUGS

Dipl.-Ing. Stefan Theiss

RWTH Aachen – Lehr- und Forschungsgebiet Flughafenwesen und Luftverkehr  
Mies-van-der-Rohe-Str. 1 – 52066 Aachen  
Email: theiss@airport.rwth-aachen.de

## Zusammenfassung

Die Prozesse im Terminal besitzen Einfluss auf den Turnaround eines Luftfahrzeuges und damit auf die Leistungsfähigkeit eines Flughafens sowie den wirtschaftlichen Betrieb von Flugzeugen. Besonders kritisch ist hier die verzögerte Ankunft von Passagieren am Abflug-Gate, sogenannte „Late Passenger“, da hiervon das Boarding und somit das Beenden des Turnaround in hohem Maß beeinflusst wird.

Die Arbeit zeigt Möglichkeiten, wie Passagierströme im Hinblick auf das pünktliche Erscheinen am Abflug-Gate bzw. dem dazu gehörigen Warteraum gesteuert werden können. Grundlage dafür bildet eine Spezifizierung des Begriffs Passagierführung. Dabei ist hinsichtlich der Struktur der Informationen, die an die Passagiere ausgegeben werden sowie der eingesetzten Technik eine Differenzierung möglich. Die Ausgabe von Informationen und die eingesetzte Technik stehen hier in Abhängigkeit zueinander. Darüber hinaus erfordert die Steuerung der Passagierführung die Verfügbarkeit bestimmter Information aus dem Flughafenterminal, beispielsweise den Status von Abfertigungseinrichtungen oder Passagieren.

Ein wesentlicher Faktor für die Steuerung der Passagierführung im Hinblick auf den Turnaround ist die sogenannte Durchlaufzeit (Throughput-Time) der Passagiere im Terminal, d.h. die Zeit zwischen der Ankunft im Flughafenterminal und dem Erreichen des Abflug-Gates. Mit Hilfe bekannter Daten, wie zum Beispiel Prozessketten, Abfertigungszeiten und Gehweglängen, lässt sich die Durchlaufzeit (Throughput-Time) als statische Größe bestimmen. In diesem Fall werden jedoch weder der aktuelle Status der Terminalprozesse noch die Bewegung der Passagiere berücksichtigt. Es handelt sich somit lediglich um den Mindestzeitraum für das Durchlaufen der Terminalprozesse (Minimum-Throughput-Time). Mit Blick auf den Planungs- und Steuerungsprozess spielen jedoch Wartezeiten und situationsbedingte Gehzeiten eine Rolle, die von der Belastung an den Abfertigungseinrichtungen sowie der Bewegungsflächen abhängen. Durch die Anwendung einer Simulation kann dies berücksichtigt werden, um die erwartete Durchlaufzeit bis zum Abflug-Gate zu bestimmen. Als neue Kenngröße wird die erwartete Durchlaufzeit (Estimated-Throughput-Time) eingeführt und beschrieben.

In diesem Zusammenhang erfolgt die Differenzierung unterschiedlicher Typen des Late Passenger in Abhängigkeit der Ursache für die Verzögerung. Außerdem werden Parameter bestimmt, die die Steuerung der Passagierführung beeinflussen bzw. Randgrößen darstellen. Die Anwendung von Passagierführungs-konzepten und der Einsatz der dafür notwendigen Technik im Terminalgebäude soll mit Hilfe einer What-If Simulation untersucht werden. Die Untersuchung soll anhand festgelegter Szenarien erfolgen. Hierfür werden typische Störungssituationen im Terminalbetrieb beschrieben.

Keywords: Flughafen, Turnaround, Terminal, Passagierführung

## 1. EINFÜHRUNG

Der steigende Wettbewerb zwischen den Airlines sowie der damit verbundene Preiskampf führen zu einem hohen Druck bei den Fluggesellschaften, wirtschaftlich zu operieren. Ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist die Erhöhung des Zeitanteils, in dem sich ein Flugzeug zum Einsatz in der Luft befindet. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Zeit, die das Flugzeug am Boden verbringt, verringert werden. Auf diesem Ansatz beruht unter anderem das Geschäftsmodell der Low-Cost-Carrier (LCC).

Der Zeitraum, den ein Flugzeug am Boden verbringt bzw. der komplette Abfertigungsprozess (Ent-/Beladung, Kabinenreinigung, Tanken, Catering usw.) auf der Abstellposition wird als sogenannter Turnaround bezeichnet. Um den Ansprüchen im Hinblick auf Verringerung und Einhaltung von Turnaround-Zeiten gerecht zu werden, haben Flughafenbetreiber und Abfertigungsunternehmen vielfach neue Verfahren und Technik implementiert, mit deren Hilfe die Bodenprozesse rund um die Flugzeugabfertigung optimiert werden sollen. Dazu zählen beispielsweise DATALINK, GPS sowie diverse Softwareprogramme. Der Fokus dieser Methoden liegt größtenteils in der Betrachtung der luftseitigen Prozesse auf dem Flughafenvorfeld.

Daneben sind jedoch auch Abläufe von Bedeutung, die räumlich nicht oder nur zu einem geringen Teil auf dem Vorfeld liegen. Hierzu zählen die Zuführung von Passagieren oder die Bereitstellung des Gepäcks. Insbesondere die Prozesskette der Passagiere liegt im Terminalgebäude auf der Flughafenlandseite. Die Passagiere und ihr Erscheinen am Gate haben eine besonders hohe Bedeutung für die Turnaround-Zeit. Sollte beispielsweise ein Passagier nicht rechtzeitig am Gate bzw. an Bord des Flugzeugs sein, müsste aus Sicherheitsgründen sein aufgegebenes Gepäck wieder ausgeladen werden [IC02]. Dieser Vorgang kann, je nach eingesetzter Technik (Bulk Load oder Container-Verladung) und Methodik (Gepäck-Scan bei Verladung) bei der Abfertigung, sehr zeitaufwendig sein. Dies wiederum kann die Off-Block Zeit (Verlassen der Abstellposition) und damit den Turnaround beeinflussen.

Ungefähr 5 % aller Abflugverspätungen sind auf die verspätete Ankunft von Passagieren am Abflug-Gate zurück zu führen [Mc05]. Die Kosten in Europa, die dadurch entstehen, werden auf 150 Millionen Euro pro Jahr geschätzt [Br07].

Die Entwicklungen beim Betrieb eines Flughafenterminals und den Erträgen des Flughafenbetreibers haben in den letzten Jahren zu einer verstärkten Konzentration auf das sogenannte „Non-Aviation“-Geschäft geführt. Dies führt beispielsweise zu einer steigenden Anzahl Werbeflächen oder Geschäften im Terminalgebäude [TRB08]. Dies kann zu einer Beeinträchtigung der Orientierung und Bewegung der Passagiere führen [IA89].

Im Rahmen der Arbeit soll ein Konzept vorgestellt werden, mit dessen Hilfe die Prozessabläufe innerhalb des Terminalgebäudes hinsichtlich des Turnaround Prozesses der Flugzeuge überwacht sowie gegebenenfalls gesteuert

werden können. Die Wechselwirkung soll dabei sowohl für die Steuerung der Terminalprozesse hinsichtlich gewünschter Zeitvorgaben (Passagier am Gate) aus dem Turnaround Prozess des Flugzeuges erfolgen, wie auch die Berücksichtigung von Auswirkungen auf die Terminalprozesse, die durch Unregelmäßigkeiten auf der Luftseite hervor gerufen werden.

Wie in BILD 1 skizziert, stellt die Schnittstelle zwischen dem Turnaround auf der Abstellposition und dem Terminalgebäude mit seinen Prozessen dabei der Aus- (Deboarding) bzw. Einstiegevorgang (Boarding) der Passagiere dar. Der Teil des Turnaround Prozesses eines Luftfahrzeugs an einem Flughafen, der durch die Prozesse auf der Landseite in besonderem Maße beeinflusst wird, ist das Beenden des Abfertigungsvorganges und das Verlassen der Abstellposition. Das Verlassen der Abstellposition ist zu einem großen Teil abhängig vom Boarding der Passagiere, da dies als einer der zeitlich letzten Prozesse der Flugzeugabfertigung Auswirkungen auf die Off-Block-Zeit und damit auch auf den Turnaround sowie den Umlauf (Gesamtheit der geplanten Flüge eines Tages) des Flugzeuges hat.

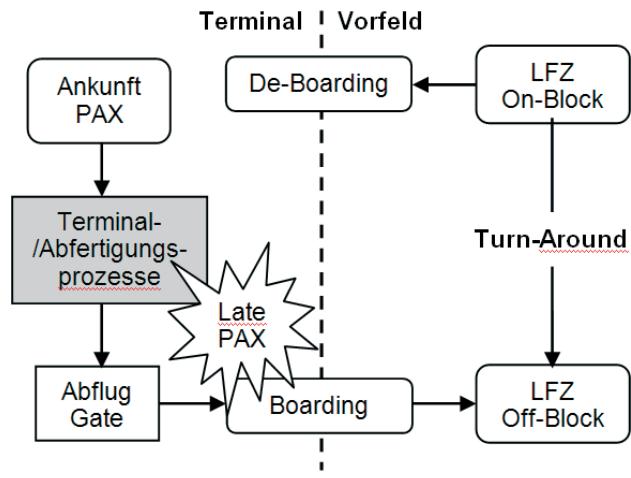


BILD 1. Turnaround und Terminalprozesse

Die Bedeutung der ankommenen Passagiere auf den Turnaround ist vergleichsweise gering. Deshalb sind diese Personengruppe sowie die Gepäckabfertigung innerhalb des Terminalgebäudes nicht Bestandteil dieser Arbeit. Die Gruppe der umsteigenden Passagiere wird ebenfalls nicht explizit betrachtet.

## 2. PASSAGIERFÜHRUNG

### 2.1. Grundlagen der Passagierführung

Der Begriff Passagierführung ist eine Spezifikation des Begriffs Personenführung. Dies ist aufgrund von Besonderheiten im Zusammenhang mit der Führung von Personen in Flughafengebäuden gegenüber anderen (öffentlichen) Gebäuden zweckmäßig. Wesentliche Unterschiede ergeben sich vor allem in den Bereichen Gebäude sowie Personen/Passagiere.

Die Besonderheiten beim Gebäude ergeben sich aus der komplexen Gebäudestruktur und der großen Anzahl an Zielen bzw. Zielpunkten mit dem Resultat vieler Entscheidungspunkte im Terminal, an denen der Passagier eine Information benötigt, z.B. Kreuzungen von Gängen. Außerdem sind Beschränkungen bei der Bewegung der Personen durch das Terminal zu beachten. Aufgrund der Aufteilung in Sicherheitsbereich / öffentlicher Bereich sowie Schengen-/Non-Schengen-Bereich kann nicht jede Person im Terminal jeden Terminalbereich betreten.

Im Bereich der Passagiere ist mit Blick auf die Passagierführung festzustellen, dass eine Vielzahl verschiedener Personen bzw. Personengruppen im Terminalgebäude anzutreffen ist. Dies ergibt sich aus der großen Anzahl an möglichen Zielpunkten sowie den individuellen Eigenschaften, wie beispielsweise dem Auftreten in Gruppen (z.B. Familien) oder eingeschränkter Mobilität. Ein weiteres Abgrenzungskriterium der Passagierführung in Flughafengebäuden ist die unterschiedliche Wahrnehmung von Prozessen und Einrichtungen aufgrund der Nutzungshäufigkeit [Ra01]. So verhalten sich Passagiere, die oft fliegen evtl. sogar häufig den entsprechenden Flughafen nutzen ganz anders als Passagiere, die eher selten fliegen [Deu02]. Bei Vielfliegern ist der Bedarf an Informationen für die Führung durch das Terminal deutlich geringer [As92].

Grundsätzlich lässt sich die Funktionsweise der Passagierführung aus Sicht des Passagiers durch 3 Elemente beschreiben:

- Orientierung/Ortsbestimmung
- Information
- Wegführung

An erster Stelle steht die Ortsbestimmung, d.h. der Passagier muss seine Position im Terminalgebäude bestimmen, z.B. der Check-In Bereich in der Abflughalle. Im nächsten Schritt erhält der Passagier die Information über den oder die nächsten Zielpunkte, beispielsweise (Abflug-)Gate A12. Auf Basis dieser beiden Punkte erfolgt nun die Wegführung des Passagiers zwischen der aktuellen Position und dem Zielpunkt.

Beeinflusst wird die Passagierführung an jedem Flughafen im Wesentlichen durch folgende Parameter:

- Gebäude (Terminalkonzept, Struktur/Aufbau)
- (geplante) Struktur der Passagierströme (Wegführung, Aufteilung)
- Konzept der Ausgabe von Informationen an die Passagiere
- Technik für die Ausgabe von Informationen

Anhand des Konzeptes der Ausgabe von Informationen sowie der Technik, die hierfür zum Einsatz kommt, ist eine Differenzierung der Passagierführungsstrategien möglich.

## 2.2. Konzepte der Passagierführung

Wie vorab beschrieben, erfolgt eine Differenzierung im Bereich der Passagierführung unter anderem anhand der Struktur der bereitgestellten Informationen, die ausgegeben werden. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt eine Entwicklung und Differenzierung in allgemeine bzw. individuelle Passagierführung. Dabei spielt eine Rolle in

welcher Form die Informationen für die Passagiere erhältlich sind.

### 2.2.1. Allgemeine Passagierführung

Entscheidendes Merkmal der allgemeinen Passagierführung ist die Zugänglichkeit zu den bereitgestellten Informationen. Hier erhalten alle Personen die Informationen in gleicher Art und Umfang. Außerdem werden die bereitgestellten Informationen in der Regel nicht personalisiert. Somit muss jeder Passagier, die für ihn relevanten Informationen herausfiltern.

Die ausgegebenen Informationen lassen sich entsprechend der 3 Elemente der Passagierführung zusammen fassen. Dabei handelt es sich um

- die Identifikation von Orten (Gate, Toilettten usw.),
- allgemeine Status-Informationen (Ankunfts-/Abflugszeiten, Band Gepäckausgabe usw.) und
- die Wegweisung.

Die Informationen der allgemeinen Passagierführung werden typischerweise über starre Beschilderung, die Fluginformationstafel oder (allgemeine) Lautsprecherdurchsagen ausgegeben.

Ein Vorteil der allgemeinen Passagierführung liegt vor allem in der hohen Effektivität, da die Informationen für sämtliche Nutzer zugänglich sind, die sich im entsprechenden Bereich befinden. Durch die einfache Erreichbarkeit von vielen Passagieren ergibt sich zudem ein gutes Kosten-Nutzen Verhältnis. Darüber hinaus handelt es sich bei der allgemeinen Passagierführung um ein bestehendes Verfahren, das den Passagieren bereits bekannt ist. Im Normalfall können die Passagiere dieses Konzept der Passagierführung ohne weitere Einarbeitung nutzen.

Nachteilig wirkt sich bei der allgemeinen Passagierführung vor allem aus, dass die Menge der dargestellten Informationen auf dem Informationsträger beschränkt ist [Ke08]. Darüber hinaus erlaubt die in Verbindung mit der allgemeinen Passagierführung eingesetzte Technik meist nur eine bedingte Anpassung an kurzfristig auftretende Ereignisse.

### 2.2.2. Individuelle Passagierführung

Unter der individuellen Passagierführung versteht man die Bereitstellung von Informationen speziell für einzelne Passagiere oder bestimmte Passagiergruppen. Die Individualisierung erlaubt die Ausgabe von zusätzlichen Informationen, die über die Inhalte der allgemeinen Passagierführung hinaus gehen. Mögliche weitere Punkte sind

- voraussichtliche Gehzeiten,
- erwartete Warte- und Aufenthaltszeiten an Abfertigungseinrichtungen,
- individuelle Statusinformationen und
- Informationen in Abhängigkeit vom (aktuellen) Aufenthaltsort.

Die individuelle Passagierführung erfordert die Bereitstellung der entsprechenden Technik für die Ausgabe dieser Informationen. Um die individuellen

Informationen zur Verfügung stellen zu können, sind jedoch auch Informationen von bzw. über die Passagiere notwendig. Hierzu zählt

- der (aktuelle) Aufenthaltsort,
- der aktuelle Status im Abfertigungsprozess oder
- individuelle Ziele (z.B. Retail).

Die individuelle Passagierführung erfordert ein Managementsystem, das in der Lage ist, die entsprechenden Informationen zu verarbeiten und bereit zu stellen.

Ein wesentlicher Vorteil der individuellen Passagierführung gegenüber der allgemeinen Passagierführung ist, neben der gezielten Information bestimmter Passagiere bzw. Passagiergruppen, die Möglichkeit der Ausgabe von Informationen in einer Sprache, die dem Passagier bekannt ist. Neben den Informationen, die den Abfertigungsprozess der Passagiere betreffen, können auch andere individuelle Anforderungen berücksichtigt werden, beispielsweise aus dem kommerziellen Bereich (Kauf eines bestimmten Produkts). Ein weiterer Vorteil gegenüber der allgemeinen Passagierführung ist die Möglichkeit der Ausgabe von Informationen in Abhängigkeit des (aktuellen) Aufenthaltsortes.

Je nach Umsetzung der individuellen Passagierführung und der eingesetzten Technik für die Ausgabe von Informationen können die Implementierung und der Unterhalt eines derartigen Systems sehr aufwendig und kostenintensiv sein.

Die Passagierführung bezieht sich nicht allein auf die Bereitstellung der Informationen für die Passagiere. Die Ausgabe der Informationen ist abhängig von der verfügbaren Technik. Bei der Passagierführung handelt es sich um eine Kombination aus der Bereitstellung von Informationen und der eingesetzten Technik für die Ausgabe. In BILD 2 wird eine Übersicht zu dem Zusammenhang gegeben.

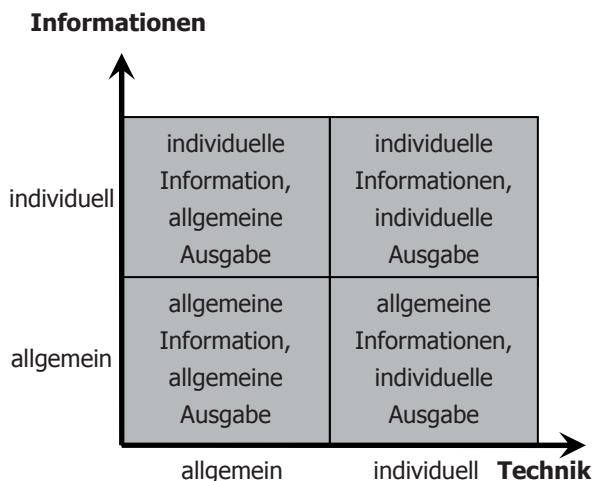


BILD 2. Zusammenhang Technik und Information

Wie in BILD 2 zu sehen, ergeben sich aus der Kombination von Technik und Art der Informationen 4 Felder nach denen hinsichtlich der Passagierführung differenziert werden kann.

### 2.3. Technik für die Passagierführung

Die traditionelle Information und Führung der Passagiere durch das Terminalgebäude beruht hauptsächlich auf einer starren Beschilderung [Ha91, As97], die als dynamisches Element eine oder mehrere Fluginformationstafeln an markanten Positionen im Terminal besitzt [Dem00]. Aufgrund des technischen Aufwandes und des erforderlichen Platzbedarfs sind die Möglichkeiten für die Installation von Fluginformationstafeln im Terminalgebäude begrenzt. Ergänzt wird die Information der Passagiere durch Lautsprecheransagen [Mc05], die mehrsprachig sind und teilweise als Aufzeichnung abgespielt werden. Als Informationsträger dienen darüber hinaus Übersichtspläne des Terminalgebäudes.

In den letzten Jahren führte die technische Entwicklung im Bereich von Monitoren und TFT-Displays zur Installation der sogenannten Flight Information Displays Systems (FIDS). Das FIDS fungiert als Erweiterung der Fluginformationstafel. Ähnlich funktioniert auch das Ramp Information Display System (RIDS). Dieses dient der Anzeige der Abflug-Gates [IA95].

Mit der Einführung digitaler Anzeigen und Bildschirme ergibt sich zudem eine weitere Möglichkeit für die Ausgabe von Informationen an die Passagiere. Hierbei handelt es sich um die dynamische Beschilderung [Ko07]. Dabei sind die Inhalte, die angezeigt werden, nicht mehr starr vorgegeben bzw. vom Umfang her eingeschränkt. Der Einsatz dynamischer Beschilderung ermöglicht die Erweiterung und flexible Darstellung der Inhalte. Gegenüber der herkömmlichen Technik ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten im Bereich der Passagierführung, wie beispielsweise eine variable Wegführung.

Neben der dynamischen Beschilderung sind noch weitere technische Geräte und Verfahren möglich bzw. notwendig, um Informationen im Sinne der individuellen Passagierführung auszugeben. Diese individuelle Ausgabe von Informationen bedeutet die Bereitstellung von Daten zielgerichtet an bestimmte Passagiere oder Passagiergruppen. Möglich sind hier:

- Mobiltelefon (Mobilfunknetz, Bluetooth)
- Personal Digital Assistant (PDA)
- Laptop (WLAN, Bluetooth)
- Infosäulen/-kioske/-terminals
- Spezielle Leihgeräte

Die wesentlichen technischen Elemente für die Ausgabe von Informationen lassen sich analog der Übersicht aus BILD 2 zuordnen. Dies wird in BILD 3 dargestellt.

Die Bereitstellung bestimmter Informationen im Bereich der individuellen Passagierführung kann die Kenntnis voraussetzen über

- den Aufenthaltsortes von Passagieren im Terminalgebäude,
- den Status von Passagieren im Abfertigungsprozess,
- Status/Belegungsgrad von Abfertigungseinrichtungen und Bewegungsflächen.

Der Status im Abfertigungsprozess, z.B. ob der Passagier bereits eingekennigt hat, ist zum Teil in den EDV-Systemen

der Fluggesellschaften vorhanden. Informationen, ob ein Passagier bereits die Sicherheits- oder Passkontrolle durchlaufen hat, sind derzeit nicht verfügbar.

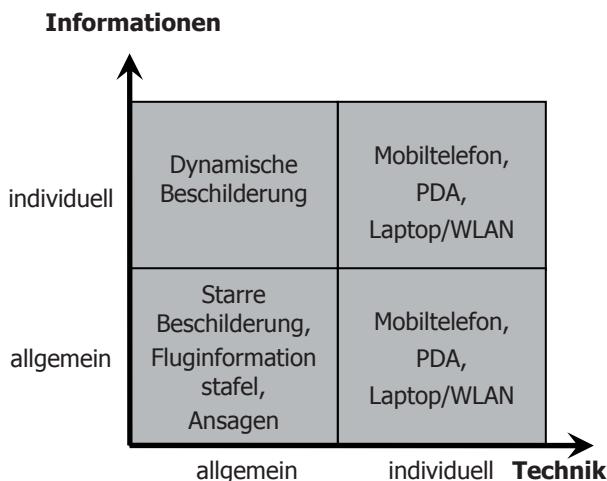


BILD 3. Technik für Informationsausgabe

Die Lokalisierung von Passagieren im Terminalgebäude sowie die Information über deren Status im Abfertigungsprozess erfordern den Einsatz bzw. Installation neuer Technik. Mögliche Entwicklungen, die sich teilweise jedoch noch in der Forschungs- und Erprobungsphase befinden sind

- RFID<sup>1</sup>-Tags (z.B. integriert in Bordkarte) [Br07, Mc05, Sa05]
- Infrarot/Bluetooth (z.B. per Mobiltelefon) [Ba02],
- Kameraüberwachung [Br07]

Für den Einsatz im Terminalgebäude ist auch eine kombinierte Anwendung möglich. So kann beispielweise mittels Kameraüberwachung die Belastung von Warte- oder Bewegungsflächen bestimmt werden und dann mittels RFID die genaue Position des Passagiers [Br07].

### 3. KENNGRÖSSEN PASSAGIERFÜHRUNG

Die Anforderung an eine moderne Passagierführung im Terminalgebäude erfordert zunehmend eine stärkere Steuerung im operationellen Bereich. Bisher beschränkt sich hier die Betrachtung v.a. auf den Planungsprozess, z.B. Standorte und Inhalte der Beschilderung. Ein wesentliches Element für die Steuerung der Passagierführung ist eine sinnvolle Bewertung des Zustandes im Terminal bezüglich der Abfertigung der Passagiere. Bei der Steuerung im operationellen Betrieb müssen zusätzlich die möglichen Auswirkungen betrachtet werden, die durch eine Einflussnahme mittels Passagierführung bzw. Störungssituationen hervorgerufen werden.

Grundsätzlich bieten sich hierfür die klassischen Parameter aus dem Bereich der Planung eines Terminalgebäudes an, die für die Bewertung der Abfertigungsqualität bekannt sind. Hierzu zählen v.a. [Co05, IA95, We03]

- der Belegungsgrad von Bewegungs-, Warte- und Aufenthaltsflächen,
- Laufweglänge und Laufwegzeit,
- Wartezeit(en),
- Aufenthaltszeit (Abfertigungs- und Wartezeit) an Abfertigungseinrichtungen.

Der Belegungsgrad von Gebäudeflächen wird im Flughafenbereich üblicherweise durch den sogenannten Level of Service (LOS) gekennzeichnet [IA95]. Dabei handelt es sich um das Verhältnis von verfügbarer Fläche pro Person ( $m^2/PAX$ ).

Die Anwendung des Level of Service im Zusammenhang mit der hier vorliegenden Problemstellung ist unzweckmäßig. Es wird ein Parameter benötigt, der stärker auf die Ankunftszeit der Passagiere am Abflug-Gate bzw. dem dazugehörigen Warteraum abzielt. Hierfür bietet sich die Bestimmung einer sogenannten Durchlaufzeit (Throughput-Time) an. Die Durchlaufzeit ergibt sich aus der Summe der Aufenthaltszeiten an allen Einrichtungen, die im Rahmen des Abfertigungsprozesses durchlaufen werden müssen, sowie der Gehzeit zwischen den entsprechenden Einrichtungen.

Aufbauend auf der Durchlaufzeit lässt sich weiterhin die erwartete Ankunftszeit der Passagiere an den jeweiligen Einrichtungen ermitteln. Hierzu wird ausgehend von der Ankunftszeit der Passagiere im Terminal die Durchlaufzeit bis zu der entsprechenden Abfertigungseinrichtung ermittelt.

Für die Steuerung der Passagierführung im operationellen Terminalbetrieb ist es nicht ausreichend, sich ausschließlich auf den Ist-Zustand im Gebäude zu beziehen. Vielmehr muss auf Basis bzw. Kenntnis des Ist-Zustandes der zukünftige Zustand im Terminal über einen definierten Zeitraum abgeschätzt werden. Für die „vorausschauende“ Bestimmung der Kenngrößen sind verschiedene Methoden möglich. Je nach Methode lassen sich die Kenngrößen für die Bewertung der Passagierabfertigung, wie von Fahlbusch [Fah00] beschrieben, in 3 Kategorien einteilen:

- Statische Kenngrößen
- Stationäre Kenngrößen
- Dynamische Kenngrößen

Statische Kenngrößen lassen sich allein aus den Eingabedaten ohne Modellrechnung (z.B. Simulation) bestimmen. Ein Beispiel hierfür ist die Weglänge im Terminal. Für die Berechnung der stationären Kenngröße ist die Kenntnis eines (zeitweise) stationären Betriebszustandes ausreichend.

Da bei stationären Kenngrößen der zeitabhängige Verlauf der Bewegung der Passagiere nicht berücksichtigt wird, sind sie für die Anwendung im Bereich der Passagierführung ungeeignet. Hier ist für die Ermittlung die Nutzung dynamischer Kenngrößen notwendig, wie z.B. Wartezeiten oder die Auslastung von Abfertigungseinrichtungen. Dynamische Kenngrößen lassen sich mit Hilfe von Simulation bestimmen. Im Rahmen der Simulation von Terminalprozessen finden stationäre Kenngrößen keine Berücksichtigung.

Die Anwendung der Simulation erlaubt teilweise die

<sup>1</sup> RFID – Radio Frequency Identification

Überführung von statischen Kenngrößen in dynamische Kenngrößen. Ein Beispiel hierfür ist die Gehzeit im Terminalgebäude. Aufgrund der Vorgabewerte Weglänge und Gehgeschwindigkeit lässt sich die Mindestgehzeit als statische Kenngröße bestimmen. Mit Hilfe der Simulation ist es möglich als dynamische Kenngröße die tatsächliche bzw. erwartete Laufwegzeit einzelner Passagiere oder Passagiergruppen zu bestimmen.

Statische Kenngrößen      Dynamische Kenngrößen

Gehzeit (Minimum)	→ Gehzeit (tatsächlich/erwartet)
Aufenthaltszeit (Minimum)	→ Aufenthaltszeit (tatsächlich)
Abfertigungszeit	Wartezeit
Laufweglänge	Belegungsgrad

Wird die Durchlaufzeit als statische Kenngröße bestimmt, so handelt es sich dabei lediglich um die Mindestdurchlaufzeit (Minimum Throughput-Time). Diese ergibt sich aus den Abfertigungszeiten sowie der Mindestgehzeit, die sich aus Mindestgehweglänge und der angenommenen Gehgeschwindigkeit ergibt. Durch die Anwendung von Simulation lassen sich die Wartezeit sowie Verzögerung aufgrund der Interaktion der Personen während ihrer Bewegung berücksichtigen. Als Resultat kann die erwartete Durchlaufzeit (Estimated Throughput-Time) als dynamische Kenngröße bestimmt werden.

Neben der Betrachtung von Abfertigungseinrichtungen und Bewegungsflächen über die Zeit können auch Gruppen von bestimmten Passagieren bewertet werden. Dies ist meist sinnvoller als die Bewertung einzelner Passagiere. Je nach Zielstellung der Bewertung erfolgt typischerweise eine Zusammenfassung der Passagiere für eine Fluggesellschaft oder einen bestimmten Flug.

Eine wichtige Kenngröße ist die Ankunftszeit der Passagiere am Abflug-Gate, da hiervon das rechtzeitige Boarding und damit auch das Verlassen der Abstellposition (Off-Block) abhängt. Im Fall der gelandeten Fluggäste spielen die Terminalprozesse für den Turnaround Prozess des Flugzeugs nur dann eine Rolle, wenn dadurch das Aussteigen der Passagiere beeinflusst wird. Der Zeitpunkt für die Ankunft der Passagiere im Warteraum am Gate ist, wie in Abschnitt 1 beschrieben, vor allem abhängig von den Abläufen, die in der Prozesskette davor liegen.

Mit Blick auf die mögliche Aussage über die Ankunftszeit von Passagieren an bestimmten Punkten ist insbesondere die Gehzeit einer der grundlegenden Parameter. Diese ergibt sich vor allem aus der Laufweglänge in Kombination mit der Gehgeschwindigkeit der jeweiligen Personen(gruppen).

Die Ankunftszeit der Passagiere an einer bestimmten Einrichtung im Terminal ergibt sich aus dem Zeitpunkt der Ankunft am Flughafen zuzüglich der Zeit, die der bisherige Aufenthalt in Anspruch genommen hat. Die Zeitspanne für den bisherigen Aufenthalt beinhaltet 3 Elemente, die Aufenthaltszeit an bereits durchlaufenden Prozessstationen, bestehend aus Abfertigungs- und gegebenenfalls Wartezeit, der Gehzeit sowie der

Nutzungsdauer von sekundären Einrichtungen.

Die Ankunftszeit eines Passagiers an einer bestimmten Station des Abfertigungsprozesses ergibt sich somit aus:

- dem Zeitpunkt der Ankunft des Passagiers im Flughafenterminal zuzüglich
  - der Summe der Prozesszeiten an den bis dahin durchlaufenden Abfertigungseinrichtungen,
  - der Summe der Wartezeiten an den bis dahin durchlaufenden Abfertigungseinrichtungen,
  - der Summe der Gehzeiten zwischen den bis dahin durchlaufenden Prozessstationen sowie
  - die Summe aller Aufenthaltszeiten / Nutzungsdauer von sekundären Einrichtungen, die bis dahin genutzt wurden.

Basierend auf der Mindestgehweglänge, die sich aus der Struktur des Terminalgebäudes und der räumlichen Lage der Abfertigungseinrichtungen ergibt, lässt sich anhand der Gehgeschwindigkeit der Passagiere bzw. Passagiergruppe die sogenannte Mindestgehzeit ermitteln. Ist der Zeitpunkt für das Verlassen der vorherigen Einrichtung des Abfertigungsprozesses bekannt, lässt sich somit der frühestmögliche Ankunftszeitpunkt ableiten.

Ähnlich wie die Wartezeit von der Belastung an der entsprechenden Abfertigungseinrichtung abhängt, wird die Gehzeit durch die Belastung der Bewegungsflächen beeinflusst [Fr87]. Sollten die Bewegungsflächen zu stark belastet sein, kommt es zu einer Verringerung der Gehgeschwindigkeit bzw. zur Wegänderung, um Konflikte (Kontakt mit anderen Personen) zu vermeiden. Die Belastung bzw. der Belegungsgrad von Flächen wird üblicherweise in Fläche pro Person (z.B. m<sup>2</sup>/PAX) angegeben. Ähnlich erfolgt die Angabe der Belastung an Abfertigungseinrichtungen. Hier kommt als Parameter die Anzahl der Personen pro Zeiteinheit (z.B. PAX/h) zur Anwendung.

Einen Überblick über typische Kenngrößen und ihre Bezugsparameter gibt TAB 1. Die Auflistung in TAB 1 ist vereinfacht. Je nach Bezugsparameter handelt es sich hier um den Einzel-, Mittel- oder Maximalwert. So ist die Wartezeit eines Passagiers ein Einzelwert, während für eine Abfertigungseinrichtung üblicherweise der Mittel- oder Maximalwert bestimmt wird.

Im Gegensatz zu Abfertigungseinrichtungen, für die mit Hilfe von analytischen Modellen die Aufenthaltszeit bestimmt werden kann, ist dies im Fall der Gehzeiten unter Beachtung des Belegungsgrades der Bewegungsflächen nicht direkt möglich. Die Anwendung von analytischen Modellen zur Ermittlung der Gehzeiten der Passagiere ist wesentlich komplexer und aufwendiger. An dieser Stelle liegt ein deutlicher Vorteil in der Anwendung von Passagierflusssimulationen. Unter der Voraussetzung, dass die Parameter für die Beschreibung des Bewegungsverhaltens für das Simulationsmodell korrekt vorgegeben werden, ist es möglich Aussagen über Laufwegzeiten flexibel für verschiedene Szenarien zu bestimmen.

	PAX / PAX-Gruppen	Einrichtungen	Räume / Flächen
Wartezeit	x	x	
Warte-schlangen-länge		x	
Aufenthaltszeit	x	x	
Flächenbelastung		x	x
Laufweg-länge	x		
Laufwegzeit	x		
Auslastung		x	
Durchlaufzeit	x		

TAB 1. Kenngrößen Passagierabfertigung

#### 4. WHAT-IF SIMULATION

Die Arbeit mit einer sogenannten What-If Simulation verfolgt zwei Ziele. Zum einen sollen mit Hilfe der Simulation die Möglichkeiten der Passagierführung in Bezug auf das Konzept und die Steuerungsparameter untersucht werden. Die Untersuchung soll anhand verschiedener Szenarien erfolgen, die in der Simulation implementiert werden. Bei der Beschreibung der Szenarien sind typische Störungssituationen zu berücksichtigen.

Die What-If Simulation nutzt als Simulationsumgebung eine Kombination aus den Programmen TOMICS<sup>2</sup> und Powersim. TOMICS ist eine Entwicklung des Deutschen Zentrums für Luft- Raumfahrt (DLR). Es handelt sich dabei um eine mikroskopische Simulation zur Abbildung der Passagierbewegungen im Flughafenterminal [DeB05]. Speziell für die Untersuchung der Steuerung der Passagierführung wurden Erweiterungen vorgenommen. Dies betrifft beispielsweise das Tool *Sensor Simulator* mit dessen Hilfe neue Elemente der Passagierführung (RFID, Kameras) abgebildet werden können. Bei Powersim handelt es sich um eine kommerzielle Software zur makroskopischen Simulation.

Im Rahmen der Untersuchung wird in TOMICS eine Nachbildung der Realität simuliert. Die What-If Entscheidungen werden mit Powersim getroffen. Beide Programme werden über Datenschnittstellen (u.a. *Sensor Simulator*) miteinander verbunden. Die Anwendung der What-If Simulation soll zeigen, ob sie ein geeignetes Tool für die spätere Steuerung der Passagierführung im operationellen Betrieb darstellen kann. Es muss

nachgewiesen werden, dass die What-If Simulation eine realistische Abschätzung der zukünftigen Situation (30-60 Minuten) im Terminalgebäude ermöglicht. Dazu zählt, im Rahmen vorab definierter Parameter (Randgrößen), die Wahl geeigneter Lösungsszenarien in Störungssituationen.

#### 4.1. Steuerung Passagierführung

Hauptziel der Anwendung der What-If Simulation ist die automatische Evaluierung nach der rechtzeitigen Ankunft der Passagiere am Abflug-Gate. Bisher wurde auf Basis einer geschätzten Durchlaufzeit (evtl. auch für das Gepäck) bis zum Abflug-Gate der spätest mögliche Zeitpunkt für die Beendigung des Check-In festgelegt. In der Regel ist dies ein starrer Wert, beispielsweise 25 Minuten, der von der Fluggesellschaft bzw. dem Abfertigungsunternehmen abhängig vom Flughafen festgelegt wird. Für die umsteigenden Passagiere wird vergleichbar einer Mindestdurchlaufzeit die sogenannte Mindestumsteigzeit oder Minimum Connecting Time (MCT) bestimmt.

Nicht nur bei der Planung des Abfertigungsprozesses der Passagiere sondern auch im operationellen Betrieb sind wichtige Parameter zu beachten, von denen die Steuerung beeinflusst oder beschränkt werden kann. Hierzu zählt besonders der Aufbau des Terminalgebäudes. Dieser ist starr und erlaubt nur langfristig Umbauten. Für eine Betrachtung der Terminalprozesse bzw. der Passagierabfertigung müssen jedoch die Randbedingungen, die sich aus der Struktur des Gebäudes ergeben, bekannt sein.

Im Zusammenhang mit der Passagierführung ist daher zwischen zwei Kategorien von Einflussgrößen zu unterscheiden. Die erste Kategorie sind die passiven Größen. Diese sind nicht oder nur schwer kurzfristig veränderbar. Im Rahmen der Passagierführung werden sie als starre Randbedingungen gesehen, die nicht beeinflusst werden können. Zu den passiven Einflussgrößen zählen u.a.:

- das Terminal-Layout,
- die Anzahl der verfügbaren Schalter/Kanäle an den Abfertigungseinrichtungen,
- Vorgaben für den Abfertigungsprozess (z.B. Sicherheit),
- die luftseitige Infrastruktur (räumliche Lage und Art der Abflug-Gates),
- die Technik für die Ausgabe von Informationen,
- der Flugplan (auch mit möglichen Verspätungen) sowie
- die Ankunftsverteilung der Passagiere.

Neben den passiven gibt es auch die aktiven Einflussgrößen. Dabei handelt es sich um die Parameter, die veränderbar sind und die im Zusammenhang mit der Führung der Passagiere durch das Terminalgebäude variiert werden können. Aktive Einflussgrößen sind beispielsweise

- das Abfertigungskonzept (Common Use usw.),
- die Anzahl der geöffneten Schalter/Kanäle an Abfertigungseinrichtungen,
- die Wegführung der Passagiere sowie
- das Passagierführungskonzept.

<sup>2</sup> TOMICS - Traffic Oriented Microscopic Simulator

Die Möglichkeit der Beeinflussung bzw. Steuerung der aktiven Einflussgrößen ist zum Teil abhängig von den passiven Einflussgrößen. Ein Beispiel hierfür ist die Anzahl der geöffneten Schalter an einer Abfertigungseinrichtung. Es können nur so viele Schalter überhaupt geöffnet werden, wie maximal an der entsprechenden Einrichtung vorhanden sind. Darüber hinaus ist die Auswahl des Passagierführungskonzeptes auch abhängig von der Technik, die für die Ausgabe von Informationen an die Passagiere zur Verfügung steht.

Bei der Bestimmung der tatsächlichen Ankunftszeit muss außerdem berücksichtigt werden, ob und in welchem zeitlichen Umfang weitere Einrichtungen im Terminalgebäude genutzt werden. Deshalb müssen Nutzung bzw. Aufenthaltszeiten der sekundären und sonstigen Einrichtungen entsprechend der Realität berücksichtigt werden. Das Nutzungsverhalten der sekundären Einrichtungen und der damit verbundene Einfluss auf die Bewegung von Passagieren im Terminalgebäude ist stark abhängig vom jeweiligen Flughafen bzw. Terminalgebäude.

Für die Verknüpfung der Abläufe im Terminal mit der Luftseite und dem Turnaround kommt die sogenannte Aircraft Ready Time (ART) zur Anwendung. Diese definiert sich als Zeitpunkt, zu dem der Boarding-Vorgang abgeschlossen ist, das Flugzeug den Status „ready for Off-Block“ erhält und die Abstellposition verlassen kann. Hierfür muss zusätzlich die Zeit bestimmt werden, die für das Boarding der Passagiere benötigt wird. Die Aircraft Ready Time kann sowohl als Erwartungswert ermittelt werden bzw. ausgehend von einer gewünschten Aircraft Ready Time die Grundlage für Vorgaben an die Passagierabfertigung im Terminal dienen.

## 4.2. Late Passenger

Wie bereits dargestellt, ist für den Turnaround besonders die verspätete Ankunft von Passagieren am Abflug-Gate kritisch. Im Fall der abfliegenden Passagiere wird bei einem verspäteten Fluggast vom sogenannten Late Passenger gesprochen. Mit Blick auf die Passagierführung ist jedoch eine weitergehende Differenzierung des Late Passengers notwendig. Hier ist eine Unterscheidung hinsichtlich der Ursache für die erwartete Verspätung am Abflug-Gate notwendig. Deshalb werden im Rahmen der Arbeit 2 Typen des Late Passenger unterschieden. Es wird differenziert nach

- der verspäteten Ankunft am Flughafen (Late-Pax Typ 1) oder
- der Verzögerung im Rahmen des Abfertigungsprozesses im Terminal (Late-Pax Typ 2).

Im Fall des Late-Pax Typ 1 ist die kritische Größe die Ankunftszeit am Flughafen, während es bei Typ 2 die Durchlaufzeit im Flughafenterminal ist. Daraus ergeben sich auch unterschiedliche Anforderungen an die Passagierführung um der verzögerten Ankunft am Gate entgegen zu wirken. Im Fall der verspäteten Ankunft am Flughafen ist die Aufgabe der Passagierführung eine Steuerung einzelner Passagiere im Abfertigungsprozess am Flughafen mit dem Ziel die Durchlaufzeit nach Möglichkeit zu verringern. Im 2. Fall, bei dem eine Verzögerung des Passagiers erst im Rahmen des Abfertigungsprozesses am Flughafen entsteht, ist die

Aufgabe die Steuerung bzw. der Eingriff in die Abfertigungsprozesse im Allgemeinen.

## 4.3. Störungen

Bei der Abfertigung der Passagiere in einem Flughafenterminal kann es zu Abweichungen vom regulären Betrieb kommen. Im Rahmen der Arbeit werden Abweichungen vom regulären bzw. geplanten Betrieb als Störung bezeichnet. Aufgrund der komplexen Struktur eines Terminalgebäudes sowie des Abfertigungsprozesses mit seinen technischen Einrichtungen, ist eine Vielzahl an unterschiedlichen Störungsszenarien möglich. Dabei gibt es Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen bestimmten Störungen bzw. Abweichungen. Mit Hilfe der systematischen Beschreibung von denkbaren Störungsszenarien soll eine spätere Untersuchung mittels Simulation ermöglicht werden.

Die Gründe für eine Beeinflussung der Abläufe im Flughafenterminal können sowohl innerhalb als auch außerhalb des Gebäudes liegen. Ein typisches Beispiel für eine Störung, die ursächlich außerhalb des Terminalgebäudes liegt, wäre beispielsweise das Wetter. Dadurch kann sowohl die Anreise der Passagiere zum Flughafen, die Ankunftszeit der Flugzeuge sowie deren Abfertigung auf dem Vorfeld beeinflusst werden. Dabei handelt es sich um Auswirkungen, die wiederum den Ablauf der Terminalprozesse beeinflussen können. Darüber hinaus kann auch die Vorgabe eines Slots (Abflugszeit) die Standzeit des Flugzeugs auf der Abstellposition verlängern.

Generell ist die Darstellung der Auswirkungen und Zusammenhänge bei Störungssituationen sehr komplex und abhängig von der Größe und Struktur des Terminalgebäudes. In einem ersten Schritt sollen deshalb Ursachen für Störungen sowie deren mögliche Auswirkungen aufgelistet werden.

Ausgangspunkte für Störungssituationen können sein:

- (schlechte) Witterungsbedingungen/Wetter
- Technik Flugzeug (Defekt/Probleme)
- Personelle Besetzung von Abfertigungseinrichtungen
- Herrenloses Gepäckstück
- Technik Terminalgebäude
- Feueralarm

Daraus resultierende mögliche Auswirkungen bzw. Störungen im Terminalbetrieb und dem Abfertigungsprozess sind folgend aufgelistet:

- Verspätete Ankunft PAX
- Schließung/Ausfall von Abfertigungseinrichtungen
- Änderung der Position (räumlich) von Abfertigungseinrichtung (Check-In Schalter, Gate-Change)
- Ausfall/Streichung von Flügen
- Verspäteter Flugzeugumlauf / Verzögerung Ankunft (On-Block-Time)
- Längere Belegung von Abfertigungseinrichtungen (Gate, Check-In)
- Höhere Belastung an Abfertigungseinrichtungen (Ticket-Counter, Check-In)
- Sperrung bzw. eingeschränkte Nutzung von Bewegungsflächen und Durchgängen

Dabei ist zu beachten, dass die dargestellten Auswirkungen bzw. Abhängigkeiten nicht zwingend auftreten müssen, sondern vom Umfang der jeweiligen Situation bedingt werden. So muss beispielsweise die Schließung bzw. Blockade von Terminalflächen nicht zwangsläufig auch eine Beeinträchtigung an den Abfertigungseinrichtungen mit sich bringen. Darüber hinaus haben Ereignisse, die keine Störung im eigentlichen Sinn bedeuten, einen Einfluss auf den Abfertigungsprozess der Passagiere. So kann schon die betriebsbedingte kurzfristige Änderung des Abflug-Gates dazu führen, dass es zu Verzögerungen bei der Ankunft der Passagiere am Gate kommt. Hauptgrund hierfür liegt in der Zeit, die für die Informationsweitergabe an die Passagiere und deren Neuorientierung notwendig ist, sowie der geänderten Laufzeit.

Die Betrachtung, abweichend von Begriff Störung im eigentlichen Sinn, kann noch weiter geführt werden. Mit Bezug auf die Praxis sowie der Zufriedenheit der Passagiere während ihrer Reise und dem damit verbundenen Abfertigungsprozess, kann die Unterschreitung festgelegter Qualitätskriterien (z.B. Level of Service) ebenfalls als Störung aufgefasst werden. Besonders aus Sicht der Fluglinien, v.a. den Netzwerk-Carriern, sind Situationen, in denen definierte Qualitätsparameter nicht eingehalten werden können, zu vermeiden. Die Festlegung von Qualitätsparametern soll aus Sicht des Flughafenbetreibers und der Fluggesellschaften eine hohe Zufriedenheit der Passagiere gewährleisten. Typische Parameter nach denen die Qualität an Abfertigungseinrichtungen sowie auf Bewegungsflächen beschrieben werden kann, sind beispielsweise

- die Flächenbelastung,
- die durchschnittliche bzw. maximale Wartezeit oder Warteschlangenlänge,
- die Anzahl zur Verfügung stehender Sitzplätze im Gatebereich

Typische Kriterien für die Bewertung der Qualität speziell in Flughafenterminals anhand dieser Parameter liefert die International Air Transport Association (IATA) [IA89, IA95].

Bei der Betrachtung von Störungsszenarien können Qualitätskriterien in zweierlei Hinsicht von Bedeutung sein, da so nicht nur definiert werden kann, ob eine Störungssituation vorliegt, sondern auch welchen Grad der Schwere sie besitzt.

Grundsätzlich ist bei der Beschreibung von Störungen dagegen eine Unterscheidung notwendig, ob es sich bei der Beeinträchtigung um eine Abfertigungseinrichtung oder eine Terminalfläche handelt. Abhängig davon, ob sich auf einer Terminalfläche Einrichtungen befinden bzw. welcher Art die Störung ist, kann dadurch eine Auswirkung auf die dort befindlichen Einrichtungen möglich sein.

Wesentliche Elemente für eine Beschreibung von Störungen, die eine Terminalfläche betreffen sind:

- die Position
- die räumliche Ausdehnung
- die Auswirkung auf (Abfertigungs-)Einrichtungen
- Veränderung bei der Bewegung von Personen
- kein Durchgang möglich
- Veränderung der angestrebten Gehgeschwindigkeit

- Zeitpunkt bzw. Dauer

Für die systematische Beschreibung von Störungen an Abfertigungseinrichtungen sind folgende Parameter notwendig:

- Bezeichnung (Nummer Schalter/Counter, Gate)
- Einschränkung der Abfertigungsleistung
- keine Abfertigung
- reduzierte Abfertigungsrate
- Zeitpunkt bzw. Dauer

Neben diesen direkten Einschränkungen der Passagierabfertigung, sind weiterhin kurzfristige Änderungen im operationellen Betrieb möglich, wie beispielsweise die Änderung des Abflug-Gates.

Die hier vorgestellte Arbeit findet im Rahmen des Projektes „Wettbewerbsfähiger Flughafen“ (WFF) des 4. Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo IV) statt. Für die gesamtheitliche Betrachtung des Flughafens in Kombination mit anderen Teilprojekten, die sich inhaltlich mit der Abfertigung des Flugzeuges auf dem Vorfeld des Flughafens befassen, erfolgt die Untersuchung auf Basis eines realen Verkehrstages. Gemeinsame Grundlage bildet dabei der Flugplan mit den geplanten und den tatsächlichen Flugzeiten. Die Anwendung des Flugplans erlaubt die Berücksichtigung von Störungen, die ihre Ursache auf der Luftseite haben. So wird beispielsweise die Ankunft der Passagiere in der Simulation anhand der geplanten Flugzeit generiert. Für den Abflug hingegen ist die tatsächliche Abflugszeit relevant.

Darüber hinaus steht im Terminal die Führung der Passagiere in Störungssituationen aus Sicht der Fluglinie im Vordergrund. Dies spiegelt sich in der Entwicklung der Störungsszenarien wider, die ein Bestandteil der Untersuchung sind. Von besonderer Bedeutung sind hier der Ausfall bzw. die Sperrung von Abfertigungseinrichtungen und Terminalflächen. Darüber hinaus kann eine Veränderung der Abfertigungszeiten aufgrund von technischen oder organisatorischen Gründen als Störung betrachtet werden.

## 5. AUSBLICK

Aufbauend auf den bisher entwickelten Bestandteilen für eine Steuerung der Passagiere im Terminalgebäude mit Blick auf den Turnaround Prozess erfolgt in der weiteren Arbeit unter Anwendung von Simulation ein Test der Funktionsweise. Hierfür werden geeignete Szenarien definiert, die verschiedene Elemente der Passagierführung beinhalten und anzunehmende Entwicklungsschritte darstellen. Anhand der What-If Simulation der Szenarien kann auch die Wirksamkeit der allgemeinen bzw. individuellen Passagierführung bestimmt werden.

Die Steuerung der Passagiere als Bestandteil des Total Airport Management gewinnt zunehmend an Bedeutung. Im Rahmen des Projektes WFF soll die What-If Simulation als mögliches Element eines sogenannten Airline Operations Center (AOC) abgebildet werden. Eine spätere Anwendung im operationellen Betrieb setzt die Implementierung eines AOC am betreffenden Flughafen voraus.

Die Arbeiten im Projekt WFF von LuFo IV laufen noch bis Anfang 2010. Aus diesem Grund sind Ergebnisse und Aussagen über die Funktionsweise der What-If Simulation erst Ende des Jahres verfügbar. Deshalb kann im Rahmen dieser Veröffentlichung noch kein Bezug drauf genommen werden.

Neben der Anwendung im taktisch-operationellen Bereich kann die What-If Simulation auch als Planungstool im strategischen Bereich eingesetzt werden. Denkbar ist der Einsatz bei der Bedarfsermittlung für Ressourcen und Personal im Abfertigungsprozess.

Ein wichtiges Aufgabenfeld für die Anwendung der What-If Simulation ist die Bestimmung der Auswirkungen, die sich durch den Einsatz neuer Entwicklungen im Bereich der Passagierabfertigung ergeben. Besonders die zunehmende Automatisierung sowie neue technische Möglichkeiten und Verfahren im Bereich der Passagierabfertigung beeinflussen beispielsweise die Ankunftszeit der Passagiere am Flughafen oder den Durchsatz einzelner Abfertigungseinrichtungen [Fay08]. Ein Beispiel hierfür ist der Off-Airport Check-In [AC07, TRB08].

## LITERATUR

- [AC07] ACARE: „CDM Landside Modelling – Project Phase 2: ACARE Scenarios”; EEC Report No.4/07; Eurocontrol Experimental Centre, Bretigny-sur-Orge Cedex; 2007
- [As92] Ashford, N.; Wright, P.: „Airport Engineering“, 3<sup>rd</sup> Edition; Wiley Interscience, New York; ISBN 0-471-52755-6; 1992
- [As97] Ashford, N.: „Airport Operations“, 2<sup>nd</sup> Edition; McGraw-Hill, New York; ISBN 0-07-003077-4; 1997
- [Ba02] Baus, J.; Krüger, A.; Wahlster, W.: „A Resource-Adaptive Mobile Navigation System“; Department of Computer Science, Saarland University
- [Br07] Brennan, P.: „RFID-Tag and Video Passenger Location in Airports“; in Journal of Airport Management, Vol. 2 No. 1, pp. 56-66, ISSN 1750-1938; London; 2007
- [Co05] Correia, A.R.: “Evaluation of Level of Service at Airport Passenger Terminals”; PhD Thesis; University of Calgary; 2005
- [DeB05] Deutschmann, A.; Bernhard, D.: “Passagierführung im Terminal - Mikroskopische Simulation des Übergangs von Passagieren vom Terminal in einen Bus und umgekehrt“; in Mobil sein - mobil bleiben, pp. 25-33; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln; 2005
- [Dem00] Dempsey, Dr. P. S.: „Airport Planning and Development Handbook“; McGraw-Hill, New York; ISBN 0-07-134316-4; 2000
- [Deu02] Deubzer, E.-M.: "Die Ordnung im Kopf- Begriffliche Wissensstrukturen zur Entwicklung benutzerorientierter Anordnungen von Funktionen im Raum“; PhD-Thesis, Technische Universität München; 2002
- [Fah00] Fahlbusch, E.: „Modellierung von Passagierströmen in Flughafenterminalgebäuden“; Dissertation, Technische Universität Berlin; Verlag Dr. Köster, Berlin; ISBN 3-89574-377-1; 2000
- [Fay08] Fayez, M.S.; Kaylani, A.; Cope, D.; Rychlik, N.; Mollaghaseemi, M.: “Managing airport operations using simulation”; in Journal of Simulation Vol. 2, No. 1, March 2008, pp. 41-52; Palgrave Macmillan Journals; Basingstoke; ISSN 1747-7778; 2008
- [Fr87] Fruin, John J.: „Pedestrian Planning and Design“ (Revised Edition); Elevator World Inc., Mobile, USA; 1987
- [Ha91] Hart, W.: „The Airport Passenger Terminal“; Krieger Publishing Company, Malabar; ISBN 0-89464-612-5; 1991
- [IA89] IATA – International Air Transport Association: „Airport Terminals Reference Manual“ 7<sup>th</sup> Edition; Montreal, ISBN 92-9035-194-2; 1989
- [IA95] IATA – International Air Transport Association: „Airport Development Reference Manual“; Montreal, ISBN 92-9035-729-0; 1995
- [IC02] ICAO – International Civil Aviation Organisation: „Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation - Security“; 7<sup>th</sup> Edition; Montreal; 2002
- [Ke08] Kerler, K.: „Neukonzeption eines Systems zur Information und Wegweisung von Personen in Flughafenterminalgebäuden“; Diplomarbeit, RWTH Aachen – Lehr- und Forschungsgebiet Flughafenwesen und Luftverkehr, Aachen, 2008
- [Ko07] Kogan, Borys: „Dynamische Beschilderung in der Flughafen-Metapher“; Studienarbeit; HAW Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg; 2007
- [Mc05] McCoy, T.M.: “RFID for Airport Security and Efficiency”; in Proceedings of IEE Seminar on Signal Processing for Homeland Security, pp. 8/1-8/7; London; 2005
- [Ra01] Raubal, M.: "Agent-Based Simulation of Human Wayfinding"; PhD-Thesis; Technische Universität Wien; 2001
- [Sa05] Sauty, A.: “Passenger Rights – Boarding Pass using Radio Frequency Identification”; 4<sup>th</sup> Eurocontrol Innovative Research Workshop, Eurocontrol Experimental Centre; Bretigny-sur-Orge; 2005
- [TRB08] Airport Cooperative Research Program Report 10: “Innovations for Airport Terminal Facilities”, Transportation Research Board, Washington, ISBN 978-0-309-11762-3, 2008
- [We03] Wells, A.; Young, S.: „Airport Planning & Management“; McGraw-Hill, New York; ISBN 0-07-141301-4; 2003