

# GENERISCHE TERMINALMODELLE

## Simulationen Landseitiger Terminalprozesse

K. Büker und S. Kellner, Flughafenwesen und Luftverkehr, RWTH Aachen,  
52074 Aachen, Deutschland

H. Appel, Institut für Luft- und Raumfahrt, RWTH Aachen, 52062 Aachen, Deutschland

T. Alers, Flughafenwesen und Luftverkehr, DLR, 51147 Köln, Deutschland

### Zusammenfassung

Die Anschaffung neuartiger Technologien für die Abfertigung von Passagieren ist für Flughäfen mit hohem Ressourceneinsatz verbunden. Eine Möglichkeit die Auswirkungen auf den Passagierfluss abzuschätzen stellt die Simulation des Terminals dar. Im vorliegenden Paper stellen die Autoren eine Methode vor, mit Hilfe derer ein generisches Terminalmodell entwickelt werden kann um damit eine Verallgemeinerung von Simulationsergebnissen zu ermöglichen. Dieses Modell beruht auf einem 3-Ebenen-Ansatz, der unterschiedliche Abstraktionsgrade der Terminalprozesse in einer Passagiersimulation miteinander verknüpft.

## 1. EINLEITUNG

Simulationen sind heute ein weitverbreitetes und nicht mehr wegzudenkendes Hilfsmittel bei der Untersuchung von Flughafenterminalprozessen. Gewöhnlich werden hierfür die betrachteten Terminalgebäude detailgetreu in einer Simulationsumgebung nachgebildet, um zuverlässige Aussagen zu den geplanten Veränderungen gewinnen zu können. Ein schnelles und einfaches Übertragen der zu untersuchenden Änderung in eine alternative Terminalumgebung ist aufgrund der Detailtiefe der Modelle jedoch nur schwer möglich.

Das im Folgenden vorgestellte Modell beruht auf einem 3-Ebenen-Ansatz, der unterschiedliche Abstraktionsgrade einer Passagiersimulation miteinander verknüpft. Im Falle der abfliegenden Passagiere bildet die Cockpit-Ebene das Terminal lediglich als Verkettung der Prozesse Ankunft bis Boarding ab. Die Infrastruktur-Ebene bietet in Form eines Baukastens unter anderem die Darstellung der Layouts von Check-In-Schaltern und Passkontrollstellen an. Der geringste Abstraktionsgrad wird schließlich in der Cellview-Ebene erreicht, die die einzelnen Prozessschritte an definierten Punkten im Terminal erfasst. Hierzu zählen insbesondere die Sicherheitskontrollstellen. Somit ist es mithilfe dieser drei Ebenen möglich, verschiedene Terminalkonfigurationen und Abfertigungskonzepte abzubilden als auch lediglich einzelne Abfertigungsstationen zu betrachten.

Der Anwender des generischen Terminalmodells wird so in die Lage versetzt, die Wirksamkeit der zu untersuchenden Lösungsansätze schnell in verschiedenen Terminalumgebungen zu bewerten, ohne gezwungen zu sein, ein umfangreiches Modell aufzubauen. Hilfreich ist dies vor allem für Entwickler und Hersteller von Geräten, die an den verschiedenen Abfertigungsstationen eingesetzt werden, um die Wirksamkeit ihrer Produkte bei unterschiedlichen Kunden beurteilen zu können. Des Weiteren können Flughäfen die Kombination von Änderungen an mehreren Stellen der Prozesskette bewerten und integrierte Lösungen entwickeln.

## 2. LITERATURÜBERBLICK

Dieses Kapitel fasst die Abfertigungsprozesse im Terminal zusammen und gibt im Anschluss daran einen kurzen Überblick zu aktuellen Forschungsprojekten und Simulationen als Analysewerkzeug. Abschließend werden die Vor- und Nachteile generischer Terminalmodelle beleuchtet.

### 2.1. Terminalprozesse

Flughafenterminalgebäude dienen primär den Reisenden als Umsteigegebäude vom und zum Luftverkehr. Je nachdem ob der Reisende am Flughafen abfliegt, ankommt oder umsteigt, ist er gezwungen, im Terminal verschiedene Abfertigungsstationen zu durchlaufen. Im Fall eines abreisenden Passagiers gliedert sich die Abfertigung vom Zeitpunkt des Betretens des Terminals auf der Landseite bis zum Verlassen auf der Luftseite klassisch in die folgende Prozesskette auf:

- Check-In
- Bordkartenkontrolle
- Sicherheitskontrolle
- ggf. Passkontrolle
- Boarding

Zur Beschleunigung der Abfertigung und zur Erhöhung des Komforts bzw. der Sicherheit der Passagiere unterliegen die einzelnen Prozessschritte einer dauernden Optimierung und Anpassung. Exemplarisch werden im Folgenden drei Projekte vorgestellt, deren Fokus auf der Passagierabfertigung auf der Flughafenlandseite liegt.

### 2.2. Initiativen und Projekte

Das Ziel der Prozessoptimierung im Flughafenterminal mit Hilfe von Simulationen wurde im Projekt „Logistieke Ontwikkeling Terminal“ (LOT) aus operativer Sicht verfolgt [1]. Objekt der Analyse war hier der Flughafen Amsterdam Schiphol, nach dessen Infrastruktur und Verkehrsstruktur eine Modellierung aufgebaut worden ist. Ziel des Projektes war es dort logistische Engpässe zu analysieren und prozessintegrierte Lösungen zu liefern, welche auch

die Entscheidungsfindung für zukünftige Entwicklungen unterstützt. Es wurde weiterhin eine methodische Kompatibilität zu zukünftigen Projekten angestrebt, die sich auch durch eine Wiederverwertbarkeit der Modellierungswerkzeuge ausdrückt. Zur Begründung der Anwendung von Simulationen als optimale Methode der Engpassanalyse werden verschiedene Argumente geliefert:

- Prozessinterdependenzen innerhalb der Prozesskette
- Dynamik in Hinblick auf Verkehrsspitzen
- Szenarienentwicklung und zukünftige Entwicklungen
- Integrierte Evaluierung

Die Simulation betrachtete in verschiedenen Szenarien die Prozesse und konnte so das Entstehen von Engpässen analysieren. Experimentell sind Kombinationen optimierender Lösungen simuliert worden mit dem Ergebnis, dass sowohl Verbesserungsansätze gefunden werden konnten aber auch Prozessverschlechterungen eingetreten sind.

Der Ansatz in LOT zeigt die Möglichkeiten der Modellierung auf, beschränkt sich in seiner Analyse jedoch auf einen existierenden Flughafen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Flughäfen ist demnach eingeschränkt.

Das „Simplifying Passenger Travel (SPT)“ Programm verfolgt das Ziel sowohl die Sicherheit im Luftverkehr zu steigern als auch gleichzeitig das Reiseerlebnis der Passagiere zu erhöhen [2]. SPT konzentriert sich dabei auf neue Möglichkeiten des Einsatzes von Biometrie. Die Reisenden können ihre persönlichen und für die Reise relevanten Daten einmalig speichern und brauchen dann im weiteren Verlauf der Reise ihre Papiere nicht wiederholt kontrollieren zu lassen. Für Passagiere, die ihre Daten nicht hinterlegen möchten und somit für das System als „unbekannte Reisende“ zählen, stehen durch die entfallenden Kontrollen der „bekannten Reisenden“ größere Abfertigungskapazitäten zur Verfügung. Dementsprechend durchlaufen die „unbekannten Reisenden“ die klassische Abfertigungskette während die „bekannten Reisenden“ den veränderten „Idealen Prozessfluss“ durchlaufen.

Die „Aeronautic Study on Seamless Transport (ASSET)“ ist ein Forschungsprojekt innerhalb des 7. Europäischen Forschungsrahmenprogramms. Das Ziel von ASSET ist es die Passagierabfertigungsprozesse zu beschleunigen und deren Dauer vorhersagbarer zu gestalten [3]. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Abfertigungsstationen im Detail beleuchtet, Bottlenecks analysiert und Lösungsansätze erarbeitet. Diese einzelnen Lösungen werden mittels Simulation auf ihre Wirksamkeit untersucht. Dies geschieht sowohl in einem Referenzmodell eines Hub- wie auch eines mittelgroßen Flughafens. In einem weiteren Schritt werden die einzelnen Lösungen zu integrierten Lösungsansätzen kombiniert und wieder mit Hilfe von Simulationen in denselben Referenzmodellen untersucht und bewertet.

### 2.3. Simulation der Landseite

Die Erprobung einer Veränderung eines Abfertigungsschrittes in der Realität kann unter Umständen mit hohen Kosten und operationellen Risiken verbunden sein. Um diese Risiken so gering wie möglich

zu halten, werden geplante Änderungen vor der Umsetzung am realen Objekt mit Hilfe von Simulationen untersucht. Signifikante Vorteile der Simulation liegen in der Möglichkeit zur Untersuchung real nicht existierender Systeme, real existierender Systeme ohne direkten Betriebseingriff und der Betrachtung mehrerer Gestaltungsvarianten bei geringem Arbeitsaufwand. Simulationsstudien helfen dabei, die Planung von Systemen und Prozessen abzusichern und zu verbessern [4]. Für die Durchführung von Simulationsstudien zu Flughafenterminalprozessen existieren zahlreiche hoch spezialisierte Softwaretools.

Die Multi-Agenten-Flughafen-Simulationssoftware „CAST Terminal“ vom ARC Aachen bietet die Möglichkeit die Prozesse und Abläufe im Terminalgebäude detailliert dreidimensional abzubilden und zu analysieren. Hierfür wurde ein realistisches Passagierflussverhalten in der Software hinterlegt. Zur Durchführung von Planungs- und Kapazitätsstudien werden durch den Nutzer die gesamte oder auch nur Teile der Infrastruktur in der Software implementiert [5].

Der „Traffic Oriented Microscopic Simulator (TOMICS)“, welcher vom Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt wurde, ist eine Simulationssoftware zur Modellierung einzelner Passagierbewegungen in Flughafenterminalgebäuden [6]. TOMICS ermöglicht die Abbildung aller Verkehrsprozesse im Terminalbereich. Die Modellbildung beruht dabei auf einer elementaren Struktur von Basiselementen der Verkehrssystemtheorie. Die Bewegungen der Passagiere werden auf Konflikte geprüft und durch eine permanent zeitschrittbezogene Berechnung der Richtung und Gehgeschwindigkeit im definierten Raum simuliert. Zur Durchführung von Simulationsstudien werden durch den Nutzer in einem ersten Schritt Räume und Hindernisse implementiert, die die Infrastruktur des untersuchten Terminalgebäudes wiedergeben. In einem zweiten Schritt werden Quellen und Senken in den Räumen angeordnet, zwischen denen die Passagierbewegungen stattfinden. Mittels einer dynamischen Quelle-Senke-Matrix ist es dann möglich jederzeit während des Simulationslaufs auf den Verkehrsfluss Einfluss zu nehmen.

Beiden vorgestellten Softwaretools ist gemein, dass die Simulationsuntersuchungen im Rahmen der implementierten Infrastruktur des zu untersuchenden Flughafenterminalgebäudes ablaufen. Möchte der Anwender nun eine Veränderung an einem Abfertigungsprozess in einer alternativen Terminalumgebung auf ihre Wirksamkeit untersuchen, ist er gezwungen, eine neue Simulationsumgebung aufzubauen. Dieser Arbeitsschritt ist in Abhängigkeit des Detaillierungsgrades des Modells mit einem mitunter hohen zeitlichen Aufwand verbunden. Zur Vermeidung dieses Problems, wurden bereits in der Vergangenheit generische Terminalmodelle entwickelt.

### 2.4. Generische Modelle

Mit dem Ziel ein generisches Terminalmodell zu erstellen, stößt man schnell auf das Problem eine geeignete Herangehensweise zu finden. Zwar sind die innerhalb des Terminals ablaufenden Abfertigungsprozesse an jedem Flughafen nahezu identisch, jedoch hat auch die Form der

Gebäude, innerhalb welcher sich die Prozesse abspielen, einen großen Einfluss auf die Verkehrsflüsse. Bei mittelgroßen Flughäfen ist häufig eine vorherrschende Terminalkonfiguration klar erkennbar. Trotzdem bleibt die Herausforderung die verschiedenen Terminalkonzepte, wie

- Linearkonzept
- Fingerkonzept
- Satellitenkonzept
- Transponderkonzept (Open Apron)
- Kompaktmodulkonzept

in einem einzelnen generischen Modell miteinander zu verbinden. Bei europäischen Hubflughäfen kommt erschwerend hinzu, dass deren heutige vorhandene Infrastruktur der verschiedenen Terminalgebäude aus individuell und häufig chaotisch gewachsenen Strukturen besteht.

In [7] entwickeln Neufville et al. einen Ansatz, der die oben beschriebenen Schwierigkeiten umgeht. Dieses Modell, welches der Untersuchung von Terminalkonfigurationen aus Passagiersicht dient, beruht auf dem einfachen Prinzip der Matrizenmultiplikation. Mithilfe einer „Passagier-Widerstands-Matrix“ lässt sich die Wirkung eines Terminalkonzepts ausgedrückt in Wegweiten beschreiben. Dabei wird die Passagier-Widerstands-Matrix durch Multiplikation zweier Quelle-Senke-Matrizen, einer „Widerstandsmatrix“ und einer „Flussmatrix“, gebildet. Die Widerstandsmatrix enthält dabei den Widerstand, meist ausgedrückt in Form der tatsächlichen Entfernung in Metern um von einer Quelle zu einer der möglichen Senken zu gelangen. Die Widerstandsmatrix gibt somit die vorhandene Terminalgeometrie wieder. Die Flussmatrix hingegen enthält die Anzahl der Reisenden, die sich zwischen den einzelnen Quelle-Senke-Relationen bewegen. Durch Ausmultiplizieren der beiden Matrizen erhält man die Passagier-Widerstandsmatrix, aus der die Widerstände zwischen den einzelnen Quelle-Senke-Beziehungen, gewichtet durch die Anzahl Passagiere auf dieser Relation, abgelesen werden können. Mithilfe dieses Verfahrens lässt sich einfach die mittlere Fußwegentfernung je Passagier ermitteln, die unter der längst möglichen Quelle-Senke-Entfernung und auch meist unter der gemittelten Quelle-Senke-Entfernung liegt.

Völlig unabhängig von der Terminalgeometrie ist es so einfach möglich, ohne gezwungen zu sein eine detaillierte Simulationsstudie durchzuführen, durch Verändern der Widerstandsmatrix verschiedene Terminalkonzepte zu untersuchen. Durch Verändern der Flussmatrix kann einfach der Einfluss unterschiedlicher Transferpassagieranteile und die Wirkung verschiedener Gateallokationen betrachtet werden.

Wie bereits dargestellt, ist das beschriebene Modell darauf zugeschnitten, die Wegweiten der Passagiere in der Summe zu minimieren und entsprechend Flugzeuge, zwischen denen Umsteigevorgänge stattfinden, optimal zu positionieren. Eine Untersuchung der einzelnen Prozesse bzw. Veränderungen im Abfertigungsprozess kann dieser Ansatz jedoch nicht leisten.

### 3. VORGEHEN

Aufbauend auf der Analyse der existierenden generischen

Terminalmodelle und der beschriebenen Nachteile wird im Folgenden ein neuer 3-Ebenen-Ansatz entwickelt. Bevor im Detail auf die einzelnen Ebenen eingegangen wird, werden zentrale Begriffe definiert und notwendige Vorarbeiten aufgezeigt.

#### 3.1. Definitionen

Wesentliche Begriffe, die Bestandteil der Methode sind, werden nachstehend definiert und erläutert. Als Beispiel dient jeweils der Check-In.

POA: Point of Activity. Dieser Begriff bezieht sich auf Stationen im Abfertigungsprozess, an denen der Passagier aktiv in den Prozess eingebunden wird. Ein Beispiel ist der Check-In am Flughafen.

Abfertigungsstation: Dieser Begriff bezeichnet den POA an einem bestimmten Ort im Terminal. Ein Terminal mit gruppierten Check-In Automaten und Check-In Schaltern hat demnach zwei Abfertigungsstationen für den Check-In.

Bedienkanal: Dieser Begriff bezeichnet eine abgrenzbare Einheit einer Abfertigungsstation, die ein einzelner Passagier durchlaufen kann. Ein Check-In Automat ist ein Beispiel hierfür.

Aufgabe/Handgriff: Diese Begriffe werden benutzt um die Tätigkeiten innerhalb eines Bedienkanals zu beschreiben. Das Identifizieren des Passagiers am Check-In Schalter per Ausweis ist eine Tätigkeit während des Check-In Prozesses.

#### 3.2. Vorarbeiten

Wesentliche Vorarbeiten für die erfolgreiche Anwendung der Methode umfassen die Festlegung der zu modellierenden Terminals und die Bestimmung relevanter Passagierattribute.

Die Eingrenzung der Terminals folgt der Leitfrage: „Auf welche Terminals sollen die Ergebnisse einer Simulation übertragen werden können?“ Ausgehend davon lassen sich Kriterien ableiten, die die Grundgesamtheit bestimmen, aus welcher dann im Folgenden das generische Terminalmodell gewonnen werden kann. Hilfreiche Kriterien zur Terminalauswahl sind beispielsweise

- Tagesganglinie des Passagieraufkommens,
- Umsteigeranteile,
- Gesamtzahl der Passagiere pro Jahr,
- Nutzfläche des Terminals und
- Hubeigenschaften.

Insbesondere der letzte Punkt hat einen prägenden Einfluss auf die Prozesse an einem Flughafen und sollte daher in jedem Fall betrachtet werden.

Die Dauer und Varianz der Tätigkeiten innerhalb der Bedienkanäle ist nicht bei jedem Passagier gleich. Daher werden Passagierattribute herangezogen, um diese Unterschiede in der Simulation abbilden zu können. Passagiere können mit mehreren veränderlichen und unveränderlichen Attributen ausgestattet sein.

Veränderliche Passagierattribute sind beispielsweise:

- Anzahl der Koffer,
- Besitz der Boardkarte und
- Gruppengröße.

Diese Attribute können sich im Verlauf des Prozesses verändern. Unveränderliche Passagierattribute dagegen, wie zum Beispiel

- Reiseerfahrung,
- Herzschrittmacher und
- Beförderungsklasse

bleiben während der gesamten Abfertigung im Terminal konstant. An jedem POA kann nun jeder Passagierattributkombination ein Wert für die Dauer und Varianz einer Tätigkeit zugewiesen werden.

### 3.3. Cellview-Ebene

Die Cellview-Ebene, die unterste Ebene des Ansatzes, besitzt den höchsten Detaillierungsgrad der drei Ebenen. Hier werden die einzelnen Handgriffe der Abfertigungsprozesse untersucht. Soll der vollständige Abfertigungsprozess des Passagiers im Terminal betrachtet werden, ist je POA ein Bedienkanal im Detail abzubilden. Die Realisierungen der einzelnen Cellview-Betrachtungen je POA sind dabei als vollständig unabhängig zu betrachten. Auf diesem Level ist es daher auch möglich, lediglich einzelne Prozesse losgelöst von anderen Prozessschritten im Detail zu untersuchen. Wegweiten und Entfernungen zwischen den einzelnen POAs bleiben auf dieser Ebene unberücksichtigt. BILD 1 stellt die Handgriffe am Check-In-Schalter dar.

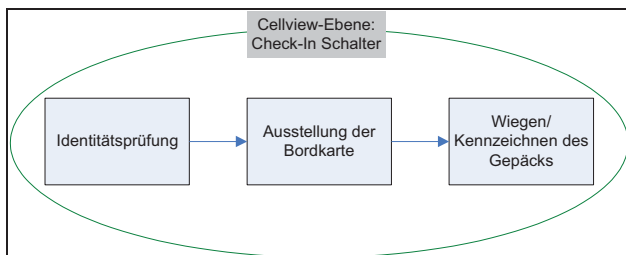


BILD 1. Cellview-Ebene Check-In

Ähnlich einer klassischen Simulationsstudie sind als Eingangsgrößen die einzelnen Handgriffe in Bezug auf ihre Zeitdauer, -varianz und Abhängigkeiten zu erfassen. Dabei legt das Untersuchungsziel fest, in wie viele Tätigkeiten der Prozess herunter zu brechen ist und in wie weit Passagierattribute zu berücksichtigen sind. Anschließend erfolgt die Implementierung der Cellview-Betrachtungen in einer Simulationsumgebung.

Als Ausgangsgrößen der Simulation auf Cellview-Ebene lassen sich unter anderem die Kapazität bei einem gegebenen Passagiermix sowie die Bedienzeit pro Passagiertyp gewinnen. Der letztere Wert dient als Eingangsgröße für die Infrastruktur-Ebene.

### 3.4. Infrastruktur-Ebene

Die Infrastruktur-Ebene bildet einen POA im Detail ab. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Anordnung der Bedienkanäle je Abfertigungsstation. Die Gruppierung von

Bedienkanälen zu Abfertigungsstationen erfolgt anhand des Kriteriums der räumlichen Nähe. Liegen diese soweit auseinander, dass wesentliche Passagierströme unterschieden werden können und diese sich nicht gegenseitig beeinflussen, so sind mehrere Abfertigungsstationen zu erfassen und zu modellieren. BILD 2 verdeutlicht dies anhand von zwei Bereichen mit verschiedenen Layouts. Die Infrastruktur-Ebene betrachtet somit mehrkanalige Bediensysteme. Analog zur Cellview-Ebene sind die Realisierungen der Infrastruktur-Betrachtungen je POA unabhängig voneinander. Auch hier lassen sich einzelne POAs im Detail untersuchen.

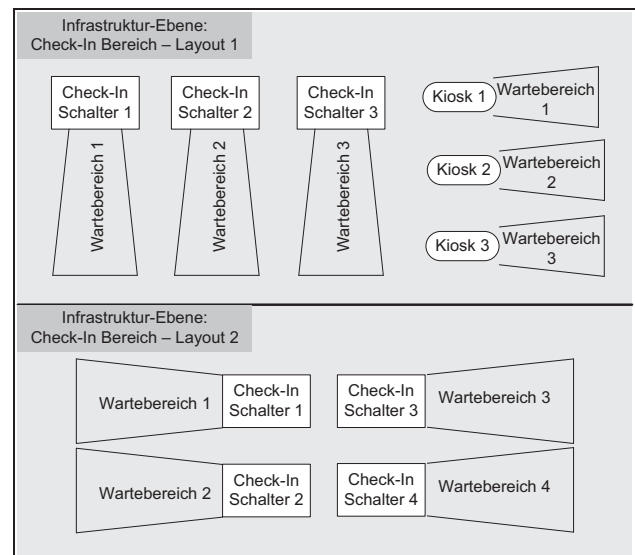


BILD 2. Infrastruktur-Ebene Check-In

Als Eingangsgrößen der Infrastruktur-Ebene werden die Ergebnisse der Cellview-Ebene wie die Bedienzeit pro Passagiertyp verwendet. Zusätzlich werden die Abhängigkeiten der Bedienkanäle untereinander abgebildet. Die Passagierattribute können hier genutzt werden, um die Nutzung bestimmter Bedienkanäle nur Passagieren mit vorgegebenen Attributkombinationen zu erlauben.

Anschließend erfolgt die Implementierung der Infrastruktur-Betrachtungen in einer Simulationsumgebung. Hierbei können auch die bereits in der Cellview-Ebene erstellten Modelle verwendet werden.

Die Ausgangsgrößen der Simulation auf der Infrastruktur-Ebene sind mit denen der Cellview-Ebene vergleichbar. Insbesondere die Kapazität in Abhängigkeit vom Passagiermix ist relevant für die Cockpit-Ebene.

### 3.5. Cockpit-Ebene

Auf der Cockpit-Ebene wird das Terminal im Detail betrachtet. Dabei wird der gesamte Passagierprozess analysiert. Dies geschieht durch Verknüpfung der POAs unter Berücksichtigung der Wegezeiten zwischen den einzelnen POAs. Somit wird in der Cockpit-Ebene die unterschiedliche Positionierung der POAs im Terminal aufgrund der Terminalkonfiguration berücksichtigt. Pro Flughafen liefert die Cockpit-Ebene ein Modell und ermöglicht so einen Vergleich der unterschiedlichen Flughafentypen. Das folgende BILD 3 illustriert die



Abbildung des Check-In innerhalb der Cockpit-Ebene.

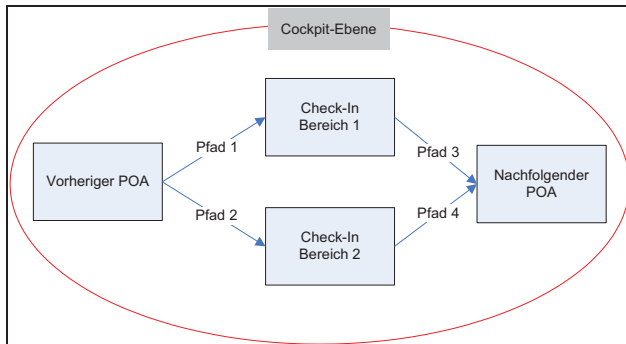


BILD 3. Cockpit-Ebene

Die Eingangsgrößen der Cockpit-Ebene bilden mitunter die Ergebnisse der Simulation auf der Infrastruktur-Ebene. Hierbei wird insbesondere die Kapazität in Abhängigkeit vom Passagiermix benötigt. Desweiteren ist die Aufteilung der Passagiere auf die Abfertigungsstationen je POA festzulegen.

Anschließend erfolgt die Implementierung der Cockpit-Betrachtungen in einer Simulationsumgebung. Hierbei können auch die bereits in der Cellview- und Infrastruktur-Ebene erstellten Modelle verwendet werden.

Als Ausgangsgrößen der Simulation auf der Cockpit-Ebene sind die Durchlaufzeiten pro Passagiertyp in Abhängigkeit vom gewählten Pfad von besonderem Interesse. Sie erlauben eine differenzierte Auswertung der Simulation und eine Bewertung von Veränderungen im Abfertigungsprozess.

## 4. ANWENDUNGSBEISPIEL

Das folgende kurze Anwendungsbeispiel lehnt sich an die bisherigen Analysen im Projekt ASSET an und zeigt, wie die Methode auf mittelgroße Flughäfen anzuwenden ist. Die einzelnen Schritte orientieren sich dabei an der oben vorgestellten Methode.

### 4.1. Vorarbeiten

Das generische Modell soll mittelgroße Flughäfen mit einem linearen Terminal abbilden. Als weitere Einschränkungen sind ein Passagieraufkommen zwischen 5 und 25 Millionen Passagieren pro Jahr sowie einem Umsteigeranteil von weniger als 30 % zu nennen. Somit sind diese Flughäfen vornehmlich für Punkt-zu-Punkt-Verkehre ausgelegt. Bei der Auswertung der Flughäfen in [8] erfüllen 34 Terminals diese Anforderungen. Diese stellen somit die Grundgesamtheit der zu betrachtenden Terminals dar.

Der Einfluss der verschiedenen Passagierattribute wird als Abweichung von Standardwerten erfasst und in Einflussdiagrammen dargestellt. BILD 4 zeigt dieses für den POA Check-In.

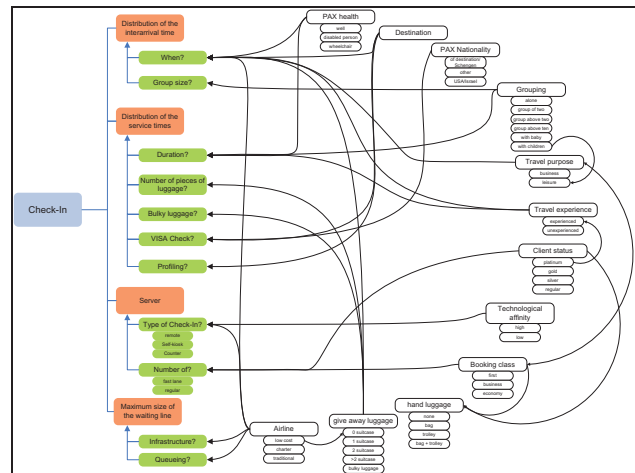


BILD 4. Einflussdiagramm POA Check-In

Die roten Kästchen beschreiben Eigenschaften des POAs, die in einer Simulationsumgebung abgebildet werden können. Dazu gehört insbesondere die Verteilung der Bearbeitungsdauer (im Bild: „Distribution of the service times“). Die grünen Kästchen stellen Parameter dar, die diese Eigenschaften beeinflussen. Die Werte, die die Parameter annehmen können, hängen von den in Weiß dargestellten Passagierattributen ab. Ein solches Einflussdiagramm hilft wesentliche Passagierattribute zu identifizieren, um die Komplexität der Simulation zu verringern. Die Standardwerte und ihre Abweichungen werden innerhalb des Konsortiums durch die Expertise der einzelnen Partner validiert.

### 4.2. 3-Ebenen-Ansatz

In der Cellview-Ebene werden die Bedienkanäle im Detail abgebildet und strukturiert. Im Beispiel des Check-In am Schalter bestehen die Tätigkeiten aus:

- Suche nach dem richtigen Check-In Schalter,
- Identitätsüberprüfung,
- Ausstellung der Boardkarte sowie
- Wiegen und Kennzeichnen des Gepäcks.

Anschließend erfolgt die Umsetzung der Tätigkeiten in einer Simulationsumgebung, die unterschiedliche Zeiten bei gegebenen Passagierattributen berücksichtigt.

Auf der Infrastrukturebene werden die einzelnen Bedienkanäle zusammengefasst und als eine Abfertigungsstation simuliert. Diese Ergebnisse fließen in die Cockpit-Ebene ein. Eine Darstellung der Simulation kann dem folgenden BILD 5 entnommen werden:

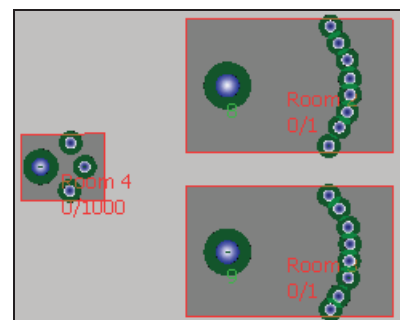


BILD 5. Modell Cockpit-Ebene Check-In

Die roten Räume stellen Grenzen der jeweiligen Prozessschritte dar. Innerhalb der Räume auf der rechten Seite laufen die Passagiere von links nach rechts und können acht unterschiedliche Prozesszeiten erhalten. Jeder Raum bildet einen von zwei räumlich getrennten Check-In-Bereichen ab. Diese basieren auf den Ergebnissen der Infrastruktur-Ebene. Der linke Raum verteilt die Passagiere anhand ihrer Attribute.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorgestellte Methode basiert auf drei Abstraktionsebenen, die die Entwicklung generischer Terminalmodelle unterstützen. Diese ermöglichen es den Detaillierungsgrad der Modelle zu steuern und an die verfügbare Datengrundlage anzupassen. Zunächst wird das Ziel des generischen Modells festgelegt und die relevanten Passagierattribute definiert. Auf Grundlage dieser Vorarbeiten können nun das Terminal auf drei Ebenen modelliert und die Ergebnisse der jeweils nächst höheren Ebene zur Verfügung gestellt werden. Dadurch wird eine Reduktion der Komplexität einer Simulation des kompletten Terminals erreicht, und gleichzeitig der Einfluss von Passagierattributen abgebildet.

Als kritisch ist die hohe Anforderung an die Datenverfügbarkeit einzustufen. Insbesondere die Passagierattribute und Kombinationen dieser sind empirisch nur aufwändig zu erheben. Zudem erfordert das Modell ein hohes Maß an Verständnis der Prozesse am Flughafen, um nur die wesentlichen Elemente zu erfassen und den Ebenenübergang zu ermöglichen.

## 6. AUSBLICK

In weiteren Arbeiten soll der Schwerpunkt auf den Unterschieden zwischen Modellen für Hub- und mittelgroßen Flughäfen liegen. Mit fortschreitender Erfahrung in der Nutzung des Ansatzes soll die Konkretisierung der Datenbeschaffung und Umsetzung der Modellierung präziser gefasst werden.

Neben der generischen Modellierung von Hub- und mittelgroßen Flughäfen kann auch eine Übertragung dieses Ansatzes auf die am Flugzeug-Turnaround beteiligten Prozesse durchgeführt werden. Ähnlich wie bei der Modellierung eines generischen Flughafens werden hierbei die einzelnen Abfertigungsschritte eines Prozesses, wie beispielsweise des Boardings, bis hin zum Zusammenspiel aller am Turnaround beteiligten Prozesse in den verschiedenen Ebenen modelliert. Ziel dieses Vorgehens im Bereich des Flugzeugs ist der bereits erwähnte Vorteil, dass Änderungen an den bestehenden Prozessen und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem mit moderatem zeitlichen Aufwand generiert und simuliert werden können. Durch die Verknüpfung der verschiedenen Modelle miteinander ist eine Simulation des gesamten Passagierflusses vom Betreten des Flughafens bis zum Platz nehmen in der Flugzeugkabine inkl. der passagierbezogenen Gepäckprozesse und Abfertigungsprozesse am Flugzeug möglich. Durch diese Verknüpfung soll der Einfluss einzelner Anpassungen auf die an Flughäfen als auch am Flugzeug ablaufenden Prozesse untersucht werden.

Weiterhin wird die Untersuchung von übergreifenden Problemen möglich. Erreicht beispielsweise ein Flugzeug

mit Transitpassagieren und einer kurzen Umsteigezeit verspätet seinen Zielflughafen, werden hierbei aus beiden Bereichen Prozesse beeinflusst. Dies betrifft im genannten Beispiel erst den Aussteige- und Gepäckausladeprozess der betroffenen Passagiere und deren Gepäck, die ablaufenden, zeitkritischen Prozesse am Transitflughafen und letztendlich die verspäteten Einsteige- und Einladeprozesse am abfliegenden Flugzeug. Dieser interdisziplinäre Ansatz erlaubt eine Untersuchung von Prozessvariationen über die Systemgrenzen des Flughafenterminals oder auch der Flugzeugkabine hinaus, so dass Aussagen über den gesamten Prozessablauf möglich sind.

## 7. DANKSAGUNG

Dieses Manuskript basiert auf Zwischenergebnissen des Projektes ASSET, welches von der Europäischen Kommission und den Projektpartnern kofinanziert wird. Wir bedanken uns bei den Projektpartnern für die Bereitstellung von Daten und die detaillierten Einblicke in Flughafenprozesse aus Sicht der Industrie.

## 8. SCHRIFTUM

- [1] Gatersleben, Michel R.; van der Weij, Simon W. (1999). „Analysis and Simulation of Passenger Flows in an Airport Terminal“, in: Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, edited by P. A. W. Evans et al., <http://www.wintersim.org/prog99.htm>
- [2] SPT (2006). „Ideal Process Flow V2.0“, Simplifying Passenger Travel Interest Group, Montréal (QC), Kanada, 2006.
- [3] ASSET (2010). „Final Detailed Concept“, Konsortium des EC-FP 7 Projektes „Aeronautic Study on Seamless Transport“, Köln, 2010.
- [4] VDI (2000). „VDI Richtlinie 3633 Blatt 1, Simulation von Logistik-, Materialfluss und Produktionssystemen“, Beuth Verlag, Berlin, 2000.
- [5] [http://www.airport-consultants.com/images/download/pl-cast\\_terminal.pdf](http://www.airport-consultants.com/images/download/pl-cast_terminal.pdf) [abgerufen am 29.05.2010]
- [6] Christ, T. (2004). „TOMICS - Mikroskopische Modellbildung des Passagierflusses am Flughafen.“, Projektbericht 112-2004/22, Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum e. V., Braunschweig, 2004.
- [7] Neufville, R. de, Barros, A. G. de und Belin, S. C. (2002). „Optimal Configuration of Airport Passenger Buildings for Travelers“. Journal of Transportation Engineering, Band 128, Ausgabe 3, 2002.
- [8] IATA (2003), „Airport Capacity/Demand Profiles“, International Air Transport Association, Genf, 2003.