

Simulationsmodell für den Vorfeldverkehr

Kurzfassung der Diplomarbeit von Axel Küßner

Der Betrieb eines Flughafens ist heutzutage nicht mehr ohne die Unterstützung von elektronischen Datenverarbeitungssystemen denkbar. Diese Systeme sind nicht nur im täglichen Geschäft von großer Bedeutung, sondern auch für Planungen zukünftiger Veränderungen sowie für Optimierungsprozesse jeglicher Art. Zahlreiche Dienstleister der verschiedenen Teilsysteme des Flughafens verfügen daher über Simulationsprogramme, die als Hilfsmittel für die Optimierung dienen. Der Vorfeldverkehr wurde bisher noch nicht simuliert, obwohl er eine zentrale Funktion für die Abfertigung der Flugzeuge erfüllt. Die derzeitigen Tendenzen, ein Simulationsmodell für den Vorfeldverkehr zu entwickeln, gehen nicht zuletzt auf die Potenziale der Leistungsfähigkeit von Computersystemen zurück, die mittlerweile in der Lage sind, sehr komplexe Zusammenhänge in vertretbarer Zeit und mit vertretbarem Aufwand abzubilden. Vorrangig soll aber zunächst die Lücke geschlossen werden, die momentan bei der Simulation der Teilsysteme des Flughafens klafft.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in den Prozess der Entwicklung eines Simulationsmodells in den Bereich der Grundlagenermittlung ein. Das Ziel ist, Anforderungen zu untersuchen, die an das Simulationsmodell gestellt werden müssen unter der Vorgabe, dass die Simulation des Vorfeldverkehrs mikroskopisch umgesetzt wird.

Versteht man den Entwicklungsprozess des Simulationsmodells als typischen Planungsablauf, ist es zu Beginn erforderlich, Ziele festzulegen. Das maßgebende Ziel für die Entwicklung der mikroskopischen Simulation für den Vorfeldverkehr besteht darin, Hilfsmittel für unterschiedliche Anwendungen zu sein, die von (Abfertigungs-)Dienstleistern, die am Vorfeldverkehr beteiligt sind, nachgefragt werden. Es kristallisieren sich vier wesentliche Anwendungsbereiche heraus:

Die Leistungsfähigkeitsüberprüfung, die aufgrund der Zunahme des Verkehrsaufkommens auf dem Vorfeld immer mehr an Bedeutung gegenüber der bisher prozessorientierten Betrachtung gewinnt. Das erhöhte Verkehrsaufkommen resultiert u. a. aus dem durch die EU-Richtlinie 96/67/EG gebrochenen Monopol der Flughafenbetreiber im Bereich der Bodenabfertigungsdienste. Drittanbieter haben es seither einfacher, in den Markt zu drängen.

Die Fahrzeugeinsatzplanung ist die zweite Hauptanwendung. Der Einsatz des mikroskopischen Simulationsmodells unterstützt die Abfertigungsdienstleister einerseits bei der Optimierung ihres Fuhrparks, andererseits bei der effizienten Nutzung der zur Verfügung stehenden Flächen des Vorfeldes.

Das Störfallmanagement hat als dritte Anwendung einen besonderen Stellenwert am Flughafen, dessen Betriebsablauf als hochgradig dynamisches System charakterisiert werden kann. Die Abbildung von unterschiedlichen Störfällen im Simulationsmodell ergänzt außerdem die beiden vorgenannten Anwendungen sinnvoll.

Als vierte Anwendung vervollständigt die Analyse zukünftiger Veränderungen das Spektrum der Anwendungen. Sie ermöglicht dem Nutzer, Auswirkungen baulicher, betrieblicher oder organisatorischer Veränderungen auf den Vorfeldverkehr abzuschätzen.

In der vorliegenden Arbeit werden im nächsten Schritt der Vorfeldverkehr und seine Abhängigkeiten im Detail untersucht. Anders als bei der Simulation eines öffentlichen

Straßennetzes fällt die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes leicht, da klare bauliche und organisatorische Grenzen für das Vorfeld vorliegen. Im Gegensatz dazu ist der Untersuchungszeitraum für die Simulation aufgrund des dynamischen Systems Flugbetrieb schwerer zu ermitteln.

Ausgehend von einer grundlegenden Beschreibung der Abhängigkeiten des Vorfeldverkehrs, die von den Betriebsverfahren der Beteiligten (Luftverkehrsgesellschaft, Flughafenbetreiber und Flugsicherung) hervorgerufen werden, werden anhand von Quellen und Zielen einzelner Verkehrsmittel Einflüsse auf den Verkehrsablauf sowie das Verkehrsaufkommen ermittelt. Die Untersuchung unterscheidet dabei Roll- und Bodenverkehr, für die jeweils Systemelemente, Verkehrsregelungen und Abhängigkeiten beschrieben werden. Die Fahrzeuge des Bodenverkehrs werden aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen in die Bereiche verkehrliche Abfertigungsdienste, betriebliche Abfertigungsdienste, sonstige Bodenabfertigungsdienste, Fahrzeuge der Flugplatzsicherheit sowie weitere Verkehre untergliedert.

Der Verkehrsablauf von Roll- und Bodenverkehr wird in erster Linie durch die Verkehrsregelungen, das weitere Aufkommen an Roll- und Bodenverkehr, das Vorfeldlayout des Flughafens und das jeweilige Betriebsverfahren der Abfertigungsdienstleister beeinflusst. Die gute Ortskenntnis der Fahrer wirkt sich außerdem auf den Verkehrsablauf aus, insbesondere auf die Routenwahl. Je nach Funktion der Verkehrsmittel entstehen weitere Abhängigkeiten, beispielsweise zur Parkkonfiguration der Abstellpositionen oder zur Lage von Abfertigungseinrichtungen.

Für das Verkehrsaufkommen sind Faktoren wie der Flugplan und dessen Einhaltung, die Flugdaten (z. B. die Anzahl der Passagiere oder die Frachtmenge), das Flugzeugmuster und der so genannte "ÆGround Event Type" von übergeordneter Bedeutung. Während der Rollverkehr auch durch flugsicherungstechnische Faktoren wie dem Koordinierungseckwert beeinflusst wird, ist das Verkehrsaufkommen durch Bodenverkehr prinzipiell durch die Anzahl der Fahrzeuge in den Fuhrparks auf einen maximalen Wert begrenzt. Das Verfahren, wie die einzelnen Abfertigungsfahrzeuge betankt werden, wirkt sich ebenfalls auf das Verkehrsaufkommen auf dem Vorfeld aus. Schließlich treten vor allem Fahrzeuge der Flugplatzsicherheit sowie weitere, nicht abfertigungsgebundene Verkehre häufig ereignisorientiert oder störfallbedingt auf.

Der folgende Bereich der Arbeit leitet aufbauend auf der systematischen Betrachtung des Vorfeldverkehrs Anforderungen für ein Simulationsmodell ab. Dazu werden in einem ersten Schritt die Unterschiede der Hauptkomponenten eines Simulationsmodells zwischen öffentlichem Straßennetz und Vorfeldverkehr untersucht. Die Hauptkomponenten spiegeln sich in der geometrischen Abbildung des Straßennetzes, der Abbildung von Verkehrsmanagement und -steuerung, des individuellen Fahrzeugverhaltens, der Verkehrsnachfrage, des Routenwahlmodells sowie der Abbildung von Störfällen und Verkehrsmitteln wider.

Mit dieser Grundlage können im Folgenden Anforderungen an das Simulationsmodell ermittelt werden, die für die vier oben genannten Hauptanwendungen notwendig sind. Je nach Anwendung unterscheiden sich die Anforderungen hinsichtlich der Detailtreue bei der Umsetzung des Simulationsmodells. Für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet ist zu berücksichtigen, dass die Hauptanwendungen viele Verknüpfungspunkte haben und sich gegenseitig ergänzen können. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden deshalb so genannte Grundsatzentscheidungen diskutiert, die Vorbedingungen für die weitere

Entwicklung des Simulationsmodells festlegen, z. B. in der Frage, ob Rollverkehr simuliert werden sollte oder ob Abstellpositionen von Flugzeugen als grafische Abbildungen oder als "Black box" implementiert werden sollten. Es stellt sich im Wesentlichen heraus, dass für die Leistungsfähigkeitsüberprüfung generell geringere Anforderungen hinsichtlich einer detailgetreuen Umsetzung bestehen. Die Abbildung des Systems Vorfeldverkehr bei der Fahrzeugeinsatzplanung erfordert zusätzlich die Implementierung von Abstell- und Bereitstellflächen. Die Anwendungen Störfallmanagement und Analyse zukünftiger Veränderungen bringen die höchsten Anforderungen an die Umsetzung von Details mit sich, insbesondere im Bereich des individuellen Fahrzeugverhaltens.

Im Anschluss an die Untersuchung der Anforderungen setzt sich die Arbeit mit der Verfügbarkeit der Eingangsparameter für das Simulationsmodell auseinander. Die relevanten Daten können vom Flughafenbetreiber, den Abfertigungsdienstleistern, der Flugsicherung und ggf. den Luftverkehrsgesellschaften zusammengetragen werden. Es liegen generell alle Informationen über geometrische Randbedingungen, Verkehrsmanagement, Verkehrssteuerung, Verkehrsmittel und teilweise Verkehrsnachfrage vor. Demgegenüber besteht weiterer Handlungsbedarf in der Grundlagenermittlung für das individuelle Fahrzeugverhalten, das Routenwahlmodell für nahezu alle Fahrzeuge des Bodenverkehrs sowie für die Klassifizierung von Störfalldaten. Für die meisten Elemente muss außerdem die programmiertechnische Umsetzung in das Simulationsmodell eingehender diskutiert werden, auch wenn die Datenbasis – zum Teil auch digital – vorhanden ist. Ein Hauptaugenmerk bei der Implementierung liegt auf der Abbildung der Kommunikation zwischen den Beteiligten, die Grundlage für viele Entscheidungen und Prozesse ist. Innerhalb des Simulationsmodells müssen hierbei geeignete, standardisierte Schnittstellen definiert werden, um den Datenaustausch zwischen den unterschiedlichen Elementen zu gewährleisten.

Mit einigen Anregungen zur Gebrauchstauglichkeit leitet die Arbeit über zu einer kritischen Bewertung der weiteren Entwicklung des Simulationsmodells. Im Mittelpunkt steht einerseits die Ermittlung weiterer Grundlagen, die primär daran orientiert ist, die Aussagekraft der Ergebnisse der Simulation sicherzustellen. Andererseits wird der Aspekt der Visualisierung hervorgehoben. Sollen Entscheidungen auf Basis der Ergebnisse der Simulation des Vorfeldverkehrs getroffen werden, steigt die Notwendigkeit einer detailreichen Visualisierung mit abnehmender Fachkenntnis des Entscheidungsträgers, um ein ausreichendes Verständnis der Zusammenhänge zu gewährleisten. Die vorliegende Arbeit schließt mit einem Ausblick, der langfristigen, brancheninternen wie branchenübergreifenden Entwicklungen einen angemessenen Stellenwert während des Entwicklungsprozesses einräumt. Es darf trotz dieser komplexen Aufgabenstellung nicht an Weitblick fehlen, nicht zuletzt, um die Aussagekraft der Ergebnisse auch zukünftig zu verbessern.