

Flugzeugboarding

Dynamisch und effizient



Effiziente Abfertigungsprozesse am Boden bestimmen im Wesentlichen die Pünktlichkeit von Verkehrsflugzeugen. Diese Prozesse werden unter dem Begriff „Turnaround“ zusammengefasst. Dazu zählt das Ent- und Beladen der Fracht (Gepäck), das Auftanken, die Reinigung, die Bordverpflegung sowie das Aus- und Einsteigen der Passagiere. Gerade Störungen während des Boardings haben dabei regelmäßig Einfluss auf die Pünktlichkeit des Flugs. Im Gegensatz zu den anderen Prozessen hängt das Boarding nicht vom ausgebildeten Personal der Fluggesellschaft, des Flughafens oder des Bodenabfertigers ab, sondern wird maßgeblich von den individuellen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenheiten der Passagiere beeinflusst. Aktuell sollen statisch geplante Zeitpuffer im Turnaround diese negativen Einflüsse kompensieren.

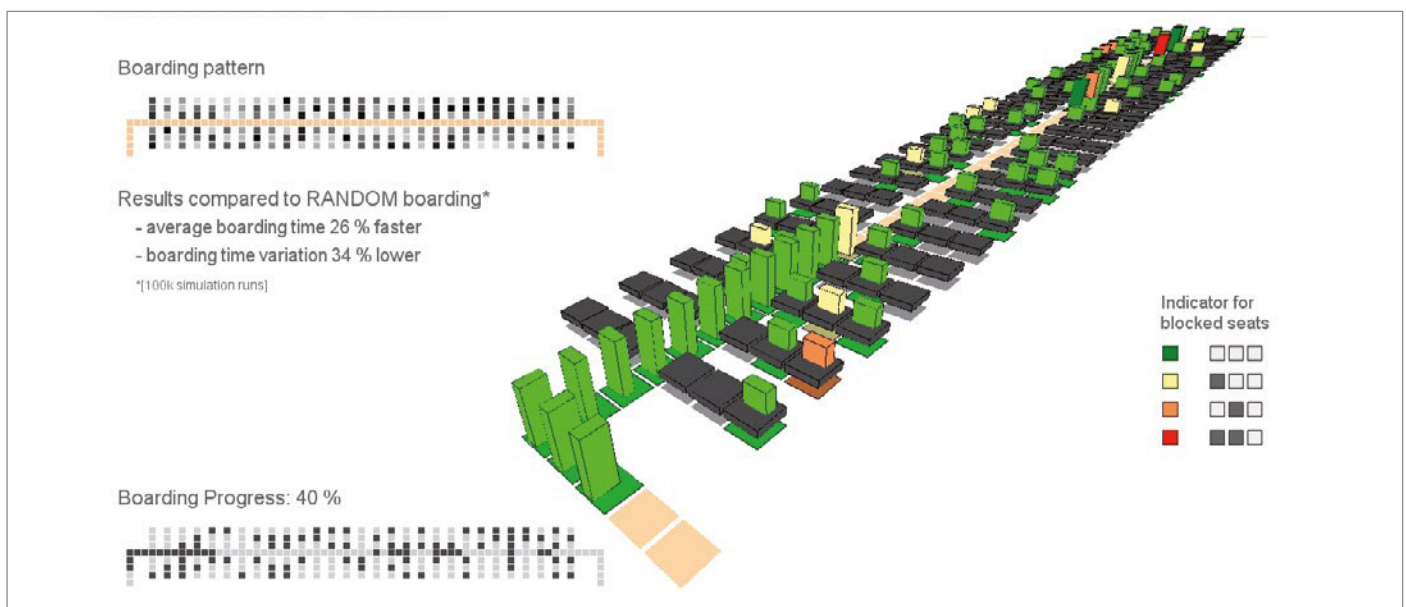
Feldmessungen zeigen, dass die Boardingzeit für ein Flugzeug mit durchschnittlich 140 Passagieren zwischen zehn und 20 Minuten variieren kann. Da eine Minute am Boden die Fluggesellschaft circa 60 Euro (direkte und indirekte Kosten) kostet, lässt sich hier viel Geld einsparen. Aus diesem Grund wurden mit sowohl betrieblichem als auch wissenschaftlichem Interesse bereits verschiedene Boardingverfahren getestet und teilweise in die Praxis überführt. Vielen bekannt ist zum Beispiel der Einstieg nach verschiedenen Zonen. Heutige Boardingverfahren definieren ein festes Regelwerk für den Passagier, das personalintensiv durchgesetzt werden muss. Doch auch hier bestimmt der einzelne Passagier den Verlauf des Boardingprozesses. Die Nichteinhaltung der Regeln durch Passagiere führt zu erheblichen Störungen während des Einstiegs. Zwar führt eine aus wissenschaftlicher Sicht optimale Einstiegsreihenfolge zu Zeiteinsparungen, sie bringt aber auch eine hohe Einschränkung des Serviceangebots mit sich (wie zum Beispiel das Priority Boarding) und ist mit einem unverhältnismäßig großen operativen Aufwand verbunden. Inzwischen gibt es viele weitere Ansätze für Boardingverfahren, zum Beispiel unter Ausnutzung vorhandener Handgepäckkapazitäten in der Kabine, von Gruppenkonstellationen oder des Einsatzes innovativer Sitzkonzepte. Jedes dieser Verfahren hat seine Vor- und Nachteile und bringt mehr oder weniger Zeiteinsparung mit sich.

Unter Nutzung digitaler Technologien wurde ein weiteres Verfahren, das einer dynamischen Sitzplatzzuweisung, konzipiert und erfolgreich in Feldversuchen getestet. Bei dieser dynamischen Sitzplatzzuweisung (seatNow-Konzept) erhalten die Passagiere ihren Sitzplatz erst bei der Bordkartenkontrolle, in Abhängigkeit ihrer zuvor gewählten Präferenzen (zum Beispiel Fensterplatz, Gruppenplätze etc.). Hierbei entfällt der zeitintensive und für den Passagier unkomfortable Sortierprozess nach Zonen oder ähnlichem, der zudem nur bedingt zu einer Verbesserung der Boardingzeit führt. Stattdessen wird die optimale Sequenz aufgrund der bereits eingestiegenen Passagiere bestimmt. So wird die notwendige Interaktion zwischen den Passagieren in der beengten Flugzeugkabine auf ein Minimum reduziert. Erste Testergebnisse zeigen bis zu 75 Prozent weniger Interaktionen im Vergleich zu konventionellen Boardingverfahren. Dies trägt nicht nur zu einem angenehmeren Einstiegsverlauf bei, sondern führt auch zu einer nachhaltig verkürzten Boardingzeit.

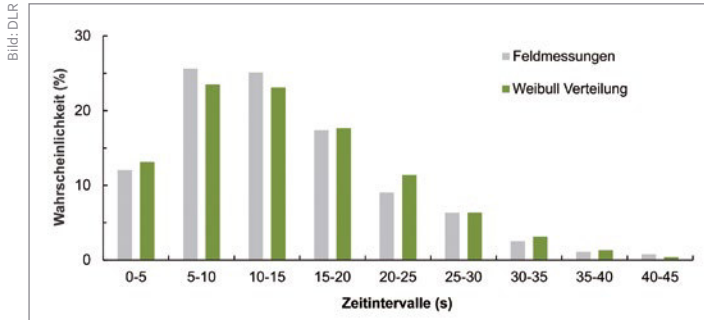
Modellierung und Simulation

Technisch entwickelt wurde dieses Verfahren unter Verwendung eines stochastischen Modells, das sowohl die individuellen Eigenschaften der Passagiere als auch die operativen Randbedingungen der Fluggesellschaften und Flughäfen berücksichtigt. Dazu werden Sitzplätze und der Gang durch ein reguläres Gitter abgebildet. Eine Gitterzelle kann nur maximal eine Person aufnehmen und besitzt zwei Zustände: frei und besetzt. Für die Untersuchungsszenarien diente ein Airbus A320 mit 29 Reihen und 174 Sitzen als Referenzlayout. Jeder Passagier durchläuft beim Einsteigen die folgenden Prozesse: Betreten des Flugzeugs an der zugewiesenen Tür, Bewegen im Gang bis zur eigenen Sitzreihe, Verstauen des Handgepächs und Einnehmen des Sitzplatzes. Solange Passagiere nicht sitzen, können sie von anderen Passagieren nicht überholt werden.

Die Zeiten für das Verstauen des Handgepächs und die Einnahme des Sitzplatzes sind durch Wahrscheinlichkeitsprozesse ab-



Visualisierung: Referenzlayout eines Airbus A320 beim Boarding mit zwei Türen und zufälliger Sitzplatzanordnung



Verteilungsfunktion für das Verstauen des Handgepäcks (Feldmessung und mathematische Modellierung)

gebildet und hängen von der Anzahl der Handgepäckstücke bzw. von der Anzahl und Position der bereits besetzten Sitze in der Reihe ab. So dauert das Hinsetzen am längsten, wenn Gang- und Mittelsitz bereits besetzt sind. Um die operativen Randbedingungen im Modell ebenfalls zu berücksichtigen, gehen die zeitliche Ankunft der Passagiere, der Sitzladefaktor (Auslastungsgrad) und das nicht konforme Verhalten der Passagiere (beispielsweise die verspätete Ankunft einzelner Passagiere) als zusätzliche Modellparameter ein.

Die Entwicklung eines solchen Boardingmodells wird damit sehr komplex. Zunächst mussten in verschiedenen **Feldmesskampagnen** umfangreiche Daten gesammelt werden. Hier waren insbesondere das individuelle Passagierverhalten und die Datenaufzeichnung vor und in der Kabine im operativen Betrieb große Herausforderungen. Während die Ankunftszeiten der Passagiere an der Flugzeugtür einfach erhoben werden konnten, war der Zeitbedarf für das Verstauen des Handgepäcks oder für das Hin-

setzen schwerer zu bestimmen, ohne die Passagiere durch die Messung zu beeinflussen. Die gesammelten Daten wurden anschließend genutzt, um das Modell eines normalen Boardingprozesses zu kalibrieren. Gegenproben zeigten, dass reale Boardingabläufe weniger als fünf Prozent von den simulierten Modellergebnissen abwichen.

Innovative Boardingverfahren im Vergleich

Das kalibrierte Modell wurde in einem nächsten Schritt für den Vergleich von verschiedenen Boardingverfahren und -technologien genutzt und die Ergebnisse in **drei Kategorien** eingeteilt. Verbesserungen von null bis zehn Prozent wurden als gering, von zehn bis 20 Prozent als mittel und von 20 bis 35 Prozent als hoch eingestuft. Geringe Verbesserungen wurden zum Beispiel durch die Verwendung von Block-Verfahren (Zusammenfassen von Sitzreihen in Blöcken und separatem Aufruf zum Boarding) oder durch das Boarding unter Berücksichtigung der Anzahl von Handgepäckstücken realisiert. Komplexere Boardingverfahren nach Sitzplätzen (Fensterreihe zuerst, Gangplätze zuletzt) und neue Sitzkonzepte (zum Beispiel Klappsitze oder der Side-Slip Seat) führen zu mittleren Verbesserungen. Der **Side-Slip Seat** bietet die Möglichkeit, den Gangsitz über den Mittelsitz zu schieben. Somit steht während des Einstiegs ein breiterer Gang zur Verfügung, in dem sich Passagiere überholen und Passagiere mit reduzierter Mobilität einfacher ihren Sitzplatz erreichen können. Unter Anwendung eines angepassten Boardingverfahrens, dem Einstieg nach Seiten (zuerst linke oder rechte Seite der Kabine), kann die Boardingzeit zusätzlich um bis zu 20 Prozent reduziert werden. **Das größte Potenzial** zeigten jedoch die effiziente

Bild: Motion Labe Seating



Innovatives Sitzkonzept – Side-Slip Seat: Ist die Sitzreihe unbesetzt, steht während des Einsteigens ein breiterer Gang zur Verfügung

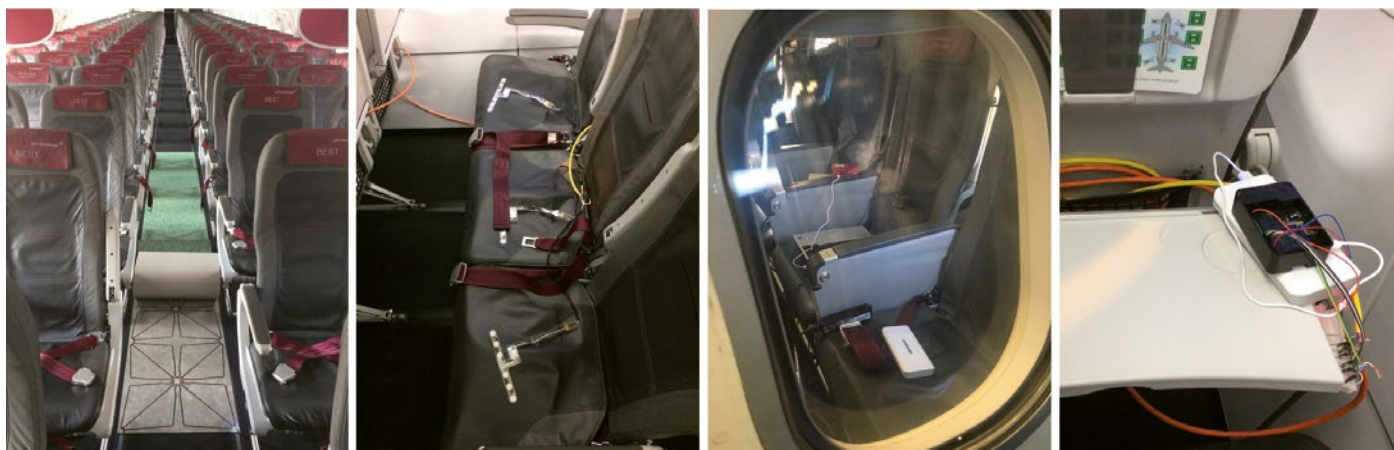


Bild: DLR

Umsetzung einer vernetzten Flugzeugkabine durch eine Sensorik am Boden und in den Sitzen

Nutzung der zweiten Flugzeugtür für die hinteren Reihen und individuelle dynamische Boardingverfahren wie das *seatNow-Konzept*.

Um den aktuellen Verlauf des Einsteigens in Echtzeit prognostizieren zu können, wurde gleichzeitig ein **Komplexitätsmaß** für den aktuellen Zustand in der Kabine entwickelt, das die bereits besetzten Sitze und die Sequenz der kontrollierten Passagiere (nach dem Scan der Bordkarte) berücksichtigt. Das Prinzip des Komplexitätsmaßes greift die folgende Idee auf: Wenn in jeder Reihe nur ein Passagier sitzt, ist die Boardingzeit im Durchschnitt gleich und unabhängig von der Sitzplatzwahl (Fenster-, Mitte-, Gangplatz). Für den weiteren Verlauf des Boardings ist es jedoch entscheidend, ob die Passagiere sich alle ans Fenster oder alle an den Gang gesetzt haben. Sitzen alle Passagiere am Fenster (geringe Komplexität), können die folgenden Passagiere ohne größere Interaktionen in den Sitzreihen ihren Platz einnehmen. Sitzen alle Passagiere am Gang (hohe Komplexität), führen die notwendigen Sitzplatzwechsel unweigerlich zu höheren Boardingzeiten. Unter Verwendung von Methoden des maschinellen Lernens wurde gezeigt, dass die Vorhersage des Boardingverlaufs schon frühzeitig möglich ist und somit für die Operateure eine höhere Planungssicherheit gegeben werden kann.

seatNow im Feldversuch

Das *seatNow-Konzept* wurde 2013 im Zuge von Untersuchungen zu infrastrukturellen und betrieblichen Änderungen für das Flugzeugboarding konzipiert, mit rechnergestützten Verfahren getestet und seitdem schrittweise verbessert. Im Vergleich zum herkömmlichen Einsteigen sind mit ihm **20 bis 30 Prozent kürzere Boardingzeiten** möglich. In einem Feldversuch fand das System bei *Eurowings* am Flughafen Köln/Bonn bereits erfolgreich Anwendung. Bei dem Versuch wurde nicht nur die Effizienz von *seatNow* nachgewiesen (22 Prozent kürzere Zeiten), sondern auch die Möglichkeiten einer zukünftig **digital vernetzten Kabine** gezielt untersucht. Hierfür installierten die Forscher eine **Sensorumgebung**, die sitzende und stehende Passagiere detektiert und diese Informationen einem Kabinenmanagementsystem bereitstellt. Sensoren aus dem Automotivbereich detektierten die sitzenden Passagiere, stehende Passagiere wurden im Gang von kapazitiven Sensoren über den Bodenbelag erkannt. Separate Systeme zeichneten die Signale der Sitz- und der Bodensensoren

zunächst auf. Dann wurden sie vorverarbeitet und anschließend für die Lagerdarstellung sowie die Bewertung des Boardingfortschritts zusammengefasst.

Bei einer angenommenen Boardingzeit von 15 Minuten entspricht eine Einsparung von 22 Prozent einer zeitlichen Differenz von **3,3 Minuten**. Unter Berücksichtigung einer Bezugsgröße von 60 Euro pro Minute am Boden zeigte *seatNow* das Potenzial, die Kosten einer Fluggesellschaft um **198 Euro pro Flug** zu reduzieren und die Stabilität in der Umlaufplanung zu verbessern. Hochgerechnet auf die Flugbewegungen eines ganzen Jahres bietet sich den Fluggesellschaften hier ein **enormes Einsparpotenzial**. Der reibungslose Ablauf durch die reduzierten (negativen) Interaktionen zwischen den Passagieren und die damit einhergehende gefühlte Komfortverbesserung lässt auch eine hohe Akzeptanz im betrieblichen Umfeld erwarten. Auch ermöglichen die zunehmende Digitalisierung der Abfertigungsprozesse im Flughafenmanagement, die umfangreiche Verfügbarkeit von mobilen Endgeräten (elektronische Tickets auf Smartphones) und der anwendungsnahe Entwicklungsstand eine zeitnahe Überführung in den operativen Betrieb.

seatNow berücksichtigt also sowohl die individuellen Eigenschaften der Passagiere als auch die operativen Randbedingungen. Es bietet einen innovativen Ansatz für eine dynamische Zuweisung von Sitzplätzen, bei der neben operationellen Randbedingungen (zum Beispiel das Umsetzen einzelner Passagiere aufgrund von Sicherheitsbestimmungen) auch individuelle Anforderungen der Passagiere gezielt berücksichtigt werden (für Gruppenkonstellationen, Loyalitätsprogramme etc.). Durch die intensive **Kooperation** zwischen dem **Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)** und **Eurowings** konnte erstmals der **Prototyp einer digital vernetzten Kabine** implementiert und das hohe Potenzial neuer Technologien nachgewiesen werden. Der Trend zur Prozessautomatisierung erfordert die schrittweise Verknüpfung operationeller Systeme und die vernetzte Kabine wird zu einer Schlüsseltechnologie, um weitere ökonomische und operative Potenziale realisieren zu können. Damit werden in Zukunft unnötige Wartezeiten für Passagiere reduziert und der ganze Boardingprozess vereinfacht. ●

Michael Schultz
 Institut für Flugführung
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)