

## 29 Optimales Boarding am Flughafen

Mit Markov-Chain Monte-Carlo Methoden kann man das Boarding eines Flugzeuges simulieren und somit auch optimieren und damit Zeit sparen.

Wer kennt das Problem nicht: Beim Einsteigen ins Flugzeug entsteht schnell ein Stau und das sog. Boarding dauert (zu) lange. Dies nervt nicht nur die Passagiere – die Boarding-Zeit ist auch ein Wirtschaftsfaktor für die Flugunternehmen. Daher versuchen die Flugunternehmen, mit verschiedensten Boarding-Strategien die Einsteigezeit zu minimieren. Häufig sollen die Passagiere, die hinten sitzen, zuerst einsteigen. Dies ist die sog. back-to-front-Strategie. Ebenso erscheint es vernünftig, erst die Menschen mit Fensterplatz dann mit Mittelplatz und zuletzt die mit einem Gangplatz zu 'boarden', die sog. outside-in-Strategie. Man könnte auch die Passagiere in verschiedene Klassen einteilen (z.B. nach der Buchungsklasse, FrequentFlyer oder Alter usw. (sog. multiple classes-Strategie) oder auch gar keine Strategie verwenden (sog. random boarding). Natürlich kommt auch eine Kombination dieser Strategien in Frage.

Es ist die übliche Leidensgeschichte für viele Reisende, die darauf warten, in ein Flugzeug einzusteigen. Die Fluggesellschaft muss dabei eine Liste von Passagieren durchgehen, die Priorität haben: Menschen mit Behinderungen (die z.B. auf einen Rollstuhl angewiesen sind), Familien mit Kindern, Passagiere der First- und Business-Class, Inhaber von Vielflieger-Karten und Passagiere, die für Prioritätsplätze bezahlt haben. Wenn die Reisenden der Economy-Class aufgerufen werden, stehen sie in der Kabine in einer Schlange und müssen warten, bis die vor ihnen Stehenden ihr Gepäck verstaut haben und sich hinsetzen. Dann sind die Gepäckfächer häufig schon voll.

Um mehr Umsatz zu generieren, haben die Fluggesellschaften neue Gebühren für Priority Boarding und Aufgabegepäck eingeführt. Letzteres hat das Problem nur noch verschlimmert, weil die Passagiere jetzt mehr Rollkoffer mit an Bord nehmen und damit Gänge beim Boarding blockieren. Laut einer Untersuchung von Boeing hat sich die Boarding-Zeit seit den 70er Jahren deutlich erhöht<sup>27</sup> und daher sind die Fluggesellschaften daran interessiert, die Boardingzeit zu reduzieren, möglichst ohne Umsatzeinbußen und Unannehmlichkeiten für die Passagiere.

Die erste Idee bestand darin, für das Handgepäck eine etwas höhere Gebühr als für das Aufgabegepäck zu verlangen, und resultierte in einer kürzeren Boardingzeit, allerdings mit Unzufriedenheit bei den Kunden, die diese Preispolitik nicht nachvollziehen konnten. Daher wurden weitere Boardingstrategien entwickelt, um das Gate pünktlich zu verlassen. So kann man zuerst die Passagiere in den hinteren Reihen einsteigen lassen, oder man lässt diejenigen mit Fensterplätzen den Vorrang.

Eine weitere ausgeklügelte Strategie ist als einfassen lassen, darunter eine nicht mehr verwendete, die als „umgekehrte Pyramide“ (engl. Reverse Pyramid (RP)) bekannt ist.

<sup>27</sup>[https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero\\_01/textonly/t01txt.html](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_01/textonly/t01txt.html)

Das Reverse Pyramid Boarding-Verfahren wurde von Van den Briel et al.<sup>28</sup> entwickelt. Diese Methode trennt Passagiere in Boarding-Gruppen in Abhängigkeit von der Position ihrer Flugzeugsitze. Die Boarding-Gruppen werden nach einem „Diagonal Load“-Schema gebildet. Das bedeutet, dass in einer Gruppe die den meisten Passagiere Sitze im hinteren Teil des Flugzeugs, einige im Mittelteil und wenige vorne sitzen, wobei die Passagiere im mittleren/vorderen Bereich näher an den Fenstern sitzen. Innerhalb jeder Boarding-Gruppe (3 bis 6 Gruppen) betreten die Passagiere das Flugzeug zufällig. Diese Boarding-Methode wurde zwischenzeitlich nicht mehr angewandt (weil Business-Passagiere am Ende der Pyramide keinen Platz mehr für ihr Gepäck fanden), erlebt jedoch in Zeiten der Corona-Pandemie und den damit verbundenen Distanzregeln ein Revival, da man mit dieser einfachen RP-Strategie die Passagiere gleichmäßiger in der Kabine verteilen kann und es den Passagieren ermöglicht, schneller ihre Plätze zu finden<sup>29</sup>. Diese RP-Methode hilft den Passagieren auch, ihr Gepäck näher an ihren Sitzen zu verstauen, so weniger Gepäckstücke in letzter Minute aufgegeben werden müssen – eine häufige Ursache für verspätete Flüge.

Durch sogenannte „Markov-Chain-Monte-Carlo Optimierungsverfahren“, ein mathematischer Algorithmus für zufällige Ereignisse, kann man den Boardingprozess simulieren und auch optimieren. So spielt der genaue Sitzplan des Flugzeugs eine Rolle, und ob es sich um ein Schmalrumpfflugzeug wie die Boeing 737 mit nur einem Gang oder um ein größeres Flugzeug für Transatlantikflüge handelt, wo die Passagiere zwei mögliche Wege haben. Besser als das Standard-Boarding ist in der Simulation das Random-Boarding, bei dem die Passagiere rein zufällig einsteigen. Ein weiterer Ansatz ist die Unterteilung in Boarding-Gruppen, die sich nach dem Zeitpunkt des Eincheckens richten. Damit wird die Verspätung durch Sitzplatzzuweisungen reduziert. Allerdings haben die meisten Passagiere bereits online einen Sitzplatz reserviert, bevor sie zum Flughafen kommen.

---

<sup>28</sup>M.H.L. van den Briel, J.R. Villalobos G.L. Hogg GL, T. Lindemann A.V. Mulé, *America West Airlines Develops Efficient Boarding Strategies*, *Interfaces* 35 (2005), 191–201.

<sup>29</sup>R.J. Milne, et al., *Adapting the reverse pyramid airplane boarding method for social distancing in times of COVID-19*, *PLoS ONE* 15(11) (2020), e0242131.