
Kurzfassung

Immer häufiger lassen sich in verschiedenen Verkehrssystemen zahlreiche Überlastungssituationen feststellen. Angebotene Kapazitäten erweisen sich zunehmend als unzureichend – und das inzwischen nicht mehr nur ausschließlich zu Hauptbelastungszeiten. Auch zu vermeintlichen Randzeiten sind vermehrt diese Engpässe zu verzeichnen. Dem benötigten Mobilitätsbedarf von Menschen lässt sich in einem angestrebten Qualitätsniveau nur noch gelegentlich gerecht werden (FGSV 2003, Blatt 2). Der Bedarf an Mobilität wird sich zusätzlich weiter ausbreiten, die Zahl reisender Menschen steigen und auch die Bedürfnisse der Reisenden sich hierbei ändern (ADAC 2017, S. 6-10; Jaeger 2013, S. 23).

Es handelt sich dabei um eine Herausforderung, der sich auch Flughafenbetreiber gegenübergestellt sehen: Konnte im Laufe vergangener Jahre bereits ein deutlicher Zuwachs an Passagieren verzeichnet werden (Wilke & Schmid & Gröning 2016, S. 19), so soll sich laut Prognosen auch in Zukunft die Branche des zivilen Luftverkehrs anhaltend positiv entwickeln (ICAO 2016, S. 8 & 10). Es muss die Annahme getroffen werden, dass Flughafenterminals und die in diesen Terminals bereitgestellten Abfertigungseinrichtungen ihre Belastungsgrenzen nicht nur erreichen, sondern vermutlich sogar überschreiten werden.

Einer Konfrontation mit dieser Problematik kann sich auch der Flughafen Frankfurt nicht entziehen: Die derzeitige Infrastruktur von Terminal 1 und Terminal 2 wird den wachsenden Passagierzahlen zukünftig in keiner ausreichenden Servicequalität begegnen können (Fraport AG 2018b, S. 62). Zwar werden mit Bau und Inbetriebnahme des Terminal 3 sowie des vorgezogenen Bauabschnitts des Pier G ab Sommer 2021 sukzessive erweiterte Abfertigungsmöglichkeiten geschaffen (Fraport AG 2018b, S. 4). Im Zuge volatiler Marktentwicklungen der Luftverkehrsbranche erfordert die Zwischenzeit vom heutigen Tage bis Inbetriebnahme erster baulicher Erweiterungen jedoch vorab eine Verbesserung vorhandener Prozesse, um einem wachsenden Passagieraufkommen gerecht werden zu können. Zu groß ist für Flughafenbetreiber sonst die Gefahr von Passagierabwanderungen hin zu Konkurrenzflughäfen – Flughäfen werden zunehmend eine austauschbare Komponente im Reiseprozess. Insbesondere Transferpassagiere verfügen meist über ein breites Angebot verschiedener Flugverbindungen, die sie alle zum gleichen gewünschten Zielort führen. Die Bedeutung eines hervorragenden Serviceniveaus, welches einem Passagier angeboten wird, nimmt somit drastisch zu und erfordert reibungslose Vorgänge (Fraport AG 2018b, S. 54). Es bedarf in Folge kurzfristiger Lösungen, welche zeitnah im operativen Betrieb realisiert werden können und nicht erst mit Fertigstellung kapazitiver Erweiterungsmaßnahmen eine Entlastung ermöglichen.

Als Untersuchungsobjekt dieser Arbeit dienend, sollen anhand des Flughafen Frankfurt im Rahmen der folgenden Ausführungen wirksame Lösungsansätze für die vorstehend beschriebene Herausforderung erarbeitet werden.¹ Konkret betrachtet wird hierfür das potentiell vielversprechende Themenfeld dynamischer Beschilderungen bzw. Wegweisungssysteme. Der Grundgedanke bzw. die Zielvorstellung, die dieser Forschungsarbeit zu Grunde gelegt wird, findet sich in der Annahme, dass sich durch die Verwendung verschiedener und dynamisch steuerbarer Beschilderungsformen beliebig ausgewählte Passagierströme in einer solchen Art beeinflussen lassen, dass eine Dosierungswirkung festzustellen sein wird, die in Folge zu einer Entlastungswirkung von zu definierenden Prozessstellen führen kann.

Die Arbeit setzt sich diesbezüglich zunächst intensiv mit der Untersuchung des aktuellen und für die Thematik relevanten Wissenstands auseinander. Neben der Ausarbeitung eines für diese Arbeit gültigen Definitionsansatzes existenzieller Fachtermini, zeichnet sich im Verlauf der Fixierung der Bedeutung von Begrifflichkeiten jedoch vor allem zügig die Quintessenz ab, dass Planer, Ingenieure sowie weitere beteiligte Akteure sich der Herausforderung gegenübergestellt sehen, sich bis zum heutigen Tage an keinen verallgemeinerbaren Richtlinien oder Vorschriften zum Entwurf eines Konzeptes oder Systems bedienen zu können, das der Orientierung eines Menschen innerhalb eines

¹ Zwar konkret an die Vorgaben des Untersuchungsobjekts „Flughafen Frankfurt“ angepasst, lassen sich sämtliche Ansätze durch Anpassung des sogenannten, ebenfalls im Rahmen der folgenden Ausführungen beschriebenen, Orientierungsdesigns jedoch auch auf jegliche anderweitigen Anwendungsfälle übertragen und sind nicht auf den alleinigen Geltungsrahmen des Flughafen Frankfurt beschränkt.

Gebäudes, geschweige denn eines Flughafenterminals nützen soll (Uebele 2006, S. 5; Schulz & Baumann & Wiedenmann 2010, S. 188; Wenzel 2003, S. 13). Es bedarf zur adäquaten Einbettung des zu untersuchenden Themenfeldes von Wegweisungsaufgaben in Flughafenterminals des Heranziehens und Übertragens der Kenntnisse anderweitiger Fachdisziplinen. Eine solche, sich detailreich mit Wegweisungs- und Beschilderungskonzepten auseinandersetzen Fachdisziplin, lässt sich im Bereich des Verkehrswesens finden. Eine Vielzahl an Richtlinien, Hinweisen und Merkblättern stehen für Planungszwecke zur Verfügung und bieten einen breiten Wissensfundus an sich in der Praxis bewehrten Verfahren (M WBF 2007; RWB 2000; RWBA 2000; RtB 2008). Zwar nicht für den konkreten Anwendungsfall eines Flughafens, bzw. eines Passagierterminals erarbeitet und an manchen Stellen der Richtlinien, Hinweise oder Merkblätter auch explizit eine Verwendung für diese Zwecke ausgeschlossen (bspw. M WBF 2007, Blatt 2), erscheint eine Übertragung dieser in vielfacher Hinsicht strukturierten und fundierten Kenntnisse auf den Kontext eines Flughafens aber nicht nur interessant, sondern auch sinnvoll. Die Zusammenstellung dieser einschlägigen Kenntnisse durch den Straßenverkehr mit anschließender Übertragung und Kombination mit denen für den Kontext von Flughafenterminals vorzufindenden Informationen führt zu einer breiten Wissensbasis, die als Ausgangslage zur Erarbeitung von Lösungsansätzen der vorstehend beschriebenen Herausforderungen dient.

In den Fokus der Ausarbeitungen rückt aufbauend auf den dargelegten Wissensstand die tiefergehende Betrachtung der Möglichkeit, Passagiere anhand der Verwendung verschiedener Beschilderungsformen in ihrem Wegewahlverhalten beeinflussen und somit für Flughafenbetreiber bedarfsgerecht dosieren zu können. Um hierzu eine ausreichend fundierte und übertragbare Aussage grundlegend zuzulassen, bedarf es des begründeten Nachweises, dass Passagiere einer Beschilderung prinzipiell Folge leisten. Denn welcher Nutzen und welche Existenzberechtigung kann Beschilderungen überhaupt zuteilwerden, wenn das Wissen über die Befolgung einer solchen bei der zu beeinflussenden Person schlussendlich ausbleibt? Es muss elementar analysiert werden, ob sich in dem Themenfeld von Beschilderungen somit überhaupt Lösungspotentiale für die aufgezeigte Zielvorstellung abzeichnen könnten. Es soll durch ein Analyseverfahren zur Prüfung der Befolgung von Beschilderungen somit grundlegend der Zweck verfolgt werden, zu ermitteln, ob sich in der Verwendung dynamischer Beschilderungen auch tatsächlich das Lösungspotential zu einer verbesserten Auslastung vorhandener Kapazitäten und damit in Konklusion einer Entlastung der beschriebenen, herausfordernden Situation identifizieren lassen kann.

Basierend auf einer initialen Erfassung essentieller Bestandteile des Wegweisungssystems am Flughafen Frankfurt, schließt sich die Durchführung eines Analyseverfahrens mit der vorstehend aufgezeigten Zielstellung an: Anhand verschiedener Methoden untersucht und deutlich nachgewiesen wird, dass Passagiere die auf einer Beschilderung dargestellten Informationen zweifelsohne befolgen, bzw. dass Passagiere solche befolgen möchten, sofern sie diese denn auch wahrnehmen, verstehen, interpretieren und umsetzen können. Dass es sich dabei jedoch um keine von Grund auf anzunehmende Selbstverständlichkeit handelt, soll sich ebenfalls im Verlauf dieser Arbeit herausstellen. Zahlreiche Anforderungen an eine Beschilderung sind einzuhalten, um die Aussage allgemein als wahrheitsgemäß zulassen zu können, dass Passagiere einer Beschilderung tatsächlich Folge leisten. Denn bereits eine geringste Abweichung von zwingend einzuhaltenden Anforderungen, welche ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit strukturiert zusammengestellt und aufgezeigt werden, kann dazu führen, dass die angesprochenen Befolungsraten drastisch abnehmen. Um das Verständnis hierfür angemessen zu sensibilisieren, werden im voranschreitenden Bearbeitungsprozess dieser Arbeit verschiedene in der Praxis vorzufindende Beispiele unterstützend, kurz aber prägnant, dargestellt.

Die erhaltene Kenntnis, dass Passagiere grundsätzlich jedoch sehr wohl den ihnen durch Beschilderungen zur Verfügung gestellten Informationen Folge leisten (wollen), lässt sich folglich zur Erfüllung der aufgezeigten Zielvorstellung nutzen: Anhand der Ausarbeitung von neuen bzw. weiteren Beschilderungsformen sowie deren anschließende Verwendung für Wegweisungsaufgaben im Flughafenterminal könnte also die Möglichkeit bestehen, einen beliebig ausgewählten Passagierstrom ggf. gezielt beeinflussen und somit dosieren zu können.

Es gilt infolgedessen zu ermitteln, welche Kriterien und Gestaltungsaspekte eine Beschilderung erfüllen und einhalten muss, um dem Anspruch dieser Passagierstromdosierung gerecht zu werden. Die Arbeit setzt sich mit dieser Frage auseinander. Vier übergeordnete Ansätze werden teils durch Übertragung vorhandenen Wissens, teils aber auch durch kreative wie neuartige Gestaltungskomponenten erarbeitet, wodurch sich in Summe acht konkrete Ausgestaltungsmöglichkeiten vorfinden lassen werden. Doch nicht nur das: Neben der eigentlichen Erarbeitung von Beschilderungsformen bedarf es des Weiteren ebenso einer Möglichkeit, diese auch hinsichtlich ihrer Wirkungsweise in Bezug auf die Zielerreichung der Passagierstromdosierung untersuchen und bewerten zu können. Die konsequente Folge hiervon ist: Eine Erprobung unter realistischen, tagtäglich in einem Flughafenterminal vorherrschenden Bedingungen muss durchgeführt werden. Im Hinblick der benötigten Auswertung dieser Erprobungen, bzw. konkret Testverfahren, erfordert es des Weiteren der Herleitung einer geeigneten Evaluierungsmethode. Auch dieser Herleitungsprozess stellt einen zentralen Bestandteil dieser Arbeit dar. Bevor die Umsetzung von Testverfahren allerdings konsequenter vorangetrieben wird, erfolgt in einem vorgelagerten Bearbeitungsschritt die Durchführung eines mehrstufigen Entscheidungsverfahrens: Nicht alle der acht ausgearbeiteten und potentiell möglichen Beschilderungsformen erweisen sich zur Erfüllung der Zielvorstellung als gleichermaßen sinnvoll. Es muss abgewägt werden, welche dieser als besonders vielversprechend einzuordnen und somit für Testzwecke heranzuziehen sind. Unterschieden wird in diesem Rahmen zwischen zwei denkbaren Dosierungsmöglichkeiten: Einerseits einer entlastenden, sowie andererseits einer belastenden Dosierungswirkung. Lässt sich für ersteren Fall eine Beschilderungsform identifizieren, die auf eine Ausweisung sogenannter Gate-Cluster zurückgreift, bedient sich der Gestaltungsansatz für den zweiten Fall der Verwendung humorvoller und kreativer Animationen. Im Verlauf der Arbeit soll sich jedoch aufzeigen, dass auf die Übertragung dieser in, sowie die anschließende Durchführung von Testverfahren im angedachten Ausmaß verzichtet werden muss. Verschiedene Gründe lassen sich hierfür nennen: Einerseits erweisen sich das ausgearbeitete Testverfahren als auch das ausgewählte Untersuchungsgebiet als zu umfangreich (TDM 2018, o. S.). Aber auch Herausforderungen wie die des Wechsels von Sommer- auf Winterflugplan (Fraport AG 2018c, o. S.) sowie zusätzlich vorherrschender Ferienzeiten und der nach EVE (2012, Blatt 17) diesbezüglich aufgezeigten Empfehlung, zu solchen Zeiten keine Erhebungsverfahren vorzunehmen, erschweren andererseits weiterhin die Umsetzung.

Wenn auch von den ursprünglich geplanten Testläufen letztlich Abstand genommen werden muss, kann allerdings anhand einer Veränderung der Ausgangsbedingungen dennoch ein anderweitiges Testverfahren durchgeführt werden, für welches trotzdem die im vorherigen Verlauf der Arbeit gewonnen Erkenntnisse genutzt, übertragen und schlussendlich erfolgsbringend umgesetzt werden können. Analysiert, getestet und im Vergleich zum Status Quo verbessert wird eine für den Flughafen Frankfurt ohnehin vorherrschende Herausforderung, für die eine Dosierung von Passagieren nicht nur interessant, sondern tatsächlich auch zwingend erforderlich ist. Es handelt sich dabei um die Betrachtung eines Entscheidungspunkts, an dem Passagiere aus zwei prinzipiell möglichen die für sie benötigte und korrekte Wegerichtung identifizieren müssen (Kallert 2018d, o. S.). Auch die Durchführung dieses Testverfahren lässt in Folge das Treffen der Aussage zu, dass die Beeinflussung und Dosierung von Passagieren durch die Verwendung von Beschilderungen möglich zu sein scheint.

Abschließend wird die Skizzierung eines Steuerungskonzeptes, inwiefern dynamische Beschilderungen im Kontext eines Flughafenterminals eingesetzt werden könnten, auf Basis bzw. durch Übertragung der Kenntnisse von Parkleitsystemen sowie des dynamischen Verkehrsmanagements aufgezeigt.

Summa summarum wird sich die Arbeit nicht mit der Herausforderung des Fehlens einheitlicher Beschilderungsstandards (Uebele 2006, S. 5; Schulz & Baumann & Wiedenmann 2010, S. 188; Wenzel 2003, S. 13), auf die sich Planer, Ingenieure, usw. berufen könnten, auseinandersetzen. Im Fokus steht vielmehr das konsequente Ausarbeiten einer Möglichkeit, einen ausgewählten Passagierstrom anhand der Verwendung verschiedenartiger und dynamisch steuerbarer Beschilderungsformen aus Sicht eines Flughafenbetreibers bedarfsgerecht auf verschiedene Prozessstellen verteilen zu können. Erarbeitet wird zusammenfassend ein Ansatz zur flexibleren Auslastung vorhandener Kapazitäten.

Abstract

Increasingly, numerous congestion situations can be detected in various traffic systems. Offered capacities are proofed to be inadequate – not only during peaks. Even at supposed marginal times it is possible to identify these bottlenecks. Furthermore, the people's required need for mobility can only occasionally be met in a desired quality level (FGSV 2003, sheet 2). The need for mobility will continue to extend, the number of travelers will increase and the needs of travelers will change as well (ADAC 2017, pp. 6-10; Jaeger 2013, p. 23).

This is a challenge which airport operators have to face as well: while a significant growth in passengers could have already been recorded over the last years (Wilke & Schmid & Gröning 2016, p. 19), forecasts suggest that in future the civil aviation sector will be the subject of a further positive development (ICAO 2016, pp. 8 & 10). It must be assumed that airport terminals and the infrastructure for passenger services in these terminals will not only reach their limit, but will probably even exceed these capacities.

Frankfurt Airport is one of these airports which already have to manage situations like the above mentioned: In Frankfurt, the current infrastructures of Terminal 1 and 2 will not be able to face the growing numbers of passengers in future in an appropriate level of service (Fraport AG 2018b, p. 62). Although the construction and commission of Terminal 3 as well as the early phase of construction of Pier G are going to extend the handling facilities gradually as of summer 2021 (Fraport AG 2018b, p. 4), the volatile development of the civil aviation sector requires meanwhile the interim period from today on until the commissioning of the first structural expansions for an advanced improvement of existing processes in order to be able to cope with a growing number of passengers. Otherwise airport operators might have to deal with a passenger's postponement to competitors – as a part of travel processes airports are more replaceable than ever before. In particular, transfer passengers usually have an extensive range of various flight connections with the same destination. The importance of an excellent level of service offered to passengers increases dramatically and requires smooth processes (Fraport AG 2018b, p. 54). Short-term solutions are needed which can be realized promptly in the operational process without waiting for the completion of capacity expanding measures.

With an intensive examination of Frankfurt Airport, this thesis tackles the challenge described previously on the basis of the development of effective approaches to the solution.² Specifically, the potentially highly promising topic of dynamic signage and signposting systems will be considered. The basic idea or rather the objective, on which this research study is underlying, is to assume that the use of different dynamically controllable signage types will allow to have an impact on selected passengers with a measuring action. As a result, a relief of process points, which are to be defined, can be realized.

With regard to this, the work initially deals intensively with the investigation of the current and relevant level of research. In addition to the elaboration of a valid definition approach of existential technical terms in the course of the specification of the meaning of terminology, the quintessence becomes apparent that planners, engineers and other involved actors have to face the lack of general guidelines or instructions for the design of a concept or system, which intends to assist a person within a building rather than a passenger terminal (Uebele 2006, p. 5; Schulz & Baumann & Wiedenmann 2010, p. 188; Wenzel 2003, p. 13). In order to classify the investigated topic in an adequately way it is necessary to acquire and transfer the knowledge of other disciplines to the context of signposting tasks in airport terminals. One of these disciplines which deals with signposting and signage concepts in an extensive manner can be detected in the area of traffic engineering. A multitude of guidelines, advices and

² Although adapted specifically to the requirements of Frankfurt Airport, all approaches can be transferred by transferring the so-called orientation design, described in the following explanations as well, on any other use cases. The approaches are not limited only on the scope of Frankfurt Airport.

explanatory leaflets are available for planning purposes and offer a huge fund of knowledge based on industry practices (M WBF 2007; RWB 2000; RWBA 2000; RtB 2008). Although not originally developed for the specific use in the context of airport issues, or rather of passenger terminals, and for some parts in these guidelines, advices and explanatory leaflets even excluded as an use for these purposes (e.g. M WBF 2007, sheet 2), a transfer of this, in many ways structured and well-founded knowledge in the context of an airport terminal seems not only to be interesting but also appropriate. The compilation of this respective traffic-related knowledge, followed by a transfer and combination with those for the context of airport terminals available information, provides a well-founded basis for developing solutions to the challenges described above.

Based on the presented level of research, the focus of the elaborations is on a deeper consideration of the possibility of influencing passengers in their routing behavior by using different types of signage and hence allow airport operators the demand-oriented dosage. In order to permit a sufficiently founded and transferable deduction it is necessary to analyze and confirm that passengers follow a signage in principle. Otherwise a signage system will lose its right to exist. The basic examination has to carry out whether solution potential could be identified in the field of signage. Thus, the purpose of this examination is to determine whether the use of signage actually can be detected as an instrument for an improved utilization of existing capacities and consequently as a possibility for a relief of the described challenging situation.

Based on an initial recording of essential components of Frankfurt Airports signposting system, the conducting of an analysis with the above-mentioned objective follows: Due to the use of various methods it is not only possible to examine the routing behavior of passengers, but it can also be proven that passengers undoubtedly follow the information displayed on a signage or rather want to follow these information, provided that they are able to perceive, understand, interpret and realize those. However, that this cannot be taken for granted should become apparent in the course of this thesis as well. Numerous requirements for the implementation of signage must be met in order to allow the deduction in general that passengers actually follow these. Even the slightest difference from mandatory requirements, which are also compiled and presented in a structural manner in the context of this work, can lead to a significant reduction of the mentioned rate of compliance. In order to sensitize the understanding of this, some examples that could be found in praxis will be presented in a supporting, succinct and short manner in the course of this work.

The knowledge that passengers generally (want to) follow the information provided to them by signage can therefore be used to fulfill the stated objective: The development of new or further types of signage and their following use for signposting issues in an airport terminal could offer the well-directed possibility to influence and measure selected passengers.

It is therefore necessary to determine which criteria and design aspects a signage has to fulfill and comply in order to face the requirements of this desired passenger dosage. The research study tackles this question. Four paramount approaches will be developed, partly by transferring existing knowledge, but partly even by creative and novel design components which will result in a total of eight definite design options. But not only that: In addition to the actual development of signage types, it is also necessary to be able to investigate and evaluate these with regard to their accomplishment of purpose. The consequent conclusion of this is that tests under realistic circumstances and daily prevailing conditions in an airport terminal have to be carried out. With regard to the required evaluation of these tests, it requires the derivation of a suitable evaluation method as well. This derivation process is also a main component of this work. However, before the realization of test procedures is pursued more consequently, the execution of a multistage decision-making process takes place in an upstream processing step: Not all of the eight elaborated and potentially possible design options prove to be equally fulfilling the objective. It must be weighed up which of these are to be classified as particularly appropriate and thus to be used for test purposes. A distinction

is made in this context between two conceivable dosing options: On the one hand a relieving, and on the other hand a loading dosing effect. As it is possible to identify a signage type for the former case which relies on the utilization of so-called gate clusters, the design approach of the second case makes use of humorous and creative animations. However, in the course of the work it should be shown that the transfer of these and the following carrying out of those tests in the intended scope must be waived. Several reasons can be mentioned: On the one hand, the established test procedure and the selected examination area prove to be too extensive (TDM 2018, n. p.). Furthermore, on the other hand, challenges such as the changeover from summer to winter timetable (Fraport AG 2018c, n. p.) and the further prevailing holidays and the recommendation made by EVE (2012, p. 17), that examinations should not be conducted during these times, make it more difficult to realize the test purposes.

Even if the originally planned test runs must be abandoned ultimately, nevertheless it is possible to carry out a different test procedure which is based on the previous knowledge gained in the course of work by changing the initial conditions. The knowledge can be used, transferred and ultimately implemented successfully. In comparison to the status quo, a challenge that is already prevalent at Frankfurt Airport, for which a dosage of passengers is not only interesting, but actually absolutely necessary as well, will be analyzed, tested and improved. This involves the consideration of a decision point at which passengers have to identify one correct of two fundamental possibilities of routes to receive their luggage after landing (Kallert 2018d, n. p.). The implementation of this test procedure will as well lead to the conclusion that passengers can be influenced and measured by using signage.

Finally, the outlining of a control concept will be derived in order to learn how dynamic signage could be used in the context of an airport terminal based on or rather by transferring the knowledge of parking guidance systems and dynamic traffic management.

Altogether, the work will not cover and solve the lack of general signage standards (Uebele 2006, p. 5; Schulz & Baumann & Wiedenmann 2010, p. 188; Wenzel 2003, p. 13), to which planners, engineers or other actors could refer to. The focus is rather on the consequent development of a way to be able to distribute selected passengers by using various types of dynamically controllable signage with the airport operator's objective of gaining a desired passenger separation. Consequently, an approach is going to be developed whose usage will allow a more flexible utilization of existing capacities in airport terminals.