
Zusammenfassung

Der Verkehrssektor ist ein Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen, die zur Erwärmung des globalen Klimas beitragen. Daher wurden multilaterale Klimaverträge geschlossen, um unter anderen eine Reduzierung der umweltschädlichen Emissionen durch den Verkehrssektor herbeizuführen. Um die darin enthaltenen Vereinbarungen zu erreichen, wurden geeignete Maßnahmen aufgestellt. Eine dieser Maßnahmen ist die Verlagerung des Modal-Split-Anteils des motorisierten Individualverkehrs hin zum öffentlichen Verkehr. Die Nutzungsrate des öffentlichen Verkehrs hängt dabei unter anderem mit der Attraktivität des Verkehrsmittels zusammen. Eine Verbesserung der Kommunikation von Informationen durch Fahrgastinformationssysteme kann dazu beitragen, dass eine Nutzung des öffentlichen Verkehrs attraktiv erscheint. Im Zeitalter der Digitalisierung und ubiquitären Informationssystemen, durch beispielsweise Smartphones, erscheinen jedoch kollektive Fahrgastinformationssysteme in Zügen nicht mehr zeitgemäß. Im Hinblick auf die dennoch wichtige Bedeutung in der Beschaffung von Fahrgastinformationen durch diese Systeme, erscheint insbesondere hier ein wesentliches Potenzial zur Verbesserung. Dazu wurde am Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TU Darmstadt mit der Kobiflexion ein Verfahren für eine bedarfsgerechte, flexible und innovative Fahrgastinformation in Regionalzügen entwickelt. In der vorliegenden Arbeit wird dieses Verfahren in einem Prototyp umgesetzt, der in der Lage ist, Fahrgastinformationen in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren in einem Fahrgastinformationsprogramm priorisiert zu strukturieren. Anhand des Simulationsprogramms AnyLogic wird das Verfahren visualisiert.

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit stellt zunächst den genaueren Verfahrensablaufs des entwickelten Konzepts Kobiflexion und der damit verbundenen Priorisierung von Fahrgastinformationen vor. Anschließend werden generelle Anforderungen und Aufgaben von Fahrgastinformationen beschrieben. Insbesondere wird eine Zusammenfassung der einschlägigen Richtlinien und Gesetze bezüglich der rechtlichen Anforderungen zur Erstellung eines Fahrgastinformationsprogramms gegeben. Anhand der durchgeführten Literaturrecherche ist zu erkennen, dass eine umfassende und eindeutige Beschreibung der Umsetzung von genannten rechtlichen Vorgaben in der einschlägigen Literatur nicht gegeben ist.

Im Anschluss wird explizit auf die Anforderung zur Vermeidung von Informationsüberfluss durch Fahrgastinformationssysteme eingegangen. Es wird neben der generellen Begriffserklärung auf Ansätze eingegangen, die dazu beitragen, dass die wiedergegebene Informationsmenge durch die Fahrgäste leichter aufgenommen und verarbeitet werden kann. Dazu zählen unter anderem die gezielte Verwendung von visuellen und akustischen Fahrgastinformationsmedien, die Priorisierung von relevanten Fahrgastinformationen oder die Verwendung von grafischen Elementen zur Reduzierung der Verarbeitungskapazität.

Als Abschluss der Literaturrecherche wird ansatzweise ein Überblick über den Aufbau von Fahrgastinformationssystemen in Zügen sowie aktuellen Standards und möglichen Trends zu Hardwarekomponenten und Software gegeben. Insbesondere hier wird deutlich, dass durch die rapiden Entwicklungen in der Hardware eine Nachfrage nach kollektiven Fahrgastinformationen besteht.

In dem darauffolgenden Teil der vorliegenden Arbeit werden durch Betrachtung des Umfelds von Fahrgastinformationssystemen mögliche Einflussfaktoren und deren Ausprägungen auf die situationsabhängige Gestaltung von Fahrgastinformationsprogrammen abgeleitet. Die identifizierten Einflussfaktoren werden dazu verwendet, Vorschläge zur Aufteilung von Fahrgastinformationen auf die einzelnen Wiedergabemedien, der Dauer eines Programmzyklus und der Dauer einer Anzeige der jeweiligen Fahrgastinformation zu erarbeiten, die im Anschluss zur Erstellung des Simulationsmodells angewendet werden.

Als letztes Element zur Umsetzung des Verfahrens-Prototyps in AnyLogic wird ein bestehender Ansatz aus den Bereichen der Operations Research und der Informatik ausgewählt, der in Lage ist, Fahrgastinformationen miteinander abzustimmen und die priorisierten Informationen aus der Kobiflexion logisch in einem Programm darzustellen. Zu dem hier vorliegenden Optimierungsproblem werden verschiedene Algorithmen zur Lösung des Problems hinsichtlich geeigneter Kriterien untersucht. Anhand dieser Kriterien wird die Dynamische Programmierung als Algorithmus für die Programmerstellung ausgewählt und in das Simulationsmodell implementiert. Der Algorithmus zeichnet sich durch eine relativ geringe Laufzeit aus sowie der Möglichkeit das tatsächliche Optimum eines Optimierungsproblems zu finden

Die Kobiflexion, ein Ansatz zur Bewertung der identifizierten Einflussfaktoren und der ausgewählte Algorithmus zur Erstellung des Fahrgastinformationsprogramms werden anschließend in einem Verfahrens-Prototyp in der Simulationssoftware AnyLogic umgesetzt. Die Kobiflexion wird explizit über den Java-Datentyp Array visualisiert. In den Arrays werden die zuvor priorisierte Liste aus der Kobiflexion und deren Informationsbedarfswerte sowie Anzeigedauern gespeichert und von dem implementierten Algorithmus als Grundlage zur Erstellung des endgültigen Fahrgastinformationsprogramms verwendet. Das Programm wiederum wird über dynamische Textfelder wiedergegeben. Durch Abbildung der Zugfahrt über eine GIS-Karte wird der Prototyp mithilfe von georeferenzierten Daten simuliert. Anhand von zuvor festgelegten Kriterien ist der Prototyp in der Lage, durch die Auswahl verschiedener Fahrgastinformationsprogramme auf kurzfristige Änderungen durch Situationen zu reagieren. Dadurch wird sichergestellt, dass zu jedem Zeitpunkt das aktuelle Bedürfnis der Fahrgäste nach bestimmten Fahrgastinformationen durch das Programm befriedigt wird.

Zunächst wird die Regionalbahn-Verbindung von Frankfurt nach Heidelberg als Grundszenario implementiert. Anhand des Szenarios können Fahrten unterschiedlicher Länge und Dauer simuliert werden. Zur Validierung der situationsabhängigen Programmgestaltung sind zusätzlich vier weitere Szenarien implementiert, die vom Regelbetrieb des Grundszenarios

abweichen. Durch die Sonder-Situationen werden unter anderem der Ausfall von Anschlüssen oder Verspätungen in der Fahrtzeit simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass durch Abhängigkeit der jeweiligen Situation, eine flexible Programmbildung von Fahrgastinformationen abgebildet werden kann. Neben der Anwendung des Verfahren-Prototyps für den Betrieb mit einer Regionalbahn, wird zusätzlich geprüft, ob eine Anwendung für den innerstädtischen Betrieb einer S-Bahn sinnvoll ist. Die simulierten Ergebnisse zeigen, dass im Gegensatz zu dem Grundscenario, keine valide Programmbildung erfolgen konnte.

Als Abschluss der vorliegenden Arbeit wird mit Hilfe der Verwendung von Sensitivitätsanalysen die Auswirkungen der Systemkonfiguration auf die Programmbildung betrachtet. Dabei wurde der Verfahrens-Prototyp anhand der Variation der Anzahl der Fahrgäste der einzelnen Fahrgastgruppen aus der Kobiflexion, der Informationsdauer sowie des Ein- und Aussteigeranteils auf die Robustheit der Programmbildung untersucht. Die Veränderungen der betrachteten Parameter zeigen dabei, dass die Programmbildung nur geringfügig variiert und keine gravierenden Änderungen in der Auswahl der anzuzeigenden Fahrgastinformationen bestehen.

Abstract

The transportation sector is one of the main contributors to greenhouse gas emissions, which are leading to global warming. Therefore, multilateral climate agreements were put in place to reduce environmentally harmful emissions in sectors like transportation. To achieve the goals of those contracts, useful measures were defined. One of these measures is to shift the modal-split-share from motorized individual traffic to public transportation. The utilization of public transportation depends, amongst other things, on the attractiveness of the transportation vehicle. The improvement of communicating information through passenger information systems can thereby contribute to an increased utilization of public transportation. In the age of digitalization and ubiquitous information systems like smartphones, collective passenger information systems in trains appear outdated. Due to the high importance of those systems with regard to the way in which passengers obtain information, there is potential for improvement. Therefore, the institute of transport planning and traffic engineering at the TU Darmstadt developed a method called Kobiflexion for a passenger-orientated, flexible and innovative way to display passenger information. The aim of the present study is to convert this method into a prototype, which is able to structure prioritized passenger information in a passenger information program depending on different influential factors. The method is visualized in the simulation software AnyLogic.

The first part of the present study represents the method of Kobiflexion and the prioritization of passenger information. Requirements and tasks of passenger information are explained afterwards. An overview of legal requirements is given by summarizing legal documents.

Findings from this literature research shows that there is no complete and clear explanation of how to convert the listed legal requirements.

Afterwards, the requirement of how to avoid information overload is explained. Besides the definition of information overload, different approaches of how the passenger can easier perceive and process passenger information are explained. These approaches include the targeted use of visual and acoustic passenger information media, the prioritization of relevant passenger information or the use of graphic elements to reduce processing capacity.

As the last part of the literature research there is an overview of the system design of passenger information systems such as current standards and possible trends for hardware and software. This chapter specifically shows the rapid development of the hardware and the demand for collective passenger information systems.

In the following part of the present study there is an environmental analysis of a passenger information system to identify possible influential factors and their specifications of the situation responsive creation of passenger information programs. The identified factors are used to propose on which media passenger information should be displayed, the length of a program and the length of time to display information.

As a last element for the implementation into the prototype in AnyLogic, one existing method from the areas of operations research and informatics is selected to coordinate the prioritized passenger information and represent them logically in a program. With regard to this optimization problem, different algorithms to solve this are analyzed by appropriate criteria. Regarding those criteria the dynamic programming for the creation of the program is selected and is implemented into the simulation model. The algorithm is characterized by the comparatively short execution time and the ability to find the optimal solution of an optimization problem.

The method of Kobiflexion, the evaluation of the identified influential factors and the selected algorithm to create a passenger information program, are afterwards implemented as a prototype into AnyLogic. The Kobiflexion is visualized as the Java datatype Array. In these Arrays the prioritized information including the information demand value and the display time are saved and used as a basis for the algorithm to create the passenger information program. The created program is therefore visualized as dynamic text fields. The train ride is displayed in a GIS map, therefore the prototype can be simulated in accordance with georeferenced data. Due to pre- defined criteria and the ability to select different passenger information programs the prototype can adapt to short term changes in situation. Therefore, it is guaranteed that the current informational demand of the passenger is satisfied at any given time. As a next step, the baseline scenario is defined by the regional train ride from Frankfurt to Heidelberg. Based on the scenario, different journey lengths can be simulated. To validate the creation of situation responsive programs, a further four scenarios are implemented that deviate from regular operation. Through their implementation, special situations like cancellation of connecting

trains or delays can be simulated. The results validate that a flexible program of passenger information can be created in accordance with the respective situation. Besides the implementation of the prototype for a regional train, a further examination is conducted to verify if the prototype can be applied to inner-city S-Bahn operation. The results of the simulation show that there is no valid program creation, in contrast to the baseline scenario.

In the final part of the present study a sensitivity analysis is used to determine the impact of the system configuration with regard to the program creation. Therefore, the robustness of the program creation of the prototype is examined by the variation in the number of passengers for each passenger group, the passenger information time and the share of boarding and alighting passengers. The variation of the considered parameters shows, that there is only slight deviation in the creation of the program and no serious changes to the selected displayed information.
