

---

## Kurzfassung

Name: Lukas Fröschl

**Thema: Identifikation von Einflussfaktoren auf das Verhalten von Fahrgästen in Straßenbahnen zur Optimierung des Fahrgastwechsellvorgangs**

---

Die Pünktlichkeit ist eines der wichtigsten Attraktivitätsmerkmale im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Durch immer stärker ausgelastete Infrastruktur-Kapazitäten wird ein pünktlicher Betrieb dort immer schwieriger. Ein reibungsloser und schnell ablaufender Fahrgastwechsel kann wesentlich dazu beitragen, den Fahrplan einzuhalten und damit einen wichtigen Aspekt der Beförderungsqualität zu sichern.

Diese Arbeit konzentriert sich auf den Fahrgastwechsel im Straßenbahnbereich. Die Forschung fokussierte sich bislang insbesondere auf die ÖPNV-Systeme U-Bahn und S-Bahn sowie auf den Schienenfernverkehr. Die Straßenbahn als elektrisch betriebenes Verkehrsmittel für den Nahbereich, welches in den letzten Jahren wieder mehr an Bedeutung gewonnen hat, ist auch in Zeiten der Diskussion um die Klimaerwärmung und den Schadstoffausstoß in Innenstädten von besonderem Interesse.

Die Straßenbahn als Verkehrsmittel erlebt eine Renaissance. Viele Verkehrsbetriebe erweitern seit den 80er Jahren wieder ihre Streckenkilometer, nachdem sie nach Ende des zweiten Weltkriegs abgebaut wurden. Den Fahrgastwechsel bei der Straßenbahn zu untersuchen ist eine Aufgabe, die Optimierungspotenzial erwarten lässt. Im Rahmen dieser Arbeit wäre es zu umfangreich, alle Systeme des ÖPNV unter diesem Augenmerk zu betrachten, daher erfolgt die Konzentration auf die Straßenbahn.

Näher zu betrachtende Einflussfaktoren auf das Ein- und Aussteigeverhalten der Fahrgäste werden wie folgt geclustert: Persönliche Einflussfaktoren, fahrzeugspezifische Einflussfaktoren, haltestellentechnische Einflussfaktoren sowie situative Einflussfaktoren. Persönliche Einflussfaktoren können beispielsweise Orts- und Systemkenntnisse, der Verkehrszweck oder auch das Alter sein. Fahrzeugspezifische Einflussfaktoren können beispielsweise die Anzahl, Breite und Position der Türen beinhalten. Ebenso spielt es eine wichtige Rolle, ob Niederflurtechnik eingesetzt wird. Haltestellentechnische Einflussfaktoren können z. B. in der Anzahl der Zu- und Abgänge des Bahnsteigs sowie

---

der Größe und der baulichen Gestaltung des Bahnsteigs gesehen werden. Situative Einflussfaktoren sind u. a. die Witterung oder die Tageszeit.

Relevante Studien, die sich bereits eingehend mit dem Fahrgastverhalten bei Ein- und Ausstieg beschäftigt haben, werden vorgestellt. Wichtige bislang publizierte Veröffentlichungen zu Optimierungsmöglichkeiten werden ebenso dargestellt. Nach der eingehenden Literaturrecherche werden schließlich in einer Untersuchung vor Ort stereotypische Verhaltensweisen der Fahrgäste erfasst, die Vorgänge beim Fahrgastwechsel durch eine Mikroanalyse von Teilschritten bzw. Phasen des Fahrgastwechsellvorgangs genauer untersucht und Optimierungsmöglichkeiten abgeleitet.

Es wird die Annahme zugrunde gelegt, dass der Vorgang des Fahrgastwechsels an sich selbstorganisierend und unproblematisch (ungestört) ist. Allerdings kann er in bestimmten Situationen gestört sein und eine für den Fahrgaststrom kritische Grenze erreichen, an der übermäßige Zeitverluste entstehen. Dies kann auch durch das Verhalten der Fahrgäste begründet sein. Dies findet in dieser Arbeit besondere Berücksichtigung und beinhaltet sowohl das Verhalten am Bahnsteig, an der Tür bzw. im Einstiegsbereich als auch in der Straßenbahn.

Die Fahrgäste werden bei der Untersuchung stereotypisch unterteilt in Fahrgäste mit und ohne Beeinträchtigungen. Fahrgäste mit Beeinträchtigungen werden weiter differenziert nach personenbedingten Mobilitätseinschränkungen sowie Beeinträchtigungen durch mitgeführte Gegenstände wie z. B. Kinderwagen oder Fahrräder. Darüber hinaus wird die stereotypische Fahrgastgruppe der Schüler einbezogen.

In Mainz werden an sechs hoch frequentierten Straßenbahnhaltestellen im November und Dezember 2018 empirische Untersuchungen durchgeführt und anschließend in dieser Arbeit die Ergebnisse präsentiert. Teilschritte und Phasen ausgewählter Fahrgastwechsel werden näher beleuchtet. Der Blick richtet sich insbesondere auf das Verhalten der Fahrgäste.

Verschiedene Verhaltensweisen der stereotypisch eingeteilten Fahrgäste werden dargestellt. Typische Verhaltensweisen der Fahrgäste, die bei der empirischen Untersuchung beobachtet werden, sind beispielsweise, sich vor den Türen der Straßenbahn in Trauben aufzustellen, was dazu führt, dass sich der verfügbare Platz für die aussteigenden Fahrgäste verkleinert. Weiterhin tendieren Fahrgäste dazu, nach Beendigung des Einsteigevorgangs nicht weiter in den Fahrzeuginnenraum durchzugehen, sondern in der Nähe der Türen zu verweilen. Dies bestätigt Literatur-Aussagen, in der spezifische Werte

---

für die Auslastung an Fahrgästen im Türbereich und im Bereich zwischen den Gängen bei höherer Auslastung gegeben werden. Im Türbereich liegen diese deutlich höher. Dies kann bei hohem Fahrgastaufkommen zu einer Verlängerung der Fahrgastwechselzeiten führen.

Insgesamt kann anhand der empirischen Untersuchung in Mainz festgestellt werden, dass bei geringen Auslastungen meist keine Probleme auftreten und der Fahrgastwechsel reibungslos verläuft. Störungen entstehen vor allem bei hohen Auslastungen.

Zudem wird eine Differenzierung nach den drei eingesetzten Straßenbahn-Typen vorgenommen. Bei insgesamt 8 der 43 erfassten Beobachtungen handelt es sich um ein Hochflurfahrzeug. Es zeigt sich, dass bei diesem Fahrzeugtyp das Intervall zwischen Fahrzeugstillstand an der Haltestelle und dem Beginn der Türöffnung im Mittelwert um 0,8 Sekunden kürzer ist, als beim Fahrzeugtyp der modernen Variobahn, was sich günstig auf den Zeitbedarf für den Fahrgastwechsel auswirken kann.

Insgesamt kann gezeigt werden, dass die benötigte mittlere Zeit beim Ausstieg kürzer ist als beim Einstieg. Die weitere Auswertung der Beobachtungen zeigt, dass die mittlere Zeit für den Ausstieg und den Einstieg je Person in der Hauptverkehrszeit kürzer als während der Nebenverkehrszeit ist.

Die geordneten Fahrgastwechsel, d. h. diejenigen, bei denen zuerst der Ausstieg und dann der Einstieg erfolgt, laufen geringfügig schneller ab als ungeordnete, bei denen sich Ein- und Aussteiger im Türbereich während des Wechsels begegnen. Zudem lässt sich feststellen, dass die Bauweise und Charakteristika der Bahnsteige die Dauer des Fahrgastwechsels zumindest teilweise beeinflusst. Es lässt sich bestätigen, dass das Verhalten von Fahrgästen beim Fahrgastwechsel nicht nur einen Einfluss auf die Dauer des Fahrgastwechsels haben kann, sondern auch auf die Verspätungen der Fahrzeuge.

Nach der Planung, Durchführung und Analyse der empirischen Erhebung in Mainz wird in der vorliegenden Arbeit das Potenzial bezüglich der Optimierung des Fahrgastwechsellvorgangs unter Beachtung der erarbeiteten Anforderungen an die Attraktivität des ÖPNV-Angebots abgeschätzt. Abschließend wird ein Katalog an relevanten Einflussfaktoren auf das Ein- und Aussteigeverhalten erarbeitet sowie Maßnahmen zur Optimierung des Fahrgastwechsellvorgangs aufgezeigt.

Möglichkeiten der Einflussaufnahme auf die Fahrgäste werden diskutiert. Gestalterische bzw. technische und organisatorische Lösungen werden vorgeschlagen.

---

## Abstract

Name: Lukas Fröschl

**Topic: Identification of Influencing Factors on the Behaviour of Passengers in Trams to Optimize the Passenger Exchange Process**

---

In local public transport punctuality is one of the most important attractive features. With increasing utilization of infrastructure-capacity, on-time operations are becoming increasingly difficult. A smooth and fast passenger exchange process can make a significant contribution to adhere to the schedule. Linked with this is saving an important aspect of the quality of transport.

This work focuses on the tram-passenger exchange process. So far, empiric research has focused especially on the public transport systems underground and suburban railway as well as on long-distance trains. The tram as an electrically operated transport system for local areas, which has gained in importance again in recent years, is also of special interest in times of discussion about the climate warming and pollutant emissions in inner cities.

The tram as transport system is experiencing a renaissance. A lot of public transport companies have been enlarging their distance of transport network since the 1980s after being reduced after World War II. Examining the tram-passenger exchange process is a challenge that promises potential for optimization. In this academic paper, it would be too extensive to study all public transport systems in this context. Therefore, the focus is on the tram.

Influencing factors on the behaviour of passengers during passenger exchange process to be considered more detailed are clustered as follows: personal influencing factors, vehicle-specific influencing factors, platform influencing factors and situational influencing factors. Personal influencing factors can be, for example, local and system knowledge, transport purpose or even age. In vehicle-specific influencing factors can be included, for example, the number, width and position of the doors. It plays a major role whether low-floor technology is used as well. Platform influencing factors can be seen, for example, in the number of entrances and exits to/from the platform as well as the size and design. Among other things, situational influencing factors are the weather or the time of day.

---

Relevant studies, which have already dealt in detail with the behaviour of passengers during passenger exchange process, are presented. Important publications on optimization possibilities are presented as well.

After a comprehensive literature review, stereotypical behaviors of the passengers are finally collected in an on-site investigation, passenger exchange processes are examined more precisely by microanalysis of partial steps or phases of the passenger exchange process and optimization possibilities derived.

It assumes, that the passenger exchange process is self-organizing and unproblematic (undisturbed). However, in certain situations it could be disturbed and reach a critical limit for the passenger flow, causing time losses. This may also be justified by the behavior of the passengers. This is a special consideration in this academic paper and includes behavior on the platform, at the vehicle door / in the boarding area as well as in the tram.

For the study passengers are stereotyped into passengers with and without interferences. Passengers with impairments are further differentiated according to person-related mobility restrictions as well as impairments due to carried objects such as buggies or bicycles. Furthermore, the stereotypical passenger group of pupils is included.

In Mainz, an empirical study will be carried out at six highly frequented tram stops in November and December 2018. After that the results will be shown in this work. Steps and phases of selected passenger exchange processes will be presented. Especially the focus is on the behavior of the passengers.

Different behaviors of the stereotyped passengers are presented. Typical behaviors of passengers observed in the empirical study are, for example, crowding in front of the tram-doors, which minimizes the available space for the leaving passengers. In addition, passengers tend not to go forward into the vehicle interior after completing boarding, but to stay near the doors. This confirms literature results in which specific values are presented for the occupancy of passengers in the door area and in the area between the corridors at higher capacity utilization. These are much higher in the door area. This can extend the time of passenger exchange processes when there is a high number of passengers.

All things considered, the empirical study in Mainz shows, that at low capacity utilization usually no problems occur and the of passenger exchange process runs smoothly. Disturbances appear especially at high capacity utilization.

Furthermore, a distinction is made between the three tram types used. A total of 8 out of the 43 recorded inquiries are high-floor trams. In this type of vehicle, the period between vehicle standstill

---

at the platform and the beginning of the door opening is 0.8 seconds faster on the average than the modern Variobahn, which can have a beneficial effect on the time of the passenger exchange process.

Overall, it can be shown that the average time for leaving is shorter than for boarding. Another result of the study is, that the mean time for the exit and the entry per person in the peak time is less than in off-peak hours.

The ordered passenger exchange process, that are those who have boarding after all passengers have left the vehicle, run marginal faster than unordered, in which boarding and leaving passengers face each other in the door area during the exchange. Moreover, it can be determined that the design and characteristics of the platforms at least partially influence the length of the passenger exchange process. It can be noted that the behavior of passengers can not only affect the duration of the passenger transfer, but also the delays of the vehicles.

After preparation, execution and analysis of the empirical survey in Mainz, the paper estimates the potential for optimizing the passenger exchange process, considering the requirements for the attractiveness of public transport services. Finally, a catalog of relevant factors influencing the boarding and leaving behavior will be worked out and measures for optimizing the passenger exchange process will be shown.

Opportunities of influencing the passengers are discussed. Creative / technical and organizational solutions are suggested.