

Wie voll ist der Zug? – Auslastungsinformationen zur Erhöhung des Reisekomforts

How crowded is the train? – Improving travel comfort by providing information on utilisation rates

Malte Petersen | Denise Barthel | Heike Twele | Rico Kelz | Jan Grüner | Mandy Dotzauer

Die Stärkung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) ist ein zentraler Faktor zur Erreichung der Klimaziele und Unterstützung der Verkehrswende. Im Projekt SAFIRA (Sicherheit und Abstand durch Fahrgastlenkung basierend auf Informationen und Auslastungsdaten) [11] sollen Fahrgästen zuverlässige Auslastungsinformationen für öffentliche Verkehrsmittel bereitgestellt und ihnen weniger nachgefragte Verbindungen angeboten werden. Erste Erkenntnisse der begleitenden Nutzerforschung zeigen, dass ein Bedarf nach Auslastungsinformationen vorhanden ist, situative und persönliche Faktoren jedoch eine Rolle spielen. Technische Herausforderungen bestehen in der Entwicklung und Optimierung von Algorithmen sowie in Datenverfügbarkeiten.

1 Einleitung

Zur Erreichung des Ziels der Klimaneutralität bis 2045 definiert das Umweltbundesamt acht Handlungsfelder [1]. Eines davon ist die Stärkung des Umweltverbundes, u.a. durch die Steigerung der Attraktivität des ÖPNV. Ebenso beschloss das Bundesministerium für Digitales und Verkehr im Sommer 2022 ein Sofortprogramm zur Einhaltung der Klimaziele im Verkehrsbereich, welches auch eine Ausbau- und Qualitätsoffensive des ÖPNV beinhaltet [2]. Laut dem Verband deutscher Verkehrsunternehmen weisen die Fahrzeuge des ÖPNV im Vergleich zum Pkw niedrigere Treibhausgasemissionen pro Personenkilometer auf. So sind die Emissionen von Bussen knapp zweimal und die des öffentlichen Schienenverkehrs knapp dreimal geringer als die von Pkw [3]. Die Entlastungspotenziale öffentlicher Verkehrsmittel hängen stark von deren Auslastungsgrad ab. Hier muss der ÖPNV mehreren teilweise konfligierenden Anforderungen gerecht werden.

Die erste Herausforderung besteht darin, die im System vorhandenen Kapazitäten besser zu nutzen. Der Handlungsspielraum, das System ÖPNV durch neue Strecken, längere Fahrzeuge und bessere Taktichten zu erweitern, ist begrenzt. Dies bedeutet, dass ein Teil des Nachfragezuwachses im ÖPNV im bestehenden System bewältigt werden muss. Eine Möglichkeit, dies zu bewerkstelligen, ist, durch rechtzeitige und verlässliche Informationen zur Auslastung öffentlicher Verkehrsmittel einen Teil der Fahrgäste in weniger stark nachgefragte Verbindungen zu lenken. Im Fokus stehen insbesondere Reisende mit flexiblen Arbeitszeiten oder Freizeitbeschäftigungen, Reisende mit besonderem Platzbedarf durch die Mitnahme von Fahrrädern oder Kinderwagen sowie vulnerable Reisende mit reduzierter Mobilität oder kognitiven Einschränkungen. Weiterhin kann die Planung bei Baustellen und Großveranstaltungen durch präzise Auslastungsdaten verbessert werden. Bei operativen Störungen helfen Echtzeitauslastungsinformationen ebenfalls, um dispositi-

Strengthening public transport is a key factor in achieving climate goals and contributing to a sustainable transportation system. The goal of the SAFIRA project [11] is to provide passengers with reliable information on the utilisation rates of public transportation in order to direct them to less crowded routes. Initial findings from the accompanying user research have shown a need for this information, but situational and personal factors also play a role when deciding on connections. Technical challenges include the development and optimisation of algorithms and data availability.

1 Introduction

The German Federal Environment Agency has defined eight fields of action for achieving the goal of climate neutrality by 2045 [1]. One of these fields of action involves strengthening eco-mobility by increasing the attractiveness of local public transportation. The German Federal Ministry of Digital Affairs and Transport also decided on an immediate program to meet the climate goals in the transport sector in the summer of 2022. It includes an expansion of the service and quality improvements in local public transportation [2]. According to the Association of German Transport Companies, public transport vehicles have lower greenhouse gas emissions per passenger kilometre than passenger cars. The emissions of buses are almost two times lower and those of public rail transport almost three times lower than those of passenger cars [3]. The emission reduction potential of public transport strongly depends on its utilisation rates. Public transportation has to meet several partially conflicting requirements in this regard.

The first challenge is to make better use of the existing capacities within the system. The scope for expanding the public transport system through new routes, longer vehicles and higher frequencies is limited. This means that part of the increase in demand for public transport has to be met within the existing system. One way of achieving this is to provide timely and reliable information on public transport utilisation rates in order to direct some of the passengers to routes that are in less demand. The focus is particularly on travellers with flexible working hours or leisure activities, travellers with special space requirements due to bicycles or baby carriages and vulnerable travellers with reduced mobility or cognitive impairment. Furthermore, planning for road works and major events can be improved through precise capacity utilisation data. In the event of operational disruptions, real-time information on utilisation rates can also help

ve Maßnahmen wie Busnotverkehre an die Anzahl der betroffenen Fahrgäste anzupassen. Da die Informationen auch wagenscharf zur Verfügung stehen, können sich Fahrgäste optimal am Gleis positionieren, um somit Fahrgastwechselzeiten zu verringern [4].

Eine weitere Herausforderung resultiert aus dem während der Coronapandemie verloren gegangenen Vertrauen der Fahrgäste in den ÖPNV, das insbesondere durch die stark zurückgegangenen Fahrgastzahlen deutlich wurde [5]. Ursächlich hierfür waren neben den gesetzlichen Beschränkungen auch Gründe des persönlichen Infektionsschutzes. Fahrgäste mieden den ÖPNV, wenn unklar war, ob ein ausreichender Abstand zu anderen Personen eingehalten werden konnte. Auslastungsinformationen können das Sicherheitsempfinden der Fahrgäste in Zeiten von Pandemien oder Grippewellen verbessern und dazu beitragen, auch vulnerablen Personengruppen die Teilhabe am System ÖPNV zu ermöglichen.

Auch wenn sich die Situation bezüglich der Coronapandemie beruhigt hat und die Fahrgastzahlen wieder steigen, wird sich das Mobilitätsverhalten der Menschen dauerhaft ändern. So wurden beispielsweise Home-Office-Regelungen in einer Vielzahl von Unternehmen verstetigt und haben so einen Einfluss auf den Pendlerverkehr. Diese neue Flexibilität hat zu neuen zeitlichen und räumlichen Verkehrsströmen und teilweise zu überlappendem Berufs- und Freizeitverkehr geführt. Ziel ist es, diese Ströme durch entsprechende Auslastungsinformationen optimal zu lenken und zu leiten. Präzise und verlässliche Informationen sollen auch dabei helfen, das Vertrauen in das System ÖPNV zu stärken, den Umstieg vom Pkw zu öffentlichen Verkehrsmitteln zu erleichtern und somit die Verkehrswende zu unterstützen.

Diesen Aufgaben wird sich im Projekt SAFIRA angenommen, indem die Grundlage geschaffen wird, Fahrgastinformationsmedien künftig so zu erweitern, dass Fahrgäste Informationen zur aktuellen sowie erwarteten Auslastung ihrer Verbindung erhalten. Zudem sollen die verfügbaren Kapazitäten bei der Verbindungsauskunft berücksichtigt werden. Gemeinsam mit den Nutzern wird erarbeitet, unter welchen Umständen mit Auslastungsinformationen eine Fahrgastlenkung bestmöglich erreicht werden kann.

2 Methodik

2.1 Technischer Hintergrund

Bis vor einigen Jahren wurden Auslastungsdaten von den Verkehrsunternehmen oft nur in ausgewählten Fahrzeugen, die mit entsprechenden Fahrgastzähleinrichtungen ausgestattet waren, erhoben. Die Daten konnten nicht in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Die erhobenen Daten (d. h. historische Zählzeiten) wurden im Betriebshof ausgelesen und als Basis für Angebotsplanung und Einnahmenaufteilung verwendet. Erst seit kurzer Zeit wird in Verkehrsverträgen – insbesondere für den Eisenbahnverkehr – gefordert, Zählzeiten in Echtzeit online bereitzustellen, sodass diese für die Echtzeitinformation und -prognose genutzt werden können. Dies geschieht insbesondere im Vorgriff auf zu erwartende Verpflichtungen zur Bereitstellung von Auslastungsinformationen, z. B. im Rahmen der Delegierten Verordnung (EU)2017/1926 [6] und des Mobilitätsdatengesetzes [7]. Es sind eine Reihe von Datenquellen verfügbar, die in SAFIRA genutzt werden, um eine verbesserte Auslastungsprognose zu entwickeln:

- Historische Zählzeiten werden genutzt, um wiederkehrende Nachfragemuster zu erkennen und Prognosen für längere Vorschauzeiträume bereitzustellen (Basisprognose). Die Daten der Zählfahrzeuge liegen jedoch in der Regel nicht flächendeckend vor und müssen über geeignete Verfahren extrapoliert werden.

to adapt measures, such as matching emergency bus services to the number of affected passengers. Since the information is also available for each wagon, this information may also positively affect the changeover times at stations as passengers can board the train via a less crowded wagon [4].

Another challenge has resulted from the loss of passengers' trust in public transportation during the Corona pandemic, as evidenced by a significant decline in passenger numbers [5]. This was caused by both the legal restrictions and reasons of personal protection against infection. Passengers avoided public transportation, if it was unclear whether a sufficient distance could be maintained from other people. Information on utilisation rates can improve passengers' perception of safety in times of pandemics or flu epidemics and contribute to enabling vulnerable groups of people to participate in the public transport system. Even though the situation regarding the Corona pandemic has eased and passenger numbers are increasing again, people's mobility behaviour has continued to change. For example, a large number of companies have incorporated this new work model and now allow their employees to work from home. This has had an impact on commuter traffic. This new flexibility has led to new temporal and spatial traffic flows and, partly, to overlapping work and leisure traffic. The aim is to guide and direct these flows by means of valid information on utilisation rates. Precise and reliable information should also help restore trust in the public transport system, facilitate the switch from private cars to public transport and thus contribute to a sustainable transportation system.

These tasks have been addressed in the SAFIRA project by providing passengers with real-time information on utilisation rates. In addition, the available capacities are also used for the trip planning. Passengers will be informed about alternative connections that are less crowded. A user-centric design approach will complement the technical development of the service and deliver insight on the circumstances, under which a passenger would choose an alternative connection.

2 Method

2.1 The technical background

Until a few years ago, utilisation data for public transport was often only collected by transport companies in pre-selected vehicles that were equipped with corresponding passenger counting devices. The data could not be provided in real time. The collected data (historical count data) was read in the depot and used as the basis for service planning and revenue sharing. Only recently, especially for rail transport, has count data been required to be available online in real time, so it can be used for real-time information and forecasting. This has particularly occurred in anticipation of the expected obligations to provide information about utilisation rates, for example under the European Delegated Regulation (EU)2017/1926 [6] and the German Mobility Data Act [7]. A number of available data sources will be used to develop an improved utilisation rate forecast.

- Historical count data is used to identify recurring demand patterns and provide forecasts for longer time periods (baseline forecasts). However, the data from the counting vehicles is usually not available over an extensive area and must be extrapolated using suitable procedures.
- On the one hand, customers' connection requests are used to complete and calibrate a forecast based on historical count data. On the other hand, the requests are also needed to fore-

- Kundenanfragen an die Verbindungsauskunft werden einerseits genutzt, um die Prognose auf Basis historischer Zählzeiten zu vervollständigen und zu kalibrieren und andererseits, um Aufkommensspitzen in der nahen Zukunft zu prognostizieren. So kann z. B. über den Anstieg der Verbindungsanfragen der Beginn der Anreisewelle zu einer Großveranstaltung detektiert werden. Hierbei ist insbesondere zu beachten, dass die Belange des Datenschutzes gewahrt werden und die Daten so weit anonymisiert sind, dass keine Rückschlüsse über die Bewegungen bzw. Bewegungsmuster von Einzelpersonen möglich sind. Dies kann über geeignete Anonymisierungsverfahren gewährleistet werden.
- Stehen zusätzlich Echtzeitdaten zur Verfügung, werden diese direkt für die Kundeninformation verwendet, z. B. für die Anzeige des Füllgrades des Verkehrsmittels am nächsten Halt. Zusätzlich können sie für die Aktualisierung der Basisprognose verwendet werden.

Im Projekt SAFIRA werden die Verfahren zur Auslastungsprognose durch die Nutzung möglichst vieler Datenquellen verbessert und am Beispiel der Schienenverkehre im Gebiet des Verkehrsverbundes Berlin-Brandenburg demonstriert. Wesentliches technisches Ziel ist neben der Verbesserung der Prognoseverfahren, die im Vorgängerprojekt ProTrain entwickelt wurden [8], die Schaffung einer Gesamtarchitektur für die Entgegennahme, Verarbeitung und Archivierung von Zählzeiten und Prognosen, die auch eine Evaluierung der erzielten Prognosequalität erlaubt.

Ein weiteres Forschungsthema von SAFIRA ist das kapazitätsbasierte Routing, das insbesondere für die Fahrgastlenkung im Störfall benötigt wird. Beim Ausfall von Verkehrsmitteln mit hoher Kapazität sollen nur solche Routenalternativen angeboten werden, die geeignet sind, das zusätzlich zu erwartende Fahrgastaufkommen aufnehmen zu können. Dies resultiert beispielsweise darin, dass bei einem Ausfall einer S-Bahn-Strecke als Alternative vorrangig U-Bahn-Verbindungen angeboten werden, auch wenn diese eventuell langsamer als eine ebenfalls existierende Busverbindung sind. Sowohl für die Auslastungsprognose als auch für das kapazitätsbasierte Routing werden zusätzliche Daten in der Verbindungsauskunft benötigt. Dies sind insbesondere Daten zum geplanten Fahrzeugeinsatz und den dadurch verfügbaren Kapazitäten.

2.2 Nutzerforschung

Die technische Entwicklung wird durch kontinuierliche Nutzerforschung komplementiert, da das optimale Zusammenspiel von Mensch und Technik essenziell für das Vertrauen und die Akzeptanz der Auslastungsinformation ist. Die daraus resultierende Verhaltensänderung ist der Schlüssel zu einer erfolgreichen Fahrgastlenkung. Der Service wird kontinuierlich nutzerzentriert weiterentwickelt und so an den Bedürfnissen der zukünftigen Nutzer ausgerichtet. Der Fokus liegt auf:

- dem Abgleich zwischen der wahrgenommenen und tatsächlichen Auslastung von Verkehrsmitteln,
- nutzerzentrierten Anforderungen an die Fahrgastinformation und
- der Entwicklung von Strategien, die eine Verhaltensänderung begünstigen.

Durch die Coronapandemie sind Menschen sensibilisiert für Raum und Abstand, insbesondere in geschlossenen Räumen. Dies wirkt sich auf die Wahrnehmung des Besetzungsgrades von Verkehrsmitteln aus und kann zu einer Diskrepanz zwischen wahrgenommener und objektiver Auslastung führen. Momentan gibt es noch keine Erkenntnisse darüber, ob und inwieweit sich die Wahrnehmung der Auslastung über die Zeit hinweg verändert. Um dies zu untersuchen, wird in Verkehrsmitteln der BVG (U-Bahn, Tram und Bus), der S-Bahn Berlin, der DB Regio Nordost und der NEB in der Zeit von Juli 2022 bis Juni 2024 die wahrgenommene Auslastung erhoben. Hier-

cast peaks in traffic in the near future. For example, an increase in connection requests can be used to detect the beginning of a wave of arrivals at a major event. Within this context, it is particularly important to ensure that data protection requirements are met and that the data has been anonymised to such an extent that no conclusions can be drawn on the movements or movement patterns of any individuals. This can be ensured by using suitable anonymization procedures.

- If additional real-time count data is available, it will be directly used for customer information (e.g. to display the utilisation rate for the next stop). In addition, it will also be used to update the basic forecast.

The utilisation rate forecasting procedures in the SAFIRA project have been improved by using as many data sources as possible and have been demonstrated using the rail traffic in the region of the Berlin-Brandenburg transport association as a use case. In addition to improving the forecasting procedures developed in the previous ProTrain project [8], the essential technical goal is to create an overall architecture for receiving, processing and archiving count data and forecasts. This also allows the evaluation of the achieved forecast quality.

Another of the project's research topics is the capacity-based routing particularly needed for passenger routing in the event of any disruptions. In the event of a failure, the aim is to only offer route alternatives that are suitable for accommodating the expected additional passenger volume. For example, in the event of the breakdown of a suburban railway line, priority will be given to underground alternatives over bus connections, even though these may be slower. Additional data is required for the utilisation rate forecast and the capacity-based routing. These particularly involve data on the planned vehicle deployment and the corresponding available capacities.

2.2 User-centric research

The technical development is complemented by continuous user-centric research, as the optimal interaction between people and technology is essential for the trust in and acceptance of the information on utilisation rates. The resulting change in behaviour is the key to successfully guiding passengers to less crowded connections. The service will be iteratively developed, thereby aligning it with the needs of future users. The focus is on:

- the comparison between the perceived and actual utilisation rate of public transport vehicles
- any user-centred requirements for passenger information
- the development of strategies facilitating behavioural change

The Corona pandemic has made people more sensitive to space and distance, especially in enclosed spaces. This has had an impact on the perception of the utilisation rates in public transportation and can lead to a discrepancy between perceived and objective utilisation rates. Currently, research lacks findings on whether and to what extent the perception of utilisation rates has changed over time. In order to investigate this, the perceived utilisation rates will be surveyed in different public transport vehicles of several service providers in Berlin and Brandenburg from July 2022 to June 2024. Vehicles have been equipped with a QR code (fig. 1) that leads to a brief questionnaire about the perceived utilisation rate for this purpose. The individual QR codes in each vehicle or wagon mean that the collected data can be matched with the objective counting data from the vehicles via the time stamp and evaluated.

The use of a variety of participation formats throughout the project's duration will enable passengers' requirements for infor-



Bild 1: QR-Code-Befragung in öffentlichen Verkehrsmitteln in Berlin und Brandenburg

Fig. 1: The QR code in different public transport vehicles in Berlin and Brandenburg

für wurden Fahrzeuge mit einem QR-Code ausgestattet (Bild 1), der zu einer Abfrage der wahrgenommenen Auslastung führt. Aufgrund der individuellen QR-Codes pro Fahrzeug bzw. Wagen können die erhobenen Daten über den Zeitstempel mit den objektiven Zähldaten aus den Fahrzeugen zusammengebracht und ausgewertet werden. Durch den Einsatz einer Vielzahl von Teilnehmungsformaten über die gesamte Projektlaufzeit werden die Anforderungen der Fahrgäste an die Auslastungsinformationen ermittelt. Abhängig vom Projektfortschritt und aktuellen Fragestellungen werden die Methoden und Formate an den Dialog mit den Fahrgästen angepasst. Diese reichen von offenen Marktplatzgesprächen über Fragebögen hin zu spielerischem Erfahren und Erleben. Ziel ist es, mehr über die Wünsche, Hemmnisse oder auch Ängste der Fahrgäste in Bezug auf die Auslastung von öffentlichen Verkehrsmitteln zu erfahren und zu diskutieren. Die Darstellung der Fahrgastinformation geht über die reine Weitergabe des Besetzungsgrades hinaus und ist gekoppelt mit Informationen zu weniger ausgelasteten Routenoptionen. Damit eine Verteilung der Lastspitzen erreicht werden kann, müssen Fahrgäste ihre ursprüngliche Routenwahl bzw. den Zeitpunkt des Fahrtantritts ändern. Hier stellt sich die Frage, wie man eine solche Veränderung motivieren kann, ob Fahrgäste intrinsisch motiviert sind oder Anreize von außen gesetzt werden müssen. Im Rahmen von Ideenwerkstätten wird diesen Fragen im Laufe des Projekts nachgegangen.

3 Bisherige Ergebnisse

Erste Erkenntnisse zur allgemeinen Einstellung von Nutzern gegenüber Auslastungsinformationen wurden Anfang Mai 2022 in einem Dialog mit insgesamt 92 Fahrgästen an verschiedenen U-Bahn-Stationen in Berlin gewonnen. Hiervon gaben 52 % an, dass Auslastungsinformationen für sie grundsätzlich interessant sind. Es gibt jedoch situati-

on information on utilisation rates to be determined. The participation methods and formats have been tailored to the progress of the projects or rather to the challenges at hand. These range from open marketplace discussions to (standardised) questionnaires and interactive experiences. The aim is to learn more about passengers' wishes, barriers and fears regarding information on the utilisation rates of public transport.

The presentation of passenger information goes beyond simply passing on the utilisation rates as it is connected with information on less crowded connections. Passengers have to change their original route choice or their journey's starting time in order to achieve an equal distribution in peak hours. The question here is how to motivate such a change, whether passengers are intrinsically motivated or need to be incentivised externally. These questions will also be explored throughout the course of the project.

3 Previous results

Initial findings on the general attitude of users towards information on utilisation rates were obtained in May 2022. A total of 92 passengers were interviewed at various underground stations in Berlin. Of these, 52 % stated that information on utilisation rates was of interest to them in principle. However, situational factors and personal circumstances play a role when deciding on taking an alternative connection. Such information would be particularly relevant for journeys without any time pressure, short service frequency intervals, trips with luggage, as well as trips lasting longer than 30 minutes. Participants at a World Café, which took place at the beginning of August as part of a creative thinking workshop in Bad Belzig, also signalled a general willingness

ve Faktoren und persönliche Umstände, die eine Rolle spielen. Als Anwendungsfälle, in denen eine solche Information besonders relevant wäre, wurden Fahrten ohne Termindruck, kurze Fahrttakungen des Verkehrsmittels, Fahrten mit Gepäck sowie längere Fahrten über 30 Minuten genannt. Teilnehmer eines World Cafés, welches Anfang August im Rahmen der Kreativsaure in Bad Belzig stattfand, signalisierten darüber hinaus eine grundsätzliche Bereitschaft, eine Alternativroute zu wählen. Dies hängt jedoch unter Anderem von den oben genannten situativen Faktoren ab. Weiterhin ist es wichtig, dass die Informationen zuverlässig sind und das Fahrtziel mit einer späteren Verbindung noch rechtzeitig erreicht wird.

Im Oktober 2022 startete eine Online-Befragung zur Nutzung von Fahrgastauskunfts-Apps für den ÖPNV sowie der empfundenen Nützlichkeit von Auslastungsinformationen und deren optimaler Darstellung. Die Datenerhebung ist noch nicht abgeschlossen, doch zum jetzigen Zeitpunkt wurden Daten von 156 Personen erhoben. Etwa ein Drittel hiervon ist weiblich und der Mittelwert des Alters liegt bei 33,9 Jahren. Ergebnisse zeigen, dass knapp 60 % der Teilnehmer Auslastungsinformationen als nützlich oder sogar sehr nützlich empfinden. Von diesen 60 % gaben 71 % an, dass sie Auskunftsapps bei jeder bzw. fast jeder Fahrt nutzen. Weiterhin zeigt sich, dass die empfundene Nützlichkeit von Auslastungsinformationen in geringem Ausmaß positiv mit dem Alter korreliert. Der am häufigsten angegebene Nutzungszeitpunkt der App liegt abhängig vom Fahrtzweck zwischen 10 und 30 Minuten vor der Fahrt. Über 90 % der Personen gaben an, dass Auskunftsapps ein geeignetes Medium sind, um Auslastungsinformationen darzustellen. Da jedoch 67 % der Personen ebenfalls angaben, dass diese Informationen an Bahnhöfen oder Haltestellen hilfreich wären, sollte die Auslastung zusätzlich zur Darstellung in der App auch an Stationen angezeigt werden. Ergebnisse zeigen zudem, dass die empfundene Nützlichkeit von Auslastungsinformationen bei längeren Fahrtzeiten (> 30 Minuten) signifikant höher eingeschätzt wird als bei kürzeren Fahrtzeiten (< 10 Minuten).

4 Ausblick

Die Frage „Wie voll ist/wird der Zug?“ ist eine der zentralen Fragen im Rahmen der Verkehrswende. Insbesondere geht es um die Verbesserung des Reisekomforts für Fahrgäste sowie die Möglichkeit, Fahrgastströme gezielt lenken zu können. Durch die Nutzerforschung, die das Projekt im weiteren Verlauf durchgehend begleiten wird, werden Erkenntnisse gesammelt, wie diese Ziele bestmöglich erreicht werden können. Angepasst an den aktuellen Projektfortschritt werden weitere Fragestellungen zur Nützlichkeit von Auslastungsinformationen und zur Bereitschaft der Änderung des Fahrverhaltens der Nutzer untersucht und die Ergebnisse im Projekt rückgekoppelt. Sowohl die objektiv gemessenen Daten als auch die wahrgenommene Auslastung in den Fahrzeugen werden bis zum Projektende über die nächsten zwei Jahre erhoben. Neben Befragungsdaten werden auch Verbindungsanfragen ausgewertet, um herauszufinden, wann Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Normalfall geplant werden. Im weiteren Verlauf des Projekts wird ein System zum kapazitätsbasierten Routing entwickelt und aus Nutzersicht in einem 3-monatigen Pilotbetrieb getestet.

Die neue Informationsschicht der Fahrgastinformation zum Thema Auslastung kann jedoch nur durch neue oder ertüchtigte bestehende Datenquellen generiert werden. Es ist zu beachten, dass die erhobenen Daten nach einheitlichen Kriterien aufgenommen und datenschutzkonform bewertet und zur Verfügung gestellt werden. In diesem Zusammenhang ist es notwendig, einheitliche Begriffe, Prozesse, Schnittstellen und Architekturen zum Datenaustausch zu definieren und zu standardisieren. Der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) als Branchenvertreter leistet hierzu im deutschsprachigen Raum seit mehr

to choose an alternative route. However, this depends on the situational factors mentioned above, amongst other things. Furthermore, it is important that the information is reliable and that the destination can still be reached in time with a later connection.

In October 2022, an online survey was launched on the use of journey planner apps for public transportation, the perceived usefulness of the information on utilisation rates and its optimal presentation. The data collection is still ongoing, but data from 156 people has been collected so far. About one third of them are female and the mean age is 33.9 years. The results have shown that almost 60 % of the participants perceive information on utilisation rates to be useful or even very useful. 71 % of the 60 % indicated that they use journey planner apps for every or almost every trip. Furthermore, the perceived usefulness of the information on utilisation rates correlated positively with age to a small extent. The most frequently stated time to use the app was between 10 and 30 minutes before the journey, depending on the trip's purpose. Over 90 % of individuals indicated that journey planner apps would be an appropriate medium to present utilisation rates. However, since 67 % of people also indicated that this information would be helpful at stations or stops, utilisation rates should also be displayed at stations. Results have also shown that the perceived usefulness of information on utilisation rates is rated significantly more highly for longer travel times (> 30 minutes) than for shorter travel times (< 10 minutes).

4 Outlook

The question “How crowded is the train?” is one of the central questions within the context of sustainable transportation systems. In particular, it is about improving travel comfort for passengers, as well as the possibility of being able to direct passenger flows in a targeted way. The user-centric research accompanying the further course of the project will enable findings to be collected on how these goals can be achieved in the best possible way. Further questions on the usefulness of utilisation rates and the willingness of users to choose alternative connections will also be investigated in line with the project's current progress. The results will be used for future project work. Both the objectively measured data and the perceived utilisation rates in the vehicles will be collected over the next two years until the end of the project. In addition to the survey data, the trip requests will also be evaluated in order to determine when connection requests are generally made. Over the further course of the project, a system for capacity-based routing will be developed and tested from a user perspective in a 3-month pilot.

However, this new kind of passenger information can only be generated by new or upgraded existing data sources. It is necessary to ensure that the collected data is recorded and evaluated according to uniform criteria and made available in compliance with data protection requirements. It is necessary to define data collection and exchange standards. The Association of German Transport Companies, as the industry representative, has contributed significantly to standardisation in this area in German-speaking countries over more than 30 years. The results achieved in the SAFIRA project will be incorporated into the various standardisation processes. Thus, the different interfaces and services (e.g. passenger counts, data exchange, and passenger information) will be harmonised. An overview of the industry-wide activities of the different actors, [9] as well as the rec-

als 30 Jahren einen wichtigen Beitrag zur Standardisierung. Die im SAFIRA-Projekt gewonnenen Erkenntnisse fließen in die verschiedenen Standardisierungsprozesse ein. Somit erfolgt eine Harmonisierung der verschiedenen Schnittstellen und Dienste (z. B. Fahrgastzählung, Datenaustausch und Fahrgastinformation). Ein Überblick über branchenweite Aktivitäten verschiedener Akteure [9] sowie Empfehlungen zur Übertragung von Auslastungsinformationen und -prognosen [10] finden sich in kürzlich erschienenen Mitteilungen des VDV. Zudem findet enger fachlicher Austausch mit der Brancheninitiative Auslastungsinformation (BRAIN) [12], dem DELFI e.V. [13] sowie dem Emmett-Netzwerk [14] statt. Neben diesen Bemühungen dürfen die Reisenden nicht aus dem Auge verloren werden. Für eine bedarfsgerechte Darstellung der Informationen müssen deshalb die entsprechenden Akteure wie Fahrgast- und Behindertenverbände zukünftig ebenfalls berücksichtigt werden. Präzise und zuverlässige Auslastungsprognosen bieten einen Mehrwert für alle Beteiligte. Diese Informationen werden in einigen Jahren so selbstverständlich wie Verspätungsinformationen sein. Bis dahin müssen jedoch noch einige Hürden überwunden werden. Algorithmen müssen entwickelt und optimiert werden, sodass diverse Fahrgastinformations- und Auskunftssysteme ertüchtigt werden, sowie verständliche und konsistente Darstellungen (weiter-)entwickelt werden. Verinnerlichen muss sich noch der Open-Data-Gedanke, welcher für Auslastungsinformationen gelten sollte. Offene Punkte sind beispielsweise automatisierte Datenübertragungen, Aspekte zum Datenschutz oder der Datenhoheiten. Denn erst durch die Bereitstellung von diesen Informationen können Entwicklungen unterstützt werden, die einen Gewinn für die Allgemeinheit bedeuten. ■

AUTOREN | AUTHORS

Malte Petersen, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Research Assistant*
 Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
 Anschrift / *Address*: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig
 E-Mail: malte.petersen@dlr.de

Denise Barthel, M. Sc.

Fahrgastinformation, Projektleitung SAFIRA /
Passenger Information Department, SAFIRA Project Lead
 VBB Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH
 Anschrift / *Address*: Stralauer Platz 29, D-10243 Berlin
 E-Mail: denise.barthel@vbb.de

Dr.-Ing. Heike Twele

Projektleiterin HAFAS Forschung und Entwicklung /
Project Manager HAFAS Research and Development
 Hacon Ingenieurgesellschaft mbH
 Anschrift / *Address*: Lister Straße 15, D-30163 Hannover
 E-Mail: heike.twele@hacon.de

Rico Kelz, M. Sc.

Ticketing Systeme / *Ticketing systems*
 BLIC GmbH
 Anschrift / *Address*: Rheinstraße 45, D-12161 Berlin
 E-Mail: RK@blic.de

Dr.-Ing. Jan Grüner

Neue Dienste / *Evolution services*
 BLIC GmbH
 Anschrift / *Address*: Rheinstraße 45, D-12161 Berlin
 E-Mail: jg@blic.de

Dr. Mandy Dotzauer

Gruppenleiterin Co-Creation / *Group lead Co-Creation*
 Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
 Anschrift / *Address*: Rutherfordstraße 2, D-12489 Berlin
 E-Mail: mandy.dotzauer@dlr.de

ommendations for the transmission of information on utilisation rates and forecasts [10], can be found in recent publications by the Association of German Transport Companies. Furthermore, industry partners dealing with utilisation rates are engaging in close technical exchanges.

Nonetheless, we must not lose sight of the passengers. The relevant stakeholders (e.g. passenger and disability associations) must therefore also be included in any discussions regarding the needs-based presentation of this information. Precise and reliable utilisation rate forecasts offer value to all the stakeholders. Within a few years, this information will be as common as delay information. But until then, a number of hurdles still need to be overcome. Algorithms must be developed and optimised, the various passenger information systems must be upgraded and comprehensible and consistent displays must be (further) developed. The open data concept that should apply to utilisation rates still needs to be internalised. Open points include, for example, automated data transfers, aspects of data protection and data ownership. Only by making this information available can developments benefitting the general public be supported. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Umweltbundesamt (2022): Klimaschutz im Verkehr. Abgerufen am 22.12.2022 unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/klimaschutz-im-verkehr#bausteine>
- [2] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Sofortprogramm zur Einhaltung der Klimaziele im Verkehrssektor. Abgerufen am 22.12.2022 unter: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/051-wissing-sofortprogramm-zur-einhaltung-der-klimaziele-im-verkehrssektor.html>
- [3] Verband deutscher Verkehrsunternehmen (2020): Statistik 2020. Abgerufen am 22.12.2022 unter: <https://www.vdv.de/vdv-statistik-2020.pdf>
- [4] Meirich, C.; Ritzer, P.; Reiher, P.; Ulrich, G.; Franz, A. (2023): FASaN – Fahrerassistenzsysteme adaptive Nachhaltigkeit im Bahnbetrieb. Eisenbahntechnische Rundschau (72)1-2/2023
- [5] Verband deutscher Verkehrsunternehmen (2021): Die ÖPNV-Bilanz des Corona-Jahres 2020. Abgerufen am 22.12.2022 unter: <https://www.vdv.de/presse.aspx?id=458fc281-0ec8-4de5-a676-ecdad74ee0ad&mode=detail>
- [6] Europäische Kommission (2017): Delegierte Verordnung (EU) 2017/1926 zur Bereitstellung EU-weiter multimodaler Reiseinformationsdienste. Abgerufen am 30.12.2022 unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1926&from=DE>
- [7] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): BMDV startet Prozess für ein Mobilitätsdatengesetz. Abgerufen am 06.01.2023 unter: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/081-wissing-mobilitaetsdatengesetz.html>
- [8] Blic GmbH, DB Regio AG, DLR – Institut für Verkehrssystemtechnik, Hacon Ingenieurgesellschaft, IVU Traffic Technologies AG, predict.io GmbH, DB Vertrieb GmbH, Telefonica Germany GmbH & Co. OHG, (2020): Verbund-Forschungsvorhaben pro train: ProTrain Gesamtbericht. DOI: <https://doi.org/10.2314/KXP:1797328468>
- [9] Verband deutscher Verkehrsunternehmen (2022): Auslastungsinformationen in der Fahrgastkommunikation. Abgerufen am 30.12.2022 unter: <https://knowhow.vdv.de/documents/7052/>
- [10] Verband deutscher Verkehrsunternehmen (2022): Nutzung der VdV 454 zur Übertragung von Auslastungsinformationen und -prognosen. Abgerufen am 30.12.2022 unter: <https://knowhow.vdv.de/documents/4028/>
- [11] Mehr Infos unter: <https://www.projekt-safira.eu/>
- [12] Mehr Infos unter: <https://www.brain-auslastungsinformation.de>
- [13] Mehr Infos unter: <https://www.delfi.de/>
- [14] Mehr Infos unter: <https://emmett.io/>