

Nadelöhrsituationen am Knotenpunkt

Maßnahmenentwicklung zur Verbesserung des Fahrgastflusses am Bahnhof

MALTE PETERSEN

Im Projekt „Modellstadt Braunschweig 2023“ wurden am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Nadelöhrsituationen am Hauptbahnhof Braunschweig identifiziert und Maßnahmen zur Verbesserung des Fahrgastflusses entwickelt. Die Methodik umfasst vier aufeinander abgestimmte Schritte: eine initiale Literaturrecherche, einen Workshop zur Identifikation kritischer Engpässe, eine Beobachtungsstudie vor Ort und einen zweiten Workshop zur Erarbeitung von Optimierungsmaßnahmen. Im Artikel werden die einzelnen Schritte beschrieben und die Ergebnisse auszugsweise vorgestellt. Die vorgestellte Methodik kann als Grundlage für ähnliche Untersuchungen an anderen Bahnhöfen dienen.

Einleitung

Bahnhöfe sind zentrale Verkehrsknotenpunkte, an denen täglich Tausende von Reisenden und Pendlern aufeinandertreffen. Insbesondere während Stoßzeiten kommt es an stark frequentierten Bereichen wie Bahnsteigzügen, Treppen oder Ein- und Ausstiegstüren des Zuges zu erheblichen Menschenansammlungen. Solche Nadelöhrsituationen verlängern nicht nur die Umsteigezeiten, sondern erhöhen auch die Wahrscheinlichkeit, dass Anschlussverbindungen verpasst werden. Darüber hinaus können sie das subjektive Sicherheitsempfinden und das Wohlbefinden der Fahrgäste negativ beeinflussen und in manchen Fällen ein potenzielles Sicherheitsrisiko darstellen. Weiterhin stellen Nadelöhrsituationen insbesondere Menschen mit Mobilitätseinschränkungen vor große Herausforderungen, da Menschenansammlungen die Navigation mit Rollstühlen, Gehhilfen oder Kinderwagen erschweren und dadurch die Zeit, um Aufzüge und Bahnsteige zu erreichen, noch verlängert wird.

Im Projekt „Modellstadt Braunschweig 2023“ wurde der Hauptbahnhof Braunschweig als

Anwendungsfall genauer betrachtet. Der Hauptbahnhof Braunschweig umfasst acht Bahnsteige, an denen sowohl Züge des Nahverkehrs als auch des Fernverkehrs halten. Die Bahnsteige 1 und 2, 3 und 4, 5 und 6 sowie 7 und 8 sind jeweils über eine gemeinsame Plattform zu erreichen. Zu allen vier Plattformen führen jeweils zwei Treppen sowie ein Fahrstuhl. Täglich nutzen etwa 39.000 Fahrgäste den Bahnhof [1]. Ziel war es, zunächst Nadelöhrsituationen zu identifizieren und im Anschluss Maßnahmen zu entwickeln, die den Fahrgastfluss am Bahnhof verbessern. Essentiell ist hierbei die Perspektive von Fahrgästen, die regelmäßig mit diesen Situationen konfrontiert sind, weswegen im Projekt ein nutzerzentrierter Ansatz zur Untersuchung des Forschungsgegenstands gewählt wurde. Eine Schwierigkeit in der Untersuchung von Nadelöhrsituationen besteht darin, dass sich die lokalen Gegebenheiten an Bahnhöfen häufig unterscheiden und dementsprechend gewonnene Erkenntnisse nur teilweise übertragbar sind. Jedoch kann die vorgestellte Methodik als Ansatzpunkt für Untersuchungen an anderen Bahnhöfen dienen.

Vorgehen im Projekt „Modellstadt Braunschweig 2023“

Zur Identifizierung von Nadelöhrsituationen am Hauptbahnhof Braunschweig sowie zur Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung des Fahrgastflusses wurden eine Literaturrecherche, zwei Workshops sowie eine Beobachtungsstudie durchgeführt. Das Vorgehen in zeitlicher Abfolge ist in Abb. 1 dargestellt. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte genauer beschrieben.

Literaturrecherche

Im Zuge der Literaturrecherche wurde sowohl deutsch- als auch englischsprachige Literatur zum Thema zusammengetragen. Einige Artikel beschäftigten sich mit Modellierungen zur Entstehung von Nadelöhrsituationen [2] oder mit der bewussten Nutzung von Nadelöhrn zur Zugangsbeschränkung (z.B. Ticketscannern) [3]. Diverse Studien testeten Maßnahmen, um deren Effekt auf den Fahrgastfluss an bestimmten Nadelöhrn zu untersuchen.

Die Maßnahmen umfassten unter anderem Bodenmarkierungen am Bahnsteig [4], einen per Ampelsystem regulierten Bahnsteigzugang [5], eine Regulierung des Treppenzugangs durch Aufstellen von Zäunen [6] oder bauliche Maßnahmen zur Erweiterung der Zugangsflächen zum Bahnsteig [7]. Die Recherche ergab erste Erkenntnisse darüber, welche Maßnahmen zur Verbesserung von Nadelöhrsituationen bereits getestet wurden. Unterschieden wurde hierbei häufig zwischen „harten“ Maßnahmen, die von den Fahrgästen befolgt werden müssen – wie z.B. Zugangstoren oder physischen Trennwände zwischen Wegen – und „weichen“ Maßnahmen, die auf einer Kooperation der Fahrgäste basieren, wie z.B. Bodenmarkierungen oder ein Ampelsystem. „Harte“ Maßnahmen haben das Potential einen größeren Effekt zu erzielen als „weiche“ Maßnahmen, können jedoch auch als bevorzugend wahrgenommen werden. „Weiche“ Maßnahmen hingegen können zu einer breiteren Akzeptanz führen und dadurch ebenfalls eine große Wirkung erzielen, bürden jedoch auch die Gefahr, dass sich Fahrgäste über sie hinwegsetzen. Weiterhin wurde durch die Recherche deutlich, dass es einige typische Nadelöhr gibt, die an den meisten Bahnhöfen vorkommen, wie zum Beispiel Treppen, Fahrstühle oder die Wartebereiche am Bahnsteig. Jedoch gibt es darüber hinaus große Unterschiede in den lokalen Gegebenheiten, sodass eine spezifische Betrachtung konkreter Beispiele notwendig ist.

Workshop zur Identifizierung von Nadelöhrsituationen am Hauptbahnhof Braunschweig

Der erste Workshop hatte das Ziel, Nadelöhrsituationen am Hauptbahnhof Braunschweig zu identifizieren, indem die Teilnehmenden anhand ihrer eigenen Erfahrungen berichteten, wo sie selbst Situationen erlebt oder beobachtet haben, in denen es aufgrund von Menschenansammlungen zu Wartezeiten, zu Unwohlsein oder zu Konfliktsituationen an bestimmten Orten des Bahnhofs kam. Der einstündige Workshop wurde digital über ein Videokonferenz-Tool durchgeführt. Es nahmen acht Personen an dem Workshop teil.

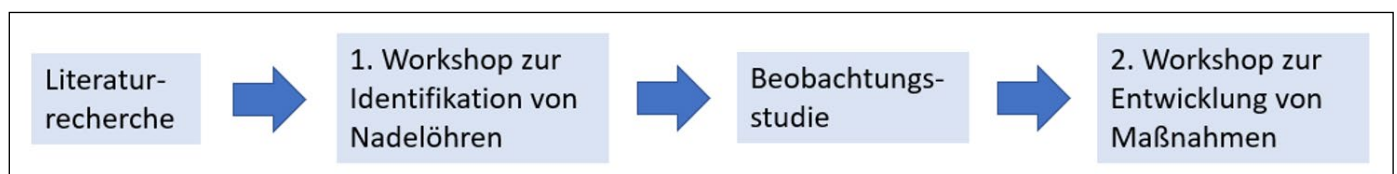


Abb. 1: Methodisches Vorgehen im Projekt in zeitlicher Abfolge

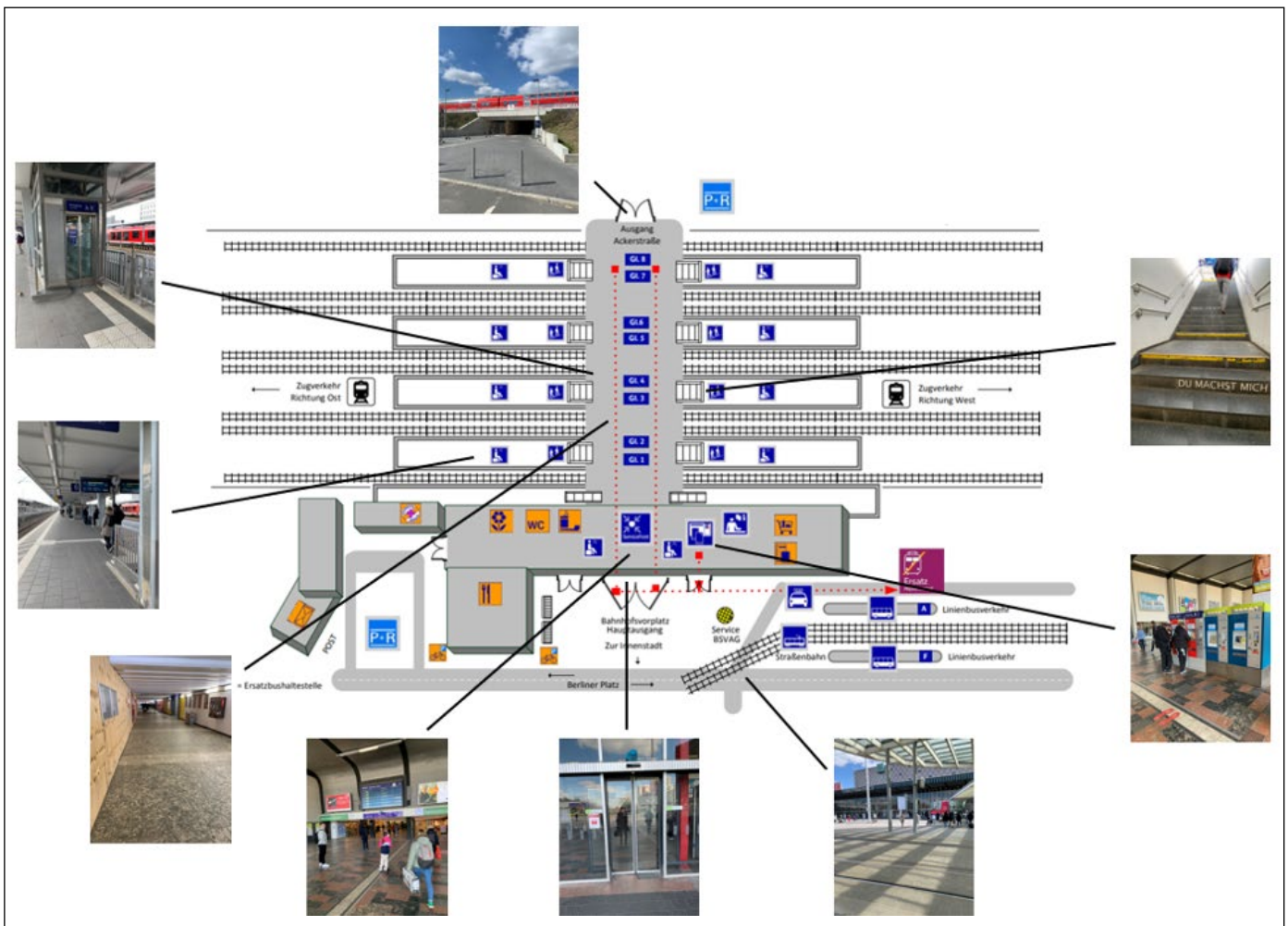


Abb. 2: Im Workshop genutzter Lageplan des Hauptbahnhofs Braunschweig inklusive Fotos

Alle Personen hatten sehr gute Ortskenntnisse. Über ein interaktives Online-Whiteboard wurde den Teilnehmenden ein Lageplan des Hauptbahnhofs Braunschweig inklusive Fotos bestimmter lokaler Gegebenheiten des Bahnhofs gezeigt (siehe Abb. 2). Die von den Teilnehmenden beschriebenen Situationen konnten somit auf dem Lageplan direkt lokal zugeordnet werden.

Es wurden mehrere kritische Nadelöhere am Hauptbahnhof Braunschweig identifiziert. Hierzu gehören in erster Linie die Treppen, die zu den Gleisen führen sowie die Wartebereiche am Bahnsteig. Zusätzlich wurden auch Situationen in der Unterführung, bei den Ein- und Ausstiegstüren sowie an den Fahrstühlen geschildert. Spezifisch für den Hauptbahnhof Braunschweig ist die Umsteigesituation vom

Nah- in den Fernverkehr oder andersherum. Die Busse und Straßenbahnen des Nahverkehrs halten in einem Bereich außerhalb des Bahnhofs. Möchte man von dort in das Bahnhofsgebäude gelangen, muss man die Busspuren sowie Straßenbahngleise überqueren. Auch zu dieser Situation wurden im Workshop Beispiele geschildert, weswegen sie als Nadelöhr identifiziert wurde. Tab. 1 zeigt eine Über-

Nadelöhr	Anzahl an Situationen	Beispiele
Treppe zum Gleis	6	„Große Anzahl an aussteigenden Fahrgästen verursachte einen Stau auf der Treppe und führte zu verpasstem Bus beim Umstieg.“ „Familie mit viel Gepäck und Kinderwagen musste die Treppe nutzen, da Aufzug defekt war. Dadurch kam es zu einem Stau auf der Treppe.“
Bahnsteig: Wartebereich an der Treppe	4	„Durch plötzliche Gleisänderung des Zuges musste große Anzahl an Fahrgästen in kurzer Zeit den Bahnsteig wechseln.“
Bahnsteig: Wartebereich vor der Zugtür	3	„Da einsteigende Fahrgäste nicht darauf warteten bis alle Fahrgäste ausgestiegen sind, kam es zu einer Konfliktsituation.“
Unterführung zu den Gleisen	3	„Ankunft am Bahnhof zur gleichen Zeit wie große Gruppe Fußballfans.“
Fahrstuhl	2	„Da nur ein Fahrstuhl pro Gleis vorhanden ist, kommt es häufig zu Wartezeiten, da gerade Personen mit viel Gepäck oder sperrigen Gegenständen den Aufzug nutzen und somit nur Platz für wenige Personen ist.“
Übergang Nahverkehr - Bahnhofsgebäude	2	„Der ungesicherte Übergang birgt gerade bei hohen Fahrgastzahlen ein Sicherheitsrisiko.“ „Personen im Rollstuhl oder mit Gehhilfe haben Schwierigkeiten, die Gleise zu überqueren.“

Tab. 1: Übersicht der Anzahl an pro Nadelöhr beschriebenen Situationen



Abb. 3: Im Workshop entwickelte exemplarische Idee einer Maßnahme für das Nadelöhr „Treppe zum Gleis“

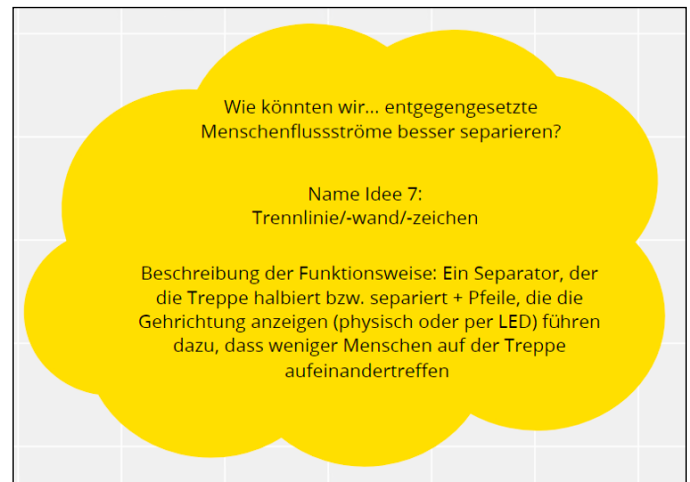


Abb. 4: Im Workshop entwickelte exemplarische Idee einer Maßnahme für das Nadelöhr „Treppe zum Gleis“

sicht über die verschiedenen Nadelöhere, die Anzahl an Situationen, die zu dem jeweiligen Nadelöhr genannt wurden und eine kurze Beschreibung von Beispielen.

Beobachtungsstudie

In weiterer Folge wurde eine Beobachtungsstudie an den identifizierten Nadelöhere (siehe Tab. 1) durchgeführt. Um unterschiedliches Fahrgastaufkommen im Verlauf eines Tages zu berücksichtigen, gab es insgesamt vier Beobachtungszeiträume zu unterschiedlichen Uhrzeiten. Alle Beobachtungen fanden an einem Werktag statt. Ein wichtiger Aspekt bei der Beobachtung war die räumliche Eingrenzung des Beobachtungsortes. Dieser wurde im Vorfeld für jedes Nadelöhr separat definiert. In allen vier Beobachtungszeiträumen wurde jedes Nadelöhr für jeweils 30 Minuten beobachtet. Protokolliert wurde:

- Die Häufigkeit eines hohen Personenauftommens. Dieses wurde im Vorfeld für jedes Nadelöhr einzeln definiert.
- Die Häufigkeit von wartenden Personen, sowie die Dauer der Wartezeit.
- Die geschätzte Gesamtanzahl an Personen im Beobachtungszeitraum.
- Besondere Vorkommnisse während des Beobachtungszeitraums (z.B. Konfliktsituationen).
- Spezielle Hürden, auf die Personen mit körperlichen Einschränkungen stoßen.

Insgesamt ließ sich anhand der Beobachtungen feststellen, dass das Fahrgastaufkommen stark ereignisbezogen ist. Insbesondere die Treppen zum Gleis und die Wartebereiche am Bahnsteig sind unmittelbar nach der Ankunft eines Zuges am Gleis stärker frequentiert. An diesen Nadelöhere kommt es auch am häufigsten zu unfreiwilligen Berührungen oder leichten Zusammenstößen zwischen Personen. Die längsten Wartezeiten für Fahrgäste wurden am Fahrstuhl festgestellt, obwohl an diesem Nadelöhr die geringste Gesamtanzahl an Personen beobachtet wurde. Die höchste

Gesamtanzahl an Personen wurde in der Unterführung zu den Gleisen beobachtet. Mithilfe der Beobachtungsstudie konnten zusätzliche objektive Maße zur Charakterisierung der verschiedenen Nadelöhere gesammelt werden. Weiterhin konnte konkretes Verhalten der Fahrgäste an den unterschiedlichen Nadelöhere erfasst werden. Ein besonderer Fokus lag hierbei insbesondere auf vulnerablen Fahrgästen wie Personen mit körperlichen Beeinträchtigungen, Personen mit viel Gepäck oder Personen, die ein Fahrrad oder einen Kinderwagen transportierten.

Design-Thinking-Workshop

Die im ersten Workshop sowie in der Beobachtungsstudie identifizierten Nadelöhere wurden nun in einem zweiten Workshop genauer betrachtet. Dieser hatte das Ziel, Maßnahmen zu entwickeln, um die Situation an den verschiedenen Nadelöhere zu verbessern und wurde im Design-Thinking-Format durchgeführt. Essentiell bei diesem Format ist, dass es mehrere aufeinanderfolgende Phasen der Ideenfindung, der gemeinsamen Reflexion sowie der Evaluation der Ideen gibt [8]. Der ebenfalls digital über ein Online-Whiteboard durchgeführte Workshop dauerte etwa zweieinhalb Stunden und es nahmen zehn Personen mit sehr guten Ortskenntnissen teil. Die Teilnehmenden wurden in zwei Gruppen aufteilt. Jede Gruppe hat sich nacheinander mit drei der sechs Nadelöhere befasst. Zunächst sollten die Teilnehmenden in der Phase der Ideenfindung und der gemeinsamen Reflexion so viele Ideen wie möglich sammeln, wie die Situation an einem bestimmten Nadelöhr verbessert werden kann. Für die Ideenfindung wurde im Vorfeld eine Vorlage erstellt. Die Abb. 2 und 3 zeigen zwei exemplarische Ideen für das Nadelöhr „Treppe zum Gleis“.

Nachdem die Teilnehmenden in den Phasen der Ideenfindung und der gemeinsamen Reflexion viele Maßnahmenvorschläge sam-

melten, wurden diese in der anschließenden Evaluationsphase bewertet. Die Bewertungskriterien umfassten die eingeschätzte Effektivität, Innovativität, Praktikabilität sowie die eingeschätzten Kosten der Maßnahme. Die Bewertung erfolgte auf einer 5-stufigen Skala von „sehr gering“ bis „sehr hoch“.

Ergebnisse

Letztendlich gibt es zwei zentrale Ergebnisse, die aus den Arbeiten zu Nadelöhere am Bahnhof im Projekt resultieren. Dies sind ein Katalog zu Nadelöhrsituationen am Hauptbahnhof Braunschweig und eine Maßnahmenliste zur Verbesserung des Fahrgastflusses am Bahnhof.

Katalog Nadelöhrsituationen

Der Katalog für Nadelöhrsituationen am Hauptbahnhof Braunschweig umfasst eine Auflistung von kritischen Orten dieses Verkehrsknotenpunkts, an denen es zu Menschenansammlungen kommen kann. Für jedes Nadelöhr werden detailliert die typischen Charakteristika aufgelistet, wie eine Beschreibung der lokalen Gegebenheiten, die Häufigkeit des Vorkommens großer Menschenansammlungen, die typische Personenanzahl pro Zeiteinheit, sich ergebende Konsequenzen für Fahrgäste sowie potentielle Verbesserungsvorschläge für die Situation am Nadelöhr. Für den Hauptbahnhof Braunschweig wurden folgende Nadelöhere detailliert beschrieben:

- Bahnsteig – Wartebereich vor Zugtür
- Bahnsteig – Wartebereich an der Treppe
- Treppe zum Gleis
- Fahrstuhl
- Übergang vom Nahverkehr zum Bahnhofsgelände
- Unterführung.

Der Katalog für Nadelöhrsituationen kann in Zukunft als Ansatzpunkt für infrastrukturelle Veränderungen am Hauptbahnhof Braunschweig dienen und kann angepasst werden, falls Maßnahmen umgesetzt werden und sich die lokalen Gegebenheiten ändern. Weiterhin

Kategorie	Name der Maßnahme	Beschreibung	Bewertungsscore (1-5)
Infrastruktur	Fußgängerschranke für den Übergang	Eine Fußgängerschranke zur Erhöhung der Sicherheit an den Straßenbahngleisen und der Busspur im Außenbereich des Bahnhofs	4,0
Analog	Richtungsmarkierungen auf der Treppe	Eine Bodenmarkierung auf der Treppe, die die verschiedenen Gehrichtungen anzeigt	3,58
Digital	LED-Lichter im Boden am Übergang	LED-Leuchten in den Straßenbahngleisen oder der Busspur im Außenbereich, die die Möglichkeit eines sicheren Überquerens anzeigen	3,50
Auditiv	Lautsprecher-durchsage mit erweiterten Informationen	Per Lautsprecherdurchsage am Bahnsteig werden zusätzliche Fahrgastinformationen (z.B. empfohlene Einstiegstür, Auslastung innerhalb des Zuges) zum einfahrenden Zug übermittelt	3,00

Tab. 2: Bestbewertete Maßnahme für jede Kategorie

dient er als Grundlage für potentielle Analysen von Nadelöhren an anderen Bahnhöfen.

Maßnahmenliste zur Verbesserung des Fahrgastflusses am Bahnhof

Die Maßnahmenliste zur Verbesserung des Fahrgastflusses am Bahnhof beinhaltet die bestbewerteten Ideen aus dem Design-Thinking-Workshop. Die Maßnahmen sind in vier Kategorien aufgeteilt: Infrastruktur, Analog, Digital, Auditiv. Die Liste beinhaltet neben dem Namen und einer kurzen Beschreibung der Maßnahme auch eine visuelle Darstellung sowie die Bewertung der Maßnahme inklusive eines Gesamtscores. Tab. 2 zeigt einen Auszug aus der Liste mit der bestbewerteten Maßnahme für jede Kategorie.

Die entwickelten Ideen sollen in weitere Folge genauer analysiert werden, um deren tatsächlichen Nutzen zur Verbesserung des Fahrgastflusses zu evaluieren. Dies kann entweder in Form von Simulationen – beispielsweise per Virtual Reality – oder anhand eines Praxistests geschehen.

Fazit und Ausblick

Die vorliegende Studie beschreibt ein exemplarisches Vorgehen zur Identifizierung von Nadelöhrsituationen, sowie zur Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung des Fahrgastflusses an einem Knotenpunkt wie dem Hauptbahnhof Braunschweig. Die durch die-

ses Vorgehen erhaltenen Erkenntnisse liefern Einblicke in die Dynamiken spezifischer Nadelöhre unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten am Knotenpunkt. Die vorgestellte Methodik kann auf andere Bahnhöfe übertragen werden, die mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert sind. Insbesondere in Zeiten steigender Fahrgastzahlen muss die wachsende Bedeutung von Bahnhofs-Infrastruktur betont werden. Gerade zentrale Verkehrsknotenpunkte (Hubs) und deren kritische Nadelöhre erfordern eine präzise Betrachtung, um sicherzustellen, dass die Kapazitäten den zukünftigen Anforderungen standhalten können. Die zunehmende Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, getrieben durch Urbanisierung und Nachhaltigkeitsziele, verstärkt die Dringlichkeit, bestehende Engpässe zu identifizieren und Maßnahmen zu deren Entlastung zu ergreifen. Um den öffentlichen Verkehr so zu gestalten, dass er für alle zugänglich ist, müssen auch die Ansichten von Personen mit Mobilitätseinschränkungen berücksichtigt werden. Diese können in zukünftigen Untersuchungen noch stärker in den Fokus rücken, in dem zum Beispiel Workshops speziell für körperlich beeinträchtigte Personen durchgeführt werden. Ein nützliches Tool hierfür ist die Barrierefreiheitsmatrix von König [9] die speziell darauf ausgelegt ist, Hürden für mobilitätseingeschränkte Personen im öffentlichen Verkehr oder an Bahnhöfen zu identifizieren. ■

QUELLEN

- [1] <https://dserver.bundestag.de/btd/19/204/1920455.pdf>, 14.01.2025 um 15 Uhr
- [2] Al-Widyan, F., Kirchner, N., Al-Ani, A. & Zeibots, M.: A Bottleneck Investigation at Escalator Entry at the Brisbane Central Train Station. Australasian Transport Research Forum 2016 Proceedings.
- [3] Pu, Y., Xu, H., & Nie, X.: Result with and without Bottleneck. In Study on the bottleneck of urban rail transit station based on the operation safety. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 392 (2018).
- [4] Offiaeli, K & Yaman, F.: Social norms as a cost-effective measure of managing transport demand: Evidence from an experiment on the London underground. Transportation Research Part A (2018). 63-80.
- [5] Berner Zeitung: Ampeln im Bahnhof Bern werden wieder entfernt (2017). <https://www.bernerzeitung.ch/ampeln-im-bahnhof-bern-werden-wieder-entfernt-628423575298>, 14.01.2025 um 15 Uhr.
- [6] Zhuang, Y., Zou, X., Ni, Y. & Yang, L.: Passengers' Behavioral Intentions Towards Congestion: Observational Study of the Entry Restrictions at Traffic Bottleneck. Journal of Civil Engineering (2017), 21(6), 2393-2402.
- [7] Oliveira, L., Fox, C., Birrell, S. & Cain, R.: Analysing passengers' behaviours when boarding trains to improve rail infrastructure and technology. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing (2019), 282-291.
- [8] König, A.: Methodentoolbox zur Erfassung von Nutzerbedürfnissen (2020). Projektbericht
- [9] König, A.: BEAT – a Matrix-based Tool for Analyzing and Assessing Accessibility. International Transport Forum (2024)



Malte Petersen, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Verkehrssystemtechnik
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt, Braunschweig
malte.petersen@dlr.de