

Fahrgastinformationen am Bahnsteig: Ergebnisse einer VR-Studie

Nützlichkeits- und Usability-Bewertung verschiedener Darstellungsarten von Fahrgastinformationen

MALTE PETERSEN | DUC HAILE |
ANDREA VALERIO | MANDY DOTZAUER |
CATHARINA WASIĆ

Ineffektive Fahrgastwechselzeiten beeinträchtigen die Pünktlichkeit und Effizienz des Bahnverkehrs erheblich. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, wie unterschiedliche Arten von Fahrgastinformationen zur Reduktion dieser Zeiten beitragen können. In einer Virtual-Reality (VR)-Umgebung wurden Informationen zur wagon-spezifischen Auslastung sowie zu Ein- und Ausstiegstüren hinsichtlich Nützlichkeit und Usability getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Informationsarten positiv bewertet werden, jedoch unterschiedliche Darstellungsweisen bevorzugt sind. Die Studie bestätigt frühere Forschungsergebnisse und unterstreicht das Potenzial zielgerichteter Fahrgastinformationen zur Verbesserung des Fahrgastflusses.

Einleitung

Ineffektive Fahrgastwechselzeiten am Bahnsteig können zu Verzögerungen im gesamten Betriebsablauf führen [1]. Wenn Ein- und Ausstieg unnötig lange dauern, verlängern sich die Haltezeiten der Züge, was zu Verspätungen und Störungen im Fahrplan führt. Diese Verspätungen übertragen sich oft auf nachfolgende Züge, da Gleise blockiert bleiben und Anschlüsse nicht mehr zuverlässig erreicht werden können. Für Fahrgäste bedeutet dies längere Reisezeiten, verpasste Umstiege, eine allgemein geringere Servicequalität und damit verbunden geringere Zufriedenheit. Für das Eisenbahnverkehrsunternehmen entstehen höhere Betriebskosten und ein Verlust an Pünktlichkeit, was wiederum das Vertrauen der Fahrgäste in das Verkehrssystem schwächt [2].

Verbesserte Fahrgastinformationen stellen eine vielversprechende Möglichkeit dar, Haltezeiten des Zuges am Bahnsteig zu minimieren, indem Fahrgäste beim Ein- und Ausstieg unterstützt werden und der Betriebsablauf insgesamt effizienter gestaltet wird [3]. Frühere Erkenntnisse aus Studien zum Thema Fahrgastinformationen zeigen, dass zuverlässige und gut verständliche Fahrgastinformationen

das Potenzial haben, das Reiseerlebnis für Fahrgäste zu verbessern, indem beispielsweise Wartezeiten verringert und das subjektive Sicherheitsgefühl verbessert werden kann [4]. Im Vorfeld bereitgestellte Informationen zur Auslastung innerhalb der Wagons werden vom Großteil der Fahrgäste als nützlich empfunden, insbesondere für längere Strecken und für Personen, die Gepäck oder sperrige Gegenstände mit sich führen [5]. In früheren Projekten wurden mehrere Workshops durchgeführt, um bestimmte Arten von Fahrgastinformation zu identifizieren, die als besonders vielversprechend gelten. Hierzu gehören unter anderem wagonspezifische Informationen zur Auslastung und eine Kennzeichnung von Ein- und Ausstiegstüren [6]. Ergebnisse einer umfangreichen Beobachtungsstudie an mehreren Bahnhöfen in Deutschland zeigten zudem, dass etwa die Hälfte der einsteigenden Fahrgäste zunächst beobachtet, wo einfahrende Züge am wenigsten voll sind. Ein Viertel der Fahrgäste wählte danach bewusst eine Tür zum Einstieg, die nicht ihrem Wartepunkt am nächsten war [7]. Diese Erkenntnisse dienen dazu, Interventionen zur Verbesserung der Situation am Bahnsteig abzuleiten, die im Rahmen einer VR-Umgebung in einem ersten Schritt getestet werden können.

Das Ziel der vorliegenden Studie besteht darin, verschiedene Arten von Fahrgastinformationen am Bahnsteig möglichst realitätsnah zu testen. Bei den beiden getesteten Fahrgastinformationen handelt es sich um Informationen zur Auslastung innerhalb der Wagons und Informationen dazu, dass bestimmte Türen eines Zuges nur für den Ein- oder Ausstieg gedacht sind. Hierzu wird in einer VR-Umgebung das Szenario eines einfahrenden Zuges am Bahnsteig simuliert. Es soll herausgefunden werden, wie diese Fahrgastinformationen anhand ihrer Nützlichkeit und Usability bewertet werden. Weiterhin soll die bestmögliche Darstellungsweise der jeweiligen Information ermittelt werden.

Methodik

Tool zur Erstellung von VR-Umgebungen

Für die Vorbereitung der Studie wurde am Institut für Verkehrssystemtechnik das selbst entwickelte, partizipatorische Designtool DUCKI (Design of User Interaction and Communication using Knowledge Integration) verwendet.

Das Tool ermöglicht die Umsetzung verschiedener modularer VR-interner Fragebögen, Nutzendeninteraktionen sowie die Weiterverwendung von bestehenden VR-Simulationen aus vorangegangenen Studien [8, 9]. Hierbei können Möglichkeiten untersucht werden, Stakeholder, Bürger und Systemnutzende für unterschiedliche Anwendungsszenarien in VR miteinzubinden. Die höhere Teilhabe durch virtuelle Werkzeuge soll dabei den menschenzentrierten Entwicklungsprozess beschleunigen und den Forschenden tiefere Einblicke in die Usability und User Experience (UX) der zu untersuchenden Forschungsgegenstände liefern. Zusätzlich können bestehende KI-Methoden zur generativen Entwicklung von Szenarien, Umgebungen und virtuellen Akteuren genutzt werden. Für Stakeholder bietet das Tool einen vereinfachten Einstieg in UX-Forschung in VR.

Anpassung der VR-Umgebung für die vorliegende Studie

Für die untersuchte Forschungsfrage wurde ein Szenario aus früheren Studien [8, 9] mit einem digitalen Modell eines Bahnhofs in DUCKI genutzt. Dieses Modell ist eine Quasi-Grundrissreplika des Kölner Hauptbahnhofs und stellt einen weitläufigen und geläufigen Unterflurbahnhof dar. Für die vorliegende Studie wurde ein standardgemäßes VR-Setup mit einer VR-Brille mit integrierten, externen Tracking-Sensoren aufgebaut. Als Engine wurde dabei Unreal Engine 5.3 [10] verwendet. Die Nutzenden interagierten innerhalb der virtuellen Umgebung über zwei Handheld-Controller, die in erster Linie zur Navigation verwendet wurden. Die virtuelle Umgebung des Kölner Hauptbahnhofs war mit realistischen Umgebungsgeräuschen ausgestattet. Hierzu gehörten Hintergrundgeräusche, Schritte, Bahnhofsdurchsagen und dynamisches Heranfahren des Zuges.

Durchführung der vorliegenden Studie

Die Rekrutierung der Teilnehmenden erfolgte über das Probanden-Tool des Instituts für Verkehrssystemtechnik des DLR [11]. Die Teilnahme erforderte ein Mindestalter von 18 Jahren. Die Durchführung erfolgte in Räumlichkeiten des Instituts für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig. Zum Studientermin wurden die Teilnehmenden zunächst begrüßt und über die Versuchsbedingungen aufgeklärt. Im



Abb. 1: Darstellungsweisen der Auslastungsinformation
 Quelle aller Abb.: eigene Darstellung

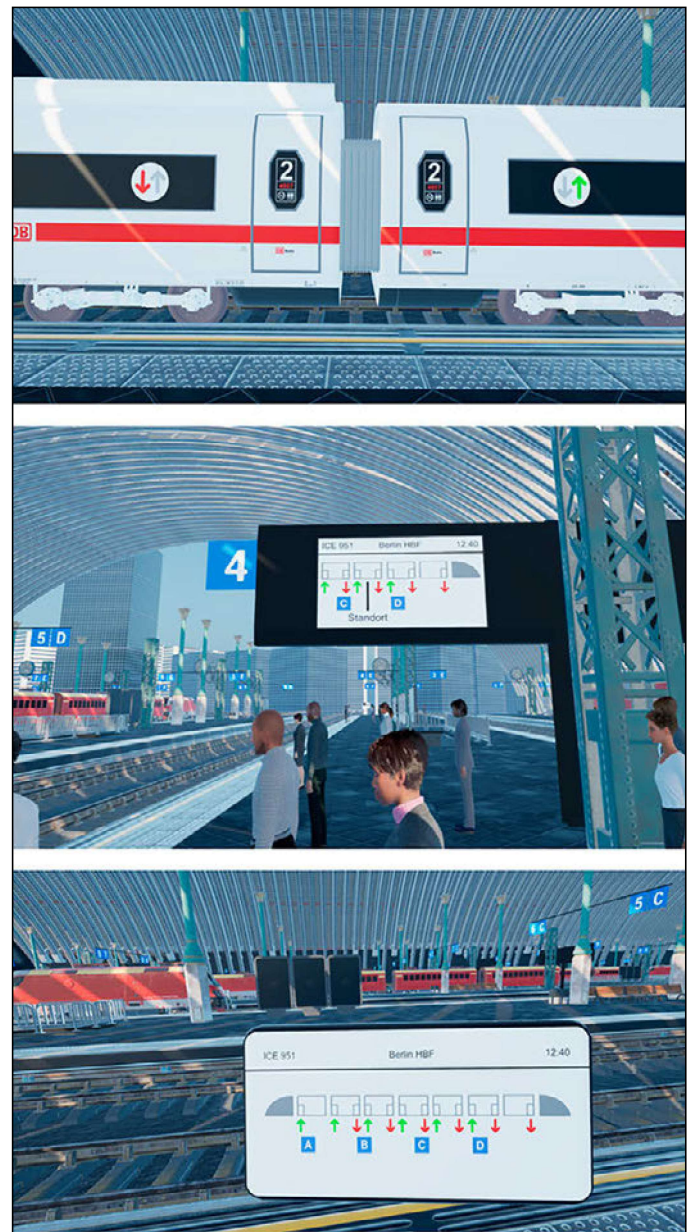


Abb. 2: Darstellungsweisen der Informationen zu Ein- und Ausstiegstüren

Anschluss durchliefen die Teilnehmenden ein TestszENARIO, um sich mit der VR-Umgebung vertraut zu machen.

Für den eigentlichen Versuch durchliefen die Teilnehmenden das Szenario eines einfahrenden Zuges am Bahnsteig insgesamt sechs Mal. In drei der Durchgänge wurde eine Auslastungsinformation für die einzelnen Wagons des Zuges dargestellt, und in den anderen drei Durchgängen wurde eine Information dargestellt, dass bestimmte Türen des Zuges jeweils nur für den Ein- oder den Ausstieg verfügbar sind. Es gab keine Kombination der beiden Informationsarten. In den drei Durchgängen pro Informationsart wurde die Darstellungsweise der Information jeweils variiert. Im ersten Durchgang wurde die Information direkt am einfahrenden Zug dargestellt. Im zweiten Durchgang geschah dies über eine digitale In-

formationsanzeige am Bahnsteig, und im dritten Durchgang wurde die Information auf einem virtuellen Smartphone dargestellt. Abb. 1 und 2 zeigen die Informationsdarstellungen in den sechs Durchgängen.

Jedes Szenario in der Simulation startete für die Teilnehmenden am Bahnsteig. Nach einer kurzen Wartezeit von 20 Sekunden fuhr ein Zug ein. Die Teilnehmenden sollten nun anhand der dargestellten Information entscheiden, welche Tür des Zuges sie für den Einstieg nutzen. Nachdem die Teilnehmenden sich einer Tür annäherten, endete das Szenario. Im Anschluss wurden die Teilnehmenden in der Simulation in einen weiteren virtuellen Raum gebracht, in dem sie Fragen zur Nützlichkeit und zur Usability der dargestellten Informationen beantworteten. Die Nützlichkeit wurde hierbei mithilfe eines Fragebogens

zur Technologieakzeptanz erhoben [12] und die Usability mit der Kurzform eines Fragebogens zum Nutzendenerlebnis [13]. Nachdem alle drei Durchgänge einer Informationsart durchlaufen wurden, wurde zudem ein Ranking aufgestellt, welche Darstellungsweise für die jeweilige Informationsart bevorzugt wird. Die Dauer der Studie betrug zwischen 45 und 60 Minuten. Für die Teilnahme erhielten die Probanden eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 22,50 EUR.

Ergebnisse

Insgesamt nahmen 32 Personen an der Studie teil. Hiervon waren 59.4 % (19) männlich und 40.6 % (13) weiblich. Das Durchschnittsalter der Stichprobe lag bei 43.5 Jahren. Detaillierte Informationen zur Stichprobe sind in Tab. 1 zu finden.

N	32
Geschlecht (% , N)	
m:	59.4% (19)
w:	40.6% (13)
Alter in Jahren (Mittelwert, Standardabweichung)	
	43.47 (20.17)
Häufigkeit der Zugnutzung	
weniger als alle 6 Monate	15.6% (5)
weniger als einmal pro Monat	21.9% (7)
1-2 mal pro Monat	25.0% (8)
1 mal pro Woche	25.0% (8)
mehr als 1 mal pro Woche	12.5% (4)
Vorerfahrung mit VR	
sehr wenig / keine	31.3% (10)
wenig	15.6% (5)
etwas	43.8% (14)
viel	6.3% (2)
sehr viel	3.1% (1)

Tab. 1: Stichprobeninformation

Die Ergebnisse der Nützlichkeitsbewertung zeigen, dass für die Auslastungsinformation die Darstellungsweise auf dem Smartphone am nützlichsten empfunden wurde, dicht gefolgt von der Darstellung auf der Anzeige am Bahnsteig. Für die Ein- und Ausstiegstüren wurde die Darstellung direkt am einfahrenden Zug am nützlichsten gefunden, gefolgt von der Darstellung auf dem Smartphone. Abb. 3 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse. Bezogen auf die Usability ergab sich ein ähnliches Bild. Diese wurde für die Auslastungsinformationen am höchsten bei der Darstellung auf dem Smartphone bewertet. Für die Informationen zu Ein- und Ausstiegstüren ergab sich die höchste Usability-Bewertung bei der Darstellung direkt am einfahrenden Zug. Abb. 4 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen.

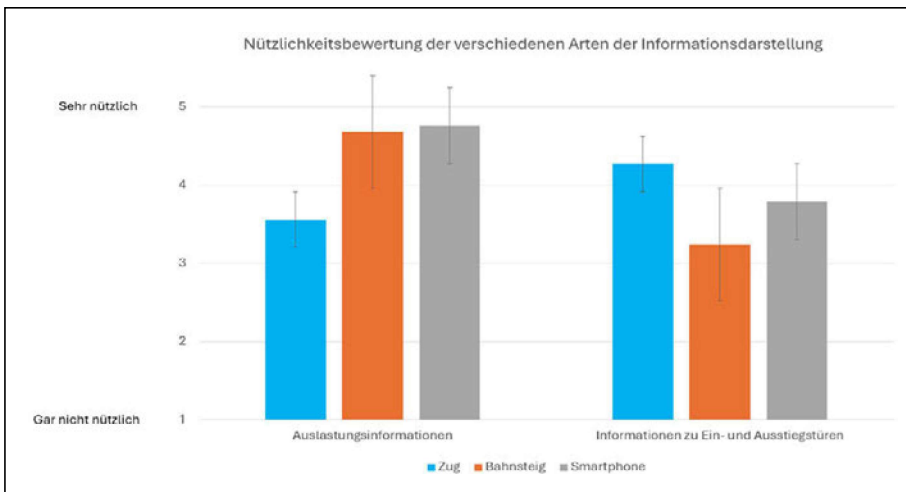


Abb. 3: Nützlichkeitsbewertung der Informationsarten

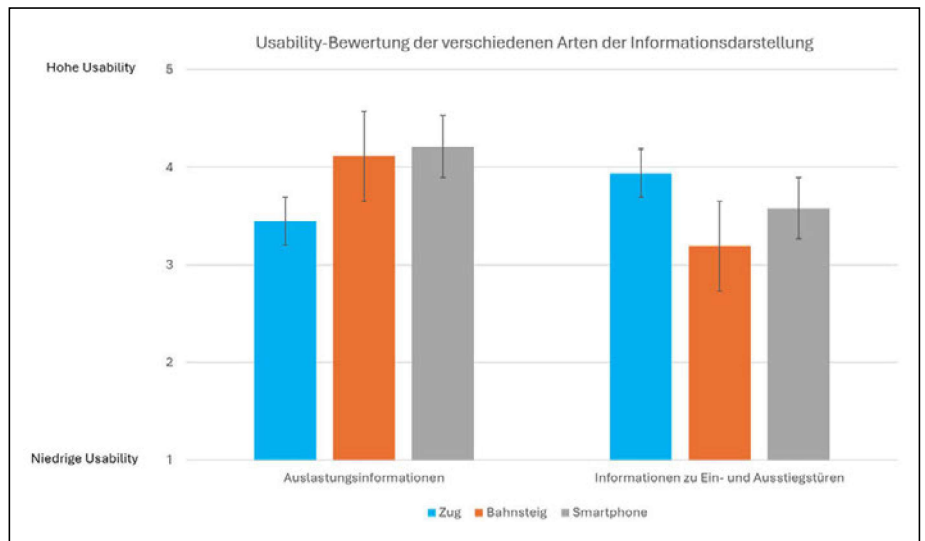


Abb. 4: Usability-Bewertung der Informationsarten

Die Ergebnisse des Rankings der Informationsarten bestätigen das Bild der Nützlichkeits- und Usability-Bewertungen. Tab. 2 und 3 zeigen die Rankings der bevorzugten Darstellungsweise für beide Informationsarten.

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass beide getesteten Informationsarten insgesamt positiv bewertet wurden. Dies deutet darauf hin, dass – unabhängig von der Art der Information – generell ein hoher Bedarf an Fahrgastinformationen besteht. Dies deckt sich mit bestehenden Erkenntnissen der Forschung, die den Nutzen klarer und situativ passender Informationen für einen effizienteren Fahrgastfluss zeigen [2, 3]. Gleichzeitig wird deutlich, dass für unterschiedliche Arten von Fahrgastinformationen jeweils spezifische Darstellungsformen bevorzugt werden. Informationen zur Auslastung innerhalb einzelner Wagons sollten vorzugsweise bereits im Vorfeld über Anzeigen am Bahnsteig oder auf Smartphones dargestellt

werden. Eine frühzeitige Bereitstellung dieser Informationen ermöglicht es den Fahrgästen, ihre Position am Bahnsteig strategisch zu wählen und sich gleichmäßiger entlang des Zuges zu verteilen. Dadurch können potenzielle Engpässe an stark frequentierten Türen sowie auf dem Bahnsteig verringert werden. Demgegenüber eignen sich Informationen über Türen, die ausschließlich dem Ein- oder Ausstieg vorbehalten sind, eher für eine unmittelbare Darstellung direkt am Fahrzeug. Die Nähe zum physischen Handlungskontext erleichtert es den Fahrgästen, diese Informationen spontan und intuitiv in ihr Verhalten zu integrieren. Die positiven Bewertungen der Teilnehmenden legen nahe, dass eine Testung beider Informationsarten im realen Betriebsumfeld ein vielversprechender Ansatz ist, um deren tatsächliche Wirkung auf den Fahrgastfluss weiter zu untersuchen. Praktische Erprobungen erlauben eine differenzierte Analyse von Wechselwirkungen zwischen Informationsangebot, Fahrgastverhalten und betrieblichen Rahmenbedingungen. Eine empirisch gestützte Weiterentwicklung erscheint notwendig, um belastbare Aussagen zur Effizienz verschiedener Informationsstrategien treffen zu können. Die Ergebnisse reißen sich in bestehende Erkenntnisse zum Thema Fahrgastinformationen ein. Frühere Studien haben bereits gezeigt, dass insbesondere Auslastungsinformationen entlang verschiedener Punkte der Reisekette zur besseren Verteilung von Fahrgästen beitragen können und somit einen relevanten Beitrag zur Vermeidung überfüllter Fahrzeuge leisten [2, 4]. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen dieses Potenzial und deuten darauf hin, dass solche Informationen auch unmittelbar im Vorfeld einer Fahrt positiv auf Fahrgäste wirken, wenn sie auf eine angemessene Art und Weise dargestellt werden. Als Einschränkung dieser Ergebnisse

muss jedoch erwähnt werden, dass gerade im Fernverkehr Fahrgäste häufig Sitzplatzreservierungen haben und sich dementsprechend bei der Wahl der Einstiegstür in erster Linie an dem Ort ihrer Reservierung orientieren. Diese Einschränkung ist jedoch für Nah- und Regionalverkehr nicht gegeben.

Auch fahrzeugseitige Informationen zu Türen, die nur für den Ein- oder Ausstieg genutzt werden sollen, besitzen Potenzial zur Effizienzsteigerung des Fahrgastflusses. Sie können die Koordination der gegenläufigen Bewegungsströme unterstützen und damit Konflikte im Türbereich reduzieren. Allerdings sollte eine solche Maßnahmen von einer passenden Fahrgastlenkung innerhalb des Zuges ergänzt werden. Nur wenn aussteigende Personen rechtzeitig zu den vorgesehenen Türen geführt werden, kann die Entzerrung der Ströme tatsächlich Wirkung entfalten. Zukünftige Untersuchungen sollten daher die Kombination aus fahrzeuginternen Leitsystemen und externen Informationsangeboten in den Blick nehmen, um integrierte Konzepte für einen reibungsloseren Fahrgastwechsel zu entwickeln.

Förderhinweis

Die hier vorgestellten Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) im Programm mFUND gefördert. Die vorliegenden Inhalte sind im Rahmen des Projektes „FASaN: Fahrerassistenzsysteme adaptive Nachhaltigkeit im Bahnbetrieb“ (VKZ: 19FS2022A) entstanden.

DOI: 10.61067/260411

	Zug	Bahnsteig	Smartphone
Rang 1	9.4% (3)	31.2% (10)	59.4% (19)
Rang 2	15.6% (5)	53.1% (17)	31.2% (10)
Rang 3	75.0% (24)	15.6% (5)	9.4% (3)

Tab. 2: Ranking der bevorzugten Darstellungsweise für die Auslastungsinformationen

	Zug	Bahnsteig	Smartphone
Rang 1	68.8% (22)	9.4% (3)	21.9% (7)
Rang 2	15.6% (5)	31.2% (10)	53.1% (17)
Rang 3	15.6% (5)	59.4% (19)	25.0% (8)

Tab. 3: Ranking der bevorzugten Darstellungsweise für die Informationen zu Ein- und Ausstiegstüren

QUELLEN

[1] Yuan, J.; Hansen, I.: Optimizing capacity utilization by estimating knock-on train delays. *Transportation Research Part B*, 2007, 41, 202-217

[2] van Lierop, D.; Badami, M. G.; El-Geneidy, A. M.: What influences satisfaction and loyalty in public transport? A review of the literature. *Transport Reviews*, 2018, 38, 52-72

[3] Drabicki, A.; Kucharski, R.; Cats, O.; Sarata, A.: Modelling the effects of real-time crowding information in urban public transport systems. *Transportmetrica A: Transport Science*, 2021, 17(4), 675-713

[4] Kattan, L.; Bai, Y.: LRT passengers' responses to advanced passenger information system (APIS) in case of information inconsistency and train crowding. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2018, 45(7), 583-593

[5] Petersen, M.; Dotzauer, M.: Information on Capacity Utilization in Public Transportation: Useful for Passengers? In: *Proceedings of the 8th Humanist Conference, 2023, HUMANIST 8th International Conference*. Berlin

[6] Petersen, M.: Nadelöhrsituationen am Knotenpunkt: Maßnahmenentwicklung zur Verbesserung des Fahrgastflusses am Bahnhof, EI – DER EISENBÄHNINGENIEUR 04/2052, S.20-24

[7] Wasic, C.; Müller, L.; Dotzauer, M.: Bahnsteig mit Durchblick: Hürden und Erleichterungen beim Fahrgastwechsel, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 03/2025, S. 14-18

[8] Le, D.H.; Ihme, K.; Köster, F.: Involving users in Automotive HMI design: Design evaluation of an interactive simulation based on participatory design. In: *Ahram, T.; Karwowski, W.; Di Buccianico, R.; Tair, R.; Casarotto, L.; Costa, P. (eds): Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems*. AHFE (2023) International Conference. AHFE Open Access, vol 69. AHFE International, USA

[9] Le, D.H.; Ihme, K.; Gorecki, C.L.; Lau, M.; Walocha, F.; Köster, F.: Enabling Users in Virtual-Reality-Based Human-Centered Design Processes: The Role of Objective Validation on Acceptance, Usability, and User Experience. In: *Chen, J.Y.C., Fragomeni, G. (eds): Virtual, Augmented and Mixed Reality. HCI 2025. Lecture Notes in Computer Science*, vol 15788. Springer, Cham

[10] Epic Games Inc., Press Release Unreal Engine 5.3: Unreal Engine 5.3 is now available! (Zuletzt geöffnet 13.01.2026)

[11] Proband:innenpool des Instituts für Verkehrssystemtechnik – SONA. <https://dlr-ts-studien.sona-systems.com/> (Zuletzt geöffnet: 11.01.2026)

[12] Davis, F. D.: A technology acceptance model for empirically testing new enduser information systems: Theory and results. 1985, Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management

[13] Laugwitz, B.; Held, T.; Schrepp, M.: Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In: *Holzinger, A. (eds): HCI and Usability for Education and Work. USAB 2008. Lecture Notes in Computer Science*, 2008, vol. 5298. Springer, Berlin, Heidelberg



Malte Petersen

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Abt. Schienensysteme und
-technologien, Braunschweig
malte.petersen@dlr.de



Duc Hai Le

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Abt. Informationssysteme
und Mobilitätsdienste, Braunschweig
duc.le@dlr.de



Andrea Valerio

Studentische Hilfskraft
Abt. Informationssysteme
und Mobilitätsdienste, Braunschweig
andrea@icio.it



Dr. Mandy Dotzauer

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Abt. Informationssysteme und
Mobilitätsdienste, Berlin
mandy.dotzauer@dlr.de



Dr. Catharina Wasic

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Abt. Informationssysteme und
Mobilitätsdienste, Braunschweig
catharina.wasic@dlr.de

Alle Autoren:
Institut für Verkehrssystemtechnik,
Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt e.V. (DLR)



cft-gmbh.de/tunnelbewetterung
© DVV Media Group GmbH



CFT Tunnelbewetterung