

Wehr, Franka; Beckers, Lukas; Schmidt, Ludger

Article — Published Version

Smart Public Displays: Einfluss von Anmeldeverfahren auf Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserlebnis

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Provided in Cooperation with:

Springer Nature

Suggested Citation: Wehr, Franka; Beckers, Lukas; Schmidt, Ludger (2025) : Smart Public Displays: Einfluss von Anmeldeverfahren auf Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserlebnis, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Vol. 62, Iss. 4, pp. 854-868, <https://doi.org/10.1365/s40702-025-01183-7>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/330541>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Smart Public Displays: Einfluss von Anmeldeverfahren auf Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserlebnis

Franka Wehr · Lukas Beckers · Ludger Schmidt

Eingegangen: 18. Januar 2025 / Angenommen: 15. April 2025 / Online publiziert: 6. Mai 2025
© The Author(s) 2025

Zusammenfassung In der vorgestellten Studie werden zwei Varianten eines Smart Public Displays mit personalisierten Fahrgastinformationen des öffentlichen Personennahverkehrs verglichen, die Gesichtserkennung und eine RFID-fähige Karte als Anmeldeverfahren zu einem interaktiven persönlichen Bereich nutzen. Zwei unterschiedliche Abstände einer umstehenden Person wurden ebenfalls berücksichtigt. Die Studie mit zwei Gruppen aus je 30 Probanden untersucht, ob sich das Anmeldeverfahren auf die Technologieakzeptanz, die Gebrauchstauglichkeit und das Nutzungserlebnis auswirkt. Die Technologieakzeptanz, die Gebrauchstauglichkeit und das Nutzungserlebnis schneiden beim Smart Public Display mit Anmeldung via Karte signifikant besser ab. Selbes gilt für die Teilskalen Neugierde, Nützlichkeit, Zugänglichkeit und Skepsis des verwendeten TUI-Fragebogens. Das Anmeldeverfahren via Karte scheint das geeignetere für den persönlichen Bereich eines Smart Public Displays mit personalisierten Fahrgastinformationen zu sein.

Schlüsselwörter Personalisierte Fahrgastinformationen · Gesichtserkennung · RFID · Kontextadaptivität · Öffentlicher Personennahverkehr · Identifizierung

✉ Franka Wehr

Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel, Mönchebergstr. 7, 34125 Kassel, Deutschland

E-Mail: f.wehr@uni-kassel.de

Smart Public Displays: Influence of Login Procedures on Technology Acceptance, Usability and User Experience

Abstract In the study presented, two variants of a smart public display with personalized passenger information for local public transport are compared, which use an RFID-enabled card and facial recognition as identification methods to an interactive personal area. Two different distances of a person standing nearby were also considered. The study with two groups of 30 subjects each tests the hypotheses whether the identification procedure has an impact on technology acceptance, usability and user experience. Technology acceptance, usability and user experience were significantly better for the smart public display with identification via card. The same applies to the subscales curiosity, usefulness, accessibility and skepticism. The identification via card appears to be more suitable for the personal area of a smart public display.

Keywords Personalized passenger information · Facial recognition · RFID · Context adaptivity · Local public transport · Identification

1 Einleitung

Um Änderungen des Reiseverhaltens zu initiieren und den Individualverkehr zu reduzieren, ist es unerlässlich, Nutzungsbarrieren hinsichtlich des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) abzubauen (Hamidi und Zhao 2020). Public Displays (PD) liefern jenseits der Smartphone-Apps zwar einen großen Umfang an Fahrgastinformationen, stellen hierbei aber auch eine Nutzungsbarriere dar, weil sie das Erfassen von individuell benötigten Informationen erschweren (Kühn et al. 2019). Dem kann der Zugang zu individuell angepassten Fahrgastinformationen an Smart Public Displays (SMPD) entgegenwirken, indem die Informationen an den Kontext und den Nutzenden angepasst werden (Pisařovic et al. 2018). Unter SMPD werden in diesem Beitrag in Anlehnung an Titov et al. (2023) interaktive PD bezeichnet, die zudem personalisierte Fahrgastinformationen bereitstellen. Die Anzeige von persönlichen Inhalten auf PD ist laut Weber et al. (2018) nicht nur machbar, sondern wird von den Nutzenden auch geschätzt. Personalisierte Inhalte müssen beispielsweise über ein Nutzerprofil abgerufen werden (Parker et al. 2018). Ausgehend von einem PD konnte bereits ein SMPD prototypisch umgesetzt werden, bei dem die notwendige Identifizierung des Nutzenden mit einer RFID-fähige Karte realisiert wurde (Wehr et al. 2024). Die Gesichtserkennung ist eine weitere Möglichkeit zur Identifizierung des Nutzenden und wird bereits bei Grenzkontrollen an Flughäfen angewendet (Bundespolizei 2024). Das Vertrauen und die Akzeptanz in Gesichtserkennung als Identifizierungsoption ist zwar gestiegen (Jahnke et al. 2023), die gesellschaftliche Akzeptanz von Gesichtserkennung im öffentlichen Raum ist jedoch noch ungeklärt (Bauer et al. 2021).

In dieser Studie wird untersucht, ob die Gesichtserkennung im Vergleich zur RFID-Karte als Anmeldeverfahren das Potenzial besitzt, durch Vereinfachung des Anmeldeprozesses die Technologieakzeptanz, die Gebrauchstauglichkeit und das Nutzungserlebnis von SMPD mit personalisierten Fahrgastinformationen zu ver-

bessern. Ein bereits etabliertes PD in einem zentralen Gebäude einer Universität, welches allgemeine Fahrgastinformationen bereitstellt, dient als Ist-Zustand und Ausgangslage für das entwickelte SMPD. Entsprechend der kontextbezogenen Zielgruppe von Studierenden und Mitarbeitenden der Universität, wurde eine Persona ausgewählt, die einen Studierenden repräsentiert. Im angewandten Szenario meldet sich ein Studierender an einem SMPD an, um personalisierte Fahrgastinformationen zu erhalten.

Neben den beiden Anmeldeverfahren für einen interaktiven persönlichen Bereich eines SMPD des ÖPNV wurden zwei unterschiedliche Abstände einer umstehenden Person zum Nutzenden als zweite unabhängige Variable berücksichtigt, da Shoulder Surfing bei SMPD als relevantes Problem erkannt wird (Parker et al. 2018). Unter Shoulder Surfing wird das unerlaubte Einsehen von Informationen durch andere Personen verstanden (Eiband et al. 2017). Eine Vorstudie ergab, dass bezüglich der Anzahl und des Bekanntheitsgrads der umstehenden Personen für die Technologieakzeptanz kein Unterschied anzunehmen ist. Daher wurde in der Studie eine einzelne umstehende Person nachgebildet. Folgende Hypothesen wurden geprüft:

Das SMPD weist abhängig vom

- Abstand einer umstehenden zur nutzenden Person (H1)
- Anmeldeverfahren (H2)
- Abstand und Anmeldeverfahren (H3)

einen Unterschied in der Technologieakzeptanz auf.

Das SMPD besitzt abhängig vom Anmeldeverfahren einen Unterschied in

- der Gebrauchstauglichkeit (H4).
- dem Nutzungserlebnis (H5).

2 Verwandte Arbeiten

Frühere Arbeiten untersuchten verschiedene Konzepte für SMPD, darunter im Nutzungskontext einer Universität (Parker et al. 2018) oder des ÖPNV ortsgebunden (Kühn et al. 2019) sowie mobil in einer Straßenbahn mit Fokus auf Pseudonymisierung der Inhalte (Titov et al. 2020), dem Verbindungsaufbau zwischen Smartphone und SMPD (Rickert und Schlegel 2021) sowie die kombinierte Nutzung ebendieser (Titov et al. 2023, Keller et al. 2019). Ergebnisse zeigen, dass personalisierte Informationen an SMPD geschätzt und als nützlich erachtet werden (Kühn et al. 2019). Keller et al. (2019) untersuchten szenariobasiert verschiedene Varianten der Adaptivität von Fahrgastinformationssystemen über verschiedene Geräte und stellten fest, dass die Nützlichkeit in Szenarien mit einem SMPD am besten bewertet wurde. Auch Informationen über Störungen im ÖPNV mittels eines SMPD werden als hilfreich empfunden (Titov et al. 2023). Zu ähnlichen Ergebnissen führte eine Kundenbefragung im ÖPNV, nach denen kollektive Fahrgastinformationssysteme weiterhin eine große Bedeutung bei der Informationsbeschaffung besitzen (Monzert et al. 2021).

Die Personalisierung von Fahrgastinformationen im ÖPNV kann implizit oder explizit erfolgen (van Kasteren und Vredenburg 2022). Für SMPD schlagen Parker et al. (2018) den Ansatz der impliziten Personalisierung vor, bei der ein SMPD die Ziele und Charakteristik der Nutzenden über deren Eingaben vor Ort erfasst und Inhalte adaptiert. Die Autoren heben das Problem des Shoulder Surfings hervor, die mit der Darstellung personalisierter Informationen einhergeht und Bedenken bezüglich der Privatsphäre der Nutzer hervorrufen könnte. Studien zu Shoulder Surfing betrachten Erfahrungen von Probanden (Eiband et al. 2017) oder untersuchen das Phänomen szenariobasiert im Kontext des ÖPNV (Saad et al. 2021). Im Kontext von SMPD sind bisher konzeptionelle Vorschläge zur Verhinderung von Shoulder Surfing betrachtet worden (Brudy et al. 2014).

Beim expliziten Personalisierungsansatz hingegen stellt der Nutzende selbst Informationen über sich bereit. Häufig werden dazu Nutzerprofile vorgesehen, die über Smartphone-Apps zugänglich sind (Titov et al. 2020). In Bezug auf hierfür notwendige Anmeldeverfahren analysierten Rickert und Schlegel (2021) technische Möglichkeiten für einen Verbindungsaufbau zwischen Smartphone und einem mobilen SMPD. Ihr Konzept sieht vor, die Anmeldung des Nutzenden über das Scannen eines QR-Codes mit dem eigenen Smartphone vorzunehmen (Rickert und Schlegel 2021). Eine Evaluation des geeigneten Anmeldeverfahrens ist bisher noch nicht erfolgt.

Die hier vorgestellte Studie liefert an dieser Stelle einen Beitrag, indem zwei Anmeldeverfahren betrachtet werden und dem Problem des Shoulder Surfings durch den Abstand einer umstehenden Person Rechnung getragen wird.

3 Methode

Aufbauend auf den verwandten Arbeiten und dem Ansatz, zwei Anmeldeverfahren für SMPD zu vergleichen, wird in diesem Abschnitt der Aufbau der Studie erläutert.

3.1 Betrachtete Anmeldeverfahren und Szenario

Im Kontext des universitären Szenarios ist eine RFID-fähige Karte bereits als Zahlungsmittel etabliert, sodass durch den „Gewöhnungseffekt“ mit einer geringen Nutzungsbarriere zu rechnen ist (Schoblick und Schoblick 2005). Im Sinne der Gebrauchstauglichkeit ist diese Identifizierungsmethode als vorteilhaft zu betrachten, da sie als zuverlässig und schnell gilt (Jin 2014).

Das Anmeldeverfahren der Gesichtserkennung ist im Bereich der Smartphone-Entsperrung etabliert und hat den Vorteil, dass keine Karte mitgeführt und an ein Lesegerät gehalten werden muss. Der persönliche Bereich ist dadurch im Vergleich zum Anmeldeverfahren mit Karte in einem Schritt weniger zu erreichen. Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit könnten, jedoch durch technische Aspekte entstehen. Zum Beispiel können unzureichende Lichtverhältnisse (Jain et al. 2004) oder Messungenauigkeiten der verwendeten Sensortechnologie (Jahnke et al. 2023) Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Gesichtserkennung haben. Ein Vorteil für die Gebrauchstauglichkeit dieser Identifizierungstechnologie ist, dass außer der physischen An-

wesenheit des Nutzenden kein zusätzliches Identifizierungsmerkmal benötigt wird (Jahnke et al. 2023).

Da das Ziel dieser Studie die Gesamtbetrachtung der Nutzung des SMPD mit personalisierten Fahrgastinformationen war, wurde mit Einbezug der Interaktionsphasen nach Kurdyukova et al. (2012) ein Szenario entwickelt, das die Anmeldung, Nutzung und Abmeldung am SMPD umfasst. Im verwendeten Szenario meldet sich ein Studierender an einem SMPD an, um Zugang zu personalisierten Fahrgastinformationen zu erhalten. Für das Anmeldeverfahren via Karte hält der Studierende eine RFID-fähige Karte an ein Kartenlesegerät. Beim Anmeldeverfahren via Gesichtserkennung wird der Studierende über das Gesicht identifiziert und automatisch angemeldet, sobald er an den Bereich herantritt, an dem er personalisierte Fahrgastinformationen erhalten kann. Im weiteren Verlauf besteht die Aufgabe, mithilfe des SMPD mit personalisierten Fahrgastinformationen eine geeignete ÖPNV-Verbindung herauszusuchen. Im persönlichen Bereich erfolgt zunächst eine Abfrage zur Fahrradmitnahme, die im Szenario vom Nutzenden voreingestellt ist, und die Auswahl eines favorisierten, hinterlegten Ziels. Anschließend werden geeignete Verbindungen personalisiert angezeigt, bei denen die Fahrradmitnahme möglich ist. Nach Auswahl einer Verbindung kann diese noch auf das Smartphone des Nutzenden gesendet werden. Der Studierende erhält noch personalisierte Vorschläge zur Überbrückung der Wartezeit. Das Szenario endet mit der Abmeldung aus dem persönlichen Bereich.

3.2 Studiendesign und Szenario

Die Studie wurde im 2×2 -faktoriellen Mixed-Design durchgeführt mit zwei unabhängigen Probandengruppen für das Anmeldeverfahren, um Lerneffekte sowie Erschöpfung und Ermüdung zu reduzieren, und mit Messwiederholung des Abstandes einer umstehenden Person (Field 2018). Durch zwei unabhängige Variablen mit je zwei Ausprägungen ergeben sich vier Untersuchungsbedingungen. Die Zwischen-subjektvariable *Anmeldeverfahren* hat die Ausprägungen *Karte* und *Gesichtserkennung*. Die Innersubjektvariable wird durch die Ausprägungen eines *nahen* und eines *fernen Abstandes* definiert.

3.3 Versuchsaufbau

Die Probanden positionierten sich mit etwa 55 cm Abstand vor dem persönlichen Bereich des SMPD. Die umstehende Person wurde für gleiche Versuchsbedingungen realitätsnah mit einer Videoaufnahme auf einem digitalen Whiteboard simuliert. In Abb. 1 ist der Prototyp für das Anmeldeverfahren mit Karte (a) und mit Gesichtserkennung (c) zu sehen. Für den nahen Abstand der umstehenden zur nutzenden Person (Abb. 1b) wurde eine Distanz von 130 cm festgelegt, womit die soziale Distanz nach Hall (1969) umgesetzt wurde. Der ferne Abstand (Abb. 1d) betrug 370 cm und entspricht der öffentlichen Distanz nach Hall (1969). Für die Anmeldung via RFID-fähiger Karte wurde an dem SMPD ein Kartenlesegerät positioniert. Die Gesichtserkennung wurde über Python und eine Kamera, die über dem persönlichen Bereich des SMPD montiert wurde, realisiert.

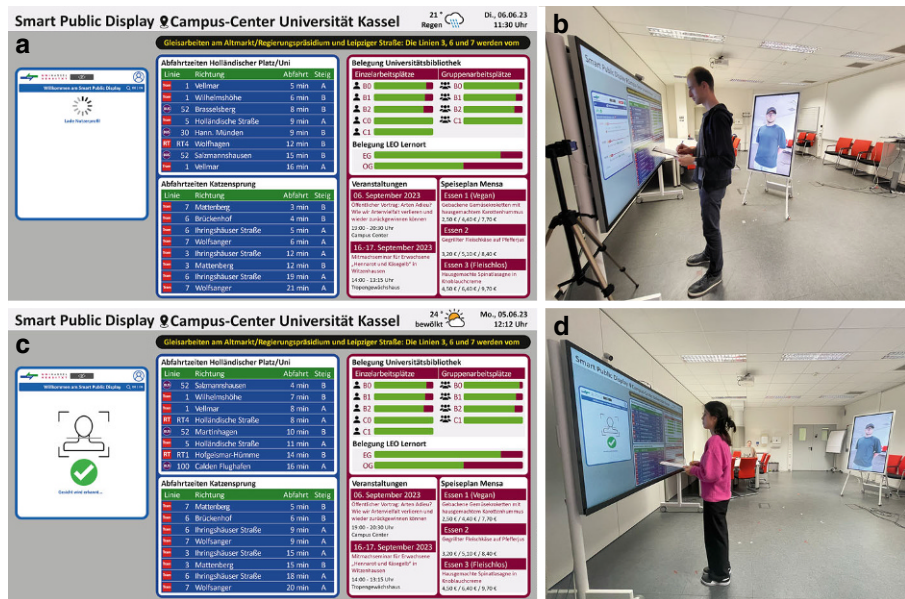


Abb. 1 Prototypische Umsetzung der Anmeldung mit RFID-fähiger Karte (a) und mit Gesichtserkennung (c) und Studienaufbau mit nahem Abstand (b) und fernem Abstand (d)

3.4 Messung und Versuchsablauf

Zur Untersuchung von H1 bis H3 zur Technologieakzeptanz wurde die Nutzungsintention aus dem Fragebogen des Technology Usage Inventory (TUI) (Kothgassner et al. 2013) genutzt. Neben den technologiespezifischen Konstrukten Benutzerfreundlichkeit, Nützlichkeit und Zugänglichkeit wurden die psychologischen Konstrukte Interesse, Neugierde, Technologieängstlichkeit und Technologieskepsis erfasst, die Einfluss auf die Nutzungsintention und über diese auch auf die tatsächliche Nutzung besitzen (Kothgassner et al. 2013). Das Konstrukt der Immersion des TUI wurde nach Kothgassner et al. (2013) nicht berücksichtigt, da es lediglich bei Technologien der virtuellen Realität Anwendung findet. Um H4 zu prüfen, wurde die Gebrauchstauglichkeit mithilfe des System-Usability-Scale (SUS) nach Brooke (1996) erhoben. Für die Untersuchung von H5 wurde das Nutzungserlebnis mittels User Experience Questionnaire (UEQ) erfasst (Laugwitz et al. 2006). Zusätzlich wurden Datenschutzbedenken und die Wahrnehmung der umstehenden Person erhoben. Die Reihenfolge der Versuchsläufe wurde bezüglich des Abstands permutiert, um Sequenzeffekte zu vermeiden. Da der Fragebogen des TUI recht umfangreich ist und sich einzelne Fragen aufgrund ihrer Formulierung nur bedingt oder gar nicht für eine Abfrage nach jedem der Versuchsläufe eignen, wurde entschieden, die enthaltenen Konstrukte wie in Tab. 1 dargestellt zu erheben. Das Konstrukt Interesse ist im TUI nicht als Prä-Frage (Fragen vor der Auseinandersetzung der Probanden mit der untersuchten Technologie) vorgesehen, wurde hier aber als solches eingeordnet, da sich die Items nicht auf eine bestimmte Technologie beziehen, sondern

Tab. 1 Übersicht der Messungen pro Anmeldeverfahren

Fragebogen-Bestandteil		Vor den Versuchsläufen	Nach 1. Versuchslauf	Nach 2. Versuchslauf
Demografische Fragen		●	–	–
SUS		–	●	
UEQ			●	
TUI	Neugierde	●	–	
	Ängstlichkeit	●		
	Interesse	●		
	Nützlichkeit	–	●	
	Zugänglichkeit		●	
	Skepsis		●	●
	Benutzerfreundlichkeit		●	●
	Nutzungsintention		●	●
Datenschutzbedenken			●	●
Wahrnehmung umstehende Person			●	●

einen Überblick über das Ausmaß technischen Wissens einer Person geben und in welchem Umfang sich die Person über technologische Entwicklungen informiert. Eine Übersicht aller Messungen pro Anmeldeverfahren ist in Tab. 1 dargestellt.

Die Probanden wurden im Labor begrüßt und erhielten eine standardisierte Einführung zur Studie, die Informationen zum Projekt und Smart Public Displays sowie zu personalisierten Fahrgastinformationen enthielt. Neben dem Ziel der Studie wurde erwähnt, dass der Einfluss einer umstehenden Person mit einbezogen wird. Im Anschluss wurden die Probanden gebeten, die Informationen für Teilnehmende zu lesen und die Einverständniserklärung zu unterschreiben. Dann konnten die Probanden beginnen, den demografischen Fragebogen auszufüllen und die Prä-Fragen des TUI zur Neugierde, Ängstlichkeit und Interesse zu beantworten. Im Anschluss starteten die zwei Versuchsläufe, indem die Probanden das Szenario durchlasen. Für den Versuchslauf mit Karte wurde den Probanden eine RFID-fähige Karte für die realitätsnahe Anmeldung überreicht. Nach jedem Versuchslauf wurde das entsprechende Fragebogen-Set bestehend aus den in Tab. 1 aufgeführten Bestandteilen von den Probanden ausgefüllt. Pro Proband wurden durchschnittlich 30 min aufgewendet. Die Probanden erhielten keine Aufwandsentschädigung.

4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Stichprobe und die Ergebnisse für Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserlebnis vorgestellt.

4.1 Stichprobe

Die Probanden wurden über eine Versuchspersonendatenbank, Aushänge und persönliche Ansprache akquiriert. Die betrachtete Stichprobe besteht aus zwei Gruppen.

Gruppe *Karte* besteht aus elf weiblichen und 19 männlichen Probanden im Alter von 19 bis 52 Jahren ($M=26,3$ Jahre; $SD=6,9$ Jahre). Darunter waren 20 Studierende, acht Erwerbstätige, ein Schüler und eine freiwilligendienstleistende Person. Sechs Personen nutzen den ÖPNV täglich, elf Personen 4–6 Tage pro Woche, sechs Personen 1–3 Tage pro Woche, vier Personen 1–3 Tage pro Monat, zwei Personen einen Tag und eine Person weniger als einen Tag pro Woche. Ein PD nutzen drei Personen täglich, sechs Personen 4–6 Tage pro Woche, acht Personen 1–3 Tage pro Woche, vier Personen weniger als 1 Tag pro Monat und neun Personen nie. Die Gruppe *Gesichtserkennung* besteht aus 14 weiblichen, 15 männlichen und einer diversen Person im Alter von 19 und 32 Jahren ($M=23,7$ Jahre; $SD=2,6$ Jahre), hierunter 27 Studierende und drei Erwerbstätige. Zwölf Personen nutzen den ÖPNV täglich, neun Personen 4–6 Tage und sechs Personen 1–3 Tage pro Woche, zwei Personen 1–3 Tage pro Monat und eine Person weniger als 1 Tag pro Monat. Vier Personen nutzen ein PD täglich, eine Person 4–6 Tage und drei Personen 1–3 Tage pro Woche, zwei Personen 1–3 und drei Personen weniger als 1 Tag pro Monat und eine Person nie.

4.2 Technologieakzeptanz

Die Ergebnisse zur Technologieakzeptanz sind in Abb. 2 dargestellt. Die Werte der Nutzungsintention können von 0 bis 300 reichen, wobei niedrige Werte für eine niedrige Verhaltensabsicht und hohe Werte für eine hohe Verhaltensabsicht stehen, die vorgestellte Technologie tatsächlich verwenden zu wollen (Kothgassner et al. 2013). Die Werte der Nutzungsintention der Gruppe *Karte* variieren bei nahem Abstand zwischen 36 und 300 ($M=225,9$; $SD=72,9$) und bei fernem Abstand zwischen 75 und 300 ($M=227,3$; $SD=72,9$). Die Werte der Gruppe *Gesichtserkennung* bei

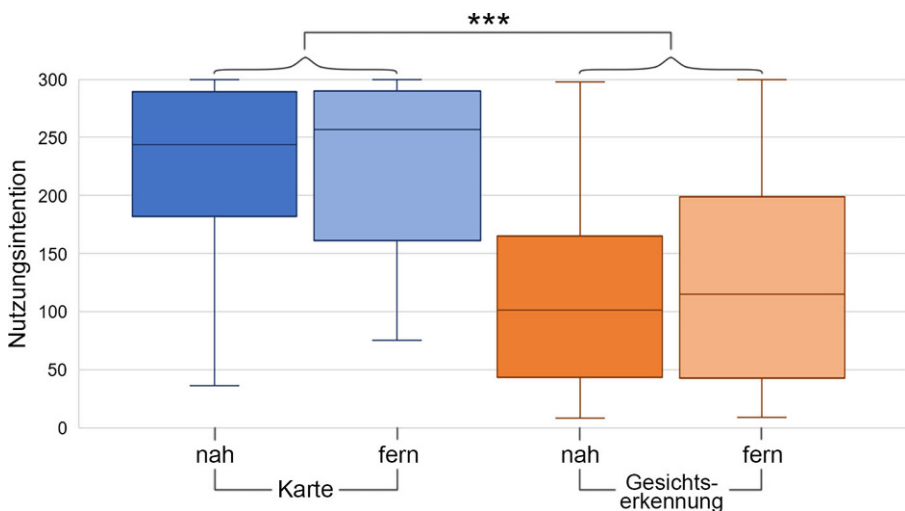


Abb. 2 Technologieakzeptanz für die Anmeldeverfahren Karte und Gesichtserkennung sowie nahen und fernen Abstand einer umstehenden Person

naheem Abstand bewegen sich zwischen 8 und 298 ($M=116,7$; $SD=81,6$) und bei fernem Abstand zwischen 9 und 300 ($M=128,0$; $SD=86,8$).

Um die Hypothesen H1 bis H3 zu prüfen, wurde aufgrund nicht normalverteilter Daten bei der Gesichtserkennung mit naheem Abstand als nichtparametrisches Verfahren eine zweifaktorielle Mixed-ANOVA auf Basis der Aligned Rank Transform nach Wobbrock et al. (2011) durchgeführt.

Für den Haupteffekt des Abstandes der umstehenden zur nutzenden Person (H1) liegt kein signifikanter Unterschied vor ($F(1; 58)=1,556$; $p=0,217$). Es konnte ein signifikanter Unterschied für den Haupteffekt des Anmeldeverfahrens (H2) nachgewiesen werden ($F(1; 58)=26,214$; $p<0,001$). Nach Berechnung der Effektstärke ($r=0,558$) liegt nach Cohen (1988) ein starker Effekt vor. Es zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt von Anmeldeverfahren und Abstand (H3) ($F(1; 58)=1,426$; $p=0,237$).

Da H2 angenommen wurde, wurden auch die Teilskalen des TUI auf signifikante Unterschiede untersucht, um genauere Aussagen über den Unterschied in der Nutzungsintention bezüglich der Anmeldearten treffen zu können. Aufgrund der unterschiedlichen Erhebungen (einmal pro Proband oder Versuchslauf) und genutzter Skalenniveaus wurden entsprechende statistische Tests ausgewählt. Um zu überprüfen, ob Unterschiede zwischen den Gruppen bei den Teilskalen Ängstlichkeit, Interesse, Neugierde, Nützlichkeit und Zugänglichkeit vorliegen, wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 aufgeführt.

Zur Untersuchung der Benutzerfreundlichkeit und Skepsis wurde als nichtparametrisches Testverfahren jeweils eine zweifaktorielle Mixed-ANOVA auf Basis der Aligned Rank Transform nach Wobbrock et al. (2011) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 zusammengefasst.

Tab. 2 Übersicht der Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für Skalen des TUI

	Verteilung nach Kolmogorov- Smirnov	Median Gruppe Karte	Median Gruppe Gesichts- erkennung	U	Z	p	Sig.	r
<i>Ängstlichkeit</i>	0,388	6,5	8,0	423,500	0,395	0,693	–	–
<i>Interesse</i>	0,799	20,5	17,5	331,000	–1,764	0,078	–	–
<i>Neugierde</i>	0,799	16,5	11,5	257,000	–2,861	0,004	**	–0,369
<i>Nützlichkeit</i>	0,998	21,5	13,0	171,000	–4,130	<0,001	***	–0,533
<i>Zugänglichkeit</i>	0,799	16,0	13,0	222,500	–3,386	<0,001	***	–0,437

Tab. 3 Übersicht der Ergebnisse der Mixed-ANOVA für Skalen des TUI

	Haupteffekt Anmeldeart				Haupteffekt Abstand				Interaktionseffekt Anmeldeart – Abstand			
	F(1,58)	p	Sig.	r	F(1,58)	p	Sig.	r	F(1,58)	p	Sig.	r
<i>Benutzer- freundlichkeit</i>	3,902	0,053	–	–	2,339	0,132	–	–	0,088	0,767	–	–
<i>Skepsis</i>	14,636	<0,001	***	0,449	0,276	0,602	–	–	2,296	0,135	–	–

4.3 Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserlebnis

Die Ergebnisse der Gebrauchstauglichkeit sind in Abb. 3a dargestellt. Die Werte der Gebrauchstauglichkeit können von 0 bis 100 reichen, wobei niedrige Werte für eine niedrige und hohe Werte für eine hohe Gebrauchstauglichkeit stehen (Brooke 1996). Im Datensatz von Gruppe Karte liegt ein echter Ausreißer vor. Der SUS-Wert variiert bei Anmeldung via Karte zwischen 30,0 und 97,5 ($MD=76,25$; $IQR=23,13$) und bei Anmeldung via Gesichtserkennung zwischen 25,0 und 87,5 ($MD=67,5$; $IQR=21,9$). Da die Daten aus der Gruppe Karte nicht normalverteilt sind und sich Ausreißer im Datensatz befinden, wurde ein Mann-Whitney-U-Test angewandt, um H4 zu prüfen. Die Verteilungen der beiden Gruppen sind ungefähr gleich, Kolmogorov-Smirnov $p>0,05$. Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Anmeldeverfahren, $U=286,500$, $Z=-2,422$, $p=0,015$.

Entsprechend H5 wird geprüft, ob sich das Nutzungserlebnis zwischen den Anmeldearten Karte und Gesichtserkennung unterscheidet. Die Werte des Nutzungserlebnisses können von -3 (sehr schlechtes Nutzungserlebnis) bis $+3$ (sehr gutes Nutzungserlebnis) reichen (Laugwitz et al. 2006). Das mit dem UEQ erhobene Nutzungserlebnis ist im Durchschnitt bei der Gruppe Karte mit einem Mittelwert von 1,33 ($SD=0,77$) höher als bei der Gruppe Gesichtserkennung ($M=0,66$; $SD=0,75$), Abb. 3b. Die Daten der Gruppe Karte ($p=0,51$) und der Gruppe Gesichtserkennung ($p=0,34$) waren gemäß dem Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Ein t-Test für ungepaarte Stichproben zeigt, dass es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den durchschnittlichen UEQ-Werten bei Anmeldeverfahren mit Karte und mit Gesichtserkennung gab, wobei der UEQ-Durchschnittswert bei Anmeldung via Karte um 0,67 niedriger war, 95 %-CI[0,28; 1,07], $t(58)=3,41$, $p<0,001$.

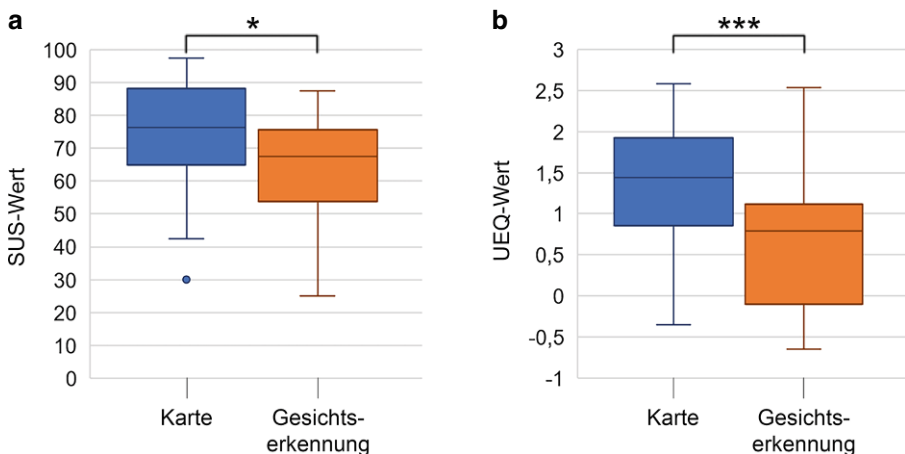


Abb. 3 Gebrauchstauglichkeit (a) und Nutzungserlebnis (b) der beiden Anmeldeverfahren

5 Diskussion

Da bei der Nutzungsintention für den Haupteffekt des Abstandes kein signifikanter Unterschied vorliegt, ist anzunehmen, dass der Abstand einer umstehenden Person unabhängig vom Anmeldeverfahren keinen Einfluss darauf hat, ob das SMPD akzeptiert werden würde. Gleiches gilt für den Interaktionseffekt Abstand und Anmeldeverfahren.

Da für den Haupteffekt Anmeldeverfahren ein signifikanter Unterschied vorliegt, das Anmeldeverfahren also einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Nutzungsintention hat, wurden die Teilskalen des TUI geprüft, um genauere Aussagen zu diesem Ergebnis treffen zu können. Signifikante Unterschiede liegen hier für die Teilskalen Neugierde, Nützlichkeit, Zugänglichkeit und Skepsis vor. Die Gruppe Karte war signifikant neugieriger auf die Technologie als die Gruppe Gesichtserkennung. Die Teilskalen Nützlichkeit und Zugänglichkeit wurden einmal pro Anmeldeverfahren abgefragt und stehen somit nicht im Zusammenhang mit dem Abstand einer umstehenden Person. Im Einklang mit den Erkenntnissen von Kühn et al. (2019) und Keller et al. (2019) werden SMPD mit personalisierten Fahrgastinformationen von den Probanden dieser Studie als nützlich betrachtet. Die Probanden schätzen das SMPD bei Anmeldung via Gesichtserkennung als weniger nützlich und weniger zugänglich ein. Die Teilskala Skepsis wurde für alle Versuchsläufe erhoben, weil Anmeldeverfahren und Abstand einen Einfluss haben könnten. Hier wurde eine signifikant höhere Skepsis gegenüber dem SMPD mit Gesichtserkennung festgestellt. Es ist anzunehmen, dass die Gesichtserkennung die Probanden so stark verunsichert, dass dies negativen Einfluss auf die Nutzungsintention hat und Nutzungsbarrieren eher verstärkt als verringert. Zu einem ähnlichen Fazit kommen Parker et al. (2018) in Bezug auf Bedenken in Zusammenhang mit der Privatsphäre der Nutzenden, die mit der Darstellung personalisierter Informationen einhergeht.

Die Gebrauchstauglichkeit des SMPD liegt bei der Anmeldeart Karte laut Bangor et al. (2008) im akzeptablen Bereich und kann demnach als *gut* bezeichnet werden. Für die Anmeldeart Gesichtserkennung liegt die Gebrauchstauglichkeit im marginal akzeptablen Bereich. Dieser Bereich wird zusätzlich in *niedrig marginal* und *hoch marginal* unterschieden, wobei der Wert hier im höheren Bereich dieser Aufteilung liegt. Bangor et al. (2008) kategorisieren ein solches Ergebnis als *ok*. Die Anmeldeart hat einen signifikanten Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit des SMPD. Die Gesichtserkennung verschlechtert hierbei die wahrgenommene Gebrauchstauglichkeit. Da bei der Gesichtserkennung im Vergleich zur RFID-fähigen Karte keine zusätzlichen Handgriffe notwendig sind oder Eingabemasken überwunden werden müssen, könnte eine mögliche Ursache sein, dass die Karte bereits im dargestellten Kontext etabliert ist, da sie im vorliegenden universitären Kontext z.B. als Zahlungsmittel in der Mensa und zur Bücherausleihe verwendet wird. Die Gesichtserkennung im öffentlichen Raum ist dagegen kaum verbreitet, insbesondere nicht als Anmeldeverfahren.

Die durchschnittlichen UEQ-Werte des Nutzungserlebnisses unterscheiden sich signifikant. Der Mittelwert der Anmeldeart Karte ist laut Schrepp (2023) als positiv einzuordnen. Der Mittelwert für die Gesichtserkennung wird als neutral eingestuft. Das Anmeldeverfahren scheint damit einen ausschlaggebenden Einfluss auf Wahr-

nehmung des Nutzungserlebnisses zu haben. Eine mögliche Ursache kann auch hier das geringe Vertrauen in und die fehlende Erfahrung mit Gesichtserkennung sein, insbesondere im öffentlichen Raum.

6 Limitationen

Obwohl die vorliegende Studie umfassende Einblicke in die Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und das Nutzungserlebnis von SMPD mit unterschiedlichen Anmeldeverfahren bietet, gibt es mehrere Einschränkungen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten. Die Studie wurde in einer kontrollierten Umgebung durchgeführt, die nicht alle realen Bedingungen widerspiegelt. Faktoren wie variierende Lichtverhältnisse, Umgebungsgeräusche oder durch größere Menschenmengen nicht einhaltbare soziale Distanzen wurden nicht in vollem Umfang berücksichtigt und könnten die Technologieakzeptanz, die Gebrauchstauglichkeit und das Nutzungserlebnis beeinflussen. Die Gesichtserkennung als Anmeldeverfahren hätte möglicherweise in einem anderen Kontext bessere Ergebnisse erzielt, davon ausgehend, dass die Funktionen des Geräts und die Wahl der angezeigten personalisierten Informationen den Eindruck vom Anmeldeverfahren beeinflussen. Bei einer isolierten Betrachtung des Anmeldeprozesses könnten die Ergebnisse anders ausfallen als in der vorgestellten Studie. Zukünftige Forschung sollte diese Limitationen adressieren, um die Robustheit und Anwendbarkeit der Ergebnisse zu verbessern und ein umfassenderes Verständnis der Nutzung von SMPD in verschiedenen Kontexten zu erlangen.

7 Fazit

Die Studie analysierte die Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und das Nutzungserlebnis von SMPD unter Verwendung von zwei verschiedenen Anmeldeverfahren: RFID-fähige Karte und Gesichtserkennung. Die Ergebnisse zeigen, dass das Anmeldeverfahren einen signifikanten Einfluss auf alle drei Faktoren hat. Das Anmeldeverfahren hat einen Einfluss auf die Nutzungsintention der Nutzenden. Insbesondere die Skepsis gegenüber der Technologie der Gesichtserkennung ist erhöht und scheint sich negativ auf die Nutzungsintention auszuwirken. Die Teilskalen Neugierde, Nützlichkeit und Zugänglichkeit zeigten signifikante Unterschiede, wobei die Anmeldung mit Karte als nützlicher und zugänglicher empfunden wurde. Der Abstand einer umstehenden Person hat keinen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention, was darauf hinweist, dass die Akzeptanz der Technologie primär von den Merkmalen des Anmeldeverfahrens abhängt.

Die Anmeldung via Karte wurde hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit deutlich positiver bewertet als die Gesichtserkennung. Gleiches gilt für das Nutzungserlebnis. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Anmeldeart einen entscheidenden Einfluss auf die Wahrnehmung und Akzeptanz von SMPD hat. Insbesondere die Akzeptanz und das Vertrauen in die verwendete Technologie sind ausschlaggebend für Gebrauchstauglichkeit, Nutzungserlebnis und Nutzungsintention.

Entwickler von SMPD sollten RFID-fähige Karten als bevorzugtes Anmeldeverfahren in Betracht ziehen, da sie in der Studie signifikant besser in Bezug auf Technologieakzeptanz, Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserlebnis abgeschnitten haben. Dies könnte zur Erhöhung der Akzeptanz und Zufriedenheit der Nutzenden beitragen. Da die RFID-Technologie zunehmend beim bargeldlosen Bezahlen verwendet wird, bietet es sich für Betreiber von SMPD an, diese auch als Anmeldeverfahren einzusetzen. Dies ist auch auf andere Kontexte übertragbar, z. B. Fahrkarten im ÖPNV. Da die Skepsis gegenüber der Gesichtserkennung die Akzeptanz negativ beeinflussen könnte, sollten Entwickler und Designer die Akzeptanzprobleme und das Vertrauen in neue Technologien im öffentlichen Raum adressieren, z. B. durch verstärkte Aufklärung. Betreiber im ÖPNV könnten durch die Implementierung personalisierter Fahrgastinformationen an SMPD die Barrieren zur Nutzung des ÖPNV reduzieren und Nutzende zum Verzicht auf den Individualverkehr ermutigen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Bangor A, Kortum PT, Miller JT (2008) An empirical evaluation of the system usability scale. *Int J Hum Comput Interact* 24(6):574–594
- Bauer N, Gogoll J, Zuber N (2021) Gesichtserkennung: Ein Diskussionsbeitrag zur Regulierung der Technologie. bidt – Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation, München
- Brooke J (1996) SUS: a ‘quick and dirty’ usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland IL (Hrsg) *Usability evaluation in industry*. Taylor and Francis, London, S 189–194
- Brudy F, Ledo D, Greenberg SB (2014) Is anyone looking? Mitigating shoulder surfing on public displays through awareness and protection. In: Quigley A (Hrsg) *Proceedings of the International Symposium on Pervasive Displays*. ACM, New York, S 1–6 <https://doi.org/10.1145/2611009.2611028>
- Bundespolizei (2024) EasyPASS: Was ist EasyPASS? https://www.easypass.de/EasyPass/DE/Was_ist_EasyPass/home_node.html?sessionId=8B79D7A511A2FA7B92499867A603996E.internet611. Zugriffen: 18. Dez. 2024
- Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2. Aufl. Erlbaum, Hillsdale
- Eiband M, Khamis M, von Zezschwitz E, Hussmann H, Alt F (2017) Understanding shoulder surfing in the wild: stories from users and observers. In: Mark G, Fussell S (Hrsg) *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New York, S 4254–4265
- Field A (2018) *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*, 5. Aufl. SAGE, Los Angeles, London
- Hall ET (1969) *The hidden dimension*. Anchor books edition. Anchor Books Doubleday, Garden City
- Hamidi Z, Zhao C (2020) Shaping sustainable travel behaviour: attitude, skills, and access all matter. *Transp Res Part D Transp Environ* 88:1–18. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102566>
- Jahnke J, Weitz M, Echterbruch F, Saleh S (2023) Biometrische Authentifizierungsverfahren im Spannungsfeld von Sicherheit und Nutzerfreundlichkeit. *HMD* 60(2):366–380. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-00945-5>

- Jain AK, Ross A, Prabhakar S (2004) An introduction to biometric recognition. *IEEE Trans Circuits Syst Video Technol* 14(1):4–20. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2003.818349>
- Jin H (2014) Proxemic interaction and migratable user interface: applied to smart city. Ecole Centrale de Lyon (Dissertation)
- van Kasteren A, Vredenburg M (2022) Personalized, context-aware communication in multimodal public transport. In: Bellogín A, Boratto L, Santos OC, Ardissono L, Knijnenburg B (Hrsg) *Proceedings of the 30th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*. ACM, New York, S 326–330 <https://doi.org/10.1145/3503252.3534363>
- Keller C, Struwe S, Titov W, Schlegel T (2019) Understanding the usefulness and acceptance of adaptivity in smart public transport. In: Krömker H (Hrsg) *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems: Proceedings of the First International Conference*. Springer, Cham, S 307–326 https://doi.org/10.1007/978-3-030-50537-0_19
- Kothgassner OD, Felhofer A, Hauk N, Kastenhofer E, Gomm J, Krypsin-Exner I (2013) TUI: technology usage inventory. https://www.researchgate.net/publication/259292979_Technology_Usage_Inventory_TUI_Manual. Zugriffen: 17. Okt. 2023
- Kühn R, Lemme D, Pfeffer J, Schlegel T (2019) Investigating users' responses to context-aware presentations on large displays in public transport. In: Krömker H (Hrsg) *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems: Proceedings of the First International Conference*. Springer, Cham, S 500–514 https://doi.org/10.1007/978-3-030-22666-4_36
- Kurdyukova E, Obaid M, André E (2012) Direct, bodily or mobile interaction? Comparing interaction techniques for personalized public displays. In: Rukzio E (Hrsg) *Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. ACM, New York, S 1–9 <https://doi.org/10.1145/2406367.2406421>
- Laugwitz B, Schrepp M, Held T (2006) Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. In: Heinecke AM, Paul H (Hrsg) *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im StrukturWandel*. Oldenbourg, München, S 125–134 <https://doi.org/10.1524/9783486841749.125>
- Monzert T, Fornauf L, Boltze M (2021) Was Fahrgäste wissen wollen. *Nahverkehr* 39(7-8):6
- Parker C, Kay J, Tomitsch M (2018) Device-free: an implicit personalisation approach for public interactive displays. In: Abramson D (Hrsg) *Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference*. ACM, New York, S 1–8 <https://doi.org/10.1145/3167918.3167959>
- Pisařovic I, Koubek T, Ondroušek V, Procházka D (2018) Smart displays: personalisation of information panels. *Acta Univ Agric Silv Mendelianae Brun* 66(5):1307–1314. <https://doi.org/10.11118/actaun201866051307>
- Rickert C, Schlegel T (2021) Verbindungsaufbau zu mobilen Public Displays: Anforderungen und Datenfluss. In: Reussner RH, Koziolok A, Heinrich R (Hrsg) *Informatik 2020: Back to the Future*. Proceedings. Gesellschaft für Informatik e. V., Bonn, S 1151–1162
- Saad A, Liebers J, Gruenefeld U, Alt F, Schneegass S (2021) Understanding bystanders' tendency to shoulder surf smartphones using 360-degree videos in virtual reality. In: Cauchard J, Serrano M (Hrsg) *Proceedings of the 23rd International Conference on Mobile Human-Computer Interaction: Mobile Apart, Mobile Together*. ACM, New York, S 1–8 <https://doi.org/10.1145/3447526.3472058>
- Schoblick R, Schoblick G (2005) *RFID: Radio Frequency Identification. Grundlagen, Eingeführte Systeme, Einsatzbereiche, Datenschutz, Praktische Anwendungsbeispiele*. Franzis, Pöing
- Schrepp M (2023) User experience questionnaire handbook: all you need to know to apply the UEQ successfully in your projects, 10. Aufl.
- Titov W, Tran H, Keller C, Schlegel T (2020) A multi-device evaluation approach of passenger information systems in smart public transport. In: Krömker H (Hrsg) *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems: Driving Behavior, Urban and Smart Mobility*. Proceedings of the Second International Conference. Springer, Cham, S 340–358 https://doi.org/10.1007/978-3-030-50537-0_25
- Titov W, Gerlach C, Schlegel T (2023) Information provision on interactive smart public displays in public transport in events of disruptions. In: Praetorius G, Sellberg C, Patriarca R (Hrsg) *Human Factors in Transportation: Proceedings of the 14th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*. AHFE International, New York, S 315–325 <https://doi.org/10.54941/ahfe1003816>
- Weber D, Voit A, Kollotzek G, van der Vekens L, Hepting M, Alt F, Henze N (2018) PD notify: Investigating personal content on public displays. In: Association for Computing Machinery (Hrsg) *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, New York, S 1–6 <https://doi.org/10.1145/3170427.3188475>
- Wehr F, Beckers L, Schmidt L (2024) Empirische Evaluation von personalisierten Fahrgastinformationen auf einem Smart Public Display. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) *Arbeitswissenschaft*

- in-the-loop – Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung: 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Press, Sankt Augustin, S 1–6
- Wobbrock JO, Findlater L, Gergle D, Higgins JJ (2011) The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. In: Tan D, Fitzpatrick G, Gutwin C, Begole B, Kellogg WA (Hrsg) CHI '11: Proceedings and Extended Abstracts of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, S 143–146

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.