

Evaluation von Interaktionskonzepten für Büroaufgaben während der automatisierten Fahrt

Interaktive Oberflächen für mobiles Arbeiten

L.-A. Mathis, A. Halili, R. Wechner, D. Krun, M. Bues, H. Widroither, M. Lahres

Mobiles Arbeiten in vollautomatisierten Shuttles ermöglicht in Zukunft eine produktive Nutzung der Reisezeit. In diesem Beitrag werden zwei Konzepte interaktiver Oberflächen im Fahrzeuginnenraum für das Ausführen von Büroaufgaben evaluiert, ein Touchscreen und eine interaktive Projektionsfläche. Neben dem Nutzungserlebnis und der subjektiven Arbeitsbelastung wird die effiziente Aufgabenbearbeitung im Vergleich zur Arbeit an einem herkömmlichen Laptop mit Nutzenden bewertet.

STICHWÖRTER

Mensch und Technik, Arbeitsorganisation, Fahrzeugbau

Interactive surfaces for mobile work – Evaluation of interaction concepts for office tasks during an automated ride

Mobile work in fully automated shuttles will enable the productive use of travel time in the future. This study evaluates two concepts of interactive surfaces in the vehicle interior for performing office tasks: a touchscreen and an interactive projection surface. In addition to user experience and perceived workload, efficient task completion is evaluated in comparison to working on a conventional laptop with users.

1 Einleitung

Die zunehmende Automatisierung der Fahraufgabe eröffnet Fahrerinnen und Fahrern neue Möglichkeiten, die Reisezeit zu nutzen. Insbesondere das mobile Arbeiten im Fahrzeug gilt als attraktiver Use Case [1]. Das öffentlich geförderte Projekt „FlexCAR“ befasst sich mit der Forschung und Entwicklung einer autonom fahrenden Fahrzeugplattform [2]. Im Kontext dieses Projekts fand eine Studie mit Nutzenden zur Evaluation von Interaktionskonzepten für mobiles Arbeiten statt. Diese Studie wurde vom Fraunhofer IAO auf der FlexCAR-Projektfäche in der Arena 2036 auf dem Campus der Universität Stuttgart an einem stationären Versuchsaufbau durchgeführt. Der Aufbau besteht aus einem modular aufsetzbaren Bodenmodul, das über ein Schienensystem für Sitze verfügt und eine flexible Sitzkonfiguration sowie die Integration weiterer Innenraumkomponenten erlaubt.

Für Nutzende ist zum produktiven Arbeiten während der Fahrt das Interaktionskonzept von besonderer Bedeutung. Für SAE-Level 3 [3] wurden bisher verschiedene Konzepte für Displayposition und Tastaturnutzung für Büroaufgaben mit Übernahmesituationen im Fahrzeug evaluiert [4, 5]. Für vollautomatische Fahrzeuge nach SAE-Level 5, wie das „FlexCAR“, ergeben sich durch den Wegfall der Fahraufgabe neue Freiheitsgrade für die Gestaltung des Innenraums und dessen Anpassung an fahrfremde Tätigkeiten. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das Potenzial zweier Konzeptlösungen für interaktive Oberflächen in einem vollautomatisierten Shuttle zur Ausführung von Büroaufgaben zu evaluieren und mit dem Laptop als technischen Standard für ortsbundenes Arbeiten [6] zu vergleichen.

Unter interaktiven Oberflächen werden berührungsempfindliche Benutzungsschnittstellen verstanden, bei denen Ein- und Ausgabegerät vereint sind, sodass Nutzende die gezeigten Informationen oder Steuerelemente direkt anfassen können [7]. Zum einen wurde für die vorliegende Arbeit eine interaktive Arbeitsfläche mit einem Touchscreen umgesetzt, der als Technologie im Fahrzeug unter anderem für die Infotainmentbedienung bereits etabliert ist [8]. Als weitere Technologie wurde eine interaktive Arbeitsfläche mit Projektion konzipiert. Projektionslösungen werden im Fahrzeug für Head-Up-Displays genutzt und können Inhalte ortsbunden und nur bei Bedarf auf Oberflächen anzeigen [9]. Da es sich bei beiden Konzepten um Prototypen handelt, hat die Evaluation explorativen Charakter und liefert anhand eines Mixed-Methods-Ansatzes eine Bewertung der Konzepte hinsichtlich effizienter Aufgabenbearbeitung, der User Experience, der subjektiven Arbeitsbelastung und wahrgenommener Vor- und Nachteile aus Nutzendenperspektive.

2 Konzeptaufbau und Studiendesign

Um die Nutzung von interaktiven Oberflächen für typische Büroaufgaben im Fahrzeug mit Nutzenden zu evaluieren, wurden die Konzeptlösungen Touchscreen und Projektion als Hardwareprototyp inklusive Softwareanwendung realisiert. Wie in Bild 1 zu sehen, wurde die Bodenplatte für die Studie zu einer Sitzkiste mit Dach und Vorhängen erweitert, um für die Erprobung der Konzepte eine Testumgebung mit konstanten Lichtbedingungen zu schaffen.



Bild 1. FlexCAR-Bodenplatte mit Sitzkiste für den Konzeptaufbau zum mobilen Arbeiten. Foto: Fraunhofer IAO

2.1 Konzeptlösungen für interaktive Oberflächen

Für die Umsetzung des Konzeptes „Touchscreen“ wurde ein handelsüblicher touchfähiger Bildschirm (27 Zoll; Hersteller: Newline) mit tischähnlichem Unterbau in die Sitzkiste integriert. Der Touchscreen befindet sich vor dem Passagiersitz und der Neigungswinkel der Arbeitsfläche ist zwischen 0 und 40 Grad in Richtung des Nutzenden einstellbar. Das Konzept „Projektionslösung“ besteht aus einer Tischplatte mit Unterbau, welche durch

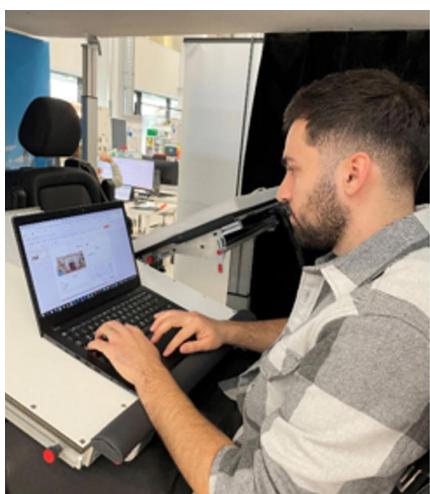
eine integrierte kapazitive Folie die Berührungen des Nutzers erfasst (Interaktionsfläche: 608 mm x 700 mm). Die Tischplatte kann sowohl als interaktive Oberfläche wie auch als herkömmlicher Tisch verwendet werden und ermöglicht eine Neigung zwischen 0 und 15 Grad in Richtung des Nutzenden. Auf die Tischoberfläche wird mit handelsüblichen Beamern (Philipps „PicoPix Max One“) projiziert, welche über der Sitzkiste angebracht sind und aufgrund ihres geringen Bauraumbedarfs ausgewählt wurden. Insgesamt sind drei Beamer verbaut, die je ein Drittel der Tischoberfläche bespielen.

Bei beiden Konzepten erfolgen Texteingaben über eine virtuelle Tastatur, bei der Nutzende ein akustisches Feedback während der Texteingabe erhalten. Die Arbeitshöhe kann bei beiden Prototypen im Bereich von 60 cm bis 80 cm verstellt werden. Die verwendete Software für beide Konzepte ist „Virtual Desktop One“ (VD1). Es erlaubt die Realisierung digitaler Arbeitsflächen durch das Anzeigen von Softwareapplikationen in verschiedenen Anordnungen und Größen auf beliebigen physischen Oberflächen. Außerdem ermöglicht VD1 die korrigierte Darstellung der Projektion auf den gekippten Tischoberflächen und das Zuordnen der Touchinteraktionen [10].

Als Vergleich für die Nutzendenstudie dient ein Laptop mit 14-Zoll-Bildschirm (Betriebssystem Windows 10; Hersteller: Lenovo) und integriertem Touchpad, das auf der Tischplatte der Projektionslösung platziert wurde. Beim Laptop handelt es sich um das Standardmodell für Büromitarbeitende beim studien-durchführenden Projektpartner. Es wurde keine Maus bereitgestellt. Alle drei in der Studie untersuchten Konzepte sind in **Bild 2** zu sehen.

2.2 Studiendesign und -ablauf

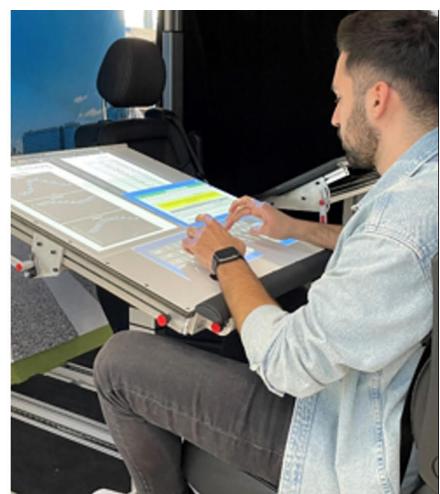
Zum Vergleich der drei Konzepte Laptop, Touchscreen und Projektion wurde ein Within-Subject-Design gewählt, bei dem die Teilnehmenden vier typische Büroaufgaben unter Verwendung von Microsoft-Office-Anwendungen in Einzelarbeit in jedem Konzept ausführten. Zu Beginn wurden die Teilnehmenden mit den Aufgabenstellungen und Konzepten vertraut gemacht. Zudem füllten sie eine Eingangsbefragung zu demografischen Daten aus. Die Studienteilnahme nahm etwa 75 Minuten in Anspruch.



a) Laptop



b) Touchscreen



c) Projektion

Bild 2. Die drei Konzepte für die Evaluationsstudie mit Nutzenden: Laptop (a), Touchscreen (b) und Projektion (c). Fotos: Fraunhofer IAO

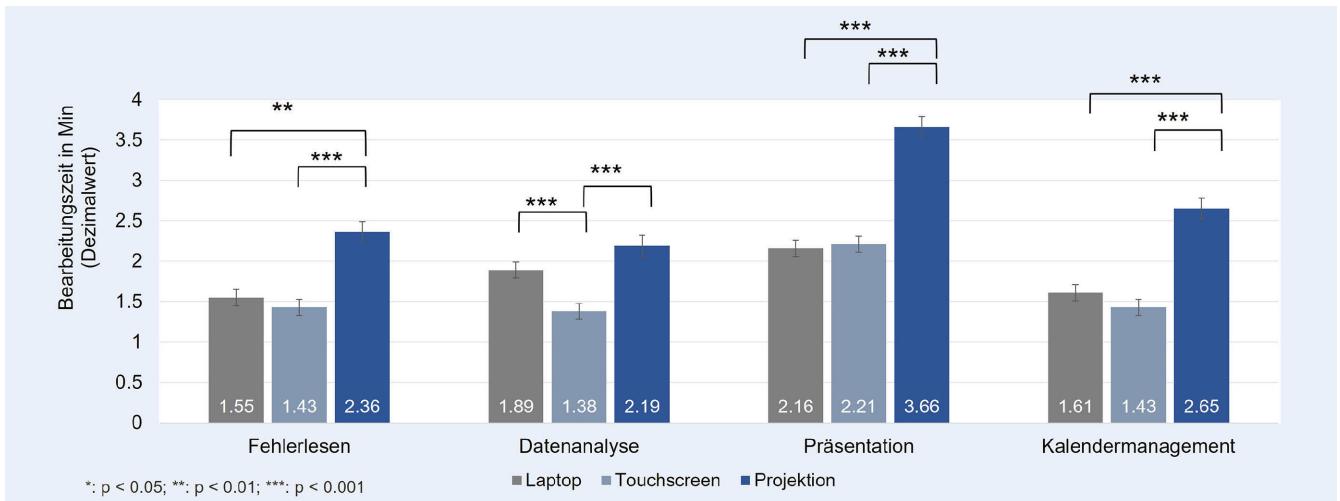


Bild 3. Bearbeitungszeiten pro Konzept. Grafik: Fraunhofer IAO

Bei der Aufgabe „Fehlerlesen“ mussten Tippfehler in Sätzen identifiziert, im Texteditor markiert und an der vorgesehenen Stelle korrekt eingegeben werden. Hier arbeiteten die Teilnehmenden nur mit einem aktiven Fenster. Die Aufgabe „Datenanalyse“ erforderte die Arbeit mit drei aktiven Fenstern: Aus Diagrammen und einer Tabelle glichen die Teilnehmenden Daten mit einer weiteren Tabelle ab und vervollständigten diese. Bei der Aufgabe „Präsentation“ mit ebenfalls drei Fenstern musste eine Folie anhand von Dokumenten entsprechend der Vorlage befüllt werden. Die Aufgabe „Kalendermanagement“ mit zwei aktiven Fenstern leitete Teilnehmende an, die Absage, Zusage sowie Verschiebung eines Termins im Kalender vorzunehmen.

Für jeden Aufgabentyp wurden drei unterschiedliche Varianten erstellt. Die Reihenfolge der zu bearbeitenden Aufgaben innerhalb eines Konzeptes wurde randomisiert, ebenso die Reihenfolge der Konzepte pro Durchgang. Teilnehmende bearbeiteten alle vier Aufgaben in einem Konzept, bevor sie zum nächsten wechselten. Die Vorhänge der Sitzkiste wurden in der Bearbeitungsphase geschlossen, um Ablenkung durch äußere Einflüsse zu minimieren. Nach jedem Konzept füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen aus und am Ende der Studie folgte ein semistrukturiertes Interview.

2.3 Erhobene Daten und Auswertung

Als objektives Maß zur Bewertung der Konzeptlösungen wurden die Bearbeitungszeiten von Beginn bis zur Vollendung der Bearbeitung pro Aufgabe gemessen. Als subjektives Maß wurde zur Bewertung der User Experience des erlebten Konzeptes der UEQ (User Experience Questionnaire) [11] und zur Bewertung der wahrgenommenen Arbeitsbelastung der NASA Task Load Index in Form des Raw TLX [12] eingesetzt. Im semistrukturierten Interview am Ende der Studie fragte der Versuchsleiter die Teilnehmenden nach Vor- und Nachteilen jedes Konzeptes.

Für die quantitativen Daten erfolgte eine statistische Auswertung anhand des Friedman-Tests mit Dunn-Bonferroni korrigierten Post-Hoc-Tests. Die qualitativen Daten wurden, angelehnt an [13], gemäß einer qualitativen Inhaltsanalyse im Verfahren der induktiven Kategorienbildung ausgewertet.

3 Ergebnisse

Die Teilnahme an der Studie setzte voraus, dass Teilnehmende mindestens eine Stunde pro Arbeitstag am Computer arbeiteten und mindestens einmal pro Woche Microsoft-Office-Produkte nutzten. Insgesamt nahmen 33 Personen an der Studie teil, von denen $N = 30$ in die Ergebnisbewertung einbezogen wurden (17 Männer; 13 Frauen). Drei Teilnehmende wurden aufgrund starker Abweichungen in den Bearbeitungszeiten und mangelnder Deutschkenntnisse von der Bewertung ausgeschlossen. 30 % der Teilnehmenden war zwischen 18 und 24 Jahre alt; fast die Hälfte (46 %) zwischen 25 und 39 Jahren und fast ein Viertel (24 %) zwischen 40 und 64 Jahren.

3.1 Bearbeitungszeiten

Bei den Bearbeitungszeiten (Bild 3) zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den drei Interaktionskonzepten bei allen Aufgaben ($\chi^2(2) = 28,467 - \chi^2(2) = 36,867, p < 0,001$). Die Post-Hoc-Tests belegen, dass Teilnehmende bei der Bearbeitung mit dem Touchscreen bei allen Aufgaben signifikant schneller im Vergleich zur Projektionslösung waren ($Z = 1,267 - Z = 1,367, p < 0,001$). Zudem waren die Teilnehmenden bei der Bearbeitung der Aufgabe Datenanalyse mit dem Touchscreen sogar signifikant schneller als mit dem Laptop ($Z = -1,033, p < 0,001$). Bei den anderen drei Aufgaben bestehen jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Laptop und Touchscreen, alle $p > 0,05$. Für die Projektionslösung zeigen sich hingegen bei fast allen Aufgaben signifikant längere Bearbeitungszeiten als bei der Arbeit mit dem Laptop ($Z = 0,967 - Z = 1,433, p < 0,01$), mit Ausnahme der Aufgabe Datenanalyse ($p = 0,817$).

3.2 User Experience

Bezüglich der wahrgenommenen User Experience zeigt eine Einordnung der Ergebnisse in den Benchmark des UEQ [12] für den Touchscreen eine exzellente Gesamtbewertung ($Q = 1,733$). Bei der hedonischen Qualität erzielt die Projektion deskriptiv insgesamt den höchsten Wert ($H = 2,058$), somit eine exzellente Bewertung, während diese beim Laptop am schlechtesten bewertet wird ($H = -0,683$). Ein umgekehrtes Bild zeigt sich bei der

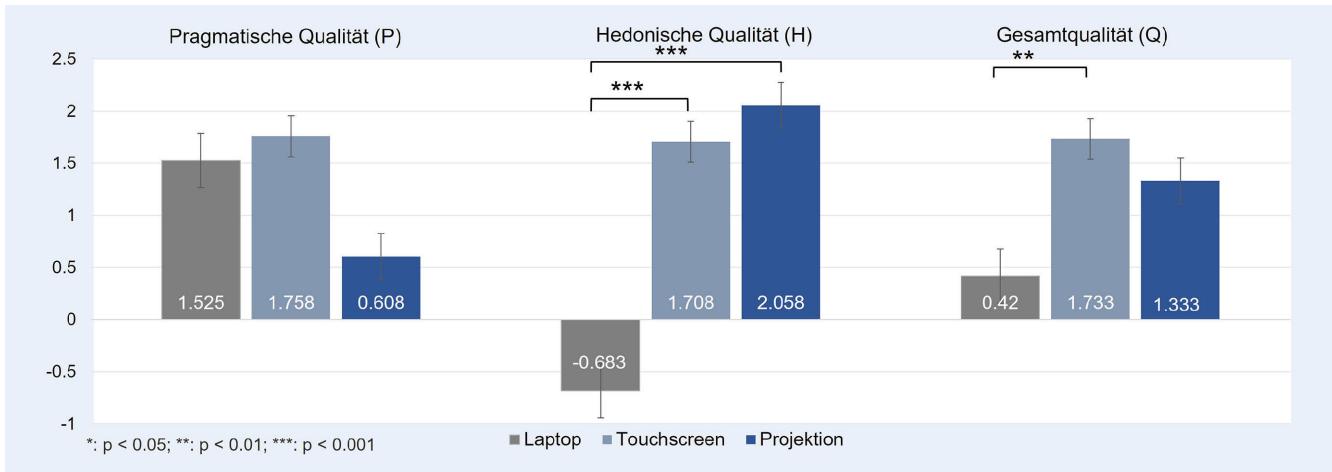


Bild 4. User-Experience-Bewertung pro Konzept gemäß UEQ (User Experience Questionnaire). Grafik: Fraunhofer IAO

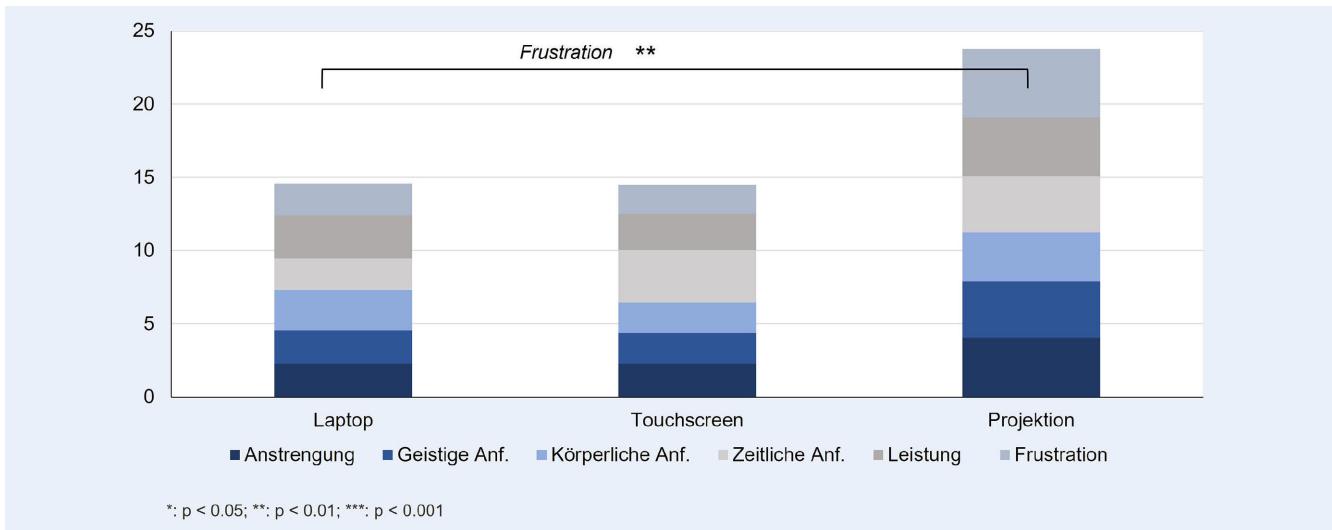


Bild 5. Bewertung der Arbeitsbelastung pro Konzept als gestapelte Mittelwerte anhand des Raw TLX. Grafik: Fraunhofer IAO

pragmatischen Qualität: Hier erhält der Laptop eine gute Bewertung ($P = 1,525$), die Projektion aber eine schlechte Bewertung ($P = 0,608$). Statistisch zeigen sich sowohl bei der hedonischen Qualität ($\chi^2(2) = 28,798, p < 0,01$) als auch bei der Gesamtqualität ($\chi^2(2) = 9,983, p = 0,007$) signifikante Unterschiede zwischen den Konzepten (Bild 4): Bezuglich der Gesamtqualität wird der Touchscreen signifikant besser als der Laptop bewertet ($Z = -3,034, p = 0,007$), bei der hedonischen Qualität werden Touchscreen und Projektion signifikant besser als der Laptop bewertet ($Z = -4,131 - Z = -4,97, p < 0,001$).

3.3 Arbeitsbelastung

Bei der wahrgenommenen Arbeitsbelastung (Raw TLX) liegen Laptop und Touchscreen in einem vergleichbaren Wertebereich (Bild 5).

Allerdings zeigt sich eine deutlich höhere Arbeitsbelastung bei der Nutzung der Projektionslösung, sodass hier ein signifikanter Unterschied zwischen den untersuchten Konzepten festzustellen ist ($\chi^2(2) = 11,426, p = 0,003$). Besonders die wahrgenommene Frustration liegt bei der Projektionslösung signifikant höher als

beim Laptop ($Z = 0,767, p = 0,003$). Alle anderen Vergleiche auf den Subskalen Anstrengung, geistige Anforderung, körperliche Anforderung, zeitliche Anforderung und Leistung waren nicht signifikant (alle $p > 0,05$).

3.4 Vor- und Nachteile pro Konzept

Die drei häufigsten im Interview genannten Vor- und Nachteile pro Konzept sind in der Tabelle zu sehen.

Beim Laptop kritisierten zwei Drittel der Befragten (61 %) die zu kleine Displaygröße, während 41 % den Laptop als umständlich für die Ausführung der Aufgaben bezeichneten, vor allem für das Arbeiten mit mehreren Fenstern. Bei den anderen Konzepten hingegen wird die Displaygröße als Hauptvorteil angesehen (Touchscreen 77 %, Projektionslösung 66 %). Die haptische Tastatur wurde beim Laptop von 22 % als Vorteil wahrgenommen, wogegen die virtuelle Tastatur bei den beiden anderen Konzepten von jeweils mehr als 20 % bemängelt wurde. Die Hälfte der Teilnehmenden (53 %) nannte beim Touchscreen außerdem die gute Auflösung als Vorteil.

Tabelle. Die drei häufigsten Nennungen bei Vor- und Nachteilen pro Konzept (% gibt die Anzahl der Nennungen pro Kategorie als relative Häufigkeit bei $N = 30$).

| | Vorteile | | Nachteile | |
|-------------|--------------------|--------|---------------------------|--------|
| | Aspekt | Anteil | Aspekt | Anteil |
| Laptop | gewohnt | 80% | Displaygröße | 61% |
| | intuitiv | 22% | umständlich | 41% |
| | haptische Tastatur | 22% | fehlende Touchinteraktion | 7% |
| Touchscreen | Displaygröße | 77% | gewohnte Gesten fehlen | 23% |
| | Auflösung | 53% | virtuelle Tastatur | 23% |
| | intuitiv | 20% | umständlich | 6% |
| Projektion | Displaygröße | 66% | ungenau | 29% |
| | innovativ | 13% | virtuelle Tastatur | 25% |
| | flexibel | 7% | umständlich | 18% |

4 Diskussion

Ziel der durchgeführten Studie war es, zwei Konzeptlösungen für interaktive Oberflächen für Büroaufgaben im Fahrzeug auf Produktivität, User Experience und Arbeitsbelastung aus NutzendenSicht zu evaluieren. Anhand der Ergebnisse der subjektiven und objektiven Daten geht der Touchscreen als bevorzugtes Konzept für die durchgeführten Büroaufgaben gegenüber der Baseline, dem Laptop, und dem Alternativkonzept Projektion aus der Studie hervor. Besonders hervorzuheben beim Touchscreen sind die sehr gute Bewertung der User Experience, die als vorteilhaft wahrgenommene Displaygröße für die Bearbeitung der Büroaufgaben und die vergleichsweise schnelleren Bearbeitungszeiten. Die virtuelle Tastatur wurde teilweise als Kritikpunkt genannt, was auch auf die Tippgewohnheiten der Teilnehmenden zurückzuführen ist. Ein exakter Vergleich der Tippeistung bei haptischer und virtueller Tastatur wie in [5] ist aufgrund der Unterschiede zwischen den Konzepten nicht möglich. Die Ergebnisse der Studie zeigen jedoch, dass nicht nur die Art der Tastatur, sondern auch die Größe der Anzeige- und Interaktionsfläche zu einem besseren Nutzungserlebnis und einer effizienteren Bearbeitung der Aufgaben im mobilen Kontext beitragen kann.

Der Laptop beweist sich durch eine hohe pragmatische Qualität zwar als etabliertes Konzept für das mobile Arbeiten, wird jedoch aufgrund der Displaygröße oft als umständlich für die getesteten Büroaufgaben gesehen. Bei der Projektion weisen hingegen signifikant längere Bearbeitungszeiten, eine höhere Arbeitsbelastung sowie eine schlechtere pragmatische Qualität beim Nutzungserlebnis auf den niedrigeren Technologie-Reifegrad hin. Angesichts der subjektiven Begeisterung im Nutzungserlebnis für die Projektionslösung sowie der flexiblen Nutzbarkeit von Interieurflächen durch Projektionen sehen wir hier Potenzial zur Weiterentwicklung des Prototyps für die Interaktion im Fahrzeug.

Als Einschränkung der Studie ist der unterschiedliche Technologie-Reifegrad zwischen den Konzepten zu nennen. Sowohl der Laptop als auch der Touchscreen sind ausgereifte und am Markt etablierte Technologien, mit denen Nutzende gewohnt interagieren. Zudem können die unterschiedlichen Displaygrößen der Konzepte, die Altersstruktur und Größe der Stichprobe sowie Tipperfahrung mit virtueller Tastatur die Repräsentativität der

Ergebnisse beeinflusst haben. Eine bessere Vergleichbarkeit der Interaktion mit der Laptop-Bedingung hätte zudem durch einen Laptop mit Touchscreen-Funktion erzielt werden können.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Arbeiten im Fahrzeug gilt als attraktiver Anwendungsfall für die Nutzung der Reisezeit. In dieser Nutzendenstudie konnten erste Erkenntnisse zum Einsatz interaktiver Oberflächen zur Bearbeitung von Büroaufgaben in einem SAE-Level-5-Shuttle gewonnen werden. Der Touchscreen schneidet besonders hinsichtlich User Experience und Bearbeitungszeiten besser ab als der Laptop, der heute oft als Standard für mobiles Arbeiten genutzt wird. Die Projektionslösung konnte die Nutzenden mit einer sehr hohen hedonischen Qualität begeistern, allerdings waren die Bearbeitungszeiten länger und die Arbeitsbelastung höher.

Für Folgestudien kann eine weitere Evaluation der Konzepte bei Fahrtbedingungen wichtige Erkenntnisse liefern, etwa zum Einfluss der Fahrdynamik auf die Interaktionsqualität. Für die zukünftige Entwicklung von Interaktionskonzepten für das Arbeiten während der Fahrt müssen zudem weitere Gestaltungsfaktoren wie das Vorbeugen der Reisekrankheit sowie das Erzeugen von Privatsphäre betrachtet werden, die nicht Teil der vorliegenden Studie waren. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Flexibilisierung der Arbeitsformen in verschiedenen Umgebungen sollten zukünftige Interaktionskonzepte im automatisierten Fahrzeug außerdem nicht nur Büroaufgaben in Stillarbeit, sondern auch kollaboratives Arbeiten mit Kollegen untersuchen.

DANKSAGUNG

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „FlexCAR“ wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen 02P18Q640 bis 02P18Q649) gefördert und vom Projekträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Autoren danken dem Fördergeber sowie dem Projekträger Karlsruhe PTKA für deren freundliche Unterstützung.

L i t e r a t u r

- [1] Pfleging, B.; Rang, M.; Broy, N.: Investigating user needs for non-driving-related activities during automated driving. Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, New York, 2016, pp. 91–99
- [2] Lahres, M.; Hofele, H.; Krun, D. et al.: Die Forschungsplattform von morgen: FlexCAR. *wt Werkstattstechnik online* 112 (2022) 09, S. 601–06. Internet: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: VDI Fachmedien
- [3] SAE International: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. J3016_202104. Surface Vehicle Recommended Practice. Stand: 30.04.2021. Internet: www.sae.org/standards/content/j3016_202104/. Zugriff am 30.08.2023
- [4] Schartmüller, C.; Riener, A.; Wintersberger, P. et al.: Workaholic: on balancing typing- and handover-performance in automated driving. Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, New York, 2018, Article #18, pp. 1–12
- [5] Schartmüller, C.; Wintersberger, P.; Frison, A.-K. et al.: Type-o-Steer: Reimagining the Steering Wheel for Productive Non-Driving Related Tasks in Conditionally Automated Vehicles. 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Paris, France, 2019, pp. 1699–1706
- [6] Junge, R.: Mobiles Arbeiten – der digitale Wandel verändert unser Zusammenarbeiten. *Wirtschaftsinformatik & Management* 7 (2015) 1, S. 7–15
- [7] Preim, B.; Dachselt, R.: Interaktive Oberflächen. In: Preim, B.; Dachselt, R. (Hrsg.): *Interaktive Systeme*. Heidelberg: Springer Vieweg 2015
- [8] Dorau, R.: *Emotionales Interaktionsdesign. Gesten und Mimik interaktiver Systeme*. Heidelberg: Springer-Verlag 2011
- [9] Baumann, M.; Helmer, M.; Neumann, C.: Anwendung von Projektions-techniken im automobilen Interieurbereich. Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs Dörnfeld/Ilm. Stand: 2019. Internet: core.ac.uk/download/pdf/275668905.pdf. Zugriff am 30.08.2023
- [10] Bues, M.; Wingert, B.; Riedel, O.: VD1: a technical approach to a hybrid 2D and 3D desktop environment. 2018 IEEE 11th Workshop on Software Engineering and Architectures for Real-time Interactive Systems (SEARIS), Reutlingen, 2018, pp. 1–7
- [11] Schrepp, M.; Hinderks, A.; Thomaschewski, J.: Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 4 (2017) 4, pp. 40–44
- [12] Hart, S. G.: NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 50 (2006) 9, pp. 904–08

- [13] Mayring, P.; Fenzl, T.: Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS 2019



Lesley-Ann Mathis, M.Sc.
Foto: Fraunhofer IAO

Reto Wechner, M.Sc.

Dr.-Ing. Matthias Bues

Dipl.-Ing. Harald Widlroither

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
lesley-ann.mathis@iao.fraunhofer.de
www.iao.fraunhofer.de

Adrian Halili, B.Eng.

Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
adrian.halili@iat.uni-stuttgart.de
www.iat.uni-stuttgart.de

Denis Krun, M.Sc.

Dr. Michael Lahres

Mercedes-Benz AG
RD/RTH, Hardware & Digital Technologies
Leibnizstr. 2, 71032 Böblingen
denis.krun@mercedes-benz.com
www.mercedes-benz.com

LIZENZ

Dieser Fachaufsatzz steht unter der Lizenz Creative Commons
Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)