

NUTZERFOKUSSIERTE SYSTEMGESTALTUNG ZUR UNTERSTÜTZUNG MOBILEN ARBEITENS IM VOLLAUTOMATISIERTEN FAHRZEUG

Uwe Drewitz¹, Fabian Walocha¹, Jan Wegener¹, Johannes Rehm¹, Gavin Grolms¹, H. Phuong
Nguyen¹, Dario Niermann², Alexander Trende² und Klas Ihme¹

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Verkehrssystemtechnik, Lilienthalplatz 7,
38106 Braunschweig, uwe.drewitz@dlr.de, klas.ihme@dlr.de, www.dlr.de/ts

² OFFIS e.V. - Institut für Informatik, Escherweg 2, 26121 Oldenburg, alexander.trende@offis.de,
www.offis.de

Keywords: Nutzererfassung, nutzerzentrierte Systemgestaltung, Innenraumgestaltung,
vollautomatisiertes Fahren

ABSTRACT

Die Fortschritte in der Entwicklung der Fahrzeugautomatisierung versprechen, dass der Mensch im Fahrzeug zumindest in bestimmten Phasen des Reisverlaufs bald vom manuellen Fahren befreit werden könnte. Während der Reiseabschnitte vollautomatisierten Fahrens, z.B. auf Autobahnen, werden Fahrer das Fahrzeug dann beispielsweise als mobiles Büro nutzen können. Die Tätigkeit im mobilen Büro ist für Fahrzeugnutzer jedoch mit anderen Bedarfen verbunden als die Fahrzeugführung oder -überwachung. Daraus ergeben sich spezifische Hard- und Softwareanforderungen für die Systemgestaltung des Fahrzeuginnenraums. Ein Ansatz, um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist die Entwicklung nutzerfokussierter Automation, die grundlegende Bedürfnisse des Menschen in den Mittelpunkt des Systemdesigns stellt. Systeme mit nutzerfokussierter Automation bestimmen, gestützt auf die kombinierte echtzeitfähige Erfassung von Nutzer und Kontext mittels multimodaler Sensorik und Datenquellen, Bedarfe für die Anpassung des Systemverhaltens, mit dem Ziel diesen grundlegenden Nutzerbedürfnissen gerecht zu werden. Im Anwendungsfall des mobilen Büros könnte das Fahrzeug Insassen z.B. entsprechend der erfassten Situation und Tätigkeit durch angepasste Routenvorschläge innerhalb des operativen Bereichs vollautomatisierten Fahrens oder einer optimierten Ausleuchtung und Lichtgestaltung im Innenraum unterstützen. Hierzu stellen wir den aktuellen Stand der Entwicklung eines fahrzeugbasierten Demonstrators für den Innenraum eines automatisierten Fahrzeugs vor, der mobile Büroarbeit durch nutzerfokussierte Automation unterstützt. In einer ersten Fahrzeugsimulatorstudie wurde dazu ein echtzeitfähiger Klassifikator entwickelt, der die aktuelle Aktivität (Fahren, Entspannen oder Arbeiten) und den Stresslevel des Nutzers abschätzen kann. In einer zweiten Studie wurde untersucht, wie verschiedene Konzepte der Innenraumbeleuchtung, darunter spektral anpassbare Umgebungslichter und fokussierte Scheinwerfer, sowie Veränderungen in der Navigation die unterschiedlichen Aktivitäten unterstützen können.

1 EINFÜHRUNG

Die zunehmende Automatisierung von Fahrzeugen verspricht, dass der Mensch bald - mindestens teilweise - von der Last der manuellen Steuerung des Fahrzeugs befreit sein wird. In der dadurch gewonnenen Zeit können Fahrzeugnutzer sich zukünftig Aktivitäten wie dem Entspannen, der Unterhaltung oder der Nutzung von Informationsangeboten widmen. Sie werden das Fahrzeug bei Bedarf aber als mobiles Büro nutzen [6]. Wahrscheinlich wird ein großer Teil der zukünftigen Fahrzeuge nicht vollautomatisiert in dem Sinne sein, dass ihre Nutzer nie selbst die Fahrzeugkontrolle übernehmen müssen. Vielmehr wird das vollautomatisierte Fahren sehr wahrscheinlich nur in definierten Operationsbereichen verfügbar sein, so dass der Nutzer die Kontrolle wieder übernehmen muss, wenn die Grenzen dieser Operationsbereiche erreicht werden. Dies stellt neue Anforderungen an die Gestaltung der fahrzeuginternen Soft- und Hardware, da die Nutzer auch innerhalb einer Fahrt zwischen sehr unterschiedlichen Tätigkeiten wechseln wollen oder müssen. Insbesondere die

Bedürfnisse mobiler Büroangestellter mit hoher Aufgabenbelastung unterscheiden sich hierbei von denen solcher Nutzer, die lediglich Routineaufgaben erledigen, sich entspannen oder manuell fahren wollen. Wenn Fahrzeuge also mehrere Automatisierungsstufen anbieten und damit unterschiedliche Nutzungen des Fahrzeuginnenraums ermöglichen, müssen sie sich an die Nutzerbedürfnisse in der jeweiligen Situation anpassen können. Andernfalls kann die Nutzerakzeptanz für Konzepte des automatisierten Fahrens, die einen Zeitgewinn für andere Aufgaben versprechen, nicht gewährleistet werden. Ein Gestaltungsansatz, um dies zu gewährleisten, ist das Konzept der nutzerzentrierten Automatisierung [3], das grundlegende menschliche Bedürfnisse und daraus resultierende Bedarfe in den Mittelpunkt der Systemgestaltung stellt und deren Beantwortung während der Systemnutzung vorsieht. Als Voraussetzung für die Berücksichtigung dieser grundlegenden Nutzerbedürfnisse im jeweils aktuellen Nutzungskontext benötigen nutzerzentrierte Systeme daher eine zuverlässige Echtzeiteinschätzung des aktuellen Zustands von Nutzenden sowie adäquate Strategien zu ihrer Unterstützung.

2 ZIELSTELLUNG

Aufbauend auf den vorgenannten Überlegungen war das Hauptziel dieser Arbeit der Aufbau eines Demonstrators für das Fahrzeuginnenraum eines nutzerfokussierten automatisierten Fahrzeugs mit Mobile-Office-Arbeitsplatz, welches die aktuelle Aktivität und das Stressniveau von Nutzenden ermitteln kann und sie auf Basis der so gewonnenen Informationen bei der Bewältigung von mobiler Büroarbeit oder beim Entspannen unterstützt. Wir geben hier einen kurzen Überblick über den Prozess zur Entwicklung des Echtzeit-Nutzermodells zur Aktivitäts- und Stresserkennung (Studie 1) und die Evaluation verschiedener Interventionsstrategien (Studie 2). Eine abschließende Evaluation des Gesamtsystems (Studie 3) mit Echtzeitanpassung musste leider aufgrund von Restriktionen zur Eindämmung des Coronavirus verschoben werden und wird erst Ende 2021 durchgeführt.

3 DEMONSTRATORAUFBAU

Der Demonstrationsaufbau wurde in einem Fahrsimulator implementiert (siehe Abbildung 1). In das verwendete Simulatormockup des DLR, welches über ein standardmäßige LED-Band-basiertes HMI (Abbildung 2, orange) für die Kommunikation von Mode Awareness [1] verfügt, wurden zusätzlich Komponenten des Kooperationspartners OFFIS integriert. Dafür wurde das Mockup zum einen mit einem Display-HMI von OFFIS (Tablet-basiert, Microsoft Surface Tablet mit 12,3 Zoll), das ein Navigationssystem anzeigt (Abbildung 2, blau) ausgestattet, um Routenanpassungen zu kommunizieren. Zum anderen wurde ein anpassungsfähiges Innenraumbeleuchtungskonzept konzipiert, das sowohl ein ambientes Deckenlicht als auch ein Fokuslicht für den Arbeitsplatz umfasst. Das ambiente Deckenlicht wurde mittels eines spektral frei einstellbaren Lichtpanels realisiert, das RGBW-LEDs (rote, grüne, blaue, weiße LED) als Lichtquelle nutzt. Das Panel beleuchtete den Fahrzeuginnenraum als indirekte Lichtquelle (Abbildung 2, rot). Für das Fokuslicht wurde ein Matrix-LED-Leselicht integriert, welches den Arbeitsbereich im mobilen Büro gezielt ausleuchten kann (Abbildung 2, grün). Der Demonstrator diente als Fahrzeugmodell für die beiden im Folgenden beschriebenen Fahrsimulatorstudien.

4 STUDIE 1 - ENTWICKLUNG EINES ECHTZEITFÄHIGEN BENUTZERMODELLS

Das übergeordnete Ziel von Studie 1 war es, ein echtzeitfähiges Benutzermodell zu entwickeln, das die aktuelle Aktivität des Benutzers ermitteln und sein Stressniveau als Voraussetzung für den endgültigen Demonstrator abschätzen kann. Zur Generierung der notwendigen Trainingsdaten für die Modellentwicklung wurde hierfür eine Fahrsimulatorstudie mit einer früheren Version des Demonstrators durchgeführt, in der die Teilnehmer die relevanten Aktivitäten mit unterschiedlichen Stressleveln durchführten. Die Studie wird hier in aller Kürze beschrieben, Details finden sich in [7].

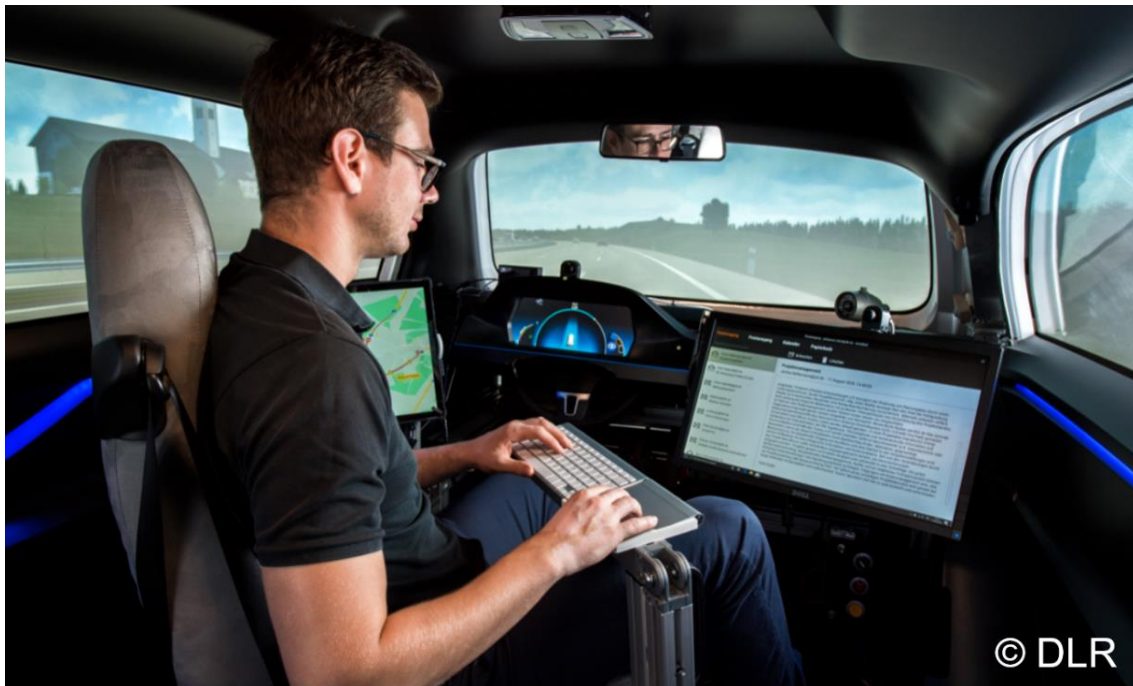


Abbildung 1: Nutzer im Mobile-Office-Arbeitsplatz im automatisierten Fahrzeug. Simulator im DLR Virtual Reality Labor (VRLab).



Abbildung 2: Aufbau des Demonstrators im Fahrsimulator. Die Elemente des Innenraums werden von farbigen Rechtecken eingerahmt (orange: HMI für Kommunikationsmodus Awareness, blau: Display HMI für Navigationssystem, rot: Umgebungslicht, grün: Matrix-LED-Leselicht).

Insgesamt wurden die Daten von 29 Teilnehmenden (Durchschnittsalter: 25 Jahre, 14 Frauen und 15 Männer) erhoben. Als Grundlage für die Aktivitäts- und Stresserkennung wurde der Oberkörper der Teilnehmer mit einer an der rechten A-Säule montierten Webcam gefilmt und ihre Herzfrequenz (HR) und HR-Variabilität (HRV) mit einem 3-Kanal-Elektrokardiogramm erfasst. Jeder Teilnehmer durchlief vier Fahrscenarien von jeweils etwa 15 Minuten Dauer: manuelles Fahren (MF), plus drei automatisierte Fahrten in entspanntem Zustand (ENT) und Arbeiten im mobilen Büro mit hoher (ARB-HL) sowie niedriger Aufgabenbelastung (ARB-NL). Die Daten wurden dann für Entwicklung

eines Benutzermodells verwendet, das drei Aktivitäten (manuelles Fahren, Entspannen und Arbeiten) und zwei Stressniveaus (hoch versus niedrig) unterscheidet. Mit Hilfe des Softwarewerkzeugs OpenPose [2] extrahierten wir aus jedem Videobild Informationen über die Position einer Reihe von Körperpunkten im Oberkörper der Teilnehmer als Input für die Erkennung von Körperhaltung und Aktivität (siehe Abbildung 3). Das Benutzermodell bestimmt zunächst die aktuelle Pose (Fahren = Hand auf dem Lenkrad, Kopf gerade; Entspannen = Hände auf dem Schoß, Kopf variabel; Arbeiten = Hände auf Tastatur oder Maus, Kopf in Richtung Bildschirm) mithilfe eines Support-Vektor-Klassifikators für jedes Bild auf der Grundlage der vorverarbeiteten Körperpunkte. Parallel dazu wurden die aktuelle Herzfrequenz und die Herzfrequenzvariabilität der letzten 30 Sekunden (gleitende Fenster von 30 Sekunden mit einer Überlappung von 1 Sekunde) verwendet, um die aktuelle Erregung (hoch = hohe Herzfrequenz, niedrige Herzfrequenzvariabilität; niedrig = niedrige Herzfrequenz, hohe Herzfrequenzvariabilität) auf der Grundlage einer Gaußschen Mischungsmodellierung für jede Sekunde zu schätzen. Auf dieser Grundlage wird das aktuelle Stressniveau durch Mittelwertbildung des Erregungsniveaus der letzten 30 Sekunden berechnet (siehe [7]).

Der Klassifikator für die Aktivitätsschätzung zeigte eine sehr gute Leistung bei der Unterscheidung zwischen Arbeit und den beiden anderen Aktivitäten. Trotz einiger Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen Fahren und Entspannen in dem Sinne, dass die Entspannungshaltungen teilweise als Fahren klassifiziert wurden, ist die Klassifizierungsgenauigkeit für diese Aktivitäten noch recht hoch (siehe Abbildung 4, links). Da in der früheren Version des Demonstrators das Lenkrad noch nicht versenkbar war, legten die Teilnehmenden in der Entspannungsbedingung mitunter ihre Hände auf dessen unteren Teil. Die Erhebung zusätzlicher Trainingsdaten für das angepasste Setup mit versenkbarem Lenkrad wie in Abbildung 1 und 2 dargestellt verspricht deshalb eine deutliche Verbesserung in der Erkennungsleistung. Zusätzlich lieferte der Stressschätzer nutzbare Ergebnisse und ermittelte die höchsten Stresswerte während ARB-HL, gefolgt von ARB-NL und MF. Die niedrigsten Stresswerte wurden für die ENT-Bedingung geschätzt (siehe Abbildung 4, rechts). Alles in allem scheinen die Ergebnisse ein guter erster Schritt für das Echtzeit-Benutzermodell des Demonstrators zu sein.

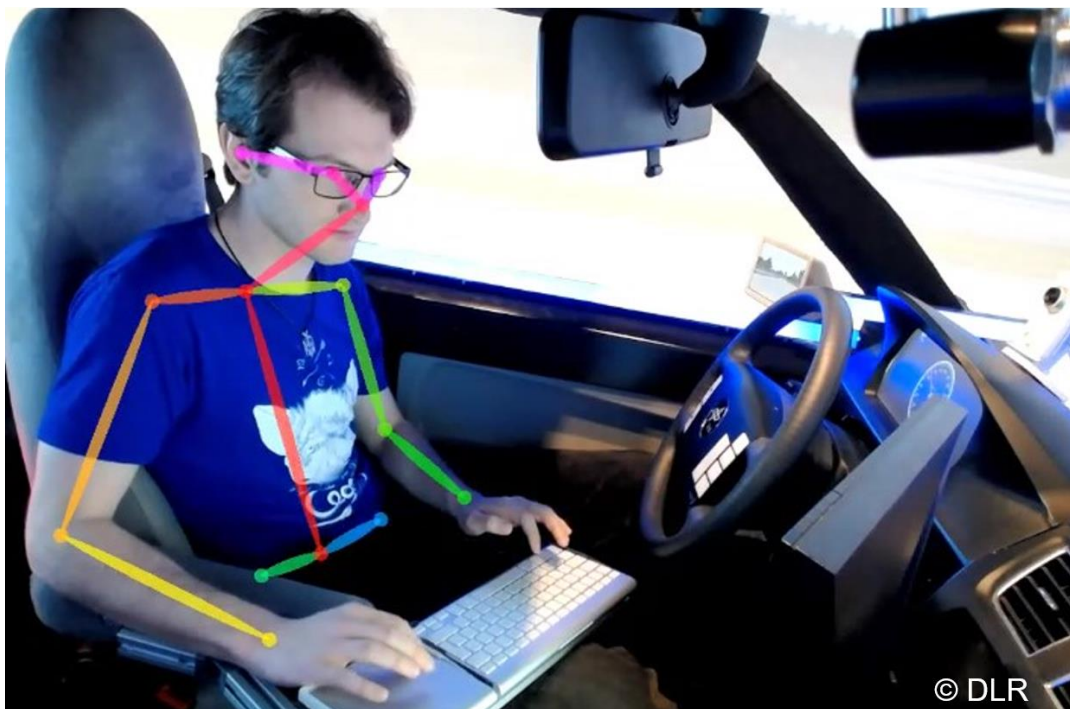


Abbildung 3: Nutzererfassung (Video) mit Kamera an der A-Säule mit OpenPose-Overlay.

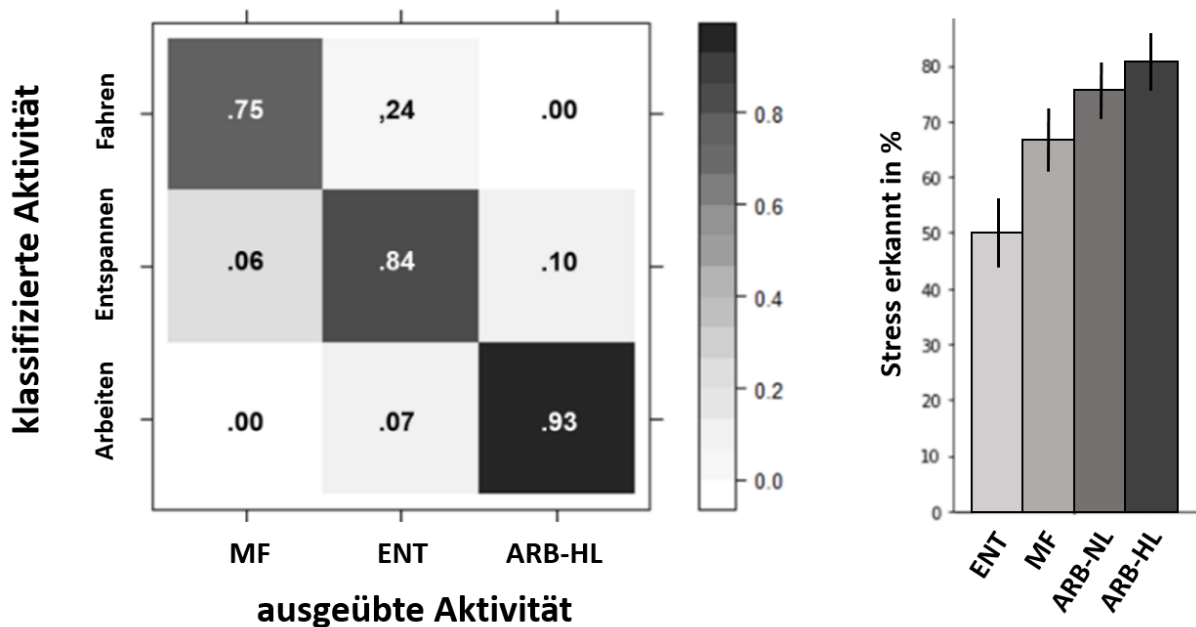


Abbildung 4: Erfassungsleistung des Benutzermodells. Links: Konfusionsmatrix der Aktivitätsklassifizierung. Rechts: Stresserkennung, kategorisiert nach Aktivitäten (Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts).

5 STUDIE 2 - BEWERTUNG DER INTERVENTIONSSTRATEGIEN

Das Hauptziel von Studie 2 war es, die Nützlichkeit und Wirksamkeit einer Reihe von Interventionsstrategien zu evaluieren, die entwickelt wurden, um die Nutzenden für den Anwendungsfall des Mobile Office zu unterstützen. Dazu wurden ein Innenraumbeleuchtungskonzept, welches die Nutzenden bei der Bewältigung der verschiedenen Tätigkeiten unterstützen sollte, sowie eine Anpassung des Navigationssystems in den Demonstratoraufbau integriert (s. Abschnitt 3).

5.1 Methode

Insgesamt 51 Personen (16 Frauen, 35 Männer, Mittelwert [M] = 34,5 Jahre, Standardabweichung [SD] = 12,6) nahmen an der Studie teil. Nach einem kurzen Training fuhren die Teilnehmer vier Versuchsläufe in festgelegter Reihenfolge (Lernphase [ARB-GL], Wiederholungsphase [WP], Druckphase [ARB-HL] und Entspannungsphase [ENT]). Dabei wurde den Teilnehmern vor jeder Fahrt als Cover-Story mitgeteilt, dass eine 15-minütige Fahrt zu einem Termin folgen würde. Acht Minuten der Fahrt waren automatisiert und konnten für die Bearbeitung der Aufgabe "Mobiles Büro" (eine verbesserte Version der Aufgabe aus Studie 1) genutzt werden, während die restliche Zeit manuell gefahren (MF) werden musste (tatsächlich kam es jedoch nie zu einer Übernahme und die Szenarien wurden nach der automatisierten Fahrt beendet). Die LP diente zum Kennenlernen der gestellten Aufgabe in der Bedingung mobiles Arbeiten. Dabei konnten die Teilnehmer die gestellte Büroaufgabe (Bearbeitung von Emails in der Inbox und daraus resultierende Terminkoordination) mit geringer Aufgabenbelastung (niedriger Schwierigkeitsgrad der zu bearbeitenden E-Mails, sowie eine Zeitspanne von 75 Sekunden + bis zu 20% dieser Zeit zwischen den E-Mails) durchführen (ARB-GL). In der WP mussten die Teilnehmer die Aufgabe mit einer mittleren Aufgabenbelastung (WP) durchführen (mittlerer Schwierigkeitsgrad der E-Mails, 60 Sekunden + bis zu 20 % Zeit zwischen den E-Mails). In ARB-HL musste die Aufgabe mit einer hohen Aufgabenbelastung durchgeführt werden (hoher Schwierigkeitsgrad der E-Mails, nur 45 Sekunden + bis zu 20 % Zeit zwischen den E-Mails). Bei ENT schließlich konnten sich die Teilnehmer während der automatisierten Fahrt entspannen.

Es wurde ein Intergruppendesign verwendet, um verschiedene Interventionen zur Anpassung des Innenraums und der Route an das Stressniveau der Teilnehmer zu bewerten. Für die Mobile-Office-Aufgabe gab es die folgenden Anpassungen:

1. Innenraumanpassung: Eine Versuchsgruppe (18 Personen) erhielt kurz nach Beginn der Mobile-Office-Aufgabe in WP bzw. ARB-HL eine Innenraumlichtanpassung, bestehend aus eingeschaltetem Fokuslicht und einem stimulierenden Umgebungslicht mit hoher Farbtemperatur und hoher Helligkeit (ca. 6500 Kelvin, weißes LED-Licht). Die Kontrollgruppe erhielt keine Anpassung (16 Personen). Die geringe Personenzahl in den beiden Gruppen ergab sich aus technischen Problemen bei der Innenraumadaption für 17 Teilnehmende.

2. Streckenanpassung: Eine Experimentalgruppe (25 Personen) erhielt die Möglichkeit, die Route nach ca. 6 Minuten auf dem Navigationssystem während der Bearbeitung der mobilen Büroaufgabe in der DP anzupassen, so dass bei gleicher Ankunftszeit eine längere automatisierte Fahrt (und damit mehr Arbeitszeit) zur Verfügung stand. Die Teilnehmenden konnten die Routenanpassung bestätigen oder ablehnen. Die Kontrollgruppe (26 Personen) erhielt keine die Möglichkeit, die Route anzupassen.

Während der Bedingung ENT wurde eine weitere Anpassung der Innenbeleuchtung evaluiert. Dabei wurde das Umgebungslicht auf eine reduzierte Farbtemperatur (ca. 2800 K, ähnlich zum Licht einer Glühlampe) eingestellt. Eine Versuchsgruppe mit 17 Teilnehmenden erlebte diese Anpassung. Die Kontrollgruppe bestand aus 15 Teilnehmenden. Auch hier war die geringe Personenzahl auf technische Probleme mit der Innenraumanpassung bei den übrigen Teilnehmenden zurückzuführen.

Nach LP, WP und DP gaben die Teilnehmer einen Selbstbericht über ihren erlebten Stress ab (State Stress Questionnaire, SSSQ; [4]) und bewerteten die Akzeptanz der Anpassungen mit der Akzeptanzskala von van der Laan, Heino und de Waard [5]. Im Falle der Streckenanpassung wurden die Teilnehmer gefragt, ob und warum sie diese (nicht) akzeptierten. Nach der der Bedingung ENT füllten die Teilnehmer einen selbstentwickelten Entspannungsfragebogen und die van der Laan-Skala aus. Diese Bewertungen auf den Fragebögen nach ARB-HL und ENT wurden verwendet, um die Anpassungen während der mobilen Büroarbeit bzw. der Entspannung zu bewerten, indem die verschiedenen Versuchsgruppen mit nicht-parametrischen Mann-Whitney-Tests verglichen wurden.

5.2 Ergebnisse

Für die Bedingung des mobilen Arbeitens mit hoher Last (ARB-HL) wurden keine signifikanten Effekte im SSSQ und in der Akzeptanzskala (alle p-Werte > .05) zwischen den Gruppen mit und ohne Innenlichtadaption festgestellt. Auch für die Routenanpassung wurden keine Unterschiede in den SSSQs festgestellt (alle p-Werte > .05). Allerdings gaben die Teilnehmer auf der Akzeptanzskala für die Routenanpassung höhere Bewertungen hinsichtlich der Nützlichkeit ($Z=-4,65$, $p < .001$) und der Zufriedenheit ($Z=-3,88$, $p < .001$) ab (Abbildung 5). Für die Entspannung (ENT) gab es keine signifikanten Unterschiede im SSSQ, der van der Laan-Akzeptanzskala und der subjektiven Entspannung zwischen den Gruppen mit und ohne Lichtanpassung (alle p-Werte > .05).

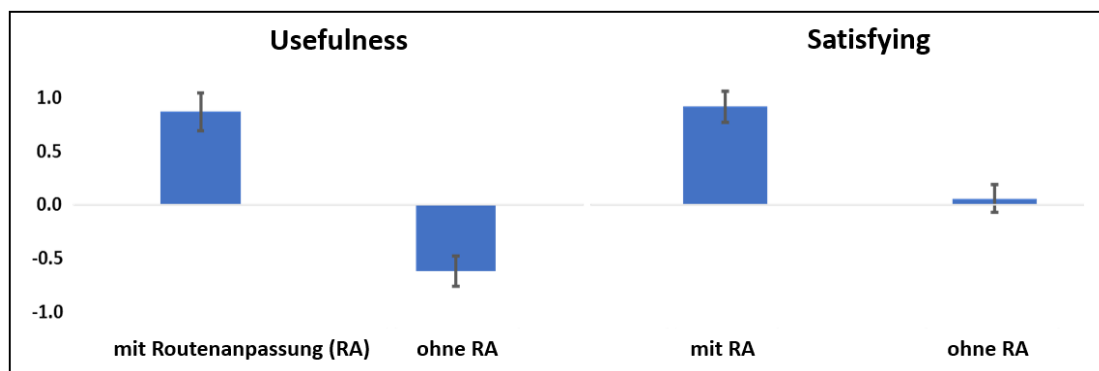


Abbildung 5: Bewertungen für die Routenanpassung auf den Subskalen Nützlichkeit (Usefulness) und Zufriedenheit (Satisfying) der van der Laan-Akzeptanzskala.

6 DISKUSSION

In dieser Arbeit wurden Bausteine für den Aufbau eines Demonstrators für ein nutzerorientiertes automatisiertes Fahrzeuginterieur vorgestellt, das die mobile Büroarbeit unterstützt. Zunächst konnte gezeigt werden, dass eine Echtzeit-Erkennung verschiedener relevanter Nutzeraktivitäten und des Stresslevels auf Basis von Kameraaufnahmen des Oberkörpers und EKG-Messungen möglich ist. Darüber hinaus wurden zwei mögliche Interventionsstrategien auf Basis der Innenraumbeleuchtung und der Routenplanung implementiert, die sich an den erkannten Nutzerzustand anpassen können und damit eine maßgeschneiderte Unterstützung für das mobile Büro bieten. Der nächste Schritt ist nun die Optimierung dieser Interventionsstrategien, mit dem Ziel die individuelle Passung in der konkreten Nutzungssituation zu erhöhen, indem eine Wirkkette von Nutzererfassung und auf den individuellen Zustand bezogene Interventionsstrategie realisiert wird. Die Evaluierung des endgültigen Demonstrators mit einer solchen durchgängigen Wirkkette und den zugehörigen Bausteinen, ist für Herbst 2021 geplant ist. Obwohl in jüngeren Arbeiten Ideen für adaptive Innenräume für die mobile Büroarbeit entwickelt wurden (z. B. [6]), wird dieser Demonstrator das erste Echtzeitsystem sein, welcher eine echtzeitfähige Nutzererfassung mit einem anpassungsfähigen Innenraum auf eine nutzerfokussierte Weise integriert.

DANKSAGUNG

Die präsentierten Ergebnisse wurden im Projekt AutoAkzept erarbeitet. AutoAkzept wird durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Förderprogramm AVF, Förderkennzeichen 16AVF2126A, gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

7 REFERENCES

- [1] M. Dziennus, J. Kelsch, A. Schieben, Ambient Light – An integrative, LED based interaction concept for different levels of automation. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.), Fahrerassistenz und Integrierte Sicherheit, VDI-Berichte, Band 2288, 2016, S.103 – 110. doi.org/10.51202/9783181022887-103
- [2] Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S.-E., & Sheikh, Y. (2021). Openpose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43, 172–186. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2019.2929257>
- [3] U. Drewitz, K. Ihme, C. Bahn Müller, T. Fleischer, H. La, A.-A. Pape, . . . A. Trende, Towards User-Focused Vehicle Automation: The Architectural Approach of the AutoAkzept Project. In H. Krömker (Ed.), *Lecture Notes in Computer Science. HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Automated Driving and In-Vehicle Experience Design*, Vol. 12212, pp. 15–30. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50523-3_2
- [4] W. S. Helton & K. Näswall. Short Stress State Questionnaire. *European Journal of Psychological Assessment*, 31, 2015, pp. 20–30. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000200>
- [5] J. D. Van der Laan, A. Heino, & D. de Waard, D. A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5, 1997, pp. 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(96\)00025-3](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(96)00025-3)
- [6] K. Pollmann, O. Stefani, A. Bengsch, M. Peissner, & M. Vukelić, M. How to Work in the Car of the Future? In S. Brewster, G. Fitzpatrick, A. Cox, & V. Kostakos (Chairs), the 2019 *CHI Conference*, Glasgow, Scotland Uk. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300284>
- [7] F. Walocha, U. Drewitz, & K. Ihme. Activity and Stress Estimation Based on OpenPose and Electrocardiogram for User-Focused Level-4-Vehicles. In review.

U. Drewitz, F. Walocha, J. Wegener, J. Rehm, G. Grolms, H. P. Nguyen, M. Niedling, D. Niermann, A. Trende und K. Ihme