

## **Nutzeranforderungen an die Gestaltung von Fahrzeuginnenräumen beim vollautomatisierten Fahren**

Eine Nutzerstudie im Rahmen des Projekts RUMBA

Patricia Haar

Hochschule der Medien Stuttgart, oppel@hdm-stuttgart.de

Anne Pagenkopf

Hochschule der Medien Stuttgart, pagenkopf@hdm-stuttgart.de

Michaela Teicht

Hochschule der Medien Stuttgart, teicht@hdm-stuttgart.de

Arnd Engeln

Hochschule der Medien Stuttgart, engeln@hdm-stuttgart.de

Das vom BMWi geförderte Projekt RUMBA hat sich zum Ziel gesetzt, das Fahrerlebnis für die Insassen während einer vollautomatisierten Fahrt (SAE L4) neu zu gestalten. Hierzu wird ein nutzerzentrierter Entwicklungsprozess verfolgt, bei dem der Pkw-Fahrer als späterer Nutzer des Systems bzw. Produkts im Fokus steht. Das Ziel des ersten Prozessschritts – der hier berichteten Nutzerstudie – besteht darin, Nutzeranforderungen und Bedürfnisse von Pkw-Fahrern beim vollautomatisierten Fahren in SAE L4 zu identifizieren, die anschließend als Basis für die Gestaltung nutzerfreundlicher Innovationen dienen. Hierzu wurden mit Hilfe einer kombinierten Fahrsimulator- und Tagebuchstudie die Anforderungen an den Fahrzeuginnenraum sowie an Anzeigen und Bedienelemente aus Sicht der Pkw-Fahrer untersucht. Die in diesem Beitrag berichteten Kernerkenntnisse der Nutzerstudie umfassen durchgeführte fahrfremde Tätigkeiten während automatisierter Fahrt und Anforderungen an die Innenraumgestaltung. Unter den fahrfremden Tätigkeiten spielen die Handynutzung und das Lesen eine bedeutsame Rolle. Die Anforderungen an den Innenraum lassen sich in neun Kategorien unterteilen: Innendesign, Klima, Beleuchtung, Bewegungsfreiraum, Interaktion mit Mitfahrern, Sitze, Ablagen/Verstaumöglichkeiten, Steuerelemente und Abschirmung.

CCS CONCEPTS • Human-centered computing • Human computer interaction (HCI) • Empirical studies in HCI

**Additional Keywords and Phrases:** Nutzerzentrierte Produktentwicklung, vollautomatisiertes Fahren (SAE L4), Nutzeranforderungen, empirische Fahrsimulatorstudie, qualitative Forschung

## 1 EINLEITUNG

Seit Jahrzehnten haben sich weder das Innenraumdesign von Fahrzeugen (Position und Ausrichtung der Sitze) noch das grundsätzliche Interaktionskonzept (Lenkrad und Pedalerie) stark verändert. Beim vollautomatisierten Fahren (SAE L4 [8]) nimmt der Fahrer die Rolle eines Passagiers ein, wodurch ein Wandel der Nutzerbedürfnisse erwartet wird. Hier setzt sich das vom BMWi geförderte Projekt RUMBA zum Ziel, das Fahrerlebnis für die Insassen während der vollautomatisierten Fahrt neu zu gestalten.

Eine hohe Nutzerakzeptanz als wesentlicher Erfolgsfaktor für neue Systeme bzw. Produkte wird durch den nutzerzentrierten Produktentwicklungsprozess angestrebt (DIN EN ISO 9241-210 [1]). Die im Folgenden beschriebene Nutzerstudie hat u.a. zum Ziel, die Nutzeranforderungen und Bedürfnisse von Pkw-Fahrern beim vollautomatisierten Fahren in SAE L4 zu identifizieren und Hinweise zur Innenraumgestaltung zu generieren.

## 2 METHODE

Fahrerbedürfnisse und -anforderungen an den Innenraum wurden in aufeinander aufbauenden Studienabschnitten ermittelt. Im ersten ca. dreistündigen Studienabschnitt wurden Daten zum Verhalten und Erleben der Nutzer auf Basis einer simulierten vollautomatisierten Fahrt mithilfe der Critical Incident Technique (CIT)<sup>1</sup> [3] durch Beobachtung, Tiefeninterviews sowie Fragebögen erhoben. Anschließend führten die Probanden ein einwöchiges Mobilitätstagebuch, in dem sie ihre Gedanken zum vollautomatisierten Fahren auf Basis einer Selbstbeobachtung ihrer Alltagsfahrten dokumentierten. Im letzten Studienabschnitt wurden die Eintragungen in den Mobilitätstagebüchern mit den Probanden in Interviews reflektiert. Die Studie fand von Dezember 2020 bis März 2021 statt.

### 2.1 Durchführung der Studie

Die Studie bestand aus drei Abschnitten: Einer simulierten Automationsfahrt mit anschließender Nachbesprechung, einer Selbstbeobachtung per Mobilitätstagebuch und einer Nachbesprechung des Tagebuchs.

Den ersten Studienabschnitt inkl. der simulierten Automationsfahrt im Fahrsimulator begleiteten ein Versuchsleiter und ein Beobachter. Zu Beginn des Studienabschnitts beantworteten die Probanden Fragebögen zu ihrer Erfahrung mit Fahrerassistenzsystemen (FAS) und ihrer Technikaffinität (Interaktionsbezogene Technikaffinität (ATI) [4]). Anschließend wurden sie qualitativ zur User Experience (UX) des aktuellen manuellen Fahrens interviewt.

Während der Versuchsfahrt auf einer simulierten Autobahnstrecke bestand nach einem ca. zweiminütigen manuell gefahrenen Abschnitt die Möglichkeit, per Knopfdruck zur vollautomatisierten Fahrt umzuschalten (Simulation SAE L4), sodass sich die Probanden völlig von der Fahraufgabe ab- und fahrfremden Tätigkeiten zuwenden konnten. Die Probanden hatten hierfür selbstgewählte Utensilien zur bevorzugten Beschäftigung mitgebracht. Die Versuchsfahrt wurde aufgezeichnet durch eine Frontkamera, um die Mimik des Fahrers aufzuzeichnen, und eine Topkamera, um die fahrfremden Tätigkeiten beobachten zu können (s. Abbildung 1).

---

<sup>1</sup> Die CIT wird im Kontext der Nutzerstudie als Befragungstechnik eingesetzt, bei der erlebenskritisch nicht für das Kritische ausschließlich im negativen Sinne steht, sondern für emotional positiv wie negativ bewegende Momente während der simulierten vollautomatisierten Fahrt, z. B. die Verwunderung über die Bewegung des Lenkrads oder die Freude über die frühzeitige Übergabeaufforderung.



Abbildung 1: Aufnahme aus Sicht der Frontkamera (links) und Topkamera (rechts).

Im Anschluss wurde die Versuchsfahrt mit den Probanden zu den nachfolgend aufgelisteten Themen reflektiert:

- Bewertung der erlebten Fahrt entlang der UX Facetten (Aufgabe, Selbstdarstellung, Verständlichkeit, Handlungskomfort, Freude am Tun, Ästhetikempfinden) [2]
- Erleben von Anzeige-/Bedienelementen, der Sitzposition und der durchgeführten fahrfremden Tätigkeiten
- Angaben zu Raumgefühl und -wirkung, Fahr-/Insassenkomfort/Wohlbe finden
- Erlebte Effizienz der Fahrzeit
- Empfundenes Systemvertrauen
- Empfinden der Fahrzeuginteraktion (Informationsbedarfe bzgl. Fahrverhalten/Systemzuständen)
- Erlebter Fahrstil der Automation

Die Themen wurden nach der Methode des kognitiven Interviews [6] besprochen, indem Inhalte und Reihenfolge der Themen von den Probanden bestimmt und erst anschließend vertieft wurden. So wurden die Probanden zunächst offen zu ihrem Erleben der Versuchsfahrt und auffälligen Situationen befragt. In der Vertiefung wurden ggf. dazu passende Videoausschnitte aus der Versuchsfahrt gezeigt, um die Erinnerung an die Situation zu unterstützen. Im Anschluss wurden ergänzende potenziell erlebniskritische Situationen (Critical Incidents) aktiv angesprochen, bei Bedarf ebenfalls mit Videoausschnitten illustriert und mit dem Probanden reflektiert. Dann wurden bis dato nicht angesprochene Themen (s. o.) beleuchtet und vertieft. Zum Abschluss füllten die Probanden standardisierte Fragebögen zur UX der Versuchsfahrt und der Akzeptanz automatisierter Systeme aus (User Experience Questionnaire (UEQ) [5], 6 Facetten der User Experience (UX-Fragebogen) [2], Verhaltensintention [7]).

Im zweiten Studienabschnitt dokumentierten die Probanden in den folgenden sieben Tagen in einem Mobilitätstagebuch alle getätigten Autofahrten und identifizierten dabei Situationen, in denen Sie besonders gerne automatisiert gefahren wären oder auch das manuelle Fahren präferierten.

Im dritten Studienabschnitt wurden die im Tagebuch dokumentierten Fahrsituationen in einem ca. 45-minütigen Interview nachbesprochen.

Im ersten Teil des Interviews beschrieben die Probanden beispielhaft eine Strecke und deren Besonderheiten und gaben Gründe an, weswegen sie gerne manuell fahren und erläuterten das Erleben während der Fahrt. Die gleichen Fragen wurden anschließend zu einer Strecke mit Wunsch nach Automation gestellt. Zudem wurde danach gefragt, welche Tätigkeiten die Probanden hier gerne ausgeführt hätten.

Im zweiten Teil des Interviews wurde frei über für automatisiertes Fahren gewünschte Fahrsituationen, fahrfremde Tätigkeiten, Innenraumgestaltung sowie Anzeige- und Bedienelemente gesprochen.

## 2.2 Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobe bestand aus sieben männlichen und fünf weiblichen Probanden. Der Altersrange lag bei 18 bis 68 Jahren und war über diese Spanne hinweg ausgeglichen verteilt (s. Abbildung 2). Die Stichprobe konnte unterschiedlichen Fahrertypen zugeordnet werden (s. Tabelle 1).

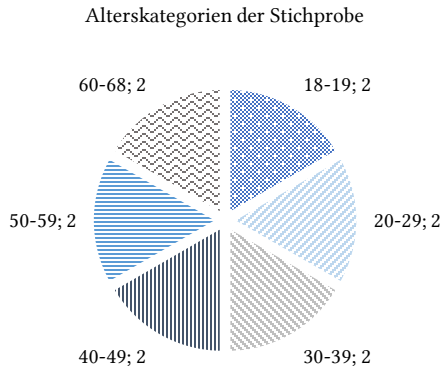


Abbildung 2: Alter der Probanden.

Tabelle 1: Fahrertypen in der Stichprobe

Fahrertyp	Beschreibung	Anzahl
Vielfahrer	Businessdriver	1
	Berufspendler	1
Fahrgemeinschaften	Bekannte Mitfahrer	1
	Unbekannte Mitfahrer	1
Urlaubsreisende	Rentner	1
	Mutter mit Kind	1
Wenigfahrer	Fahrer mit Einschränkungen der Fahrtüchtigkeit	1
	Fahrer mit Einschränkungen der Fahrunwilliger	1
SAE L2-Erfahrung	Teslafahrer	2

## 3 ERGEBNISSE

### 3.1 Fahrfremde Tätigkeiten während der vollautomatisierten Simulatorfahrt

Über alle Probanden hinweg wurden während der vollautomatisierten Fahrt zehn unterschiedliche fahrfremde Tätigkeiten beobachtet. Abbildung 3 zeigt, wie viele Probanden die jeweilige Tätigkeit ausgeführt haben. In Klammern wird zu jeder Tätigkeit der prozentuale Anteil der Beschäftigungszeit an der Gesamtsumme der über alle Probanden beobachteten Zeit wiedergegeben.<sup>2</sup>

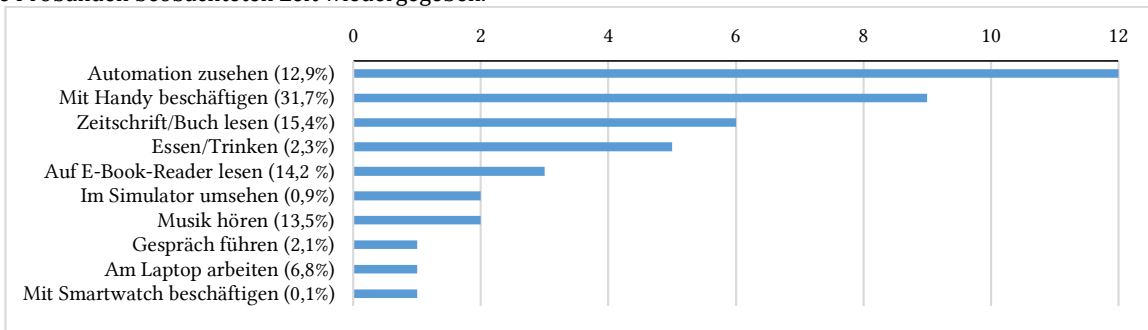


Abbildung 3: Anzahl der Probanden, die die Tätigkeit während der Automation ausführten und relativer Anteil an der Gesamtzeit.

Alle Probanden sehen zumindest kurzzeitig der Automation zu, was vermutlich auf die Neuartigkeit der Erfahrung zurückzuführen ist. Zeitintensivste Beschäftigungen sind Handynutzung und Lesen (Zeitschrift/Buch oder E-Book). Essen bzw. Trinken geschieht häufig, ist meist aber nur von kurzer Dauer.

<sup>2</sup> Der Grund für die Gesamtzeit von 602 Minuten > 12x45 Minuten liegt in der parallelen Ausführung von Tätigkeiten.

### 3.2 Anforderungen an die Innenraumgestaltung

Die in der Studie ermittelten Anforderungen an die Innenraumgestaltung lassen sich neun Kategorien zuordnen. Nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick zu den hier ermittelten Anforderungen und belegt diese mit Zitaten der Probanden.

Tabelle 2: Übersicht über die Anforderungen an den Innenraum

Kategorie	Anforderung	Beispielzitat
Innendesign	Kabine als Wohnraum gestalten	„Der Innenraum sollte nicht cool und technisch sein, sondern Wohlfühlelemente aus der Wohnkultur haben.“
	Innovatives Design schaffen	„Dass man die Zukunft im Auto sieht.“
	Individualisierung ermöglichen	„Wenn z. B. das Lenkrad wegfällt, kann ein Kühlschrank eingebaut werden.“
Klima	Möglichkeit für angenehme Regulation von Temperatur und Feuchtigkeit schaffen	„Man bekommt gut Temperatur runter mit der Klimaanlage, aber die Luft ist sehr trocken.“
Beleuchtung	Individuelle Beleuchtung ermöglichen	„Auch im Innenraum gutes Licht, sodass man arbeiten und sich unterhalten kann.“
Bewegungs- freiraum	Freiraum zum Herumlaufen/Sport oder für die Kinderversorgung schaffen	„Wenn man aufstehen und nach hinten gehen und sich dehnen könnte.“
	Angenehme Breite des Fahrzeugs behalten	„Zu breit darf es nicht werden im Straßenverkehr. Ein VW-Bus ist in Ordnung.“
	Beibehaltung des ursprünglichen Fahrzeugzwecks ermöglichen	„Man möchte Personen und Dinge transportieren, dafür sollte genug Platz sein.“
Interaktion mit Mitfahrenden	Gespräche ermöglichen	„Es ist schwierig, wenn man nach vorne spricht, dass man von den Hinteren nicht verstanden wird.“
Sitze	Auf allen Ebenen verstellbare Sitze schaffen, z. B. liegende Position, drehbar	„Man kann sich [mit drehbaren Sitzen] entspannt gegenüber sitzen.“
	Komfortables Sitzen, z. B. durch Stützen und Lehnen, auch bei fahrfremden Tätigkeiten ermöglichen	„Ich möchte das Buch nicht durchgehend in den Händen im Schoß halten.“
	Angepasste Sitzposition abhängig von der Situation, z. B. Fahren, Entspannen ermöglichen	„Für die Übernahme musste man [den Sitz] wieder nach vorne fahren. Dann ist man sich unsicher - ist man in der korrekten Position?“
Ablagen/Verstau- möglichkeiten	Verstaubare, verstellbare, große, stabile Ablagen für mitgebrachte Gegenstände schaffen	„Eine Art Minischreibtisch, um das schwere Gewicht [des Laptops] loszuwerden.“
	Möglichkeit, Ablagen und Gegenstände schnell zu verstauen	„Es wäre schön, wenn man das Tischchen einklappen kann.“
	Erreichbarkeit von Verstauration ermöglichen	„Ich würde mehr Sachen im Fahrerraum verstauen, damit ich nicht extra aussteigen muss.“
	Mittelkonsole als Barriere vermeiden	„Lieber keine Mauer zwischen den Sitzen.“
	Befestigungsmöglichkeiten für Gegenstände schaffen	„Sicheres Ablegen ist wichtig - dass nichts runterfällt.“
	Unkomplizierte Lademöglichkeit für elektronische Geräte schaffen	„Ich finde es nervig, dass man in Autos selten das Handy laden kann und wenn, dann nur mit einem speziellen Kabel.“

Steuerelemente	Behinderung von Komfort und fahrfremden Tätigkeiten durch Lenkrad bzw. Pedalerie vermeiden	„Das Lenkrad hat die vernünftige Lesehaltung behindert.“
	Möglichkeit schaffen, jederzeit manuell ins Fahren eingreifen zu können	„Ein Auto ohne Lenkrad usw. könnte ich mir nicht vorstellen.“
	Beeinflussung der Automation durch versehentliche Bedienung vermeiden	„Ich saß eher vorsichtig drin und dachte, lieber nirgendwo dranlangen.“
Abschirmung	Störung durch visuelle/akustische Eindrücke von innen/außen vermeiden	„Man würde immer schauen, wer überholt. Die Konzentration wird nicht so hoch sein, wie in einem stillen Büro.“
	Versperren des Blickes auf die Straße vermeiden	„Ich will aus dem Augenwinkel die Straße im Blick haben können.“
	Privatsphäre schaffen	„Wenn ich schlafe, möchte ich nicht von anderen Leuten angeschaut werden.“

#### 4 DISKUSSION

Die ermittelten Anforderungen an die Innenraumgestaltung weisen auf eine Entwicklung der Fahrgastzelle zu einem Wohn- und Aufenthaltsraum mit flexiblen Nutzungsmöglichkeiten hin. So möchten sich die Probanden mit angemessener Privatsphäre entspannen, beschäftigen, aber auch mit Mitfahrern interagieren bis hin zu Sport treiben können. Die klassische Fahrzeugkonfiguration und ihre Bedienelemente werden hierbei oft als störend empfunden. Die individuell unterschiedlichen Nutzungserwartungen erfordern Raumnutzungskonzepte mit maximal flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten. Insbesondere der systembedingt begrenzt zur Verfügung stehende Raum, wie auch Anforderungen an die Verkehrssicherheit und das Wohlbefinden im bewegten Fahrzeug stellen hier große Herausforderungen an die Entwicklung dar. Diesen Herausforderungen wird das Forschungsprojekt RUMBA in einem agilen, konsequent nutzerzentrierten Entwicklungsprozess begegnen.

Der in dieser Studie angewandte Forschungsansatz eignet sich gut dazu, Nutzeranforderungen an automatisiertes Fahren (SAE L4) aus Sicht der Pkw-Fahrer aufzudecken sowie erlebenskritische Ereignisse während der simulierten automatisierten Fahrt zu identifizieren. Die Ergebnisse sind qualitativ-beschreibender Natur und nicht quantitativ bewertbar. Die Prototypen-Evaluationsschritte in dem nachfolgenden iterativen Entwicklungsprozess des Forschungsprojekts RUMBA müssen deshalb die genannten Anforderungen entlang der evaluierten Lösungen quantitativ auf ihre Bedeutung zur Entwicklung einer positiven User Experience beim hochautomatisierten Fahren überprüfen.

## ACKNOWLEDGMENTS

Das Projekt RUMBA wird gefördert vom BMWi (19A20007D).

## REFERENCES

- [1] DIN EN ISO 9241-210:2020-03. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019). Beuth. Berlin.
- [2] Arnd Engeln und Christina Engeln. 2015. Customer Experience und kundenzentrierte Angebotsentwicklung. Was gehört dazu? In Baetzgen, A. Hg. Brand Experience. An jedem Touchpoint auf den Punkt begeistern, Schäffer Pöschel, Stuttgart, 253-273.
- [3] John C. Flanagan. 1954. The critical incident technique. *Psychological Bulletin* 51, 4 (Juli 1954), 327-358. <https://doi.org/10.1037/h0061470>
- [4] Thomas Franke, Christiane Attig, und Daniel Wessel. 2019. A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction* 35, 6 (März 2019), 456-467. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1456150>
- [5] Bettina Laugwitz, Theo Held, und Martin Schrepp. 2008. Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In Holzinger, A. Hg. *HCI and Usability for Education and Work, USAB 2008. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5298. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6)
- [6] Amina Memon, Christian A. Meissner, und Joanne Fraser. 2010. The Cognitive Interview: A meta-analytic review and study space analysis of the past 25 years. *Psychology Public Policy and Law* 16, 4 (November 2010), 340-372. <https://doi.org/10.1037/a0020518>
- [7] Patrick Riedemann. 2011. Kundenakzeptanz von Innovationen im Produktentwicklungsprozess. PhD Thesis, Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Freie Universität Berlin.
- [8] SAE International. 2021. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Abgerufen am 08 Juni, 2021 von [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_202104/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/)