

Entwicklung und Validierung eines Anzeigekonzeptes für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
der Philosophisch-Pädagogischen Fakultät

der

Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt

vorgelegt von

Leonie Johanna Gauer

aus Ingolstadt

2022

Referent: Prof. Dr. Michael Zehetleitner

Korreferentin: Jun.-Prof. Dr. Christina Pfeuffer

Tag der Disputation: 30.06.2022

Danksagung

„Promovieren ist wie Marathon laufen.“

Am Start ist man voller freudiger Erwartungen ob der Dinge, die auf einen zukommen. Im Verlauf der Strecke kommen diverse Hochs und Tiefs (jede kleine Steigung scheint eine neue Herausforderung zu sein) und wenn man bei Kilometer 30 angekommen ist, glaubt man, das Ziel fast erreicht zu haben, doch dann kommt der „Mann mit dem Hammer“. Jeder Kilometer fühlt sich ein bisschen an wie ein Kampf, aber irgendwann hat man das Ziel vor Augen und der Kampf hat sich gelohnt. Einen Marathon läuft man nicht alleine, zahlreiche Zuschauer, Trainer und Helfer machen so ein Ereignis möglich und spornen zu Höchstleistungen an.

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater Michael Zehetleitner herzlich danken. Du hast mich in dieser Arbeit betreut und mich in jedem unserer Austauschtermine mit Geduld gefordert, die Arbeit aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten. Frau Dr. Pfeuffer danke ich besonders für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Ein riesiges Dankeschön gilt Ingo Totzke, der mich durch Höhen und Tiefen begleitet hat, an mich geglaubt und mir immer mit einem guten Rat zur Seite stand. Ich danke dir für deine unendliche Geduld und Unterstützung!

Auch meinen Kollegen aus dem HMI/UX Team möchte ich danken, dass ihr mich in allen Fragen unterstützt habt. Durch jeden Einzelnen von euch konnte ich sehr viel lernen und habe den Spaß an der Arbeit nicht verloren.

Jana, Ulla, Vroni, Fatih, Sabine, Michael, Steffi, Mareike und Laura, auch euch möchte ich ganz herzlich für eure Unterstützung danken. Ihr habt mir mit euren Abschlussarbeiten und Praktika viel Arbeit abgenommen, mich bei Studien unterstützt und mir die Möglichkeit gegeben von euch zu lernen!

Meiner Familie möchte ich danken, dass sie mich immer unterstützt hat und und stets zuversichtlich mit mir waren. Ingrid, ich danke dir, dass du mir den ersten Abschlussprint ermöglicht hast, den ich für den Abschluss dieses Projektes gebraucht habe. Wolfgang, Peter und Regine, Euch danke ich für eure konstruktive Kritik und die geduldigen Korrekturen. Florian, du hast mir vorgelebt, dass man auch weit entfernt zu scheinende Ziele mit Geduld und Willenskraft erreichen kann. Ich danke Euch!

Ein riesiges Dankeschön geht an Maikel. Es ist nicht einfach, mit einer Doktorandin zusammen zu sein, die ständig ein schlechtes Gewissen mit sich herumträgt. Du hast es ertragen, mich aufgebaut, mich umsorgt und warst zu jedem Zeitpunkt für mich da. Danke!

Für Opa!

Abstract

The development of fully automated driving is attracting public attention. However, the introduction of fully automated driving is associated with major challenges. The population is sceptical and uncertain about the reliability and safety of automated systems, at the same time they combine curiosity about new technologies with the hope for relief and more comfort in road traffic. The role of the driver changes as well, as they become a passenger in their own vehicle.

In a first step, the first contact with fully automated driving and the resulting need for information were considered. Both qualitative and quantitative studies were conducted, based on focus groups and three real-driving studies in a Wizard of Oz vehicle, respectively. Aspects of the first contact with fully automated driving were considered and requirements for a display concept for the first contact were derived. The results show that the first contact with fully automated driving leads to an increase in trust and comfort, as well as a reduction in discomfort and perceived eeriness. From the recorded gaze data, conclusions can be drawn about the gaze behavior upon initial contact with the system. The experience of the first contact is influenced by the imparting of functional knowledge, availability of control elements, system experience and individual user characteristics. A display concept that facilitates initial contact must convey information about the situation, behavior and mode awareness of the vehicle.

The findings were summarized into a prototypical display concept, which in a second step was qualitatively and quantitatively validated based on interviews and another real-driving study. The results confirm the findings from the previous experiments. However, the information in a display concept must be fault-tolerant, since errors in the display can lead to a stagnation in trust level. The representation of the situation awareness of the vehicle contributes to the development of a mental model and the acceptance of the system.

In conclusion, these investigations provide information on relevant aspects of the initial contact with fully automated driving in order to support the user-centered design of the interface between user and fully automated vehicle. In addition, the Wizard of Oz methodology is tested and conclusions for future studies are summarized.

Zusammenfassung

Die Entwicklung vollautomatisierter Fahrzeuge rückt in die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit. Die Einführung vollautomatisierter Fahrzeuge verändert die Mobilität grundlegend. Fahrer werden zu Mitfahrern im eigenen Fahrzeug und müssen an diese Rolle herangeführt werden, um die Nutzungsbereitschaft für ein vollautomatisiertes System sicherzustellen. Die Betrachtung des Zusammenspiels zwischen Nutzer und vollautomatisiertem System sowie Ansatzpunkte zur Erleichterung des Erstkontaktes mit dem neuen System stellen den Kern der vorliegenden Arbeit dar.

Dazu wurde in einem ersten Schritt der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren und der daraus resultierende Informationsbedarf betrachtet. Sowohl qualitativ auf Basis von Fokusgruppen als auch quantitativ durch drei Realfahrtstudien im Wizard of Oz-Fahrzeugaufbau wurden Aspekte des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren betrachtet und Anforderungen an ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt abgeleitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren mit einem Anstieg von Vertrauen und Komfort, sowie einer Reduktion von Diskomfort und wahrgenommenen Unheimlichkeit einhergeht. Aus den aufgezeichneten Blickdaten können Rückschlüsse auf das gezeigte Blickverhalten während des Erstkontaktes gezogen werden. Das Erleben des Erstkontaktes wird beeinflusst durch die Vermittlung von Funktionswissen, Verfügbarkeit von Bedienelementen, Systemerfahrung und individuelle Nutzermerkmale. Ein Anzeigekonzept, das den Erstkontakt erleichtert, muss Informationen zum Situations-, Verhaltens- und Modus-Bewusstsein des Fahrzeugs vermitteln.

Die gewonnenen Erkenntnisse flossen in ein prototypisches Anzeigekonzept ein, das im zweiten Schritt qualitativ und quantitativ auf Basis von Interviews und einer Realfahrtstudie validiert wurde. Die Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse aus den vorhergehenden Versuchen. Das entwickelte Anzeigekonzept wird gut bewertet und für den Erstkontakt akzeptiert. Die Informationen eines Anzeigekonzeptes müssen jedoch fehlertolerant sein, da Fehler in der Anzeige zu einer Stagnation des Vertrauens führen können. Die Anzeige des Situationsbewusstseins trägt zum Aufbau eines mentalen Modells und der Akzeptanz des Systems bei.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen können Hinweise auf relevante Aspekte des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren abgeleitet werden, um die nutzerorientierte Gestaltung der Schnittstelle zwischen Nutzer und vollautomatisiertem Fahrzeug zu unterstützen. Zusätzlich konnten die Wizard of Oz-Methodik erprobt und Schlussfolgerungen für künftige Studien zusammengefasst werden.

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Danksagung | I |
| Abstract..... | II |
| Zusammenfassung | III |
| Inhalt..... | IV |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation..... | 1 |
| 1.2 Zielsetzung der Arbeit | 3 |
| 1.3 Aufbau der Arbeit | 4 |
| 2 Theorie | 5 |
| 2.1 Der Fahrer | 5 |
| 2.2 Der Beifahrer | 14 |
| 2.3 Der Mitfahrer | 18 |
| 3 Fragestellung und empirische Studien | 49 |
| 3.1 Synopsis | 49 |
| 3.2 Fragestellungen der empirischen Studien | 53 |
| 3.3 Übersicht über die empirische Arbeit | 55 |
| 3.4 Übersicht über die erhobenen Konstrukte..... | 57 |
| 4 Studie Q-1: Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren..... | 67 |
| 4.1 Zielsetzung..... | 67 |
| 4.2 Methodisches Vorgehen | 67 |
| 4.3 Ergebnisse | 74 |
| 4.4 Diskussion & Ableitung..... | 82 |
| 5 Studie R-1: Der Erstkontakt und das Funktionswissen bei 12 km/h..... | 86 |
| 5.1 Zielsetzung..... | 86 |
| 5.2 Methodisches Vorgehen | 87 |
| 5.3 Ergebnisse | 92 |
| 5.4 Diskussion & Ableitung..... | 99 |
| 6 Studie R-2: Der Erstkontakt, das Funktionswissen und der Wizard | 102 |
| 6.1 Zielsetzung..... | 102 |
| 6.2 Methodisches Vorgehen | 103 |
| 6.3 Ergebnisse | 109 |
| 6.4 Diskussion & Ableitung..... | 119 |
| 7 Studie R-3: Der Erstkontakt, die Erfahrung und die Sitzbelegung | 124 |
| 7.1 Zielsetzung..... | 124 |
| 7.2 Methodisches Vorgehen | 126 |
| 7.3 Ergebnisse | 131 |

| | | |
|------|--|-----|
| 7.4 | Diskussion & Ableitung..... | 147 |
| 8 | Beschreibung des Anzeigekonzeptes | 151 |
| 9 | Studie Q-2: Validierung des Prototyps | 156 |
| 9.1 | Zielsetzung..... | 156 |
| 9.2 | Methodisches Vorgehen | 156 |
| 9.3 | Ergebnisse..... | 165 |
| 9.4 | Diskussion & Ableitung..... | 173 |
| 10 | Studie R-4: Der Erstkontakt mit Anzeigekonzept | 178 |
| 10.1 | Zielsetzung..... | 178 |
| 10.2 | Methodik..... | 179 |
| 10.3 | Ergebnisse..... | 188 |
| 10.4 | Diskussion & Ableitung..... | 200 |
| 11 | Zusammenfassung der Ergebnisse..... | 206 |
| 12 | Diskussion & Ausblick..... | 212 |
| 12.1 | Das Erleben der vollautomatisierten Fahrt | 212 |
| 12.2 | Einflussfaktoren auf das automatisierte Fahren..... | 214 |
| 12.3 | Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren..... | 216 |
| 12.4 | Methodische Einordnung..... | 218 |
| 12.5 | Ausblick..... | 220 |
| | Literaturverzeichnis..... | 222 |
| | Abbildungsverzeichnis | 238 |
| | Tabellenverzeichnis..... | 242 |
| | Anhang A Elektronischer Anhang..... | 245 |
| | Anhang B Fokusgruppen Q-1 | 247 |
| | Anhang C Realfahrtstudie R-1 | 254 |
| | Anhang D Realfahrtstudie R-2 | 257 |
| | Anhang E Realfahrtstudie R-3..... | 261 |
| | Anhang F Validierungsstudie Q-2..... | 265 |
| | Anhang G Realfahrtstudie R-4 | 274 |

1 Einleitung

Zur Einführung wird im Folgenden die Motivation für diese Arbeit erläutert (Kap. 1.1), die Zielsetzung der Arbeit dargestellt (Kap. 1.2) und ihr Aufbau näher beschrieben (Kap. 1.3).

1.1 Motivation

Selbstfahrende Fahrzeuge sind in vielen Science-Fiction-Klassikern eine Metapher für die Zukunft. Man könnte sagen, dass bereits Herbie der weiße Käfer aus den 60er-Jahren ein selbstfahrendes Fahrzeug war. Spätestens in den 1980er-Jahren begeisterte im Film Knight Rider (1982) der künstlich intelligente Pontiac Trans AM „K.I.T.T.“ die Zuschauer und ließ keinen Zweifel daran, dass selbstfahrende Fahrzeuge ein Teil der Zukunft sein würden. Auch in den folgenden Jahrzehnten tauchten selbstfahrende Fahrzeuge immer wieder in bekannten Blockbustern wie Total Recall (1990), das Fünfte Element (1997), Minority Report (2002) und I, Robot (2004) auf und wurden so zu einem realistischen Zukunftsszenario. Denn wer hat sich noch nicht bei der Vorstellung ertappt, die Fahrt in den Urlaub in einem autonomen Fahrzeug anzutreten? Nach der Reise könnte man erholt und ausgeschlafen in einen entspannten Urlaub starten. Man könnte auch die tägliche Fahrt zur Arbeit nutzen, um sich auf das kommende Meeting vorzubereiten, anstatt in der Rushhour von einer Ampel zur nächsten zu kriechen.

Autonomes Fahren kann und wird die Zukunft der Mobilität grundlegend verändern. Es wird Lösungen für eine erhöhte Verkehrssicherheit bieten (Fagnant & Kockelman, 2015) und die Zeit im Fahrzeug sinnvoll nutzbar machen (Arbeiten, Schlafen, Entspannen, soziale Interaktionen; Lenz & Fraedrich, 2015). Auch bisher benachteiligten Bevölkerungsgruppen, wie Menschen mit körperlichen oder geistigen Einschränkungen, wird es die individuelle Mobilität und Flexibilität ermöglichen (Krueger et al., 2016; Nicolaidis et al., 2017). Experten prognostizieren, dass das autonome Fahren in absehbarer Zeit für die breite Bevölkerung zur Verfügung stehen könnte und Nutzer dann die Vorteile der Automation erleben könnten.

Vollautomatisiertes Fahren

Um ein einheitliches Verständnis des vollautomatisierten Fahrens zu schaffen, haben verschiedene Organisationen Klassifizierungssysteme für die fortschreitende Automatisierung von Fahrzeugen entwickelt (Gasser, 2012; SAE, 2016; genauere Erläuterung in Kap. 2.3.1). In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf den beiden höchsten Automatisierungslevel (SAE Level 4 und 5). In Level 4 „High Automation“ und Level 5 „Full Automation“ übernimmt das System alle primären und sekundären Fahraufgaben für sämtliche Fahrmanöver. Die beiden Level unterscheiden sich nur in der Verfügbarkeit der Automation. In Level 4 sind neben automatisierten Fahrten auch nichtautomatisierte (manuelle oder assistierte) Fahrten möglich. In Level 5 ist das Fahrzeug vollständig autonom.

Dadurch ändert sich die Rolle des Nutzers fundamental. Der Fahrer gibt (in den automatisierten Fahrsituationen) sämtliche Fahrverantwortung an das System ab. Er wird vom Fah-

rer zum Passagier im eigenen Fahrzeug. Das stellt die Entwickler von Fahrzeug-Interaktionskonzepten vor neue Herausforderungen. Denn die Vision des fahrerlosen Fahrens hat eine große Schwachstelle: Die Akzeptanz in der Bevölkerung! Viele Menschen stehen dem automatisierten Fahren bisweilen skeptisch bis gar abwehrend gegenüber (Kyriakidis et al., 2017; Schoettle & Sivak, 2014; Xu et al., 2018). Nicht selten habe ich selbst Aussagen, wie die Folgende gehört: „*Automatisierte Fahrzeuge? Da würden mich keine zehn Pferde reinbekommen!*“ (Freies Zitat).

Worin ist diese Skepsis begründet? Zur einfachen Erklärung kann auf den HALO-Effekt (Thorndike, 1920) zurückgegriffen werden. Dieser besagt, dass durch kognitive Verzerrung erste Eindrücke alle späteren Eindrücke dominieren. Aktuelle Berichterstattungen über selbstfahrende Fahrzeuge zeugen bisher eher von Unfällen und Überschätzungen der Fahrer als von Sicherheit und komfortablem Reisen. So wird aus dem futuristischen Sci-Fi-Fahrzeug ein gruseliges und gefährliches Gefährt, dem man nicht gerade sein Leben anvertrauen möchte.

Es muss also sichergestellt werden, dass das tatsächliche Erleben einer vollautomatisierten Fahrt den Passagier nicht in Angst und Schrecken versetzt, sondern ihm das Gefühl von Sicherheit und Komfort vermittelt. Die Gestaltung eines gelungenen Erstkontaktes ist demnach entscheidend für die weitere Fahrzeugnutzung und damit auch die Akzeptanz gegenüber den Systemen und damit verbundenen Mobilitätskonzepten. Denn ein Transportmittel kann technisch noch so ausgereift sein, erst wenn der Kunde es nutzt, wird es den Mehrwert liefern, für den es entwickelt wurde. Die folgende Arbeit widmet sich daher der Erforschung und Gestaltung des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren.

Gestaltung eines gelungenen Erstkontaktes

Wie lässt sich ein Erstkontakt gestalten? Um sich dieser Frage zu nähern, lohnt sich ein Blick über den Tellerrand der Verkehrspsychologie hinaus. Erstkontakte gibt es schließlich in allen Bereichen des Lebens. Wirft man beispielsweise einen Blick in die Psychotherapieforschung, findet man eindeutige Empfehlungen, wie der Erstkontakt in der Therapie gestaltet werden soll: Der Therapeut sollte während der ersten Kontakte mit dem Patienten die Struktur des therapeutischen Vorgehens vermitteln, damit dieser in den therapeutischen Prozess einsteigen kann (Kanfer et al. 1991; Hand 2007, 2006b zitiert nach Fischer-Klepsch et al., 2009). Dafür soll bereits in den ersten Stunden die Vermittlung von störungsspezifischem Wissen, das Anbieten von Erklärungsmodellen für die entstandene Symptomatik und die damit verbundene Darstellung eines möglichen Ablaufs einer Therapie herausgestellt werden. Ziel ist es, durch sicherheitsgebende Informationen Motivation für eine Therapie und das dafür nötige Risikoverhalten anzuregen.

Im Bereich des Fahrens finden ebenfalls diverse Erstkontakte statt. Der zentralste ist sicherlich die erste Fahrstunde bzw. die Fahrausbildung. Die Fahrschüler-Ausbildungsordnung besagt, dass im Rahmen der Fahrschul-Ausbildung ein Verkehrsverhalten zu vermitteln ist, das

„...Fähigkeiten und Fertigkeiten, um das Fahrzeug auch in schwierigen Verkehrssituationen zu beherrschen, Kenntnis, Verständnis und Anwendung der Verkehrsvorschriften, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Wahrnehmung und Kontrolle von Gefahren einschließlich ihrer Vermeidung und Abwehr, Wissen über die Auswirkungen von Fahrfehlern und eine realistische Selbsteinschätzung, Bereitschaft und Fähigkeit zum rücksichtsvollen und partnerschaftlichen Verhalten und das Bewusstsein für die Bedeutung von Emotionen beim Fahren und Verantwortung für Leben und Gesundheit, Umwelt und Eigentum“ (Fahr-schAusbO, 2012/16.11.2020) beinhaltet.

Es zeigt sich, dass der Erstkontakt immer mit Bedacht gestaltet werden sollte, um sicherzustellen, dass das tatsächliche Ziel (z. B. den erfolgreichen Abschluss einer Therapie oder das selbstständige und verantwortungsvolle Fahren) erreicht wird. Dabei spielen der richtige Einsatz von Informationen, Wissen und der Einbezug von Vorerfahrung eine zentrale Rolle.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll aufzeigen, wie der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren gestaltet werden kann. Dafür sollen in dieser Arbeit folgende Fragestellungen geklärt werden:

1. Wie erleben die Nutzer den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
2. Welche Faktoren beeinflussen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
3. Welche Informationen unterstützen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
4. Welche Methoden eignen sich, um den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren zu untersuchen?

Inhaltliches Ziel dieser Arbeit ist es, den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren zu erfassen und zu beschreiben, um daraus Hinweise für die Gestaltung eines geeigneten Erstkontaktes abzuleiten, der den Nutzer dabei unterstützt, das vollautomatisierte Fahren kennen- und die Vorteile schätzen zu lernen. Durch den Einsatz unterschiedlicher Methoden sollen unterschiedliche Aspekte des Erstkontaktes beleuchtet und so ein facettenreiches Bild des Erstkontaktes generiert werden.

Da das Feld der Forschung im vollautomatisierten Fahrzeug noch sehr jung ist, ist das methodische Ziel dieser Arbeit, eine geeignete Methode zur Darstellung des vollautomatisierten Fahrens zu erproben, die die Untersuchung des Erlebens während des Erstkontaktes unter möglichst realitätsnahen Bedingungen ermöglichen kann. Dafür wird die Kombination verschiedener Methoden zur Darstellung der vollautomatisierten Fahrt erprobt, um daraus Erkenntnisse für den methodischen Aufbau weiterer Forschungen ableiten zu können.

1.3 Aufbau der Arbeit

Um den Nutzer während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren unterstützen zu können, muss dieser mit seinen Anforderungen zunächst verstanden werden. Dafür wird zunächst der aktuelle Stand der Forschung betrachtet und darüber hinaus qualitative und quantitative Methoden der Datenerhebung kombiniert. Die durchgeführten Studien und deren Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

In *Kapitel 2* wird der theoretische Hintergrund des Rollenwechsels vom Fahrer zum Passagier und die damit verbundenen Herausforderungen an ein Anzeigekonzept dargestellt. Dazu wird erst der Fahrer im Fahrer-Fahrzeug-System betrachtet, um im darauffolgenden den immer im Schatten stehenden Beifahrer in den Fokus zu stellen. Aufbauend auf diese beiden Rollen werden die Anforderungen an einen Mitfahrer bzw. Passagier beim automatisierten Fahren herausgearbeitet. Abschließend werden die Anforderungen an ein Anzeigekonzept für den Passagier eines vollautomatisierten Fahrzeugs dargestellt und auf verschiedene methodische Erhebungsmethoden eingegangen.

In *Kapitel 3* werden die zentralen Erkenntnisse der Literaturliteraturarbeit zum Erstkontakt mit der Vollautomation zusammengeführt und davon ausgehend die zentralen Fragestellungen für diese Arbeit formuliert. Es folgt eine Übersicht der empirischen Arbeiten und der abhängigen Variablen.

Die *Kapitel 4-7* beinhalten einzelne empirische Studien, die es zum Ziel haben, den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren näher zu beleuchten und daraus Bedarfe für ein Informationskonzept abzuleiten. Kapitel 4 befasst sich mit der qualitativen Erhebung von Informationsbedarfen beim Erstkontakt im Rahmen von Fokusgruppen. Die *Kapitel 5-7* beschäftigen sich mit drei Realfahrt-Studien anhand eines sog. Wizard of Oz-Versuchsaufbaus.

In *Kapitel 8* wird das entwickelte Anzeigekonzept und dessen prototypische Umsetzung vorgestellt und erläutert.

Die *Kapitel 9 und 10* behandeln die Studien, in denen das entwickelte Anzeigekonzept validiert wird. In Kapitel 9 wird unter Einsatz eines Mixed-Method-Ansatzes aus Interview- und Fragebogen-Anteilen auf die Validierung des Konzeptes eingegangen. Kapitel 10 berichtet die Studie, in der das entwickelte Konzept im Fahrzeug erprobt und durch Teilnehmende bewertet wird.

Kapitel 11 und 12 befassen sich abschließend mit der Zusammenfassung der Ergebnisse, der Diskussion der Befunde und setzen diese in den Gesamtzusammenhang.

Anmerkung: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter und Geschlechtszugehörigkeiten.

2 Theorie

Das Fahren mit einem vollautomatisierten Fahrzeug ist eine Erfahrung, die bisher nur ein kleiner Kreis an Menschen machen durfte, da zum einen wenig bis keine autonomen Pkw kommerziell erhältlich sind und zum anderen technische und rechtliche Aspekte bei der behördlichen Zulassung bisher ungeklärt sind. Daher ist die Studienlage für den Bereich vollautomatisierten Fahrens noch lange nicht erschöpft. Es können allerdings Analogien aus verwandten Bereichen, wie beispielsweise der Nutzung von Fahrerassistenzsystemen oder der Luftfahrt herangezogen werden.

Um sich der Thematik in Gänze nähern zu können, wird auf den Menschen als herkömmlichen Fahrer eingegangen (Kap. 2.1). So kann der Erfahrungsbereich, den die künftigen Nutzer automatisierter Fahrzeuge heutzutage haben, näher beleuchtet werden. Die Rolle des Nutzers eines vollautomatisierten Fahrzeugs ähnelt derjenigen eines Beifahrers, denn der Nutzer hat faktisch keine aktive Aufgabe mehr. Daher wird im nächsten Kapitel auf den Menschen als Beifahrer eingegangen (Kap. 2.2.). Nach der Betrachtung der Rollen, die der Mensch während einer manuellen Fahrt einnehmen kann, wird die Rolle des Mitfahrers beleuchtet (Kap. 2.3). Hier wird zunächst die Rolle des Nutzers eines assistierten Fahrzeugs betrachtet und im Folgenden auf die Nutzung automatisierter Systeme eingegangen.

2.1 Der Fahrer

Durch die Entwicklung hin zum automatisierten Fahren verändern sich die Anforderungen an den Nutzer. Um die Herausforderungen zu verstehen, die sich für den Menschen aus der Entwicklung hin zur Automation ergeben, wird hier zunächst die manuelle Fahraufgabe beschrieben. Dafür wird darauf eingegangen, welche Abläufe und Aufgaben dem Nutzer durch ein vollautomatisiertes Fahrzeug abgenommen werden (Kap. 2.1.1). Es werden darauffolgend verschiedene Modelle der Fahraufgabe betrachtet (Kap. 2.1.2) und aufgezeigt, wie sich die Fahraufgabe auch auf das Blickverhalten während der Fahrt auswirkt (Kap. 2.1.3).

2.1.1 Informationsaufnahme und -verarbeitung

Die manuelle Fahraufgabe zählt vorwiegend zu den informatorischen Tätigkeiten, die die Informationsaufnahme und Verarbeitung sowie die Auswahl einer Handlung beinhalten. Dies ist ein kontinuierlicher Prozess der Steuerung und Informationsverarbeitung (Abendroth & Bruder, 2015). Das Ausführen der Fahraufgabe ist eine komplexe Kombination aus Wahrnehmung, Kognition und motorischen Handlungen, die mehrere kognitive Abläufe erfordert (Calhoun et al., 2002). Dabei sind Prozesse der Informationsaufnahme und -verarbeitung sowie deren Handlungsableitung entscheidende Aspekte.

Im Fahrer-Fahrzeug-Kontext haben Abendroth und Bruder (2009) ein Systemmodell entwickelt, das die Informationsverarbeitung verdeutlicht (vgl. Abbildung 2-1). Die Informationsverarbeitung besteht aus der Informationsaufnahme, ihrer Verarbeitung und der Auswahl und Ausführung von Handlungen. Diese führen zu motorischen Aktionen der Infor-

mationsabgabe an das eigene Fahrzeug (z. B. Betätigung des Bremspedals aufgrund einer erkannten roten Ampel) und wirken sich damit auf Mobilität, Sicherheit und Komfort im Straßenverkehr aus.

Die Informationsverarbeitung wird von unterschiedlichen Aspekten beeinflusst. Individuelle Charakteristiken, wie Eigenschaften (z. B. Geschlecht, Alter), individuellen Fähigkeiten (z. B. auf Basis der Rezeption und Kognition) und Fertigkeiten des Fahrers (z. B. Fahrerfahrung; Abendroth & Bruder, 2009) tragen zum Verarbeitungsprozess bei. Im Folgenden wird näher auf die einzelnen Aspekte des Systemmodells Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und Ausführung der Fahrhandlungen eingegangen.

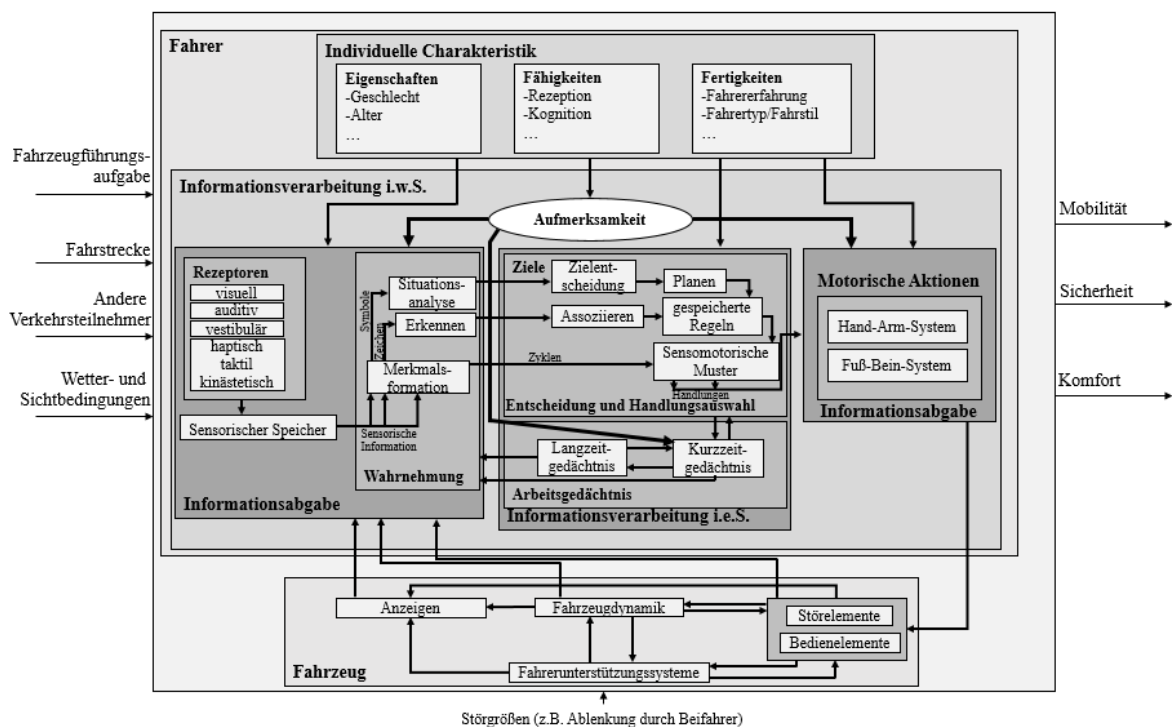


Abbildung 2-1 Systemmodell Fahrer-Fahrzeug-Umgebung. Eigene Darstellung nach Abendroth & Bruder, 2009.

Informationsaufnahme

Bei der Aufnahme von Informationen spielt das visuelle System eine große Rolle. So werden die meisten Informationen visuell aufgenommen (Vollrath et al., 2011). Es können aber nicht alle Informationen gleichermaßen erfasst und verarbeitet werden, daher müssen Auswahlmechanismen herangezogen werden, die die Aufmerksamkeit lenken. Die Funktion der Aufmerksamkeit liegt in der Auswahl von Informationen aus den aufgenommenen Reizen und der Verarbeitung der aufgenommenen Informationen (Wickens, 2006). Die aufgenommenen Reize werden zunächst auf Basis von Top down- und Bottom Up-Prozessen gefiltert. Relevante Informationen können so wahrgenommen und verarbeitet werden. Daraus können Handlungsempfehlungen abgeleitet werden (Wickens, 2004). Die Auswahlmechanismen, nach denen Informationen gefiltert werden, haben Wickens und Kollegen (2001) in dem sogenannten SEEV-Modell zusammengefasst. Das Modell beschreibt die Filterung der Informationen auf Basis der Bottom-up Faktoren Saliency (Auf-

fälligkeit) und Effort (Anstrengung) sowie den Top-down Faktoren Expectancy (Erwartung) und Value (Wertigkeit).

- *Salienz* (Aufmerksamkeit) besagt, dass sich der beachtete Reiz von der Umgebung abheben muss und so die Aufmerksamkeit auf sich zieht. In Bezug auf das manuelle Fahren ist das beispielsweise die Motorleuchte, die sich rot leuchtend abhebt und ein Problem mit dem Motor anzeigt, auf das unverzüglich reagiert werden muss.
- *Effort* (Anstrengung) besagt, dass Reize, die nah beieinanderliegen, bzw. wenig zusätzlichen Aufwand (z. B. zusätzliche Kopfbewegungen) benötigen, eher wahrgenommen werden. In Bezug auf ein Anzeigekonzept im Fahrzeug sei hier das Head-Up Display genannt, dessen Nutzen der Anzeige im Kombiinstrument vorgezogen wird, da die Informationen näher am tatsächlichen Fahrgeschehen positioniert sind und keine zusätzlichen Blickabwendungen notwendig sind (die leuchtende Motorleuchte im Kombi-Instrument würde so allerdings weniger schnell wahrgenommen werden.).
- *Expectancy* (Erwartung) besagt, dass die Aufmerksamkeit auf die Position gerichtet wird, an der ein Reiz zu erwarten ist. So wird die Leuchte für die Tankanzeige am ehesten in der Nähe der Anzeige für den Tankfüllstand erwartet und der Blick dort hingewendet, wenn der Fahrer wissen möchte, ob die leuchtende Motorleuchte mit einem leeren Tank zusammenhängt.
- *Value* (Wert) besagt, dass die Aufmerksamkeit besonders auf die Reize gerichtet wird, die von hoher Bedeutung für das Erreichen eines Ziels oder das Erledigen einer Aufgabe sind. So wird die blinkende Tankleuchte eher beachtet, wenn sich der Fahrer auf der Autobahn befindet und die nächste Tankstelle weiter entfernt ist und weniger, wenn er gerade in die heimische Einfahrt einfährt.

Informationsverarbeitung

Die Verarbeitung der Informationen findet im Rahmen der Situationsanalyse statt und entspricht dem Konstrukt des Situationsbewusstseins (Situation Awareness). Seit den 90er-Jahren ist das Konstrukt insbesondere aus der Luftfahrt bekannt, findet aber auch im Fahrer-Fahrzeug-Kontext Anwendung. Endsley (1995) definiert es folgendermaßen: „*Situation awareness is the perception of elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future*” (S. 36). Das Situationsbewusstsein beinhaltet drei aufeinanderfolgende Ebenen, die in einen Entscheidungsprozess münden, von dem Handlungen abgeleitet werden. Die drei hierarchischen Ebenen werden sowohl durch individuelle Faktoren (z. B. Ziele und Absichten) als auch Aufgaben- und systembedingte Faktoren (Beanspruchung & Schnittstellendesign) beeinflusst (vgl. Abbildung 2-2).

Auf Ebene 1 steht die Wahrnehmung von Reizen in der aktuellen Umgebung. Auf Ebene 2 werden die wahrgenommenen Informationen zu einem Gesamtbild zusammengeführt, indem die aktuelle Situation verstanden wird. Dafür ist es notwendig, dass ein mentales Mo-

dell über die entsprechende Umwelt besteht (Endsley, 1995). Auf Ebene 3 wird schließlich der zukünftige Status der Elemente vorhergesagt. Auf Basis dieses Situationsbewusstseins wird eine passende Entscheidung getroffen und adäquate Handlungen ausgeführt. In Bezug auf die Fahrzeugführung bedeutet das beispielsweise, dass ein Verkehrsschild wahrgenommen wird (Ebene 1). Die Bedeutung des Verkehrsschildes „Schleudergefahr bei Nässe“ wird verstanden (Ebene 2), da sie dem Fahrer bereits bekannt ist. Es wird in Verbindung mit einer regnerischen Wettersituation gesetzt und eine nasse Fahrbahn vorhergesagt (Level 3). Daraus sollte in Verbindung mit Erfahrung aus vorhergehenden Situationen und Wissen die Entscheidung getroffen werden, die eigene Geschwindigkeit zu reduzieren. Fehler können auf allen drei Ebenen geschehen. Auf Ebene 1 sind diese meist in einer mangelnden Informationsaufnahme begründet. Mangelndem oder fehlendem Verständnis einer Situation folgen Fehler auf Ebene 2. Eine fehlende oder falsche Vorhersage des Status führt zu Fehlern auf Ebene 3.

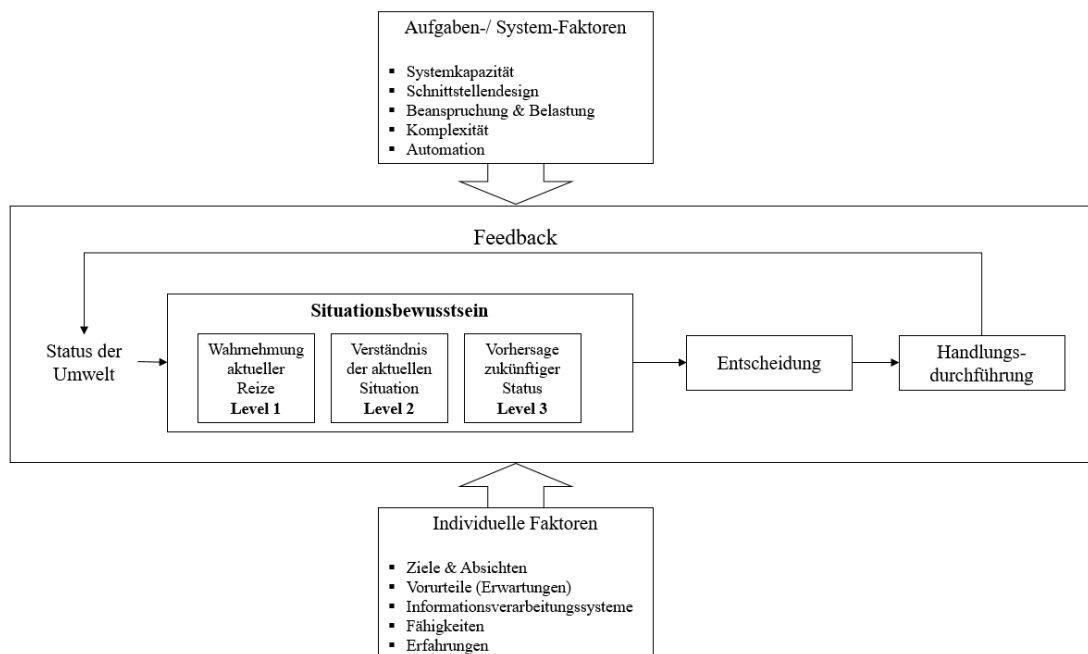


Abbildung 2-2 Modell des Situationsbewusstseins. Eigene Darstellung nach Endsley (1995).

Eng verknüpft mit dem Konzept des Situationsbewusstseins sind der Aufbau mentaler Modelle und die aktive Zielsetzung als kognitive Einflussfaktoren. Mentale Modelle sind als interne Repräsentationen der Funktionsweise eines Systems durch zuvor erworbenes Wissen über Situationen oder generelle Informationen zu verstehen (Endsley, 1995, 2000; Sarter & Woods, 1995; Wilson & Rutherford, 1989). Sie werden durch Erfahrungen und kontinuierliche Anpassung zwischen erwartetem und tatsächlichem Systemverhalten weiterentwickelt (Endsley, 1995) und sind notwendig, um Handlungsentscheidungen zu treffen und Situationsbewusstsein auszubilden (Carroll & Olson, 1987). Mentale Modelle sind abhängig von den jeweiligen aktivierten Zielen (vgl. Abbildung 2-3), die darüber entscheiden welche mentalen Modelle angewendet werden. Das gewählte mentale Modell, sowie vorhandene Skripte und Schemata beeinflussen, wie die Aufmerksamkeit in die Umwelt gerichtet wird und führen zu einem Musterabgleich mit den wahrgenommenen

Informationen oder Reizen (vgl. 1. Ebene des Situationsbewusstseins). So unterstützen sie die Interpretation der Informationen, tragen zur Problemlösung und Entscheidungsfindung bei (Norman, 2013).

Den Zusammenhang von mentalem Modell und Situationsbewusstsein verdeutlicht Endsley (2000) anhand eines Motors. Das mentale Modell umfasst das Wissen über die generelle Funktionsweise des Motors. Das Situationsbewusstsein hingegen bezieht sich auf einen ausgewählten Zustand des Motors mit einem bestimmten Drehzahlbereich, einer bestimmten Menge Treibstoff und einer gewissen Temperatur. Diese Variablen werden in einen sinnvollen Zusammenhang gesetzt, die ein Verständnis für den Einfluss dieses Zustands auf das System und auf zukünftige Ereignisse ermöglichen. Ein angemessenes mentales Modell ist die Voraussetzung für das Situationsbewusstsein (Sarter & Woods, 1995) und stellt damit die Basis zur Handlungsauswahl dar.

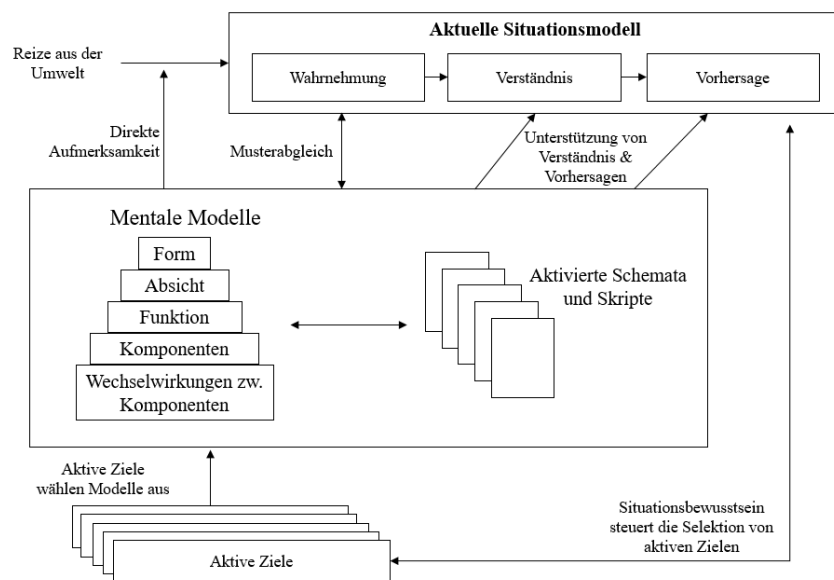


Abbildung 2-3 Zusammenhang von mentalen Modellen und Zielen in Verbindung mit dem Situationsbewusstsein. Eigene Darstellung nach Endsley (2000).

Aus der Situationsanalyse und dem damit verbundenen Situationsbewusstsein werden Handlungen abgeleitet. Wie die Handlungsableitung und -ausführung im Rahmen der Fahrzeugführung abläuft, dazu wurden verschiedene Modelle entwickelt (Eine Übersicht wurde beispielsweise von Johannsen, 2006 zusammengestellt). Die meisten dieser Modelle haben gemein, dass die Handlungsentscheidung auf mehreren Ebenen abläuft und durch kognitive Prozesse beeinflusst wird. Diese werden im Folgenden genauer betrachtet.

2.1.2 Modelle der Fahraufgabe

Die Fahraufgabe ist zumeist hierarchisch gegliedert und teilt sich in unterschiedliche Bereiche auf. Bubb et al. (2015) unterteilen die Fahraufgabe hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Fahrtzweck: Die *primäre Fahraufgabe* entspricht dem eigentlichen Fahrprozess und beinhaltet das Lenken und Spurhalten. Dies wird maßgeblich beeinflusst von anderen Verkehrsteilnehmenden und Umgebungsbedingungen, wie Wetter oder Fahrbahnbeschaffen-

heit. Die *sekundäre Fahraufgabe* beinhaltet Handlungen, die in direktem Bezug zur primären Fahraufgabe stehen. Sie betreffen den eigentlichen Fahrprozess nicht, sondern dienen dazu das Verkehrsumfeld über die eigenen Intentionen zu informieren (z. B. Blinken) oder auf Situationen zu reagieren (z. B. das Umschalten des Fernlichtes auf Abblendlicht). Die *tertiären Aufgaben* haben mit der eigentlichen Fahraufgabe nichts zu tun. Sie dienen beispielsweise der Steigerung des Komforts (z. B. Bedienung der Klimaanlage) oder zur Unterhaltung und Kommunikation (z. B. Bedienung des Radios oder der Freisprechanlage). Diese Aufgaben können vom eigentlichen Fahrgeschehen ablenken.

Andere ebenfalls hierarchische Modelle unterscheiden die Fahraufgaben nach Kontrollprozessen (Donges, 1982; Hollnagel & Woods, 2005; Michon, 1985; eine Übersicht dieser und weiterer Modelle ist u. a. in Cacciabue, 2007 zu finden). Dabei wird die Fahraufgabe in drei aufeinander aufbauende Ebenen aufgeteilt. Michon (1985) unterscheidet eine strategische Ebene, eine Manöver-Ebene und eine Kontrollebene. Donges (1982) hingegen bezieht sich auf eine Navigations-, eine Bahnführungs- und eine Stabilisierungsebene (vgl. Abbildung 2-4; rechte Seite). Hollnagel und Woods (2005) beziehen in ihr Modell vier Ebenen ein: Zielsetzung, Überwachung, Regulierung und Kursverfolgung. Diese vier Kontrollinstanzen sind horizontal entlang eines Kontinuums angelegt. Da sich die Ebenen aus einer Kombination kompensatorischer und partizipatorischer Kontroll-Mechanismen zusammensetzen, sind Interferenzen und Interaktionen zwischen den Ebenen möglich.

Da das manuelle Fahren im Rahmen dieser Arbeit nicht im Vordergrund steht und die oben beschriebenen Modelle keine Modelle des Informationsverarbeitungsprozesses, sondern vielmehr Aufgaben beschreiben, die der Fahrer und später das automatisierte Fahrzeug erledigen (Vollrath et al., 2011), wird an dieser Stelle nur auf das vereinfachte Drei-Ebenen-Hierarchie-Modell (Donges, 1982; vgl. Abbildung 2-4) näher eingegangen.

Drei-Ebenen-Hierarchie-Modell der Fahraufgabe

Die *Navigationsaufgabe* steht für die Auswahl der geeigneten Fahrtroute und die Abschätzung des voraussichtlichen Zeitbedarfs. Typisch für die Navigationsebene ist die örtlich punktuelle Aufgabenerfüllung durch den Fahrer, der die Einhaltung der Fahrtroute anhand markanter Streckenmerkmale überwacht. In einem unbekanntem Verkehrsraum verlangt die Navigationsaufgabe einen Prozess der bewussten Planung.

Die Navigationsaufgabe dient zur Vorbereitung der *Führungsaufgabe*. Die zuvor gewählte Fahrtroute wird nun in einen zeitlichen Ablauf gesetzt. Die Führungsaufgabe besteht darin, aus der überwiegend visuell aufgenommenen Verkehrssituation und dem geplanten Fahrablauf eine sinnvolle Führungsgröße abzuleiten. So wird der genaue Soll-Kurs bestimmt und eine Soll-Geschwindigkeit festgelegt.

Auf der *Stabilisierungsebene* werden diese Soll-Größen durch Betätigung der Bedienelemente in Ist-Spur und Ist-Geschwindigkeit umgewandelt. Im Fahrzeug wird dabei über das Lenkrad die Querdynamik variiert und durch die kombinierte Betätigung von Gas- und Bremspedal die Längsführung beeinflusst (Bubb, 2015a).

Die Ausübung der Transportaufgabe wird durch unterschiedliche *Störgrößen und Umweltgegebenheiten* beeinflusst. Das Straßennetz kann das Finden einer Alternativroute voraussetzen und die Navigation beeinflussen (Beeinflussung auf Navigationsebene). Andere Verkehrsteilnehmende im Fahrraum müssen in die Festlegung sicherer Führungsgrößen mit einbezogen werden, indem beispielsweise geeignete Sicherheitsabstände eingehalten werden (Beeinflussung auf Bahnführungsebene). Die Fahrbahnoberfläche kann sich direkt auf Quer- und Längsdynamik auswirken (Beeinflussung auf Stabilisierungsebene).

Drei-Ebenen-Modell des zielgerichteten Handelns

Dem Drei-Ebenen-Hierarchie-Modell der Fahraufgabe wird häufig das Drei-Ebenen-Modell des zielgerichteten Handelns von Rasmussen (1983) gegenübergestellt (vgl. Abbildung 2-4). Es wird als allgemein auf menschliches Arbeiten anwendbares Modell für zielgerichtete Tätigkeiten verwendet, um die Aufgaben des Fahrers und die Anforderungen an dessen Regelungs- und Überwachungstätigkeiten zu beschreiben. Das Modell stellt drei Kategorien unterschiedlich starker kognitiver Inanspruchnahme des Menschen im Arbeitsprozess dar. Sie reichen von alltäglichen Routinesituationen über unerwartete Herausforderungen bis hin zu seltenen kritischen Störfällen. Komplexe Anforderungssituationen, die dem Menschen bisher nicht begegnet sind, führen ihn auf die Ebene des *wissensbasierten Verhaltens* (knowledge-based behaviour). Dieses Verhalten ist davon geprägt, dass auf Basis bereits vorhandenen Wissens in einem mentalen Prozess verschiedene Handlungsalternativen durchgegangen werden, bevor die besteingeschätzte Alternative (über motorische Reaktionen) umgesetzt wird. Das Ergebnis wird dann für zukünftige vergleichbare Situationen gespeichert. Ein gespeichertes Verhaltensmuster wird in ein Repertoire von Verhaltensregeln eingespeist. Auf der Ebene des *regelbasierten Verhaltens* (rule-based behaviour) werden bestimmte Situationen wiedererkannt, in denen eine Verhaltensweise sich bereits als effektiv erwiesen hat und diese angewendet. Die dritte Ebene zeichnet sich durch reflexartige Reiz-Reaktions-Mechanismen aus, die in einem Lernprozess eintrainiert bzw. einprogrammiert wurden und in einem nicht bewusst kontrollierten Prozess ablaufen. Dieses *fertigkeitbasierte Verhalten* (skill-based behaviour) zeichnet sich durch routinemäßige Ausführung aus und lässt unter Umständen auch Nebenbeschäftigungen zu.

Befindet sich ein Fahrer in einem bisher unbekanntem Verkehrsraum, verlangt die Navigationsaufgabe einen Prozess der bewussten Planung und ist deshalb dem wissensbasierten Verhalten zuzuordnen. In einer bekannten Umgebung (z. B. Fahrt zur Arbeit) ist die Navigationsaufgabe bereits erfüllt. Dann besteht die Führungsaufgabe darin, die Verkehrssituation zu erkennen und aus dem geplanten Fahrtablauf eine sinnvolle Führungsgröße abzuleiten. Dies impliziert beispielsweise bei schlechter Witterung das Reduzieren der Geschwindigkeit an einer schlecht einsehbaren Kreuzung. Die festgelegten Sollgrößen werden auf der Stabilisierungsebene durch korrigierende Eingriffe in Ist-Spur und Ist-Geschwindigkeit umgewandelt. Welchen Verhaltens Ebenen von Rasmussen diese Teilaufgaben zuzuordnen sind, hängt maßgeblich von der Erfahrung des Fahrers und der Häufigkeit der erlebten Situation ab (Donges, 2009). Die Fahrtätigkeiten eines Fahrschülers oder Neulings im Stra-

ßenverkehr wird seine Tätigkeiten häufig auf der Ebene des wissensbasierten Verhaltens ausführen. Mit zunehmender Erfahrung werden die Verhaltensweisen routinierter und spielen sich auf der fertigkeitbasierten Verhaltensebene ab. Wie lange diese Lernvorgänge dauern, hängt von der Übung ab. Donges (2009) setzt dafür beispielsweise einen Wert von 7 Jahren bzw. 100.000 km an. Diese Angaben variieren allerdings bei anderen Autoren (vgl. dazu Abendroth & Bruder, 2015; Endsley, 2000; Krems & Baumann, 2009).

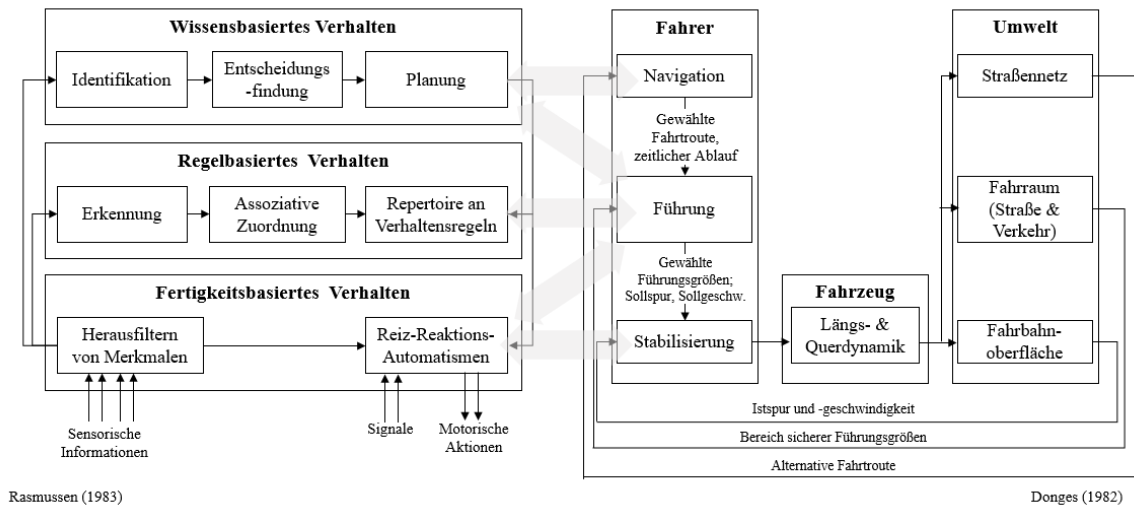


Abbildung 2-4 Drei-Ebenen-Modell für zielgerichtete Tätigkeiten des Menschen nach Rasmussen (1983) und Drei-Ebenen-Hierarchie der Fahraufgabe nach Donges (1982). Eigene Darstellung nach Winner et al. (2015).

2.1.3 Blickverhalten während der manuellen Fahrt

Das visuelle System ist einer der wichtigsten Wahrnehmungskanäle in der Fahrzeugführung (Sivak, 1996). Dementsprechend sollte das typische Blickverhalten während einer manuellen Fahrt beachtet werden. Schweigert (2003) unterscheidet drei Ebenen visueller Grundaufgaben, die im Rahmen der Führungs- und Stabilisierungsaufgabe durchgeführt werden müssen.

1. Kontinuierliche Kontrolle der eigenen Bewegung.
2. Kontinuierliche Beobachtung und Antizipation des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmender.
3. Situatives Blickverhalten in außergewöhnlichen Situationen.

Die kontinuierliche Kontrolle der eigenen Bewegung auf der Fahrbahn (1) geschieht bei erfahrenen Fahrern überwiegend im peripheren Sichtbereich und bezieht sich auf Informationen im nahen Bereich bis ca. 6 m vor dem Fahrzeug (Chatziastros et al. 1999, zitiert nach Bubb, 2015b). Zusätzlich sind immer auch foveale (direkte) Blicke notwendig, die die Orientierung insbesondere in anspruchsvolleren Situationen (z. B. reduzierte Breite der Fahrbahn) unterstützen. Hier zeigen sich Unterschiede zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern. Unerfahrene Fahrer zeigen einen höheren Anteil fovealer Blicke und Fixieren häufig einen Punkt auf der Fahrbahn (Underwood et al., 2003).

Fahrer müssen das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmender kontinuierlich beobachten und antizipieren (2). Dazu scannt der Fahrer fortwährend das Fahrzeugumfeld, um Ereignisse zu erkennen, die eigene Reaktionen erfordern. Es wird hierbei unterschieden zwischen „Scanning- und Processing-Verhalten“ (Cohen, 1976). Scanning-Blicke werden durch eine kurze Dauer (ca. 400 ms) charakterisiert. Durch sie werden fahrrelevante Objekte (Straßenränder, Verkehrszeichen, Verkehrsteilnehmende) kontinuierlich erfasst. Sie dienen zur Generierung des innerlich gebildeten Sollkurses (vgl. Bahnführungsebene; Bubb et al., 2015). Das Scanning-Verhalten wird unterstützt durch Processing Blicke die ca. die doppelte Zeit der Scanning-Blicke benötigen (Schweigert, 2003). Diese Blicke fixieren bestimmte Areas of Interest (AoIs), um diese zu encodieren. Sie dienen insbesondere der Informationsaufnahme für die Antizipation des zukünftigen Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmender. Auch hierbei unterscheiden sich Fahranfänger und Fahrerfahrene voneinander. Anfänger fixieren AoIs länger und lenken ihren Fixpunkt danach wieder direkt auf die Straße. Erfahrene Fahrer hingegen scannen die Umgebung ausgiebiger und verteilen das Scanning auch auf den fernen Bereich der Straße (vgl. Abbildung 2-5; Underwood et al., 2003).

Darüber hinaus ist insbesondere in außergewöhnlichen Situationen situatives Blickverhalten (3) erforderlich. In unbekanntem Situationen muss das Blickverhalten an die jeweilige Situation angepasst werden und erfordert verstärktes Processing-Verhalten.

Das Blickverhalten ist zudem immer abhängig von der Verkehrssituation (Darstellung räumlicher und zeitlicher Konstellationen der verkehrsbezogenen Einflussgrößen), der Fahrsituation (objektive Fahrersicht) und der Fahrersituation (subjektive Sicht der Fahrersituation; Reichart, 2000).

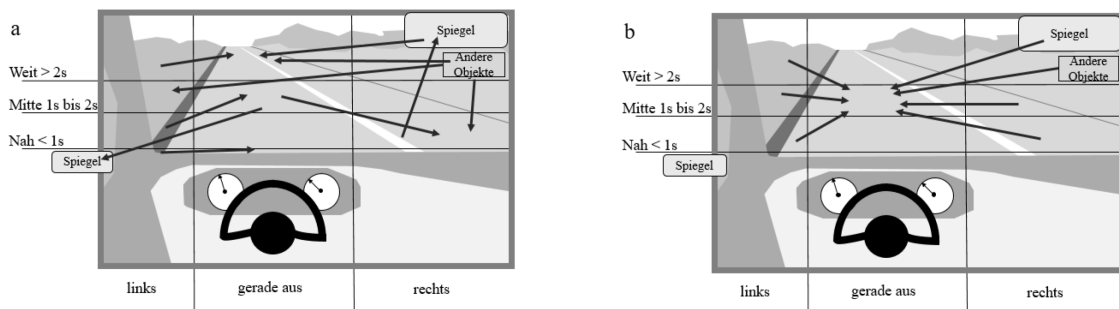


Abbildung 2-5 Typische Blicksequenz bei erfahrenen Fahrern (a) und Anfängern (b) (Underwood et al., 2003). Eigene Darstellung nach Bubb et al., 2015; S. 129.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Die Basis des manuellen Fahrens liegt in der menschlichen Informationsaufnahme und -verarbeitung sowie der Umsetzung der Informationen in Handlungen und damit in Bewegung des Fahrzeugs. Die Informationsaufnahme findet in großen Teilen visuell statt, wird aber unter anderem durch kinästhetische, haptische und vestibuläre Reize ergänzt. Informationen aus der Umwelt werden unter Einfluss von Zielen und mentalen Modellen verarbeitet und dann in Fahrhandlungen, die sogenannte Führungsaufgabe umgesetzt. Die Fahraufgabe findet

dabei auf verschiedenen Prozessebenen statt und beinhaltet unterschiedlich Aufgaben der Planung, Überwachung und Stabilisierung, die simultan ablaufen. Die Qualität der Aufgabenausführung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen sowohl situative Faktoren, wie die Kritikalität oder Komplexität der Situation, als auch die Erfahrung des Fahrers. Das manuelle Fahren ist eine kognitiv anspruchsvolle Aufgabe. Dementsprechend hoch ist die Gefahr, dass während des Ausführens der Führungsaufgabe Fehler unterlaufen. Das Blickverhalten des Nutzers ist ein vielversprechender Indikator, um die Informationsaufnahme und -verarbeitung während der Fahrt erfassen zu können.

Es muss beachtet werden, dass die künftigen Nutzer vollautomatisierter Fahrzeuge das manuelle Fahren erlernt haben. Sie haben Verhaltensweisen und Handlungsabfolgen assimiliert und mentale Modelle eines adäquaten Fahrverhaltens aufgebaut. Diese Modelle bilden die Baseline für alle weiteren Entwicklungen. Die Nutzer wissen, dass das manuelle Fahren ein komplexer Prozess aus Informationsaufnahme – und Verarbeitung sowie deren Umsetzung in Handlungen ist. Für die Gestaltung des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren muss also die Vorerfahrung des Nutzers als Fahrer mit einbezogen werden. Der Nutzer muss davon überzeugt werden, dass das Fahrzeug die anspruchsvolle Fahraufgabe ebenso gut händeln kann, wie es der Nutzer selbst machen würde, oder sogar noch besser.

2.2 Der Beifahrer

In dem System Mensch – Fahrzeug – Umfeld wurde die Komponente Beifahrer lange vernachlässigt. Er wurde häufig lediglich als „Objekt, das gefahren wird“ (Ellinghaus & Schlag, 2001, S. 9) bezeichnet. Dennoch bringt der Beifahrer seine eigenen Erfahrungen mit. Er erlebt eine Fahrt mit deutlich eingeschränktem Handlungsspielraum anders als der aktive Fahrer. Die Ausgangssituation eines Beifahrers ist der Situation eines Passagiers im automatisierten Fahrzeug ähnlich, weshalb die Rolle des Beifahrers hier genauer beleuchtet wird. Im Folgenden werden zunächst das Erleben und die Aufgaben des Beifahrers betrachtet (Kap. 2.2.1 und Kap. 2.2.2), um dann auf die Informationen, die für einen Beifahrer relevant sind, einzugehen (Kap. 2.2.3).

2.2.1 Das Erleben des Beifahrers

Zunächst muss zwischen den Positionen eines Beifahrers unterschieden werden. Der typische Beifahrer sitzt neben dem Fahrer, aber auch die Passagiere auf der Rückbank begleiten den Fahrer im Fahrgeschehen. Die Sitzpositionen unterscheiden sich in ihrer Funktion sehr deutlich voneinander. Häufig wird der Fahrer vom Beifahrer unterstützt und teilt die Kontrolle über Fahrzeug und Situation (Boll et al., 2013; Inbar & Tractinsky, 2011; Perteer et al., 2013). So kann der Beifahrer die Umwelt und das System auf seine Art kontrollieren (z. B. Navigation, Geschwindigkeit) und, zumindest teilweise, in das Fahrgeschehen eingreifen (z. B. ins Lenkrad greifen). Der Passagier auf der Rücksitzbank ist durch seine Sitzposition kaum in das aktive Fahrgeschehen involviert (Inbar & Tractinsky, 2011).

Der wesentliche Unterschied zwischen Fahrer und Beifahrer (unabhängig von seiner Sitzposition) besteht darin, dass der Fahrer über die Regel- und Steuerungsgrößen, wie Lenk-

rad, Gas- und Bremspedal gebietet und Einfluss und Kontrolle über diese besitzt. Seine Aktiviertheit entspricht demnach in direkter Weise seiner Tätigkeit sowie dem Feedback aus seinen Handlungen. Der Beifahrer hingegen kann seine Aktiviertheit nicht in Steuerungs- und Regeltätigkeiten umsetzen. Er befindet sich in einem Zustand der ungerichteten Erregung, für die es keine geeignete Kanalisierung gibt. Diese sogenannte Passivitätsthese verdeutlicht sich beispielsweise durch das Mitbremsen in kritischen Situationen (Schönhammer, 1995). Gleichzeitig bleibt dem Bei- oder Mitfahrer die kognitiv anspruchsvolle Fahraufgabe erspart. Das Beifahrererleben liegt somit zwischen den beiden Polen „Leiden unter Kontrollentzug“ und „genussvoller Entlastung“ (Schönhammer, 1995).

Mitfahren als Leiden unter Kontrollentzug

Jeder fünfte Beifahrer hat Angst vor einem Unfall. Teilnehmende einer Befragung gaben an, dass dies insbesondere aus Fahrfehlern des Fahrers oder einer unsicheren Fahrweise resultiere (Ellinghaus & Schlag, 2001). Dabei vergleicht der Beifahrer ständig die eigene Fahrweise mit der Fahrweise des tatsächlichen Fahrers. Stimmen die Fahrweisen überein, fühlt der Beifahrer sich sicherer (Ellinghaus & Schlag, 2001). Dies hat auch deswegen eine immanente Bedeutung, da sich Beifahrer oder Passagiere im Fahrzeug in eine potenzielle Gefahrensituation begeben und durch die Unterstützung des Fahrers die Kontrolle über das eigene Leben behalten können. Die wahrgenommene Sicherheit ist dabei eng mit Komfort erleben während der Fahrt verknüpft (Perterer et al., 2013).

Dabei wird das Erleben des Beifahrers nicht nur durch fehlende Kontrollmöglichkeiten beeinflusst, sondern auch durch situationale Faktoren, wie das Vertrauen zum Fahrer und die Sicherheitsausstattung des Fahrzeugs. Diese haben einen signifikant positiven Einfluss auf das Gefühl der Sicherheit des Beifahrers (Pöpping et al., 1999) und das wirkt sich auf das psychophysische Erleben aus. So zeigten sich bei einer Studie von Zeier (1979) mit Beifahrern, dass nach positiven Erfahrungen im ersten Fahr-Versuch in einem zweiten Versuchsdurchgang deutlich niedrigere psychophysiologische Belastungswerte berichtet werden konnten.

Mitfahren als genussvolle Entlastung

Ist eine Vertrauensbasis aufgebaut, kann das Dasein als Beifahrer also auch Spaß machen. Dabei fanden Ellinghaus und Schlag (2001) im Rahmen einer Befragung heraus, dass insbesondere Beifahrer ohne Führerschein (also mit geringer Fahrerfahrung) besondere Freude am Beifahrersein empfinden. Die damit verbundene Gelassenheit führten die Autoren auf eine weniger ausgeprägte Gefahrenkognition zurück. Die Autoren zeigten zudem einen positiven Zusammenhang zwischen der Häufigkeit, die die Befragten als Beifahrer unterwegs waren und deren Freude daran.

Die Freude am Mitfahren kann insbesondere durch den sogenannten Streaming-Effekt erklärt werden. Der stetige Strom von Bildern und Informationen ruft einen als angenehm empfundenen Erregungszustand hervor. Daher wird als positiver Faktor beim Mitfahren häufig das „ungestörte Genießen der Landschaft“ genannt (Ellinghaus & Schlag, 2001).

Auch das Sicherheitsgefühl im Fahrzeug, bzw. die Gemütlichkeit wird von den Beifahrern als positives Erleben hervorgehoben.

2.2.2 Die Aufgaben des Beifahrers

Natürlich hat ein Beifahrer Möglichkeiten, das Fahrgeschehen zu beeinflussen, obwohl ihm meist eine eher passive Rolle zugeschrieben wird. Er kann Bitten und Wünsche hinsichtlich der Fahrweise äußern oder zur Abwendung von Gefahren ins Lenkrad greifen (Ellinghaus & Schlag, 2001). Aufgaben eines „guten“ Beifahrers können sein: Er kann bei der Wegfindung und Navigation unterstützen, die Bedienung von Geräten übernehmen und die Fahrleistung des Fahrers direkt durch Wachhalten und Versorgungsleistungen (z. B. das Reichen von Getränken) übernehmen. Darüber hinaus hilft er dem Fahrer bei der Wahrnehmung von Gefahren und der Bewältigung schwieriger Situationen. Perterer et al. (2013) empfehlen sogar, dem Beifahrer Aufgaben, wie beispielsweise das Achten und Hinweisen auf Geschwindigkeitsbeschränkungen, zu übertragen, um den Fahrer zu entlasten. Auch Inbar und Tractinsky (2011) bestätigen, dass der Beifahrer nicht nur passiver Teil im Fahrzeug sein kann, sondern dazu beiträgt den Fahrer in seinen Aufgaben zu entlasten. Dadurch würde sich das Vertrauen des Beifahrers erhöhen und das Fahrerlebnis für alle Beteiligten gesteigert werden.

2.2.3 Der Informationsbedarf des Beifahrers

Das zur Verfügung stellen von Informationen kann bei der Unterstützung des Fahrers die Transparenz erhöhen, denn sie helfen, die Umwelt und das Fahrgeschehen zu verstehen, die Kontrolle zu behalten und Unsicherheiten zu reduzieren. Welche Informationen dafür geeignet sind, hängt allerdings von verschiedenen Faktoren ab. Diese werden von Perterer et al. (2013) folgendermaßen zusammengefasst:

Das *Interesse bzw. die Involviertheit* des Beifahrers beeinflusst die Informationsweitergabe an den Fahrer. So ist ein Beifahrer, der Sorgen hat, ob er sein Ziel pünktlich erreicht, interessierter an der Geschwindigkeit als ein Freund, der aus Freude an der Gesellschaft mitfährt. Auch das *physikalische Setting* beeinflusst, welche Informationen überhaupt aufgenommen werden können. Auf dem Beifahrersitz können Systeme (wie z. B. Geschwindigkeit und Navigation) eher kontrolliert werden als auf dem Rücksitz. Auch der *Fahrtzweck* und die *Dauer der Fahrt* spielen eine Rolle. Auf einer länger dauernden Fahrt werden mehr Informationen hinsichtlich der Routenplanung und Stauvermeidung benötigt als auf einer kurzen Fahrt zum Supermarkt. Darüber hinaus ist entscheidend, in welchem *Verhältnis Fahrer und Beifahrer* zueinanderstehen. Je nach Beziehung die Fahrer und Beifahrer zueinander haben, werden unterschiedliche Aufgaben übernommen. So würde ein mitfahrender Freund eher einen Anruf entgegennehmen, um den Fahrer zu entlasten. Ein Gast im Taxi hingegen wird keinerlei Aufgaben im Fahrzeug übernehmen. Auch die *erlebte Kontrollierbarkeit und das Vertrauen* beeinflusst den Informationsbedarf als Beifahrer. In welchem Ausmaß sie die Kontrolle teilen, hängt davon ab, wie das Vertrauen zwischen Fahrer

und Beifahrer aufgebaut ist. Die Teilung der Kontrolle muss dem Vertrauen entsprechen, welches der anderen handelnden Person entgegengebracht wird (Wilfinger et al., 2013).

Welche Informationen für Beifahrer interessant und wichtig sind, erfassten Perterer et al. (2013) im Rahmen einer ethnografischen Beobachtung von Fahrer-Beifahrer-Paaren in unterschiedlichen Situationen. Die folgenden Informationen wurden von Beifahrern in ihrer Interaktion mit dem Fahrer genutzt und benötigt:

- *Aktuelle Position* auf der Karte, um bei der Wegfindung unterstützen zu können.
- *Stauvorhersage*, um die Ankunftszeit zu planen und mögliche Umleitungen zu finden.
- *Aktuelles Manöver*, um in kritischen Manövern (z.B. Überholen) den Fahrer nicht abzulenken und durch Überwachungsverhalten unterstützen zu können.
- *Richtungs- und Abbiegehinweise*, um bei der Navigation behilflich sein zu können.
- *Geschwindigkeit*, um zu prüfen, dass Geschwindigkeitsbegrenzungen nicht überschritten werden.
- *Aktueller Status des Fahrers/Workload*, um sicherzustellen, dass der Fahrer nicht überfordert ist und die Situation händeln kann.
- *Andere Verkehrsteilnehmende, Verkehrszeichen und -Regeln* (inkl. Geschwindigkeitsbeschränkung), um sicherzustellen, dass der Fahrer diese ebenfalls gesehen hat und sein Fahrverhalten daraufhin anpasst.
- *Aktuelles Wetter, kritische Wetter – und Fahrbahnverhältnisse*, um sicherzustellen, dass die Fahrweise des Fahrers auf die äußern Faktoren angepasst wird.
- *Sehenswürdigkeiten, Points of Interest (POIs)*, um den Fahrer bei der Navigation und Suche zu unterstützen.

Die Autoren fassen daraufhin zusammen, dass Beifahrer die Intentionen des Fahrers interpretieren müssen, um sich über die Situation bewusst zu sein und die Unterstützung dahingehend anzupassen. Dazu müssen Sie nicht nur die Situation kennen, sondern auch den Status des Fahrers, um sich auf dessen Gefühle und Bedürfnisse einstellen zu können. Die Autoren empfehlen ein eigenes Anzeigedisplay für den Beifahrer, das relevante Informationen, wie den aktuellen Workloads des Fahrers, die Geschwindigkeit und die Verkehrssituation, darstellt. Dadurch könne eine gemeinsame Wissensgrundlage zwischen Fahrer und Beifahrer geschaffen werden, die zu einer sicheren und angenehmen Fahrsituation beitrage (Perterer et al., 2013).

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Ein Beifahrer hat faktisch keine aktive Rolle beim Fahren. Trotzdem befindet er sich in einer Abhängigkeit mit dem Fahrer, dem Fahrzeug und der Umwelt. Je nach Situation und Beziehung zum Fahrer übernimmt der Beifahrer Aufgaben der Überwachung und Unterstützung des Fahrers. Durch seine Sitzposition hat er den gleichen Blick auf die Umwelt und erfasst ähnli-

che Informationen wie der Fahrer, allerdings mit einem anderen Fokus als der Fahrer. Für den Beifahrer ist es wichtig, zu überprüfen, dass der Fahrer sich den Erwartungen des Beifahrers entsprechend verhält und die eigene Sicherheit gewährleistet ist.

Um dem Beifahrer die Identifikation mit seiner Rolle zu erleichtern und den Fahrer zu unterstützen sind Informationen, wie u. a. die Geschwindigkeit des Fahrzeugs und das Erkennen anderer Verkehrsteilnehmer, notwendig. Die Sicht des Beifahrers eignet sich daher gut, um die Informationsgestaltung eines Mitfahrers/Passagiers im automatisierten Fahrzeug zu betrachten.

2.3 Der Mitfahrer

Wie in Kap. 1 eingeführt wurde, verändert sich die Rolle des Fahrers durch die Einführung von Fahrerassistenzsystemen. Der Fahrer wird so zum Überwacher eines komplexen Systems. Durch den Übergang vom assistierten zum automatisierten Fahren wird der Fahrer dann schrittweise zum passiven Beifahrer. Dass ein Beifahrer andere Ansprüche an ein System hat, wurde in Kap. 2.2 dargestellt. Im automatisierten Fahrzeug ist der Mensch nun Beifahrer, allerdings ohne einen Fahrer an seiner Seite zu haben. Welche Auswirkungen das für den „Passagier/Mitfahrer“ hat, wird im folgenden Kapitel betrachtet. Dafür wird zunächst auf die Rollenveränderung des Fahrers eingegangen (Kap. 2.3.1 und 2.3.2). Darauf folgend werden unterschiedliche Aspekte des vollautomatisierten Fahrens beleuchtet (Kap. 2.3.3 bis 2.3.10). Es wird abschließend darauf eingegangen, welche Informationen für den Erstkontakt mit automatisiertem Fahren relevant sind (Kap. 2.3.11) und, welche Erhebungsmethoden sich für das Erfassen des Erlebens während der vollautomatisierten Fahrt eignen (Kap. 2.3.12).

2.3.1 Automationslevel

Die Entwicklung des automatisierten Fahrens wird in verschiedene Stufensysteme eingeteilt (Gasser, 2012; SAE, 2016). Die Einteilungen unterschiedlicher Organisationen vereint die Systematik, nach der mit steigender Automation die aktive Fahraufgabe abnimmt. Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf exemplarisch die Einteilung nach SAE (2016) vorgestellt (vgl. Abbildung 2-6).

| Automations-Level | SAE Level 0 | SAE Level 1 | SAE Level 2 | SAE Level 3 | SAE Level 4 | SAE Level 5 |
|-------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| | No Automation | Driver Assistance | Partial Automation | Conditional Automation | High Automation | Full Automation |
| Rückfallebene | Fahrender | | | Fahrender/ Automation | Automation | |
| Rolle | „Fahrer“ | | „Überwacher“ | | „Passagier“ | |

Abbildung 2-6 Zuordnung der Automationslevel. Eigene Darstellung nach SAE (2016).

Level 0 – No Automation. Wird die Fahraufgabe vollständig vom Fahrer übernommen (d. h. alle Stellgrößen durch den Fahrer bedient), besteht keine Automation.

Level 1 – Driver Assistance. Wird die Quer- oder Längsführung des Fahrzeugs durch ein System übernommen und vom Fahrer die jeweils andere Führungsgröße getätigt, spricht man von assistiertem Fahren (z. B. Adaptive Cruise Control (ACC), Spurführungsassistent (Lane Assist)).

Level 2 – Partial Automation. Werden Längs- und Querführung in bestimmten Situationen durch ein Assistenzsystem übernommen, spricht man von Partialautomation. Der Fahrer muss die gesamten Situationen überwachen und jederzeit eingreifen können (z. B. adaptiver Fahrassistent – eine Kombination aus ACC und Lane Assist).

Level 3 – Conditional Automation. Das System übernimmt die Fahraufgabe vollständig, aber ausschließlich unter stark eingegrenzten und klar definierten Bedingungen. Auf Anfrage muss der Fahrer das Fahrzeug und die Fahraufgabe übernehmen können. Der Fahrer muss das Fahrzeug somit überwachen und übernahmebereit sein (z. B. Parkpilot).

Level 4 – High Automation. Das Fahrzeug übernimmt in definierten Fahrszenarien die Fahraufgabe vollständig. Der Fahrer muss innerhalb dieser eingegrenzten Fahrszenarien weder eine Führungsaufgabe noch eine Überwachungsaufgabe übernehmen (z. B. Autobahnpiilot oder Parkhausassistent).

Level 5 – Full Automation. Das Fahrzeug kann unter jeder Fahrbahn- und Umgebungsbedingung (nicht nur in definierte Situationen) die Fahraufgabe vollständig übernehmen. Ein Fahrer ist nun nicht mehr notwendig (z.B. Fahrerlose Taxis oder Busse).

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf den höchsten Automationslevel „High- und Full Automation“. Bei Level 4 und 5 übernimmt das System alle primären und sekundären Fahraufgaben für sämtliche Fahrmanöver. Lediglich die tertiären Aufgaben, wie persönliche Komfort und Entertainmenteinstellungen, bleiben dem Nutzer vorbehalten. Durch die steigende Automation werden dem Nutzer immer mehr Teile der Fahraufgabe abgenommen. Er wird so vom Fahrer zum Überwacher (Othersen, 2016) und letztlich zum Passagier im eigenen Fahrzeug (Diels et al., 2017). Diese Rollentransition bringt schwerwiegende Veränderungen für den Nutzer des jeweiligen Systems mit sich.

Die Auswirkungen dieser Veränderungen werden im Folgenden näher erläutert. Zunächst wird auf den Wandel vom Fahrer zum Überwacher eingegangen. Im nächsten Schritt wird die Transition vom Überwacher zum Mitfahrer betrachtet.

2.3.2 Die Rolle des Fahrers wandelt sich

Der Fahrer wird zum Überwacher

Ein Fahrer, der ein Fahrzeug ohne systemseitige Unterstützung (SAE Level 0) führt, übernimmt jegliche Fahraufgabe selbst und hat damit die vollständige Kontrolle über das System (vgl. Kap. 2.1). Werden durch das System einzelne Aufgaben übernommen, wie beispielsweise die Längsführung während der ACC-Nutzung, so muss der Fahrer einen Teil seiner Kontrolle abgeben, die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion verändert sich. Er muss nun nicht nur mit dem Fahrzeug, sondern auch mit einem System interagieren.

Veränderte Kontrollmechanismen

Die Interaktion mit dem Fahrzeug beschreiben Banks et al. (2014) als einen zirkulären Prozess, den sogenannten Fahrer-System-Kontroll-Loop (vgl. Abbildung 2-7). Der Kreislauf besteht aus dem *Ziel* (Wunschzustand), der *Umsetzung* (Strategie, die zum Wunschzustand führt) sowie *Feedback* (Rückmeldung, ob durch die Strategie der Wunschzustand erreicht werden kann). Für jede Fahraufgabe bestehen diverse eigene Regelkreise zwischen Fahrer, Fahrzeug, System und Straße, die gleichzeitig und unabhängig voneinander fließen können. Sie sind durch Vorwärts- und Rückkopplungsschleifen miteinander verknüpft, um die komplexen Wechselwirkungen der einzelnen Führungsaufgaben abzubilden. Überträgt man das auf die Straße, bedeutet es: Der Fahrer registriert, dass ein vorausfahrendes Fahrzeug stark abbremst (vgl. Regelkreis 6) und bremst daraufhin das eigene Fahrzeug stark ab (vgl. Regelkreis 4). Ist dabei die Fahrbahn regennass, kann es zum Schleudern des Fahrzeugs kommen (vgl. Regelkreis 1), auf welches der Fahrende dann reagieren muss (Regelkreis 4).

Ist der Fahrer aktiv in alle Fahrprozesse involviert, befindet er sich im Kontroll-Loop („in the loop“). Sobald ein System bzw. die Automation ebenfalls involviert ist und eine oder mehr Aufgaben übernimmt, bleibt der Fahrer bei einer oder mehr Aufgaben außen vor („out of the loop“). So kann beispielsweise das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) das Schleudern der Reifen erkennen, den Fahrer in seiner Bremsreaktion durch abwechselndes Abbremsen einzelner Räder unterstützen und das Fahrzeug in der Spur halten (vgl. Regelkreis 2; 5). Das Fahrgefühl des Fahrers verändert sich dadurch (vgl. Regelkreis 4).

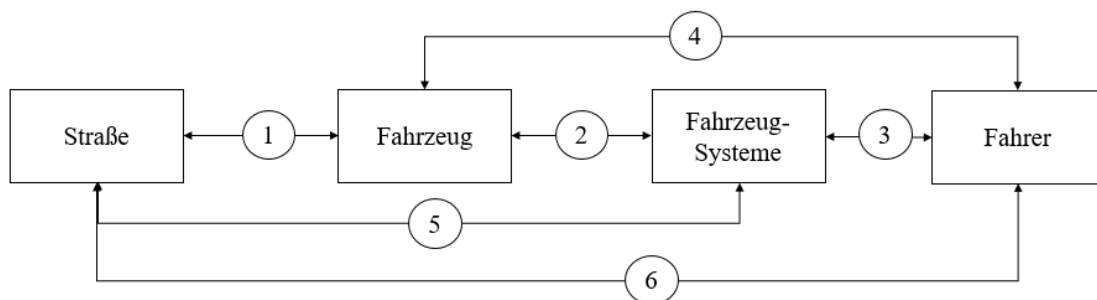


Abbildung 2-7 Fahrer-System-Kontroll-Loop. Eigene Darstellung nach Banks et al. (2014).

Die Einführung der Automatisierung in das Fahrsystem führt also zu einer Neuverteilung der Fahraufgabe zwischen System und Fahrzeug und erfordert so eine kollaborative Arbeitsteilung zwischen Fahrer und Automatisierung (Hoc et al., 2009). Mit zunehmender

Intelligenz des Systems kommt es zur Auflösung und Neuentwicklung von Schleifen zwischen Fahrer- und Fahrzeugsystemen (Banks et al., 2014).

Verhaltensadaption

Damit der Nutzer die Kontrolle (teilweise oder vollständig) an ein System abgeben und sein Verhalten adäquat anpassen kann, müssen folgende Faktoren erfüllt sein: *Sichtbarkeit* (Sind das System und seine Arbeitsweisen für den Fahrenden wahrnehmbar und offensichtlich oder wird es im Hintergrund aktiv?), *Effektivität* (Betreffen die Effekte des Systems das Verhalten oder die Einstellung des Fahrers?), *Motivation* (Sind Motive und motivationale Einflüsse durch das System betroffen, z. B. Risikowahrnehmung, subjektiver Nutzen, Gewohnheiten?) und *Kontrolle* (Ist das Fahrverhalten durch Kontrollmechanismen in hohem Maße festgelegt? Hedlund, 2000).

Weller und Schlag (2004) haben ein Verhaltensadaptionsmodell entwickelt (vgl. Abbildung 2-8), das besagt, Verhaltensadaption setze nur dann ein, wenn dadurch eine objektive Erweiterung des Handlungsspielraums wahrgenommen wird und zu einem subjektiven Nutzen führt. In welchem Ausmaß die Verhaltensadaption stattfindet, hängt sowohl von objektiven Gesichtspunkten als auch von Merkmalen des Nutzers, der Systeme und der Umwelt ab. Besonders das Vertrauen in die Technik, die subjektive Kontrollüberzeugung, die kognitive Belastung und das mentale Modell tragen zur Verhaltensadaption bei (Weller & Schlag, 2004). Für das Vertrauen in die Technik ist insbesondere die Vorhersagbarkeit der Systeme wichtig. Das Vertrauen bestimmt, ob das System benutzt wird. Auch das mentale Modell über das System kann die Verhaltensadaption beeinflussen (vgl. Beggiano & Krems, 2013), ebenso wie Fahrereigenschaften und Personenmerkmale (vgl. dazu 2.3.10). Die Wahrscheinlichkeit, dass ein System genutzt wird, wird begünstigt, wenn das Systemvertrauen stärker ausgeprägt ist als das fahrerische Selbstvertrauen.

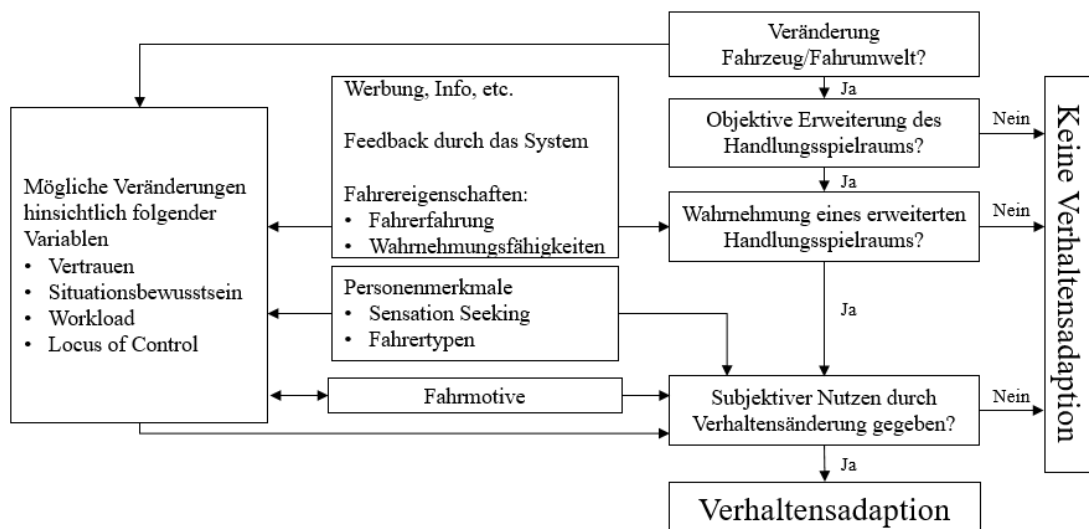


Abbildung 2-8 Prozessmodell der Verhaltensanpassung. Eigene Darstellung nach Weller & Schlag (2004).

Damit das Verhalten eines Fahrers angepasst und ein automatisiertes Fahrzeug genutzt wird, bedarf dies einer angemessenen Übungsphase, in der sich der Nutzer mit dem System

auseinandersetzt, bevor er es tatsächlich akzeptieren und adäquat nutzen kann (Beggiato & Krems, 2013; Weinberger, 2001). Dafür muss der Nutzer sein mentales Modell der Fahrzeugführung an das System anpassen und ein Modell darüber entwickeln, wie sich das System in der jeweiligen Situation verhält. Das mentale Modell entwickelt sich durch die Erfahrung mit dem System und wird kontinuierlich in Abhängigkeit von Diskrepanzen zwischen den Erwartungen des Nutzers und dem Verhalten des jeweiligen Systems angepasst (Endsley, 1995). Ein adäquat ausgebildetes mentales Modell kann den Fehlgebrauch des Systems reduzieren oder verhindern (Endsley, 1995; Parasuraman & Riley, 1997) und so die Akzeptanz fördern (Beggiato & Krems, 2013; Weinberger, 2001). Durch einen geeigneten Einsatz von Informationen und Anleitungen kann der Aufbau des mentalen Modells begünstigt werden (Beggiato & Krems, 2013; Diels et al., 2017; Simon, 2005). Dabei dürfen die Informationen den Fahrer nicht überfordern (Burnett, 2009; Endsley, 1995), sondern ihm die Möglichkeit geben, die Grenzen des Systems kennenzulernen (Norman, 2015). Übernimmt das System lediglich eine Führungsgröße (SAE Level 1), lässt sich das richtige Verhalten relativ schnell erlernen (Erlernen einer adäquaten ACC-Nutzung dauert ca. 185 km oder 3,5 h Fahrt, vgl. Beggiato, Pereira et al., 2015). Übernimmt das System mehrere Führungsaufgaben (SAE Level 2 und 3), wird der Nutzer aus seinem aktiven Kontroll-Loop herausgenommen. Durch die Anforderung des Überwachens des Systems entstehen neue Kontroll-Schleifen mit komplexen Anforderungen an den Nutzer (Banks & Stanton, 2016), die ihn kognitiv stärker beanspruchen.

In einer Simulatorstudie konnten Beggiato, Hartwich et al. (2015) zeigen, dass die teilautomatisierte Fahrt als subjektiv anspruchsvoller wahrgenommen wird als die manuelle (und die vollautomatisierte) Fahrt. Das spiegelt sich auch im Blickverhalten und den Informationsbedarfen wider. Bei der manuellen Fahrt werden Informationen fokussiert, die für die Erledigung der Fahraufgabe notwendig sind. Diese Fahrt wird vom Nutzer als mäßig anspruchsvoll betrachtet. Die teilautomatisierte Fahrt hingegen wird als deutlich anstrengender angesehen, da hier der Fokus auf der Überwachungstätigkeit liegt. So führten die Probanden deutlich häufiger und längere Kontrollblicke in Spiegel und Instrumentencluster aus. Sie forderten zudem Informationen, die sich auf die Systemüberwachung beziehen. Dazu zählen der Status des Fahrzeugs und die Dauer bis zur Übernahme durch den Probanden.

Überwachungsprobleme

Mit der teilautomatisierten Fahrt und der Abgabe von Teilaufgaben sind verschiedenen Überwachungsprobleme verbunden (vgl. Othersen, 2016, S. 59 und Lindberg, 2012, S. 19):

- *Vigilanzminderung*: Mit der Dauer der Überwachung des Systems sinkt die Vigilanz und kann zum Übersehen von Reizen führen.
- *Vertrauensänderungen*: Misstrauen in die Automation kann zu Nichtgebrauch führen. Übervertrauen (Complacency) kann in einer Fehlnutzung, wie mangelnder Überwachung, Übersehen von Systemfehlern oder Nichtbeachten von Systemgrenzen resultieren (Parasuraman & Riley, 1997).

- *Loss of Awareness*: Durch geringe Aufmerksamkeit kann es zu mangelnder Überwachung kommen, in der Systemrückmeldungen nicht beachtet oder übersehen werden. Darüber hinaus kann es zu veränderten Interaktionen zwischen Mensch und Maschine kommen. Durch fehlerhafte Informationen und dessen Repräsentationen können auch unangemessene Fehler oder gänzlich ausgebliebene Handlungen auftreten („automation surprise“). Durch falsche Beobachtungen des Systems oder inkorrekte Nutzungswissen kann es zudem zu einer Diskrepanz zwischen Nutzererwartungen und Systemverhalten kommen („mode confusion“).
- *Deskilling*: Kommt es zu Übernahmeaufforderungen, sind es zumeist fehlende oder mangelnde Handlungspläne, die zu einer verzögerten oder inadäquaten Übernahme führen.

Mode Awareness

Um diese Überwachungsprobleme zu vermeiden, ist es wichtig, dem Überwacher das Bewusstsein für das System und dessen Grenzen zu schaffen, die sog. Mode Awareness. Mode Awareness setzt sich zusammen aus dem Bewusstsein, dass es unterschiedliche Automationslevel gibt und dem Bewusstsein über den aktuellen Modus in dem es sich befindet (Sarter & Woods, 1995). Mode Awareness ist ein Subkonstrukt des Situationsbewusstseins (Kurpiers et al., 2020). Modusbewusstsein wird durch die Wahrnehmung und richtige Interpretation von Systeminformationen sowie die Vorhersage des zukünftigen Systemverhaltens hergestellt. Dabei ist ein adäquates mentales Modell des verwendeten Systems notwendig, um den aktuellen Modus, dessen Fähigkeiten und Grenzen einordnen zu können. (Othersen, 2016; Sarter & Woods, 1995).

Für die Rolle des Überwachers ist es daher wichtig, eine Anzeige zur Verfügung zu stellen, die den Überwacher in seiner Aufgabe unterstützt. Dazu muss ein adäquates Bewusstsein über Situation und System geschaffen und Vigilanzminderung und Übervertrauen vermieden werden (Othersen, 2016). Das System- und Modusbewusstsein kann dabei durch permanent dargestellte Informationen, bezüglich des Systems, möglicher Zustandsübergaben und der Umwelt, verbessert werden (van den Beukel & van der Voort, 2017). Multimodale Anzeigen können die Überwachung ebenfalls unterstützen (Maier et al., 2011).

Die Transition vom Fahrer zum Überwacher ist nur eine Übergangsphase hin zum Nutzer eines automatisierten Systems. Im Folgenden soll nun auf die Entwicklung des Überwachers zum Passagier/Mitfahrer eingegangen werden. Dazu wird zunächst auf den generellen Wandel vom Überwacher zum Mitfahrer eingegangen, um dann in den folgenden Kapiteln spezifischer zu werden.

Der Überwacher wird zum Mitfahrer

Aktuelle Studien fokussieren sich besonders auf assistiertes und teil-automatisiertes Fahren (SAE Level 1, 2 und 3) sowie den Effekt von Übernahmen und der Herausforderung, den Fahrer im Loop zu halten. Betrachtet man die höheren Automationslevel (SAE Level 4 und 5) ist es gar nicht mehr notwendig, den Überwacher im Loop zu halten. Aufgrund der

gänzlichen Übernahme der Fahraufgabe durch das System wird der Fahrer zum passiven Passagier (u. a. Mühl et al., 2020). Diese Entwicklung bringt bemerkenswerte Veränderungen in der Interaktion mit sich und wirkt sich deutlich auf das Fahrerlebnis aus (Bengler, 2017). Diese Veränderungen äußern sich in starken menschlichen Emotionen (Gerdes, 2015), wie Angst, Ablehnung aber auch Begeisterung.

Vorteile der Automation

Die zunehmende Automatisierung bringt viele Vorteile mit sich, die bereits in der breiten Bevölkerung gesehen werden. In internationalen Befragungen zeigt sich, dass die Bevölkerung dem vollautomatisierten Fahren gegenüber grundsätzlich positiv eingestellt ist (z. B. Kyriakidis et al., 2015; Liljamo et al., 2018; Schoettle & Sivak, 2014). In einer Online-Befragung zeigten Müller et al. (2017), dass der größte Vorteil im Zugewinn von Komfort gesehen wird (67 %). Auch Energieeffizienz (64 %) und Umweltfreundlichkeit (58 %) sehen die Befragten als Vorteile an, ebenso wie erhöhte Sicherheit im Straßenverkehr (57 %) und die Möglichkeit, sich während der Fahrt mit Nebentätigkeiten zu beschäftigen (48 %).

Diese Ergebnisse zeigen sich nicht nur in Befragungen, sondern auch in Fahrstudien. Viele Studien untersuchen, wie sich unterschiedliche autonome und manuelle Fahrmodi auf das Fahrverhalten und Reaktionen auswirken (z. B. Molnar et al., 2018). Bezüglich des Verhaltens erhöhen autonome Modi die Performanz des Fahrers sowohl in perzeptuellen (Winter et al., 2016) als auch abstrakten (Young & Stanton, 2004) Sekundäraufgaben. Was auf niedrigeren Workload während des Gefahrenwerdens hinweist. Albert et al. (2015) konnten im Vergleich unterschiedlicher Automationsstufen zeigen, dass Nutzer es vorziehen, so viele Aufgaben wie möglich an das System zu übertragen, wenn man von einem fehlerfreien System ausgehen kann und Vertrauen zum sowie Akzeptanz des Systems vorausgesetzt werden können.

Auch der Fahrspaß geht nicht verloren, sondern erhält eine neue Bedeutung. Der Fahrspaß, wie er im herkömmlichen Sinne mit hohen Geschwindigkeiten und Fliehkräften assoziiert wird, nimmt zwar ab (Hartwich et al., 2018; König & Neumayr, 2017). Durch erhöhtes Komfort erleben und ansprechende Gestaltung der Interaktion und Anzeigedarstellung bekommt der Begriff des Fahrspaßes aber eine neue Bedeutung (Engelbrecht, 2013; Müller et al., 2017).

Bedenken und Zweifel in Verbindung mit Automation

Den offensichtlichen Vorteilen der Automation stehen allerdings große Zweifel und Bedenken gegenüber. Die Sorgen der potenziellen Nutzer automatisierter Fahrzeuge beziehen sich besonders auf die Sicherheit und die Zuverlässigkeit der Technik (Liljamo et al., 2018; Schoettle & Sivak, 2014). Sowohl die Angst vor Missbrauch der Technik als auch die Sorge vor Hacking-Angriffen (Kyriakidis et al., 2017) und ethische und rechtliche Unklarheiten (Müller et al., 2017) führen zu Bedenken in der Bevölkerung. Das äußert sich auch in der großen Sorge vor Kontrollverlust und dem Unwillen, die Kontrolle (insbesondere die

Lenkung) an ein autonomes System abzugeben (König & Neumayr, 2017; Wolf, 2015). So forderten 90 % der Teilnehmenden in einer Befragung von Liljamo et al. (2018) das Vorhalten einer Option zur Übernahme der manuellen Steuerung. Auch wenn diese in einem vollautomatisierten Modus nicht notwendig wäre.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Die Rollentransition vom Fahrer zum Mitfahrer findet schrittweise statt. Erste Schritte dazu wurden durch die Einführung von Assistenzsystemen bereits gegangen. Durch die Übergabe einzelner Fahraufgaben an das System und die damit entstandene geteilte Kontrolle und Verantwortung kommt es zu Anpassungen der Aufmerksamkeitsaufrechterhaltung eines Überwachers.

Durch die Einführung noch höherer Automationslevel wird der Nutzer von seiner Überwacher-Rolle entbunden und zum Passagier eines automatisierten Systems. Das ist für den Nutzer eine bisher ungewohnte Situation. Es fällt ihnen schwer, die Vorteile der Automation zu erkennen. Daher sind die Einstellungen zum vollautomatisierten Fahren heterogen. Die Vorteile, wie Komfort und Sicherheit im Straßenverkehr werden von Sorgen vor Missbrauch, Kontrollverlust und Zuverlässigkeit der Technik überschattet.

Der Wandel der Fahrerrolle zum Mitfahrer ist ein zentrales Element in der Entwicklung der Mensch-Fahrzeug-Interaktion im Hinblick auf die Automation. Wie der Erstkontakt mit einem neuen System gestaltet werden muss, entscheidet darüber, wie das vollautomatisierte Fahren in Zukunft angenommen wird, und ist zentraler Teil dieser Arbeit. Dafür werden nun verschiedene Aspekte des Erstkontaktes und dem Erleben der (Voll-)Automation betrachtet.

2.3.3 Erstkontakt mit Automation

Häufig sind Nutzer bei dem Erstkontakt mit einem neuen System auf sich alleine gestellt (Simon, 2005) und hohen kognitiven Anforderungen ausgesetzt, da für das neue System zunächst kein mentales Modell besteht (vgl. Kap. 2.1.2 für Grundlagen der mentalen Modelle). Das mentale Modell ist allerdings die Voraussetzung für den richtigen Umgang mit dem System (Norman, 2013). Dafür muss das System zunächst kennengelernt und Erfahrungen mit dem System gesammelt werden (Weinberger, 2001).

Neue Systeme kennenzulernen ist ein Prozess. In Bezug auf die Regelautomatik (ACC) konnte Weinberger (2000) zeigen, dass sich die Akzeptanz neuer Systeme mit wachsender Erfahrung verändert (vgl. Abbildung 2-9). Dabei ist kein linearer Verlauf zu erkennen, stattdessen durchläuft der Nutzer zunächst eine Phase der Skepsis, die durch die ersten Erprobungen in Begeisterung und Zufriedenheit umschlägt. Nach der ersten Hochphase werden die Systemgrenzen sichtbar und die Zufriedenheit sinkt deutlich ab. Durch das bessere Kennenlernen und Akzeptieren der Systemgrenzen steigt die Zufriedenheit wieder an.

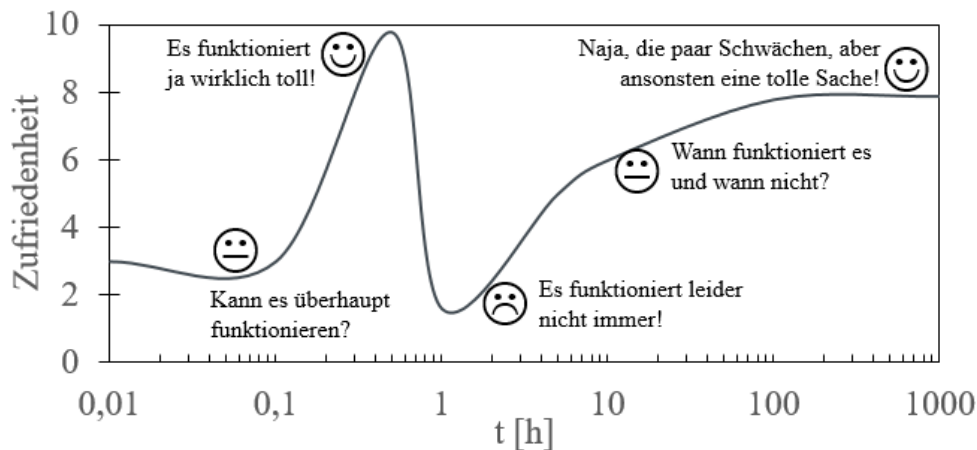


Abbildung 2-9 Das Verhältnis von Zufriedenheit und Zeit der Auseinandersetzung mit dem System. Eigene Darstellung nach Winner et al. (2003).

Auch Beggiato, Pereira et al. (2015) beschäftigten sich damit, wie sich die Akzeptanz und das Systemvertrauen von ACC durch wachsende Systemerfahrung verändert. Die Autoren konnten zeigen, dass das Lernen sowie die Entwicklung von Akzeptanz und Systemvertrauen dem „Power Law of Learning“ unterliegt. Demnach stabilisiert sich der Lernprozess nach der ca. fünften Auseinandersetzung, bzw. nach 185 km oder ca. 3.5 Stunden Fahrerfahrung. Das mentale Modell habe dann ein adäquates Maß des Systemverständnisses erreicht. Allerdings werden Systemfehler, die nicht weiter erlebt werden, wieder aus dem mentalen Modell eliminiert, wenn sie nicht aktiv durch Erfahrung aufgefrischt werden.

Beggiato und Krems (2013) beschäftigten sich mit der Erst-Auseinandersetzung mit ACC und konnten feststellen, dass die Akzeptanz und das Systemvertrauen durch das eigene Vorwissen beeinflusst werden können. Im Vergleich von Gruppen, die unterschiedlich gestaltete Informationen erhielten, konnten die Autoren zeigen, dass die Akzeptanz und das Vertrauen der Gruppe mit korrekten vollständigen Informationen stetig anstiegen. Gruppen mit niedrigerem Informationslevel (also weniger Informationen) zeigten einen vergleichbaren Trend. Bei der Gruppe, die im Vorhinein unvollständige Informationen erhalten hatte, führten Probleme zu einem Rückgang der Akzeptanz und des Vertrauens, das auch später nicht mehr aufgebaut werden konnte. Die Autoren schlussfolgerten, dass Fehler der Automation bei einem adäquat ausgebildeten Modell keinen negativen Effekt auf die Automation haben. Nutzer sollten also immer ausreichend Informationen zu einem System erhalten und nicht nur durch Ausprobieren an das neue System herangeführt werden. Die Nutzung muss tatsächlich gelernt werden (Beggiato, Hartwich et al., 2015).

Daher ist es wichtig, den Nutzer oder die Nutzerin von Beginn an durch die Vermittlung explizite Informationen bei dem Aufbau eines adäquaten mentalen Modells zu unterstützen (Mayer & Chandler, 2001; Simon, 2005). Das gilt nicht nur für assistiertes Fahren, sondern auch für die kommenden Automationslevel.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Der Erstkontakt mit einem automatisierten Fahrzeug stellt eine Herausforderung für den Nutzer dar. Durch die Auseinandersetzung mit dem System lernt der Nutzer dieses kennen und adäquat

zu nutzen. Die Vermittlung von Wissen und der Aufbau eines adäquaten mentalen Modells ist notwendig, um eine erneute Nutzung und das Kennenlernen des Systems gewährleisten zu können.

2.3.4 Akzeptanz und Nutzungsintention des automatisierten Fahrens

Um die Akzeptanz für automatisiertes Fahren erklären zu können, wird häufig auf Adaptionen des Technik-Akzeptanz-Modells (TAM; Davis, 1989) zurückgegriffen. Das TAM besagt, dass die tatsächliche Systemnutzung von der *wahrgenommenen Nützlichkeit* einer Technik, sowie der *wahrgenommenen Nutzbarkeit* abhängen (beide können durch externe Variablen beeinflusst werden). Sie bedingen die *Einstellung zur Techniknutzung* und die *Intention zur Nutzung* und führen dadurch zu der *tatsächlichen Nutzung* der Technik (vgl. Abbildung 2-10, grau hinterlegter Teil).

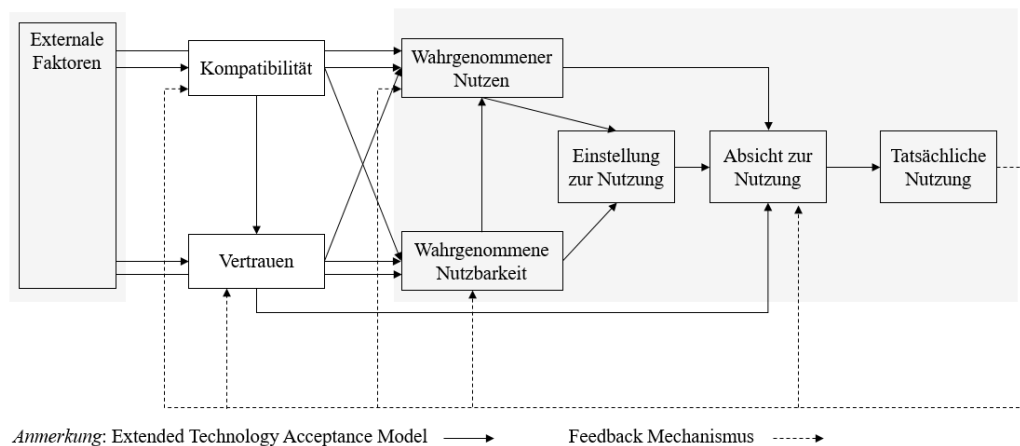


Abbildung 2-10 Darstellung des „Automation Acceptance Model“ (AAM). Eigene Darstellung nach Ghazizadeh et al. (2012).

Ghazizadeh et al. (2012) erweiterten das TAM im Hinblick auf das automatisierte Fahren (vgl. Abbildung 2-10). Sie ergänzten zum einen den Einfluss des Vertrauens in das System auf die wahrgenommene Nützlichkeit, Nutzbarkeit und Nutzungsintention. Zum anderen ließen sie die Aufgaben-Kompatibilität in das Modell mit einfließen. Das bedeutet, dass wahrgenommener Nutzen und Nutzbarkeit ebenso wie Vertrauen davon abhängen, ob die Aufgabenbewältigung des Systems die tatsächliche Nutzung bestätigen. Erfüllt das System Aufgaben, die dem Nutzer keinen Mehrwert bieten oder ihn in Gefahr bringen, wird das System nicht akzeptiert und genutzt (vgl. dazu auch Choi & Ji, 2015; Xu et al., 2018).

Die Autoren ergänzen zudem den Aspekt des Feedbacks (gestrichelte Pfeile) und weisen darauf hin, dass die Erfahrung mit dem System zu einer Steigerung des Vertrauens und verbesserten Kompatibilitätseinschätzung führt und die erneute Nutzung bedingt. Den Einfluss des Vertrauens auf die Nutzungsintention konnten u. a. Buckley et al. (2018) im Rahmen einer Simulatorstudie, in der SAE Level 3 simuliert wurde, ebenfalls aufzeigen.

Um den Aspekt des tatsächlichen Erlebens der Vollautomation mit in das Konstrukt der Nutzungsintention einzubeziehen und das Modell weiterzuentwickeln, nutzten Dai et al.

(2020) Ergebnisse aus Befragungen von Nutzern, die mit selbstfahrenden Shuttlebussen fahren. Diese Shuttlebusse fahren im Niedergeschwindigkeitsbereich je nach Modell mit ca. 12 km/h auf meist kurzen (ca. 1 km) abgesperrten Strecken und sind der Öffentlichkeit zugänglich. Einen solchen Versuchsaufbau haben sich die Autoren zu Nutzen gemacht und untersucht, welche Faktoren, die Nutzungsbereitschaft autonomer Fahrzeuge beeinflussen. Sie konnten zeigen, dass eine zufriedenstellende Erfahrung mit dem System zu einer Erhöhung des Vertrauens und damit zu einer besseren Einstellung gegenüber dem System sowie erhöhter wahrgenommener Kontrolle beitragen. Diese Aspekte erhöhen die Nutzungsintention.

Darüber hinaus gibt es weitere Aspekte, die die Akzeptanz und Nutzungsintention beeinflussen können. Stanton und Young (2000) beispielsweise fassen die folgenden Faktoren in einem Modell zusammen: die Kontrollierbarkeit, Aufgabenschwierigkeit, Vertrauen, Stress, Situationsbewusstsein, mentale Modelle und Informationen.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Die Akzeptanz vollautomatisierter Fahrzeuge hängt von der erwarteten Nutzbarkeit und Nützlichkeit ab, wird aber maßgeblich durch das (positive) Erleben des Systems bedingt, das zum Vertrauensaufbau und einer Einschätzung des Systems beiträgt. Die Akzeptanz wird durch weitere Einflussfaktoren, wie Kontrollierbarkeit, Stress und Situationsbewusstsein beeinflusst. Direkte und indirekte Zusammenhänge und Abhängigkeiten gilt es daher herauszufinden. Ebenso wie weitere Aspekte, die das Erleben der vollautomatisierten Fahrt auch in höheren Geschwindigkeitsbereichen beeinflussen und beschreiben können. Daher wird im Folgenden zunächst auf das Vertrauen in Bezug auf automatisiertes Fahren eingegangen, um dann weitere Einflussfaktoren zu betrachten.

2.3.5 Vertrauen und vollautomatisiertes Fahren

Beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren befinden sich Nutzer in einer potenziell verletzlichen Situation. Sie müssen die eigene Sicherheit vollständig an ein automatisiertes System übergeben. Das erfordert hohes Vertrauen in das System. Vertrauen beeinflusst die Systemakzeptanz und die Nutzungsintention automatisierter Systeme (Choi & Ji, 2015; Ward et al., 2017; Zhang et al., 1996). Es gibt Aufschluss darüber, ob und wie das automatisierte Systeme benutzt wird (Hoff & Bashir, 2015; Lee & Moray, 1994; Parasuraman & Riley, 1997; Sheridan, 1988). Vertrauen in die Automation ist ein zentrales Konstrukt, um die Akzeptanz und Nutzungsintention zu unterstützen (Ghazizadeh et al., 2012; Molnar et al., 2018; Pop et al., 2015).

Dabei ist das Vertrauen in die Automation abzugrenzen von interpersonellem Vertrauen (Körber, 2018). Interpersonelles Vertrauen stellt einen dynamischen Prozess dar, der sich von Vorhersagbarkeit (*predictability*) über Zuverlässigkeit (*dependability*) in Treue (*faith*) verändert (Rempel et al., 1985). Das Vertrauen in die Automation ist an Vorhersagbarkeit und Zuverlässigkeit angelehnt. Es wird folgendermaßen definiert

“the attitude that an agent will help achieve an individual’s goals in a situation characterized by uncertainty and vulnerability” (Lee & See, 2004, S. 54).

Jian et al. (2000) beschreiben Vertrauen in Automation als ein multidimensionales Konzept, das die drei Dimensionen *performance* (dt. Ausführung/Leistung), *process* (dt. verarbeiten) und *purpose* (dt. Zweck) einschließt. *Performance* bezieht sich auf aktuelle und vorherige Handlungen des automatisierten Systems sowie deren Ausführung. *Process* beschreibt, wie das automatisierte System sich verhält und, ob das Verhalten auf die Situationen und Nutzerziele angepasst ist. *Purpose* beschreibt die Intention des Entwicklers und wie gut das entwickelte System seinen Zweck erfüllt (Lee & See, 2004). Körber et al. (2018) ergänzten dieses Konzept des Vertrauens in automatisierte Systeme durch Aspekte aus dem integrativen Modell organisationalen Vertrauens (Mayer et al., 1995) und definieren die folgenden drei Faktoren für die wahrgenommene Zuverlässigkeit automatisierter Systeme (vgl. Abbildung 2-11): *Reliability/Competence* (dt. Zuverlässigkeit), *Understandability/Predictability* (dt. Verständlichkeit/Vorhersagbarkeit) und *Intention of Developers* (dt. Zielvorstellung des Entwicklers). Zusätzlich kann Vertrauen in die Automation durch die gesammelten Erfahrungen mit diesem oder ähnlichen Systemen (*Familiarity*), die Persönlichkeit (*Propensity to trust*; dt. Neigung zu vertrauen) und den kulturellen Hintergrund beeinflusst werden (Körber et al., 2018; Kyriakidis et al., 2015). Die subjektiven Erwartungen des Nutzers an das System (Lee & See, 2004) müssen ebenso mit einbezogen werden, wie die Vertrautheit mit dem System (Hergeth et al., 2016).

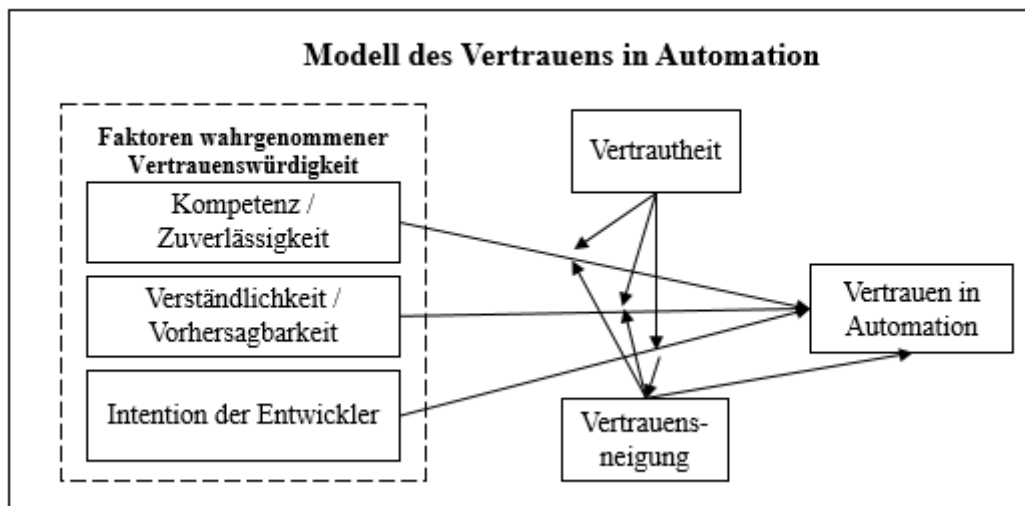


Abbildung 2-11 Modell des Vertrauens in automatisierte Systeme. Eigene Darstellung nach Körber et al. (2018).

Im dynamischen multimodalen Prozess entscheidet der richtige Grad an Vertrauen über die Nutzung und Akzeptanz des Systems (Hoff & Bashir, 2015; Jian et al., 2000; Lee & See, 2004; Parasuraman & Riley, 1997). Adäquates Vertrauen bedeutet, dass ausreichend Wissen über das System besteht, um sich darauf verlassen zu können.

Besteht mehr Vertrauen, als die Fähigkeiten des Systems zulassen, kommt es zu Übervertrauen (*overtrust*) und damit zu möglicher Fehlnutzung des Systems. Werden die Systemfähigkeiten unterschätzt, wird dem System misstraut (*distrust*) und es daraufhin gar nicht genutzt (Lee & See, 2004). Umso komplexer ein System ist, desto wichtiger ist es, dass die Nutzer das System verstehen und die richtigen Informationen erhalten, um adäquates Vertrauen aufzubauen (Lee & See, 2004). Dabei ist der Informationsbedarf abhängig vom jeweiligen Vertrauenslevel.

Die Entwicklung von Vertrauen kann als affektive Reaktion gesehen werden (Merritt, 2011). Sie wird von analytischen Prozessen beeinflusst und von einer Vielzahl an Faktoren moderiert. Die Systemerfahrung beeinflusst den Vertrauensaufbau ebenfalls (Gold et al., 2015; Hartwich et al., 2019; Hoff & Bashir, 2015). Dabei trägt sowohl die Erfahrung mit einem niedrigen Automationslevel zu niedrigerer Risikoerwartung beim automatisierten Fahren (Brell et al., 2019), als auch positive Ersterfahrungen mit dem autonomen System zum subjektiven Wohlbefinden bei (Gold et al., 2015). Bauerfeind et al. (2019) zeigten im Rahmen einer Simulatorstudie, dass Nutzer, die ein teilautonomes System sowie seine Aktivierung und Deaktivierung kennengelernt haben, dem System eher vertrauen als Nutzer, die das System bisher nicht kennen. Die Nutzer mit Erfahrung überwachten das System visuell seltener und beschäftigten sich häufiger mit nichtfahrrelevanten Aufgaben als die Nutzer ohne Erfahrung.

Initiales Vertrauen als Einflussfaktor

Darüber hinaus beeinflussen hohe Erwartungen an die Automation die Neigung des Vertrauens (Lyons & Guznov, 2019; Merritt et al., 2015). Vertrauen wird durch die individuelle Einstellung zum System moderiert (Hoff & Bashir, 2015). Da die tatsächlichen Erfahrungen, die man mit einem vollautomatisierten System sammeln konnte, bisher nur einem sehr kleinen Personenkreis einschließen, konnten sich Nutzer bisher meist nur auf Basis von Berichten und der eigenen Vorstellung eine Meinung zum vollautomatisierten Fahren bilden und daraus grundsätzliches, sog. initiales Vertrauen entwickeln. Das initiale Vertrauen im Kontext des vollautomatisierten Fahrens fußt daher nicht auf Erfahrungen mit dem System, sondern auf vertrauenswürdigen Eigenschaften des Vertrauensobjektes. Zu diesen Eigenschaften zählen allgemein *Wohlfühlen, Integrität, Kompetenz und Berechenbarkeit* (McKnight & Chervany, 2006). Gerade durch Berichte z. B. aus den Medien kann das initiale Vertrauen beeinflusst werden (Feldhütter et al., 2016). Es stellt einen Schlüsselfaktor für die Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz dar (Zhang et al., 2020). Positive Einstellungen bzw. höheres initiales Vertrauen begünstigen also die Nutzung eines automatisierten Systems (Rahman et al., 2017).

So konnten Hartwich et al. (2020) zeigen, dass das Vertrauen das Erleben einer (simulierten) vollautomatisierten Fahrt beeinflussen kann. Die Autoren verglichen wahrgenommene

Sicherheit, Systemverständnis, Fahrkomfort und Fahrspaß von Fahrenden mit niedrigem und hohem Vertrauen. Während die Teilnehmenden zwei Fahrten auf dem Beifahrersitz eines Simulators erlebten, zeigte sich, dass Teilnehmende mit höherem Vertrauen die wahrgenommene Sicherheit und den Fahrkomfort höher bewerten als Teilnehmende mit niedrig ausgeprägtem Vertrauen. Die Gruppe derjenigen, die dem System wenig vertrauen, zeigte eine niedrige Systemakzeptanz. Auch Payre et al. (2014) zeigten, dass ein Zusammenhang zwischen Vertrauen und der Nutzung automatisierter Systeme besteht. Bei der Untersuchung der Notfall-Übernahme wurde eine Korrelation zwischen Vertrauen und Reaktionszeit gefunden. In einer einfachen Simulatorfahrt reagierten Nutzer, die dem System vertrauten langsamer bei der Übernahme des Systems. Dieser Effekt konnte sich in Praxisübungen im Realverkehr allerdings nicht bestätigen. Die Autoren vermuten, dass der negative Effekt von Übervertrauen durch die höhere Kritikalität und angemessene Übung im Realverkehr relativiert wird. Dadurch könne adäquates Vertrauen aufgebaut werden. Durch das Kennenlernen des autonomen Systems, sowie seiner Stärken und Schwächen verbessert sich das Verständnis für das System und begünstigt so den Vertrauensaufbau (Hoff & Bashir, 2015).

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Vertrauen ist zentral für die Nutzung und das Erleben vollautomatisierter Fahrzeuge. Vertrauen muss als dynamisches Konstrukt gesehen werden. Für die Mensch-Maschine-Interaktion ist die Ausbildung eines adäquaten Vertrauenslevels entscheidend. Dabei werden das Erleben und die Risikowahrnehmung durch initiales Vertrauen bereits beeinflusst. Die sinnvolle Vermittlung von Informationen, die das Verständnis für das automatisierte System erhöhen, unterstützt den Vertrauensaufbau. Vertrauen ist abhängig von der Erfahrung mit dem System. Es wird durch individuelle Einstellungen und Erfahrungen beeinflusst.

2.3.6 Komfort und Diskomfort beim vollautomatisierten Fahren

Der Wegfall der Fahraufgabe erlaubt es den Mitfahrern zu entspannen (Becker et al., 2014) und sich mit nicht fahrrelevanten Tätigkeiten (NDRT) zu beschäftigen (Merat et al., 2014). Damit der Fahrer die Kontrolle abgeben möchte (Banks & Stanton, 2016) und den Komfort des vollautomatisierten Fahrens erleben kann, muss ein angenehmes Fahrerlebnis sichergestellt werden.

Das Komfortmodell von Looze et al. (2003; vgl. Abbildung 2-12) besagt, dass Komfort und Diskomfort als unterschiedliche und komplementäre Eigenschaften in der ergonomischen Entwicklung betrachtet werden müssen. Diskomfort stellt die Abwesenheit physikalischer Faktoren dar und kann durch physikalische Prozesse begünstigt werden. Komfort erleben hingegen entsteht durch Emotionen und Erwartungen, ästhetische Designs und psychosoziale Faktoren.

Zhang et al. (1996) zeigten anhand von Clusteranalysen, dass sich Komfort aus zwei unabhängigen Einflussgrößen zusammensetzt: dem Gefallen (Komfort) und dem Erleiden (Diskomfort). Das Gefallen ist geprägt von den Begriffen *Eindrücke*, *Entlastung*, *Annehmlich-*

keit und Entspannung. Das Erleiden hingegen, ist geprägt von *Müdigkeit, Unruhe, Schmerz und Beanspruchung* (Zhang et al., 1996). Die Reduktion von Beanspruchungsfaktoren führt also nicht unbedingt zu erhöhtem Komforterleben, sondern reduziertem Diskomfort. Es müssen unterschiedliche Strategien für das Reduzieren von Diskomfort und das Induzieren von Komfort angewendet werden (Paul, 1997). So wird die Fahraufgabe gerade in kritischen Situationen häufig als sehr beanspruchend wahrgenommen. Übernimmt das Fahrzeug nun diese Aufgabe, kann das zwar diesen Stressor reduzieren, wird der Automation allerdings nicht vertraut, dann wird sich auch kein Komforterleben einstellen (Bellem et al., 2018). Ermöglicht man dem Nutzer durch eine sinnvolle Informationsgestaltung, dem System zu vertrauen, stellt sich auch das Komforterleben ein (Hartwich et al., 2020) und die Passagiere können das Fahren genießen (Engelbrecht, 2013). Komfort und Diskomfort müssen als zwei komplementäre Dimensionen betrachtet werden, die sich gegenseitig bedingen und ergänzen können.

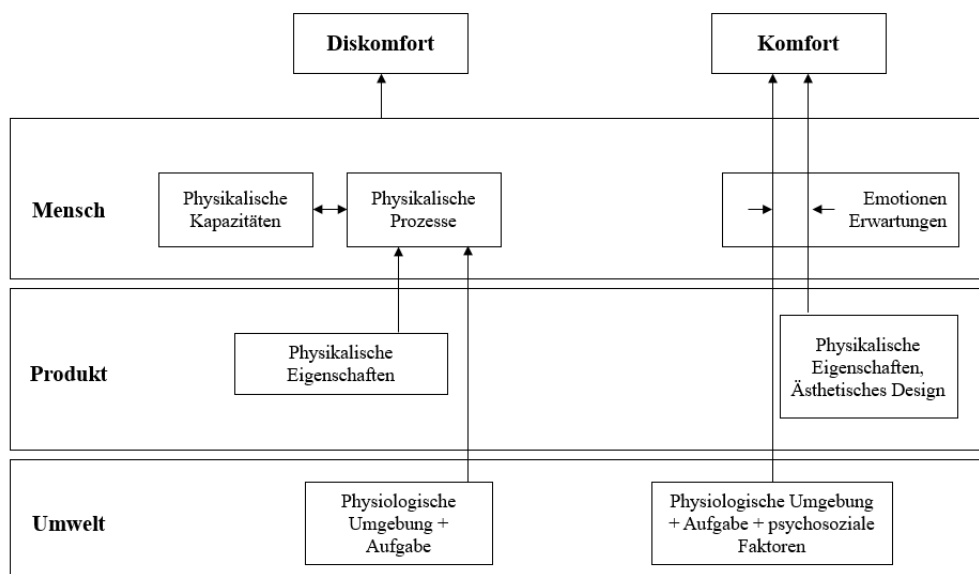


Abbildung 2-12 Komfortmodell. Eigene Darstellung nach Looze et al. (2003).

Diskomfort

Diskomfort ist aufgrund der physikalischen Einflussgrößen und affektiver Prozesse leichter zu erfassen als das latente und subjektive Konstrukt Komfort (Siebert et al., 2013). Diskomfort steht häufig im Zusammenhang mit Stress, Müdigkeit, mentaler Beanspruchung und Aufmerksamkeit (Andreassi, 2013; Charles & Nixon, 2019; Cowley et al., 2015). Die Erfassung von Diskomfort wird häufig auf Basis von psychophysiologischen Metriken wie Herzratenvariabilität (Brookhuis & Waard, 2011; Mehler et al., 2012), Hautleitfähigkeit (Cowley et al., 2015) und Pupillenreaktionen (Beggiato et al., 2019) durchgeführt. Es kann aber auch subjektiv erhoben werden (Siebert et al., 2013).

Diskomfort kann durch das Fahrverhalten beeinflusst werden. Ein riskantes Fahrverhalten führt zu höheren Stressreaktionen auf Basis der Hautleitwerte (Morris et al., 2017). Dieses Fahrverhalten ist geprägt von sogenannten „Jerks“, starkem Beschleunigungs- und Verzö-

gerungsverhalten, das ebenfalls zu erhöhtem Diskomforterleben führt (Bosetti et al., 2014). Beggiato et al. (2019) konnten zeigen, dass physiologische Reaktionen, wie vergrößerte Pupillen, besonders in Fahrsituationen mit hohem Diskomfort auftreten. Diskomfort wird insbesondere in komplexen Fahrsituationen, wie Kreuzungen, Baustellen, Autobahn-Auf- und Abfahrten und Kreisverkehren empfunden (Cahour, 2008; Didier, 2006; Healey & Picard, 2005). Zusätzlich hat das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmender einen Einfluss auf das Diskomforterleben (Dorantes Argandar et al., 2016). Auch externe Faktoren, wie Wetter, Tageszeit und Fahrbahnbedingungen können das Diskomforterleben beeinflussen (Cahour, 2008; Dorantes Argandar et al., 2016; Meng & Siren, 2012). Aus der Beifahrerliteratur (vgl. Kap 2.2) ist bekannt, dass Beifahrer sich in Situationen unwohl fühlen, die mit der Unvorhersehbarkeit der Situation und fehlender Kontrolle in Verbindung stehen (Ellinghaus & Schlag, 2001). Diskomfort ist assoziiert mit einem Gefühl der Unsicherheit und äußert sich in der fehlenden Bereitschaft zur Kontrollabgabe. Diskomforterleben und die Risikoerwartung kann durch Erfahrung mit dem System (Ward et al., 2017) und Vertrauen (Morris et al., 2017) in das System verbessert werden.

Komfort

Global wird Komfort definiert als *“a pleasant state of physiological, psychological and physical harmony between a human being and the environment”* (Slater, 1985, S. 4). Bezogen auf den Fahrer-Fahrzeug-Kontext fassen Beggiato et al. (2019) die für den Komfort relevanten Aspekte folgendermaßen zusammen: Komfort sei ein subjektives Konstrukt, das sich zwischen Personen unterscheide. Es werde durch physikalische, physiologische und psychologische Determinanten bestimmt und resultiere aus der Interaktion mit der Umwelt.

Komforterleben ist demnach ein subjektives Konstrukt, das auch durch Emotionen und Erwartungen, sowie psychosoziale Faktoren beeinflusst werden kann (vgl. Looze et al., 2003). Gerade in Bezug auf das automatisierte Fahren verändert sich der Komfortbegriff mit Wegfall der Fahraufgabe (Engelbrecht, 2013; Hartwich et al., 2020; Müller et al., 2017). Wahrgenommener Komfort ist entscheidend für die Akzeptanz der Automation (Arndt, 2011). Komfortaspekte, die nichts mit der Transportaufgabe zu tun haben, wie beim Personen-Flugverkehr rücken in den Vordergrund. So haben Diels et al. (2017) ein Modell zum Komforterleben beim vollautomatisierten Fahren aufgestellt, das auf dem Passagier-Komfortmodell im Flugverkehr von Ahmadpour et al. (2014) aufbaut. Demnach müssen für das Komforterleben beim vollautomatisierten Fahren die folgenden Aspekte beachtet werden:

- *Physical wellbeing* (körperliches Wohlbefinden). Das körperliche Wohlbefinden bezieht die physische Sicherheit ein, die das automatisierte Fahrzeug zur Verfügung stellen muss. Zum körperlichen Wohlbefinden zählen aber auch Geräusche, Vibrationen und der thermische Komfort. Diese Aspekte erhalten mehr Gewicht, wenn die eigene Fahraufgabe nicht mehr im Vordergrund steht.
- *Peace of mind* (Sorglosigkeit). Zusammen mit dem körperlichen Wohlbefinden stellt die Sorglosigkeit die wichtigsten Faktoren des Frameworks zum Komfort im

automatisierten Fahren dar. Zur Erfüllung der Sorglosigkeit gehört die Ausbildung eines adäquaten Vertrauenslevels (vgl. Kap. 2.3.5), um die Abgabe der Kontrolle zu ermöglichen. Dafür sehen die Autoren die Notwendigkeit, die richtige Art von Informationen zur Verfügung zu stellen. Sie weisen hier auf die „Holy Trinity“ aus Mode Awareness („Wer hat die Kontrolle über das Fahrzeug?“), Situation Awareness („Was sieht das Fahrzeug“) und Behavioural Awareness („Was tut das Fahrzeug?“; vgl. Diels & Thompson, 2017) hin.

- *Usability* (Benutzbarkeit). Die Benutzbarkeit schließt Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung der Nutzer bei der Aufgabenerfüllung ein (vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2019). Die Usability muss auch für die Ausübung nicht fahrrelevanter Aufgaben (NDRT) gewährleistet werden. Die Autoren vermuten, dass die Vorteile eines vollautomatisierten Fahrzeugs erst dann wahrgenommen werden, wenn tatsächlich auch andere Aufgaben (z. B. Arbeiten, Lesen, Spielen, Entspannen) erledigt werden können. Andernfalls könnte ständige Systemüberwachung zu vermindertem Komforterleben führen.
- *Pleasure* (Fahrfreude): Der Begriff der Fahrfreude wird sich durch automatisiertes Fahren verändern. Im Vordergrund stehen nicht mehr Beschleunigung und Kurvenlage, sondern Aspekte der Zeitnutzung und Unterhaltung (vgl. Eckoldt et al., 2012; Müller et al., 2017).
- *Aesthetics, Association and Proxemics* (Ästhetik, Assoziation und Proxemik): Auch die Ästhetik und die mit dem Produkt verbundenen Assoziationen müssen in die Entwicklung mit einbezogen werden. Es sollte sich nicht nur auf die visuellen Aspekte des Fahrzeugs bezogen werden, sondern auch haptische, taktile, auditive und olfaktorische Aspekte beachtet werden, um ein komfortables Erleben zu erzeugen und Akzeptanz zu schaffen (vgl. Sauer, 2020). Bisher besteht der Fokus darauf, die technischen Möglichkeiten hervorzuheben. Proxemik wird darüber hinaus von den Autoren verstanden als das Erleben von Privatsphäre und Kontrolle über die eigene Umgebung (vgl. Ahmadpour et al., 2014).

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Komfort und Diskomfort sind Aspekte, die das Erleben und Erleiden einer Fahrt beschreiben können. Komfort und Diskomfort sind sich ergänzende Dimensionen des Erlebens einer Fahrt. Für einen gelungenen Erstkontakt sollte Diskomfort und das damit verbundene Erleben von Unsicherheit und Stress reduziert werden. Gleichzeitig sollte das Komforterleben durch die Sicherstellung von physischem und psychischem Wohlbefinden gesteigert werden. Um das zu erreichen, muss dem Nutzer vermittelt werden, dass das Fahren sicher ist. Durch eine ästhetische und sinnvoll nutzbare Gestaltung der Inhalte, die auf die Rolle des Passagiers angepasst sind, kann das Komforterleben gesteigert werden und das vollautomatisierte Fahren zur Entlastung und Entspannung beitragen.

2.3.7 User Experience und automatisiertes Fahren

Eng verknüpft mit dem Komfort- und Diskomforterleben ist auch das Konstrukt der User Experience (dt. Nutzerlebnis; Bubb, 2015b). „In Verbindung mit dem Automobil haben User Experience und Emotionen schon immer zu einem Alleinstellungsmerkmal beigetra-

gen“ (Bengler, 2017, S. 79). User Experience beschreibt alle Aspekte der Interaktion mit einem Produkt. Dabei bezieht sie alle Aspekte des Erlebens vor während und nach der Benutzung mit ein (DIN ISO 9241 -210). Sie ist subjektiv, variiert zwischen Situationen und verändert sich über die Zeit (Hassenzahl, 2005). User Experience stellt ähnlich wie die Komfortmodelle die Bedürfnisbefriedigung in den Vordergrund. Die User Experience-Forschung zielt darauf ab die Qualität einer Interaktion zu optimieren, indem psychologische Bedürfnisse befriedigt werden und so pragmatische und hedonische Qualität hergestellt werden (Hassenzahl, 2005, 2008). Zentral für das zweidimensionale Konstrukt User Experience sind die hedonische und die pragmatische Qualität in einer Interaktion mit dem Produkt.

Die **pragmatische Qualität** bezeichnet in erster Linie ein sinnvoll gestaltetes Produkt, das benutzt wird, um external oder internal generierte Verhaltensziele zu erreichen (Hassenzahl, 2005). Typische Produktattribute sind „praktisch“, „voraussagbar“ und „übersichtlich“. Die pragmatische Qualität kann so mit dem Konstrukt Diskomfort bzw. Erleiden assoziiert werden (Bubb, 2015b). Die **hedonische Qualität** hingegen entspricht eher dem Komfort-Konstrukt und bezieht sich auf das subjektive Wohlbefinden. Sie teilt sich in die Aspekte Stimulation und Identität auf (Hassenzahl, 2005). Der Aspekt Stimulation stellt die persönliche Entwicklung durch das Produkt in den Vordergrund. Der Aspekt Identifikation zeigt an, inwiefern ein Produkt die Individualität des Nutzenden unterstützt und ausdrückt (Hassenzahl, 2005). Die beiden Dimensionen können annähernd unabhängig voneinander stehen. Das zeigt sich auch in der Stabilität der Dimensionen. Hassenzahl (2004) zeigt, dass die hedonische Qualität über die Zeit stabil bleibt, während die pragmatische Qualität durch Erfahrung beeinflusst werden kann. Das Konstrukt von Hassenzahl (2004) bezieht darüber hinaus noch einen zusätzlichen globalen Faktor **Attraktivität** mit ein, der die Schönheit und Güte des Produktes betrifft.

Durch eigene gesetzte Ziele und deren Gewichtung wird die wahrgenommene Produktqualität bestimmt. Besteht mit dem Produkt das Ziel, sich zu präsentieren, so kann ein Produkt die eigene Identität widerspiegeln und wird deshalb genutzt (auch wenn es nicht gebrauchstauglich ist). Ein Produkt zu erleben hat emotionale Konsequenzen, wie Zufriedenheit oder Freude. Das sind vorübergehende Effekte, die von bestimmten Situationen abhängen und die Ergebnisse der Erfahrung mit dem System widerspiegeln (Hassenzahl, 2005). Durch Erfahrungen, Einstellungen, Fähigkeiten, die Persönlichkeiten und den Nutzungskontext wird die User Experience beeinflusst (ISO-9241/210).

In Bezug auf das Fahren beschreiben Eckoldt et al. (2012), dass Driving Experience (dt. Fahrerlebnis) über den Komfort beim Fahren hinaus gehe. Sie sei eine individuelle Handlung, eine bedeutsame und positive Aktivität, die durch Kompetenz das Gefühl vermittele, die Kontrolle über eine herausfordernde Technik und Situation behalten zu können (S. 166; Eckoldt et al., 2012). Durch den Wegfall der Fahraufgabe und den Wandel der Fahrerrolle hin zum Passagier, geht dieses Fahrerlebnis verloren. Die Autoren schlagen daher vor die Freude am Fahren durch die Freude beim Fahren zu ersetzen, indem Aspekte, wie Sicher-

heit, Autonomie und Gemeinschaft gefördert werden (vgl. dazu auch Kap. 2.3.6). Rödel et al. (2014) konnten zeigen, dass junge Fahrer automatisiertes Fahren deshalb weniger akzeptieren, weil sie damit Langeweile und Kontrollverlust befürchten. Die Autoren weisen darauf hin, dass es daher wichtig sei, ein angenehmes Fahrerlebnis sicherzustellen. Um ein angenehmes Fahren zu ermöglichen, definieren Hassenzahl et al. (2010) sieben Basis-Bedürfnisse: *Autonomie, Kompetenz, Zugehörigkeit, Bedeutung, Stimulation, Sicherheit und Bekanntheit*. Um diese sicherzustellen und Langeweile beim Fahren zu vermeiden haben Frison et al. (2017) einen Fahrmodus („Hotzenplotz“) entwickelt, der Interaktionen der Nutzer mit dem automatisierten System ermöglicht. Diesen Modus verglichen sie mit einer automatisierten und einer manuellen Fahrt. Im Vergleich der verschiedenen Fahrmodi konnten sie zeigen, dass sich die Bewertung der pragmatischen Qualität der Fahrmodi nicht voneinander unterscheiden. Die hedonische Qualität wurde beim autonomen Fahren und dem „Hotzenplotz“-Modus aber signifikant höher bewertet als beim manuellen Fahren.

Auch Vertrauen steht im Zusammenhang mit User Experience. Vertrauen in automatisierte Systeme wird von verschiedenen Aspekten, wie Ästhetik und Darstellung beeinflusst (Hoff & Bashir, 2015). Durch eine adäquate Informationsgestaltung kann das Vertrauen in ein System erhöht werden und damit auch der subjektiv wahrgenommene Nutzen, also die pragmatische Qualität, verbessert werden (Frison et al., 2019). Frison et al. (2019) konnten zeigen, dass durch gutes und sinnvolles Design (hohe Bewertungen der User Experience) Misstrauen reduziert werden kann. Die Autoren zeigten, dass sowohl hedonische als auch pragmatische Qualität und Attraktivität positiv mit Vertrauen und negativ mit Misstrauen korrelierten. Zudem führte bessere Ästhetik zu signifikant höheren Ratings der Güte und damit auch der pragmatischen Qualität. Die Ergebnisse bestätigen damit auch das Interferenzmodell der User Experience (Hassenzahl & Monk, 2010) das besagt, dass sich eine ansprechende Gestaltung nicht nur auf hedonische Aspekte, sondern auch auf die Nutzbarkeit (Usability) und damit die pragmatische Qualität auswirkt und die Aspekte somit interferieren.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Die Qualität des Fahrens verändert sich durch den Wandel der Fahraufgabe. Aus der Freude am Fahren wird die Freude beim Fahren. Ein zufriedenstellender Erstkontakt hängt von der Befriedigung der Bedürfnisse *Autonomie, Kompetenz, Zugehörigkeit, Bedeutung, Stimulation, Sicherheit und Bekanntheit* ab. Sowohl Aspekte der Nutzbarkeit als auch der Hedonomie müssen beachtet werden, um einen gelungenen Erstkontakt sicherzustellen. Es ist wichtig, den Nutzer mit der Abgabe der Fahraufgabe nicht zu langweilen, sondern ihm den Produktnutzen zu vermitteln und aus der Nutzung ein positives Erlebnis zu machen.

2.3.8 Unheimlichkeit und Automation

Das vollautomatisierte Fahren wird häufig als „gruselig“ oder „unheimlich“ beschrieben. Aus der Robotik ist das Phänomen des sogenannten „Uncanny Valley“ (dt. unheimliches Tal; Mori et al., 2012) bekannt. Demnach besteht ein nicht linearer Zusammenhang der

Menschenähnlichkeit einer künstlich erschaffenen Figur und seiner Vertrautheit (jap. „shinwakan“ - der japanische Begriff ist ein Neologismus, der mit Wärme und Komfortleben assoziiert wird; Ho & MacDorman, 2010). Die Hypothese von Mori et al. (2012) besagt, dass die Menschlichkeit eines Roboters so lange akzeptiert wird, bis sie einen bestimmten Punkt erreicht hat (vgl. Abbildung 2-13). Ab dem Punkt, an dem Leblosigkeit und Lebendigkeit zu stark verschwimmen, beginnt das „Uncanny Valley“. In diesem Unheimlichkeitstal nimmt die Akzeptanz/Vertrautheit rapide ab und kehrt sich in Unheimlichkeit um. Erst, wenn ein Roboter annähernd menschengleich ist, kann das Tal überwunden werden.

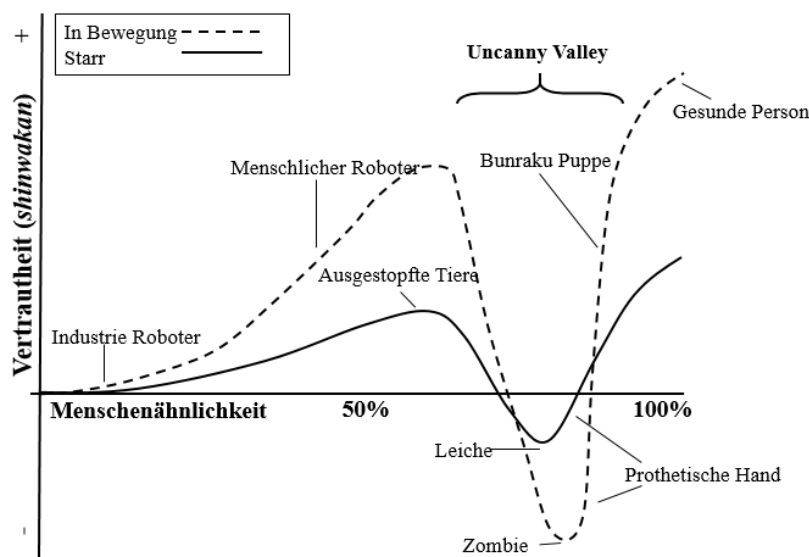


Abbildung 2-13 Darstellung des hypothetischen Zusammenhangs zwischen Menschlichkeit und Vertrautheit. Eigene Darstellung nach Mori et al. (2012).

Dieses Unheimlichkeitserleben scheint in der Unsicherheit der kategorialen Einordnung menschenähnlicher Systeme begründet zu sein (Yamada et al., 2013). So haben Versuchsteilnehmende in einer Studie reale menschliche Gesichter und bearbeitete menschenähnliche Bilder oder Cartoons bewertet. Yamada et al. (2013) konnten dabei zeigen, dass die meisten Schwierigkeiten der kategorialen Einordnung in der Bewertung von zwei sehr ähnlichen Objekten aus unterschiedlichen Kategorien aufkamen. Diese wurden mit einer negativen Bewertung verbunden. Je schwerer die Zuordnung einer Figur oder eines Systems in eine bestimmte Kategorie fällt, je mehr Unsicherheit entsteht und umso unheimlicher wird die Figur oder das System bewertet.

Nicht nur das Aussehen, auch die Bewegung haben einen Einfluss auf die Bewertung der Menschlichkeit. Insgesamt fällt das Uncanny Valley tiefer aus, wenn Figuren sich bewegen können (vgl. Abbildung 2-13), denn durch die Diskrepanz zwischen Erwartungen und tatsächlichem Verhalten des Systems entsteht größere Unheimlichkeit (MacDorman & Ishiguro, 2006).

Die Vertrautheit in ein System kann beeinflusst werden durch die Verständlichkeit bzw. Vorhersagbarkeit des Systems. Mara und Appel (2015) konnten zeigen, dass eine nachvollziehbare Erläuterung über einen Androiden zu weniger wahrgenommener Unheimlichkeit führte. Die Autoren variierten die Erläuterung in zwei Ausprägungen und einer Baseline (keine Erläuterung). Eine Erläuterung beinhaltete eine adaptierte Form der Betriebsanleitung, die andere Erläuterung bettet die gleichen Informationen in eine Science-Fiction-Geschichte ein. Die Ergebnisse zeigten, dass die wahrgenommene Unheimlichkeit deutlich niedriger ausfiel, wenn die Informationen durch die Science-Fiction Geschichte gut verständlich aufbereitet waren und somit die Bedeutung des Systems besser nachvollziehbar war. Die Gebrauchsanweisung konnte im Vergleich zur Baseline keinen nennenswerten Einfluss auf die Unheimlichkeitswahrnehmung nehmen (Mara & Appel, 2015).

Bezogen auf den Fahrzeugkontext bedeutet das, dass durch die steigende Automatisierung das Verhalten eines Fahrzeugs eine Unsicherheit über das Verhalten entstehen kann. Fehlende Klarheit darüber, wie sich das System in unterschiedlichen Fahrsituationen verhält und welche Aufgaben es übernimmt, führen so zu wahrgenommener Unheimlichkeit. Daraus können Unter- oder Überschätzung des Systems führen, die in Überwachungs- und Nutzungsfehlern resultieren (Flemisch et al., 2017). Um das zu vermeiden, empfehlen die Autoren, das Verhalten des automatisierten Systems dem Nutzer gut verständlich zu vermitteln.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Dadurch, dass das automatisierte Systemverhalten sich nur bedingt von dem Verhalten eines manuell gefahrenen Fahrzeugs unterscheidet, wird es häufig als unheimlich wahrgenommen. Damit das System nicht als unheimlich wahrgenommen wird, ist es entscheidend, Informationen zu vermitteln, die es dem Nutzer ermöglichen, das System zu verstehen und seine Fähigkeiten in ein mentales Modell einzuordnen.

2.3.9 Blick und automatisiertes Fahren

Das Blickverhalten kann wertvolle objektive Informationen im Bereich der Mensch-Maschine Interaktion liefern. Über das Blickverhalten können zum Beispiel Workload (Wang et al., 2014) und Situationsbewusstsein (Ratwani et al., 2010) abgebildet werden. Beim manuellen Fahren finden visuelle Suchstrategien Anwendung (vgl. Kap. 2.1.3). Diese verändern sich insbesondere durch die Fahrerfahrung. Novizen fokussieren das direkte Sichtfeld vor dem Fahrzeug, während erfahrende Fahrer den Blick weiter nach vorne auf die Straße richten (Underwood et al., 2003) und so das Fahrverhalten anderer besser antizipieren können. Konstantopoulos et al. (2010) zeigten auch, dass sich die visuellen Suchstrategien von erfahrenen Fahrern beim manuellen Fahren verbessern und die Spiegel häufiger verwendet werden.

Das Blickverhalten beim assistierten und automatisierten Fahren unterscheidet sich von dem Verhalten beim manuellen Fahren. Beggiato, Hartwich et al. (2015) konnten im Vergleich der verschiedenen Automationsstufen im Fahrsimulator zeigen, dass die Teilneh-

menden beim vollautomatisierten Fahren weniger Kontrollblicke auf die Straße durchführten und weniger bis gar keine Blicke in Spiegel und Instrumentencluster warfen. Beim autonomen Fahren werden außerdem weniger Fixationen auf die Straße ausgeführt, als beim manuellen Fahren (Jamson et al., 2013; van der Meulen et al., 2016) demgegenüber nimmt das visuelle Scanning-Verhalten beim assistierten bzw. teilautomatisierten Fahren im Vergleich zum manuellen Fahren zu (Louw & Merat, 2017; Weißgerber et al., 2012).

Das Blickverhalten ist darüber hinaus ein guter Indikator für den wahrgenommenen Automationsmodus (Mode Awareness) des Nutzers (Kurpiers et al., 2020). Feldhütter et al. (2019) konnten im statischen Fahrsimulator zeigen, dass beim manuellen Fahren die mittlere anteilige Beachtung der Straßenmitte (Attention Ratio) bei 89 % lag. Sie reduzierte sich signifikant auf 51 % in einer ersten und auf 15 % in der zweiten teilautomatisierten Fahrt.

Es gibt Hinweise darauf, dass die Tendenz, ein System zu überwachen, mit dem Vertrauen in das System in Verbindung steht. Vertraut ein Überwacher einem automatisierten System, neigt er weniger dazu, das System zu überwachen (Moray, 2000). Diese Erkenntnisse konnten auch Körber et al. (2018) in einer Simulatorstudie zeigen. Höheres subjektives Vertrauen war verbunden mit weniger Blicken und niedrigerem Überwachungsverhalten der Fahraufgabe sowie höheren Blickdauern, die auf nicht fahrbezogene Aufgaben verwendet wurden. In ähnlichen Versuchsaufbauten konnte der Zusammenhang zwischen Blickverhalten und subjektiv berichtetem Vertrauen im Fahrsimulator bestätigt werden (Hergeth et al., 2016) und negative Korrelationen zwischen Vertrauen und Überwachungsverhalten aufgezeigt werden (Walker et al., 2018; Walker et al., 2019).

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass ein Zusammenhang zwischen Vertrauen und Blickverhalten während hochautomatisierter Fahrten besteht und sich das Blickverhalten als objektives Maß zur Erfassung des Vertrauens eines Nutzers eignet (Gold et al., 2015; Hergeth et al., 2016; Walker et al., 2018).

Betrachtet man das Blickverhalten von Beifahrern bzw. Passagieren zeigen sich Unterschiede in Abhängigkeit vom Fahrmodus. Strauch et al. (2019) konnten zeigen, dass Passagiere in Feldversuchen bei einer autonomen Fahrt häufiger sicherheitsrelevante Bereiche (wie Straße und Lenkrad) fixierten als beim manuellen Fahren. Da nur geringe Zusammenhangsmaße zwischen Vertrauen und Blickverhalten gefunden wurden, schlussfolgern die Autoren, dass das Blickverhalten als objektives Maß für Vertrauen bei Passagieren im Vergleich zu Fahrern oder Überwachenden durch subjektive Erhebungsmaße ergänzt werden sollte.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Das Blickverhalten gibt Aufschluss darüber, welche Informationen beim automatisieren Fahren beachtet werden. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass gerade mit niedrigem Vertrauen in ein automatisiertes System, das Blickverhalten dem Blickverhalten beim manuellen Fahren ähnelt: Es werden besonders sicherheitsrelevante Informationen wie die Geschwindigkeit in Clusterelementen oder Informationen zur Fahrbewegung durch das Lenkrad gesucht.

Mit steigender Automation und zunehmendem Vertrauen in das System werden diese Informationen weniger beachtet. Die Nutzer beschäftigen sich eher mit fahrfremden Tätigkeiten und wenden den Blick von der Straße ab.

2.3.10 Interindividuelle Einflussfaktoren

Neben den vorgestellten Dimensionen, die das Erleben des Erstkontaktes beschreiben können, wird dieser von individuellen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören unter anderem persönliche Einstellungen zum automatisierten Fahren (vgl. initiales Vertrauen Kap. 2.3.5; Zhang et al., 2020) oder die Einstellung zur Technik (Dai et al., 2020). Auch die Beifahrerbereitschaft und demografische Faktoren, wie das Alter (Hartwich et al., 2019) beeinflussen das Erleben einer vollautomatisierten Fahrt, ebenso wie der eigene und der Fahrstil des automatisierten Fahrzeugs. Im Folgenden wird auf einige weitere Einflussfaktoren eingegangen.

Technikaffinität

Technikaffinität kann als Persönlichkeitseigenschaft gesehen werden, die sich in einer positiven Einstellung, bzw. Begeisterung für und Vertrauen gegenüber Technik ausdrückt und sich so auch auf das Wissen und die Erfahrung mit Technik auswirkt (Karrer et al., 2009). Liljamo et al. (2018) stellten in Befragungen fest, dass unterschiedliche Nutzergruppen das vollautomatisierte Fahren unterschiedlich gut annehmen würden. Demnach sind die sogenannten „Early Adopter“, also eine Personengruppe, die sich durch ein besonderes Interesse gegenüber der Technik und Innovationsbegeisterung auszeichnen, die Nutzer, die dem vollautomatisierten Fahren besonders positiv gegenüberstehen. Dabei ist zu beachten, dass „Early Adopter“ oder Technik-interessierte nicht zwangsläufig junge Menschen sein müssen, sondern aus allen Altersschichten kommen können. Dai et al. (2020) konnten in Befragungen ebenfalls zeigen, dass eine positive Einstellung zur Technik die Nutzungsbereitschaft für ein automatisiertes Fahrzeug begünstigen kann.

Beifahrerbereitschaft

Bisher wird in den meisten Fällen das autonome Fahren mit den eigenen Erfahrungen als Fahrer verglichen, anstatt die Analogie zum Gefahrenwerden als Beifahrer oder Passagier herzustellen (Ive et al., 2015; Meschtscherjakov et al., 2017; Strauch et al., 2019). Molnar et al. (2018) zeigten, dass Personen, die gerne Beifahrer sind, bzw. beim Mitfahren höheren Komfort erleben auch eher automatisierten Systemen Vertrauen.

Soziodemografische Einflussfaktoren

Alter, Geschlecht, Fahrerfahrung und sozioökonomischer Status können die Einstellungen gegenüber dem autonomen Fahren beeinflussen (Haboucha et al., 2017; Hulse et al., 2018; Kyriakidis et al., 2015; Kyriakidis et al., 2017; Payre et al., 2014). In Befragungen konnten Liljamo et al., 2018 aufzeigen, dass männliche, gut ausgebildete Personen, Personen in dicht besiedelten Gegenden und Personen, die in Haushalten ohne Fahrzeug leben, dem automatisierten Fahren positiver gegenüber stehen als andere Befragte. Ob sich dies aller-

dings auch im direkten Kontakt mit einem vollautomatisierten Fahren bestätigt, bleibt zu prüfen.

Der Einfluss von Alter und Fahrerfahrung konnte bereits in Studien gezeigt werden. Insbesondere in Bezug auf das assistierte und teil-automatisierte Fahren geben gerade ältere Teilnehmende mit größerer Fahrerfahrung an, der Nutzung automatisierter Fahrzeuge positiver gegenüber zu stehen, als jüngere Personen (Hartwich et al., 2019; Weller & Schlag, 2004). Auch das Kontrollbedürfnis unerfahrener Fahrer ist höher als das Kontrollbedürfnis erfahrenerer Teilnehmender (Rödel et al., 2014).

Fahrstil

Der Fahrstil des automatisierten Fahrzeugs kann das Erleben der vollautomatisierten Fahrt beeinflussen und zu positiven Erfahrungen, Komfort und Akzeptanz beitragen (Bellem et al., 2016; Hartwich et al., 2018). Ein regelkonformer Fahrstil des selbstfahrenden Fahrzeugs kann zu höherem Vertrauen und niedrigerem Stresserleben führen als eine riskante Fahrweise (Morris et al., 2017). Mühl et al. (2020) konnten zeigen, dass Teilnehmende einen menschlich defensiven Fahrer dem automatisierten Fahren und einer riskanten Fahrweise vorziehen. Dabei muss beachtet werden, dass der Fahrstil ein sehr subjektives Konstrukt ist. Befragte äußern häufig, dass sie einen Fahrstil bevorzugen würden, der dem eigenen ähnelt. Dabei machen sie häufig Fehler beim Erkennen ihres eigenen Fahrstils. Sie schätzen die eigenen Fahrcharakteristika als defensiver ein, als sie es tatsächlich sind (Basu et al., 2017). Der Fahrstil eines automatisierten Fahrzeugs sollte somit defensiver sein als das eigene Fahrverhalten.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Interindividuelle Aspekte beeinflussen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren. Technikaffinität, Alter und Fahrerfahrung können das Erleben beeinflussen und müssen in der Entwicklung des Anzeigeconzeptes beachtet werden.

2.3.11 Informationen und vollautomatisiertes Fahren

Das Erleben einer vollautomatisierten Fahrt kann durch viele unterschiedliche Aspekte beeinflusst werden. Die Vermittlung von Informationen und Transparenz des Fahrverhaltens sowie das Wissen über das System sind dabei entscheidende Faktoren, die das Erleben und die Nutzungsintention begünstigen können (Buckley et al., 2018). Simon (2005) konnte bereits positive Effekte eines Informations- und Anzeigeconzeptes für die ACC-Nutzung demonstrieren. Informationen beeinflussen das Vertrauenslevel, die Verlässlichkeit der Automation und die Übernahme in kritischen Situationen (Körper et al., 2018). Welche Informationen für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren vermittelt werden müssen und wie die Informationsdarbietung gestaltet sein sollte, wird im Folgenden näher erläutert.

Informationsbedarf beim vollautomatisierten Fahren

Die Vermittlung von Informationen und der Aufbau von Wissen über ein (automatisiertes) System fördern die Entwicklung und Anpassung eines adäquaten mentalen Modells (Norman, 1990) und stellen sicher, dass die Erwartungen und Wahrnehmungen des Nutzers getroffen werden (Walch et al., 2017). Dadurch wird eine häufigere bzw. korrekte Nutzung des Systems gewährleistet (Xu et al., 2018).

Der Informationsbedarf beim vollautomatisierten Fahren unterscheidet sich von dem, den die Nutzer während assistierter und manueller Fahrten haben (Beggiato, Hartwich et al., 2015). Beim manuellen Fahren benötigen die Nutzer Informationen die ihnen das Bewusstsein über die aktuelle Situation (*Situation Awareness*) ermöglichen und bei der Ausführung der primären Führungsaufgaben (*Behavioural Awareness*) unterstützen. Beim assistierten Fahren ist darüber hinaus die Information über den Aktivierungszustand des Systems und deren Tätigkeiten (*Mode Awareness*) notwendig. Beim vollautomatisierten Fahren müssen vor allem Transparenz, Vergleichbarkeit und Vorhersagbarkeit ermöglicht werden (Beggiato, Hartwich et al., 2015; Diels & Thompson, 2017). So sollten (wenig detailliert) Informationen darüber vermittelt werden, wie das Fahrzeug die Umgebung wahrnimmt (Bengler et al., 2012). Erklärungen und Informationen zum Fahrgeschehen können das Vertrauen zudem erhöhen.

Dazu untersuchten Diels und Thompson (2017), welche Informationen Nutzer während einer vollautomatisierten Fahrt in einem statischen Fahrsimulator in unterschiedlichen städtischen Situationen erwarten. Die Ergebnisse zeigen, dass Informationen zum *Situationsbewusstsein* des Fahrzeugs („Was sieht das Fahrzeug“) und zum Verhalten (sog. *Behavioural Awareness*) des Fahrzeugs angezeigt werden sollen („Was tut das Fahrzeug“). Die Autoren zeigten zudem, dass sich in Abhängigkeit von Situation und Kritikalität das Informationsbedürfnis verändert. Kreuzt eine Person die Straße, sind die erkannte Person und der Abstand zu ihr wichtige Informationen. Befindet sich die Person hingegen auf dem Bordstein, sind diese Information weniger relevant (Diels & Thompson, 2017).

Darüber hinaus kann die Art der Information zur Verständlichkeit beitragen. Denn wenn der Nutzer oder die Nutzerin Systeme oder Eigenschaften nicht versteht, führt dies zu Frustration und zur falschen oder Nichtnutzung der jeweiligen Funktion (Norman, 2015). Um Missverständnisse und Mehrdeutigkeiten zu vermeiden, sollte klar kommuniziert werden, was falsch ist, anstatt nur zu kommunizieren, dass etwas falsch läuft (Selkowitz et al., 2017). Die Natur des Feedbacks ist es, den Nutzer über den direkten Outcome des Systems zu informieren. Beim autonomen Fahren ist es wichtig, bereits vor dem Ereignis zu informieren, sodass sich der Nutzer auf die Situation vorbereiten kann (Koo et al., 2015). Diese Feedforward Information erlaubt es dem Fahrenden, angemessen auf die Situation zu reagieren und Vertrauen aufzubauen, dass das Fahrzeug aus einem guten Grund handelt. So fanden Koo et al. (2015) heraus, dass die verbale Erklärung allein, wie ein Fahrzeug funktioniert („How“-Information) die Fahrperformanz verschlechtern kann. Dagegen kann die Begründung für ein bestimmtes Fahrverhalten („Why“-Information) zur besseren Perfor-

manz führen. Wenn sowohl die Begründung als auch die Erläuterung für das Fahrverhalten zur Verfügung standen („How“- und „why“-Information), führte das zum sichersten Fahrverhalten.

Informationsdarbietung

Es kommt auch auf die Gestaltung der Informationen an (Koo et al., 2015). Diese müssen auf die Nutzer und ihre Bedürfnisse angepasst werden. Borst (2016) schlägt dafür eine mensch-zentrierte Automation vor. Der Mensch sollte die Möglichkeit haben, das System zu beobachten, um die Rationalität der Automation (also deren Entscheidungen) zu verstehen. Der Autor empfiehlt, die Automation und den zugrunde liegenden Algorithmus so zu designen und darzustellen, dass der Nutzer den Eindruck hat, sein mentales Modell würde mit dem mentalen Modell des Fahrzeugs übereinstimmen.

Zur Gestaltung der Informationen können aus den bisherigen Studien Empfehlungen abgeleitet werden. Es sollten zu Beginn ausreichend Informationen redundant dargestellt werden. Bauerfeind et al. (2019) stellten fest, dass die Nutzer einem teilautomatisierten System eher vertrauen, wenn ihnen mehr und redundante Informationen angezeigt werden. Die Autoren verglichen ein einfaches Konzept mit wenig Informationen und ein Anzeigeformat mit vielen Informationen, die redundant im Head up-Display, Innenspiegel und dem Kombi angezeigt wurden und konnten zeigen, dass gerade zu Beginn das Maximal-HMI gegenüber der reduzierten Informationsanzeige bevorzugt wurde. Die Autoren vermuten, dass die wiederkehrende Nutzung das Vertrauenslevel beeinflusst, und schlagen daher ein adaptierbares Anzeigeformat vor (Bauerfeind et al., 2019). Wichtig bei der Anzeige der Informationen ist es aber, Information Overload zu vermeiden (Burnett, 2009; Guenes et al., 2018; Norman, 2015). Es sei also weder notwendig noch sinnvoll, alle möglichen Informationen zu vermitteln (Westin et al., 2016). Stattdessen sollten die Informationen vermittelt werden, die die Vertrauensentwicklung fördern. Um eine geeignete Balance zwischen zu viel und zu wenig Informationen herzustellen, empfehlen Creaser und Fitch (2015) die Informationen auf Basis ihrer Kritikalität zu priorisieren.

In Studien von Wiegand et al. (2019) wurde ein Visualisierungsmodell entwickelt, das sowohl die Wahrnehmung des Fahrzeugs als auch Überlegungen/Abwägungen und das Handeln des Fahrzeugs beinhaltet. Die Wahrnehmung beinhaltet alle Komponenten bezüglich Sensoren, Objekterkennung, Lokalisierung, Tracking, Karten und die Fusionierung der Daten. Die Abwägungsebene beinhaltet Routenplanung, Umgebungsmodell, Umgebungswahrnehmung und Trajektorien-Planung. Das Fahrzeugverhalten beinhaltet die Durchführung der berechneten Fahrhandlungen. Das Visualisierungsmodell wurde durch Experten und Endnutzer bewertet. Dabei zeigte sich, dass sich das mentale Modell der Endnutzer nicht substanziell von dem der Experten unterscheidet. Die Experten merkten an, dass für das Nachvollziehen der Fahrentscheidung ein Umgebungsmodell sinnvoll wäre. Die Abbildung der Trajektorien-Planung und der Entscheidungsalgorithmen erschienen ihnen für den Endnutzer zu komplex. Die Autoren schlussfolgerten, dass sich dementsprechend die Ausgestaltung bzw. die Komplexität der Informationen, die der Endnutzer benötigt, von

dem Expertenwissen unterscheidet. Für die Endnutzer ist es wichtig, zu wissen, dass das Fahrzeug „Gefahren vorhersehen kann“ und „Erklärt, was es tut“. Im Kern benötigen Experten und unerfahrene Nutzer die gleichen Informationen, die Veranschaulichung der Informationen unterscheidet sich jedoch (Wiegand et al., 2019).

Die Darstellung der Informationen sollte das menschliche Verhalten imitieren. Hinsichtlich der richtigen Darstellungsform verglichen Ruijten et al. (2018) ein grafisches Nutzerinterface und ein konversatives Interface miteinander. Sie zeigten dabei, dass dem konversativen Nutzerinterface mehr Vertrauen entgegengebracht wurde, es wurde hinsichtlich Likeability besser bewertet und als intelligenter wahrgenommen als das grafische Interface. Die Autoren schließen daraus, dass autonome Fahrzeuge mit einem Interface ausgestattet werden sollten, das das menschliche Verhalten imitiert, um beim Vertrauensaufbau und der Akzeptanz des automatisierten Systems zu unterstützen.

Zudem muss die Rolle der Ästhetik im Rahmen der Informationsgestaltung mit einbezogen werden. Dadurch, dass Anzeigekonzepte künftig keinen funktionalen, sondern nur noch informierenden Charakter bekommen, verändern sich auch die Anforderungen an die Gestaltung dieser Systeme (Ekman et al., 2016).

Veränderung des Informationsbedürfnisses

Für die erste Nutzungsphase werden daher viele und detailliertere Informationen gefordert (Beggiato, Hartwich et al., 2015). Das sich die Informationsbedarfe verändern und sich mit zunehmender Systemerfahrung reduzieren werden, da sind sich die Forscher zwar einig (Bauerfeind et al., 2019; Beggiato, Hartwich et al., 2015; Diels & Thompson, 2017; Reilhac et al., 2017), gezeigt werden konnte dies für die Vollautomation bisher nicht. Auch weil bisher keine Längsschnittstudien mit den Fahrzeugen umsetzbar sind. Art und Häufigkeit der Informationen, sowie der Zeitraum, in dem diese Informationen den Passagieren zur Verfügung gestellt werden sollten, sind demnach noch zu bestimmen.

Informationen für das vollautomatisierte Fahren

Einige der oben vorgestellten Studien identifizieren konkrete Informationen, die während der vollautomatisierten Fahrt notwendig sind. So erfassten Hartwich et al. (2020) beispielsweise als wichtigste Informationen die *aktuelle Geschwindigkeit*, den Typ des *nächsten Fahrmanövers* und *Informationen zu Hindernissen*, den *Automationsstatus* und *vorausfahrende Fahrzeuge*. Ruijten et al. (2018) stellten darüber hinaus fest, dass die Anzeige der *Zuverlässigkeit*, mit der das automatisierte System seine Entscheidungen treffen könnte, ebenfalls zum Vertrauensaufbau beitrüge. Dabei darf allerdings immer nur hohe Zuverlässigkeit angezeigt werden, was diese Anzeige ad absurdum führen würde.

In Tabelle 2-1 sind die Informationen zusammengestellt, die in der Literatur für Beifahrer (vgl. Kap. 2.2) und Passagiere vollautomatisierter Fahrzeuge als notwendig erfasst wurden.

Tabelle 2-1 Übersicht der für den Erstkontakt relevanten Informationen.

| Information | Beifahrer-Literatur | Literatur autom. Fahren |
|---|---|--|
| Ziel bzw. Zeit und Distanz bis zum Ziel | Inbar & Tractinsky (2011) | Beggiato et al. (2015), Hartwich et al. (2020) |
| Aktuelle Position auf der Karte | Inbar & Tractinsky (2011), Perterer et al. (2013) | Hartwich et al. (2020) |
| Stauvorhersage | Perterer et al. (2013) | - |
| Aktuelles Manöver | Perterer et al. (2013) | Beggiato et al. (2015), Hartwich et al. (2020) |
| Bevorstehendes Manöver | - | Beggiato et al. (2015), Diels & Thompson (2017), Wiegand et al. (2019), Hartwich et al. (2020) |
| Richtungs- und Abbiegehinweise | Perterer et al. (2013) | - |
| Geschwindigkeit | Perterer et al. (2013) | Beggiato et al. (2015), Hartwich et al. (2020) |
| Systemstatus/Systemstabilität | Perterer et al. (2013) | Beggiato et al. (2015), Hartwich et al. (2020), Ruijten et al. (2018) |
| Andere Verkehrsteilnehmende | Perterer et al. (2013) | Beggiato et al. (2015), Diels & Thompson (2017), Wiegand et al. (2019), Hartwich et al. (2020) |
| Hindernisse | - | Diels & Thompson (2017), Wiegand et al. (2019), Hartwich et al. (2020) |
| Verkehrszeichen und Regeln (inkl. Geschwindigkeitsbeschränkung) | Perterer et al. (2013) | Diels & Thompson (2017), Wiegand et al. (2019), Hartwich et al. (2020) |
| Aktuelles Wetter | Perterer et al. (2013) | - |
| Sehenswürdigkeiten, Points of Interest (POIs) | Inbar & Tractinsky (2011), Perterer et al. (2013) | - |
| Kritische Wetter – und Fahrbahnverhältnisse | Perterer et al. (2013) | - |
| Möglichkeit einzugreifen | - | Diels & Thompson (2017), Hartwich et al. (2020) |
| Umgebungsmodell | - | Wiegand et al. (2019) |

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Informationen für den Erstkontakt müssen Transparenz, Vorhersagbarkeit und Vergleichbarkeit ermöglichen. Sie müssen vermitteln, was das Fahrzeug sieht und wie es daraufhin handelt. Das bedeutet, sie müssen das Situationsbewusstsein und das Verhaltensbewusstsein des Fahrzeugs widerspiegeln. Gleichzeitig dürfen sie den Nutzer nicht überfordern und müssen auf den Nutzer und seine Bedürfnisse angepasst werden. Die Informationsbedürfnisse verändern sich durch die Erfahrung mit dem System und dem damit verbundenen Vertrauensaufbau. Informationen, die für einen Beifahrer relevant sind, ähneln den Informationen, die für Nutzer automatisierter Fahrzeuge notwendig sein können.

2.3.12 Erhebungsmethoden zum Erleben des vollautomatisierten Fahrens

Erfahrungen mit vollautomatisiertem Fahren im Realverkehr zu berichten ist bisher kaum möglich (Strauch et al., 2019). Die Datenerhebung ist daher nicht einfach. Dennoch finden bereits viele unterschiedliche Methoden der Erhebung ihre Anwendung. Einige davon werden im Folgenden kurz skizziert (für einen ausführlichen Überblick vgl. Naujoks et al., 2020).

(Online-)Befragungen

Im Rahmen von (Online-)Befragungen können Grundlagen für die potenzielle Nutzung vollautomatisierter Fahrzeuge geschaffen werden. Sie generieren einen Blick in die breite Bevölkerung (z. B. Kyriakidis et al., 2015). Allerdings kann das Verständnis darüber, wie automatisiertes Fahren funktioniert, sehr unterschiedlich sein (Wiegand et al., 2019). In Befragungen kann nur bedingt sichergestellt werden, dass die Befragten ein einheitliches Verständnis der Automation haben. Das bringt einen Erwartungsbias mit sich, der die Ergebnisse nicht unbedingt auf die Realität übertragbar macht (Dai et al., 2020).

Videoarbeitsplätze

Eine andere Möglichkeit, Aspekte der automatisierten Fahrt zu erheben, ist die Verwendung von Bildern oder Videos automatisierter Fahrszenarien (z. B. Diels & Thompson, 2017). Damit kann sichergestellt werden, dass die Teilnehmenden vergleichbare Situationen erleben und ein ähnliches Verständnis der Automation haben. Allerdings besteht im Video kein reales Risikoerleben. Es ist somit kaum möglich, ein immersives Erlebnis zu erzeugen (Faas et al., 2020). Videos sind nicht vergleichbar mit einem Erleben in der realen Umwelt, bieten aber die Möglichkeit kosteneffizient kontrollierte Eindrücke der Automation zu generieren.

VR-Simulation

Das immersive Erleben kann verbessert werden, indem Videos bzw. Aufnahmen in einer virtuellen Realität simuliert werden (z. B. Schmidt et al., 2019). Der Aufwand der Bildgestaltung ist zwar höher als bei herkömmlichen Videos, ermöglicht aber eine stärkere Immersion (Fuest et al., 2020). Die VR Simulation gilt im Vergleich zum Aufbau eines Fahrzeugs als relativ kosten- und aufwandseffizient und bietet die Möglichkeit, das immersive

Erlebnis in unterschiedlichen Settings oder Ländern zu ermöglichen (Fuest et al., 2020), um Vergleichbarkeit herzustellen. VR-Simulationen werden allerdings häufig für die Anwendung im Stehen bzw. außerhalb eines Fahrzeugs verwendet, da sich in Bewegung die Gefahr von Motion Sickness stark erhöht (Dużmańska et al., 2018). Die Methodik eignet sich eher zur Bewertung externer Anzeigen, die außerhalb des Fahrzeugs angebracht sind und z. B. Fußgänger über das Fahrverhalten informieren.

Simulatoren/Sitzkisten

Ein etabliertes und häufig verwendetes Verfahren zur Erfassung von Fahrer-Fahrzeug-Interaktionen stellt die Simulation einer teilautomatisierten Fahrt im Fahrsimulator dar (z. B. Gold et al., 2015). Durch die Einführung von dynamischen Fahrsimulatoren kann eine realitätsnahe Fahrdynamik ermöglicht werden (Winner & Zöllner, 2019). So können insbesondere sicherheitskritische Situationen abgebildet und Übernahmeszenarien erprobt werden, ohne dass unkontrollierbare Sicherheitsrisiken entstehen. Die Passagier-/Beifahrerperspektive kann dadurch eingenommen werden (Meschtscherjakov et al., 2017). Doch ist das Fehlen eines realen Risikos nicht nur Vor- sondern auch Nachteil (Weiß, 2009), da das tatsächliche Erleben der Fahrt nur eingeschränkt möglich ist. Diese Methode eignet sich besonders gut zur Erhebung von Fragestellungen im teilautomatisierten Bereich und für Übergaben zwischen Mensch und Fahrzeug. Durch den Wegfall der Fahraufgabe beim vollautomatisierten Fahren stellt der Fahrsimulator keine geeignete Methode für neue Fragestellungen dar (Manstetten et al., 2019).

Autonome Shuttlebusse

In den letzten Jahren wurden sogenannte „Driverless Pods“ in immer mehr Städten eingesetzt. Diese fahrerlosen Minibusse fahren im Niedergeschwindigkeitsbereich bis ca. 15 km/h eine meist vom Realverkehr abgetrennte Strecke (häufig ca. 1 km), die sich im öffentlichen Raum befindet (z. B. an Flughäfen, auf Messegeländen). Die fahrerlosen Busse sind für die Öffentlichkeit zugänglich und können so eine Erfassung der generellen Meinung über den potenziellen Nutzen der Systeme aus der Passagierperspektive ermöglichen (z. B. Nordhoff et al., 2018). Durch die Erfahrung mit diesen Systemen entwickelten die Passagiere eine positive Meinung über die Sicherheit beim Fahren und das wirkte sich auch auf die Nutzungsbereitschaft aus (Eden et al., 2017; Salonen, 2018).

Ein Problem dabei ist, dass die Fahrzeuge in einem meist abgesperrten Bereich fahren (Mühl et al., 2020) und Schrittgeschwindigkeit kaum überschreiten. Das führt zu deutlichen Einschränkungen des wahrgenommenen Nutzens und der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf vollautomatisiertes Fahren mit höheren Geschwindigkeiten (Wintersberger et al., 2018).

Wizard of Oz-Methodik

Eine weitere Methode das vollautomatisierte Fahren auch ohne die ausgereifte Technik erlebbar zu machen, ist die Wizard of Oz-Methodik (Kelley, 1983). Die Wizard of Oz-Methodik bezeichnet ein Verfahren, bei dem die Teilnehmenden davon ausgehen, mit ei-

nem autonomen System zu interagieren. Tatsächlich werden das autonome System und dessen Reaktionen aber durch einen verborgenen Menschen, den sogenannten „Wizard“ simuliert (Bernsen et al., 1998).

In Bezug auf das vollautomatisierte Fahren bedeutet das, dass der Fahrer nicht mehr als solcher zu erkennen ist. Das kann unterschiedlich umgesetzt werden, beispielsweise, indem der Fahrer ein Sitzkostüm trägt (z. B. Fuest et al., 2020). Eine andere Möglichkeit der Umsetzung ist ein Fahrzeug-Umbau, sodass die Steuerung nicht mehr vom Fahrerplatz aus ausgeführt werden muss, sondern aus einer anderen Position im Fahrzeug. Dazu sind mittlerweile unterschiedliche Fahrzeugaufbauten bekannt (Bengler et al., 2019; Detjen et al., 2020; Schmidt et al., 2008; Wang et al., 2017). Das bietet den Vorteil, dass die Fahrzeuge am realen Straßenverkehr teilnehmen können und so für die Versuchsteilnehmenden die Illusion des automatisierten Fahrens erschaffen werden kann. Diese Methodik impliziert einen hohen Vorbereitungs- und Kostenaufwand. So muss ein aufwendig umgebautes Fahrzeug zur Verfügung stehen, ein ausgebildeter Sicherheitsfahrer eingesetzt und Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Durch das Fahren im Realverkehr ist zudem die Kontrollierbarkeit von Situationen und Fahrverhalten eingeschränkt (Manstetten et al., 2019). Dennoch konnten Fuest et al. (2020) in einem Vergleich unterschiedlicher Verfahren (Videos, VR-Simulation und Wizard of Oz-Methodik) zeigen, dass die Ergebnisse aus den Wizard of Oz-Experimenten der Realität am nächsten kamen. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Übertragbarkeit auch hier nur begrenzt gegeben ist. Manstetten et al. (2019) fassen treffend zusammen, die Wizard of Oz-Methodik sei nicht der „heilige Gral der Human Factors Forschung für automatisiertes Fahren“ (S. 30), sie sei aber eine überzeugende und wertvolle Ergänzung des methodischen Toolkits und schließe damit eine Lücke zwischen Fahrsimulator und zukünftiger Realität.

Für die Untersuchung und Gestaltung des Erstkontaktes bedeutet das: Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Methoden, die sich eignen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren zu beobachten. Es gilt dabei, die Vor- und Nachteile der Methoden sinnvoll abzuwägen. Für das tatsächliche Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren eignet sich die Wizard of Oz Methodik besonders, da sie eine hohe Immersion und Realitätsnähe bei der Durchführung (z. B. flexible Anpassung von Fahrszenarien, Sitzbelegung, etc.) bietet und dieses mit der Kontrollierbarkeit der Technik verbindet.

3 Fragestellung und empirische Studien

Im Folgenden werden die Ausführungen aus Kap. 2 zusammengeführt und auf den vorliegenden Forschungskontext übertragen (Kap. 3.1). Davon ausgehend werden die zentralen Fragestellungen dieser Arbeit vorgestellt (Kap. 3.2). Daran anschließend wird der Aufbau der vorliegenden Arbeit (Kap. 3.3) und das methodische Vorgehen (Kap. 3.4) erläutert.

3.1 Synopsis

In Kap. 2 wurde der theoretische Hintergrund für das Erleben und den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren dargestellt. Dabei wurde zunächst die Fahraufgabe des Fahrers betrachtet (vgl. Kap. 2.1) und auf das Erleben des Beifahrers eingegangen (vgl. Kap. 2.2), um dann die Aspekte des Erlebens einer automatisierten Fahrt in den Vordergrund zu rücken (vgl. Kap. 2.3). Der theoretische Hintergrund soll nun zusammengefasst und in einen Zusammenhang gebracht werden. Dafür wird zunächst auf den Wandel der Fahraufgabe eingegangen (Kap. 3.1.1). Darauffolgend wird der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren (Kap. 3.1.2) und wie sich dieses in verschiedenen Erlebensebenen ausdrückt (Kap. 3.1.3) betrachtet, um anschließend darauf einzugehen, welche Informationen den Erstkontakt unterstützen können (Kap. 3.1.4).

3.1.1 Die Rolle des Fahrers wandelt sich

Mit der Weiterentwicklung der Automation verändert sich auch die Rolle des Fahrzeugnutzers. Der Fahrer wird zum Überwacher und letztlich zum Bei- oder Mitfahrer in einem automatisierten System.

Der Fahrer

Das manuelle Fahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Fahrer Informationen aus der Umgebung aufnehmen und verarbeiten muss. Dafür ist es notwendig, dass er sich über die aktuelle Situation bewusst ist und nachfolgende Zustände antizipieren kann, um sein Fahrverhalten darauf anzupassen. Die Fahraufgabe führt er auf Basis von gesetzten Zielen aus, denen Pläne und mentale Modelle untergeordnet sind (vgl. Kap. 2.1.1). Die Fahraufgabe setzt sich modellhaft aus drei Ebenen zusammen, der Navigations-, der Bahnführungs- und der Stabilisierungsebene. Für jede dieser Ebenen bestehen Verhaltenspläne, die durch Übung vertieft und automatisiert werden können (vgl. Kap. 2.1.2). Fahranfänger führen Aufgaben regelhaft und eher langsam aus. Der Blick ist stur direkt vor das Fahrzeug gerichtet. Durch Übung und Erfahrung mit dem Straßenverkehr und dem Fahrzeug werden Handlungen eingeübt, Situationen und richtige Reaktionen in ein mentales Modell eingefügt und Handlungsstrategien entwickelt. Dadurch wird das Fahrverhalten sicherer und zuverlässiger. Das äußert sich nicht nur in reduzierten Unfallzahlen, sondern auch in einem angepassten Blickverhalten. Kurze Kontrollblicke in den Spiegel, die eine Übersicht auch über den rückwärtigen Verkehr ermöglichen, werden häufiger und der Fokus des Fahrers verschiebt sich weiter vor das Fahrzeug (vgl. Kap. 2.1.3). Der Fahrer hat das Gefühl der Kontrolle über das Fahrzeug und kann dieses eigenverantwortlich steuern. Bis ein Fahrer

zum erfahrenen Fahrer wird, kann es je nach Fahrhäufigkeit und Übung ca. 7 Jahre/100.000 km dauern (vgl. Donges, 2009).

Der Überwacher

Dank der zunehmenden Unterstützung des Fahrers durch Fahrerassistenzsysteme werden dem Fahrer schrittweise mehr Aspekte seiner Führungsaufgaben abgenommen. Dadurch entstehen neue Anforderungen an den Fahrer. Er muss die Kontrolle an das System abgeben und darauf vertrauen, dass das System die Aufgabe richtig und zuverlässig ausführt. Dafür muss er die Fähigkeiten und die Grenzen des Systems kennen, um ableiten zu können, welche Aufgaben das System übernehmen kann und welche weiterhin beim Fahrer liegen (vgl. Kap. 2.3.2). Er muss sich also dem jeweiligen Modus bewusst sein und die Möglichkeiten und Grenzen eines Systems kennen, um es nicht fehlerhaft zu nutzen und sich und andere in Gefahr zu bringen. Das kann für den Überwacher anspruchsvoller sein als die eigentliche Fahrtätigkeit. Eine adäquate Gestaltung von Informationen hilft dem Überwacher, sein System und den vorliegenden Modus zu verstehen und mit dem System kollaborativ zu interagieren. Bis diese Übungsphase abgeschlossen ist, kann es (je nach Assistenzsystem und Studie) ca. 185 km oder 3,5 Stunden dauern (ACC-Nutzung, vgl., vgl. Beggiato, Pereira et al., 2015).

Der Beifahrer

Eine weitere Rolle im Fahrzeugkontext ist die des Beifahrers. Der Beifahrer hat keine direkte Fahraufgabe, sondern ist davon abhängig, dass der Fahrer das Fahrzeug führt. Das kann eine Entlastung sein, wenn der Fahrer geübt ist und seine Fahraufgabe verantwortungsvoll und den Anforderungen des Beifahrers entsprechend ausführt (vgl. Kap. 2.2.1). Wenn das Fahrverhalten des Fahrers nicht mit den Erwartungen des Beifahrers übereinstimmt, kann dies den Beifahrer eine Fahrt erleiden lassen. In diesem Fall hat der Beifahrer keinerlei Kontrolle über das System. Trotz fehlender Aufgabe im System bekommt der Beifahrer die Informationen aus dem Fahrzeugumfeld mit und verarbeitet diese (vgl. Kap. 2.2.2). Dabei sind der Fokus des Fahrers und der des Beifahrers nicht identisch, sie unterscheiden sich in einigen Aspekten. Beispielsweise antizipiert der Beifahrer Gefahren früher, als der Fahrer und nimmt diese in Kombination mit der fehlenden Kontrolle als gefährlicher wahr als es der Fahrer tut. In Abhängigkeit des Verhältnisses in dem Fahrer und Beifahrer zueinanderstehen, kann dies den Fahrer unterstützen und die Fahrt damit angenehmer machen. Beifahrer, die dem Fahrer vertrauen, können eine Fahrt eher genießen.

In Studien ziehen Teilnehmende bisher einen menschlichen Fahrer einem autonom fahrenden System vor. Daraus lässt sich schließen, dass noch kein grundsätzliches Vertrauen in das automatisierte System aufgebaut ist und es bisher noch nicht ausreichend akzeptiert wird.

3.1.2 Der Erstkontakt

Aus der Beschreibung der Rollen im Fahrzeugkontext lassen sich die Herausforderungen des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren gut zusammenfassen.

Der Nutzer eines vollautomatisierten Fahrzeugs hat die Fahraufgabe gelernt und verinnerlicht. Ihm ist daher bewusst, dass es im Straßenverkehr auch zu kritischen Situationen kommen kann, die bewusstes und erfahrenes Handeln voraussetzen. Diese Aufgaben soll nun das vollautomatisierte Fahrzeug übernehmen. Der Nutzer nimmt die Rolle des Beifahrers oder Passagiers ein. Dabei wird von ihm erwartet, dass er die Kontrolle abgibt und sie vollständig dem System überlässt.

Um Verhalten anzupassen, müssen ein objektiv erweiterter Handlungsspielraum und ein subjektiver Nutzen für den Nutzer erkennbar sein (vgl. Kap. 2.3.7). Für einen Beifahrer bedeutet das, dass er sich sicher fühlen muss und dem Fahrer vertrauen muss. Dieses Vertrauen muss der Mitfahrer nun auch für das automatisierte Fahrzeug aufbauen. Zudem muss er den subjektiven Nutzen, wie Zeitgewinn, erhöhte Sicherheit und Entlastung/Komfort, erkennen (vgl. Kap. 2.3.3). Das Kennenlernen eines neuen Systems unterliegt einem Lernprozess, dabei liegt kein linearer Zusammenhang zwischen Auseinandersetzung mit dem System und der Zufriedenheit vor. Stattdessen müssen zunächst die Grenzen des Systems kennengelernt werden, um ein adäquates mentales Modell des Systems aufbauen zu können und es dementsprechend zu nutzen. Nur so kann Zufriedenheit mit dem System entstehen und die Nutzungsbereitschaft gesteigert werden. Die Abbildung des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren gilt es im Rahmen dieser Arbeit zu erstellen.

3.1.3 Das Erleben

Das Erleben neuer Systeme ist geprägt von unterschiedlichen Dimensionen, die miteinander im Zusammenhang stehen können. Es werden hier verschiedene Dimensionen herausgegriffen, die aus Untersuchungen niedrigerer Automationslevel auch für das vollautomatisierte Fahren als vielversprechend angesehen werden.

- **Vertrauen** beeinflusst die Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz eines Systems. Durch Erfahrung mit einem System steigt das Vertrauen an. Vertrauen ist notwendig, um das Fahrzeug adäquat zu nutzen und sich auf fahrfremde Tätigkeiten einzulassen. Das Vertrauen muss richtig kalibriert werden, andernfalls führt es zu Fehlverhalten und gefährlichen Situationen (vgl. Kap. 2.3.5). Das Vertrauen in ein System wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst (u. a. Voreinstellung, Erfahrung mit Technik und automatisierten Systemen).
- **Wahrgenommene Unheimlichkeit** resultiert aus einer Diskrepanz zwischen Erwartungen und Handlungen eines Systems, die keinem bekannten mentalen Modell zugeordnet werden können. Durch die Auseinandersetzung mit einem System und durch Erläuterungen des Systemverhaltens wird dieses weniger unheimlich (vgl. Kap. 2.3.8).
- **Diskomfort** entsteht durch physische Einschränkungen und kann mit dem „Erleiden“ einer Situation gleichgesetzt werden. Diskomfort wird u. a. beeinflusst durch die Kritikalität von Situationen und resultiert in Unsicherheitserleben. Durch die

Vermittlung von Sicherheit und konservativem Fahrverhalten kann Diskomfort reduziert werden (vgl. Kap. 2.3.6).

- **Komfort** ist eine Kombination aus physischen und psychologischen Aspekten, die Entspannung und Entlastung implizieren. Komfort erleben beim vollautomatisierten Fahren wird begünstigt durch wahrgenommene Sicherheit, ein Gefühl von Entlastung und Stimulation/Ästhetik (vgl. Kap. 2.3.6).
- **User Experience** ist eine Kombination aus wahrgenommenem Produktnutzen (pragmatische Qualität) und wahrgenommenem Produktwert (hedonische Qualität). Beide Konstrukte sind unabhängig voneinander zu sehen und haben einen Einfluss auf die Produktbewertung. Die dritte globale Dimension, die Attraktivität, vervollständigt die Bewertung eines Produktes. Hedonische Qualitätswahrnehmungen sind stabiler als pragmatische, da hedonische Qualität mit den Bedürfnissen des Benutzers zusammenhängen, während Letztere stark von der jeweiligen Aufgabe und Nutzungssituation abhängen. Die Produktqualität eines Systems kann z. B. durch die Entlastung, die das System mit sich bringt, bestärkt werden. Der wahrgenommene Produktwert kann z. B. durch den Innovationsgehalt gesteigert werden. Die Attraktivität eines Systems kann durch eine attraktive/begeisterte Umsetzung beeinflusst werden (vgl. Kap. 2.3.7).

Das Erleben eines Systems wird deutlich durch *Systemerfahrung* beeinflusst. Die *Voreinstellung zu dem System*, *Technikaffinität* und *Wissen, das Nutzer über das System* erhalten, können das Erleben beeinflussen (vgl. Kap. 2.3.10).

Da automatisiertes Fahren bisher noch nicht im Realverkehr erlebbar ist, müssen sinnvolle methodische Alternativen für die Erhebung des Erlebens gefunden werden, die größtmögliche Immersion bei niedrigem Risiko für Studienteilnehmende zulassen (vgl. Kap. 2.3.12). Dafür empfiehlt sich u. a. die *Wizard of Oz-Methodik*. Im Sinne der *Triangulation* und der innovativen Thematik empfiehlt sich aber die Kombination verschiedener Methoden, um ein holistisches Verständnis zu generieren.

3.1.4 Informationen, die für den Erstkontakt relevant sind

Um das Erleben eines neuen Systems verbessern zu können, muss der Nutzer im Aufbau eines mentalen Modells unterstützt werden. Der Nutzer muss demnach verstehen, wie das System funktioniert, um daraus das Fahrverhalten ableiten zu können. Die zur Verfügung gestellten Informationen müssen Vorhersagbarkeit, Vergleichbarkeit und Transparenz über das Fahrgeschehen vermitteln. In Bezug auf vollautomatisiertes Fahren bedeutet es, das System muss vermitteln, dass die Fahraufgabe zuverlässig übernehmen kann (Modusbewusstsein). Dabei sollte dargestellt werden, was das Fahrzeug erkennt (Situationsbewusstsein des Fahrzeugs) und wie es sich verhalten wird (Verhaltensbewusstsein des Fahrzeugs).

Informationen dürfen den Nutzer nicht überfordern und müssen auf dessen Wissenstand und seine Bedürfnisse angepasst sein. Durch Systemerfahrung kann sich das Informationsbedürfnis reduzieren (vgl. 2.3.11).

Informationen, die für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren, für den Nutzer notwendig sind, sollten im Rahmen dieser Arbeit gefunden werden.

3.2 Fragestellungen der empirischen Studien

Aus dem zusammengefassten Stand der Forschung werden Fragestellungen für die vorliegende Arbeit abgeleitet. Da das vollautomatisierte Fahren mit der vollständigen Abgabe der Fahraufgabe bisher nicht im Fokus wissenschaftlicher Studien lag, sind diverse Forschungsfragen in diesem Bereich offen. Durch Erfahrungen aus niedrigeren Automationsleveln lassen sich aber Erkenntnisse ableiten und auf das vollautomatisierte Fahren übertragen. Diese gilt es zu verifizieren und anzupassen.

Zunächst stellt sich die Frage, wie sich der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren beschreiben lässt und ob sich das hier vorgestellte Dimensionskonstrukt (Vertrauen, wahrgenommene Unheimlichkeit, Diskomfort, Komfort und User Experience) dafür eignet. Die zentrale Fragestellung beschäftigt sich daher mit dem Erleben des Erstkontaktes beim vollautomatisierten Fahren. Die Dimensionen des Erlebens sollen während des Erstkontaktes mit Vollautomation betrachtet und ihre Veränderungen und Zusammenhänge untersucht werden.

1. Wie erleben die Nutzer den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
 - Verändern sich die Dimensionen des Erlebens (Vertrauen, wahrgenommene Unheimlichkeit, Komfort, Diskomfort und User Experience) durch die Auseinandersetzung mit einem vollautomatisierten System?
 - Verändert sich das Blickverhalten durch die Auseinandersetzung mit einem vollautomatisierten System?
 - Stehen die Dimensionen Vertrauen, wahrgenommene Unheimlichkeit, Diskomfort, Komfort und User Experience stehen miteinander in Zusammenhang und eignen sich damit zur Beschreibung des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren?

Um herauszufinden, wie dem Nutzer eines vollautomatisierten Systems der Erstkontakt mit dem System erleichtert werden kann, sollen Einflussfaktoren identifiziert werden, die sich auf das Erleben während des Erstkontaktes auswirken. Dabei wird zunächst das Funktionswissen in Augenschein genommen. Auch der Einfluss der Einnahme der Beifahrerrolle soll überprüft werden. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob sich das Erleben durch die Nutzungshäufigkeit mit dem System verändert und, ob unterschiedliche Nutzermerkmale das Erleben beeinflussen können. Auf Basis des Versuchsaufbaus wird zusätzlich der Einfluss eines Sicherheitsfahrers geprüft.

2. Welche Faktoren beeinflussen das Erleben des vollautomatisierten Fahrens während des Erstkontaktes?

- Beeinflusst das Funktionswissen, das Nutzer vor einer ersten vollautomatisierten Fahrt erhalten das Erleben des Erstkontaktes?
- Beeinflusst der Sitzplatz des Nutzers (der die Rolle des Nutzers symbolisiert) und die damit verbundene Verfügbarkeit von Bedienelementen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
- Beeinflusst die Nutzungshäufigkeit das Erleben der vollautomatisierten Fahrt?
- Beeinflussen interindividuelle Nutzermerkmale, wie die Fahrerfahrung, die Nutzungsbereitschaft, das initiale Vertrauen und die Technikaffinität das Erleben des Erstkontaktes?
- Beeinflusst die Funktion eines (Sicherheits-)Fahrers das Erleben des vollautomatisierten Fahrens?

Um die Gestaltung des Erstkontaktes zu optimieren, werden die Informationen erhoben, die Nutzer während ihres Erstkontaktes unterstützen können (3). Diese Informationen werden in ein Anzeigekonzept umgesetzt, welches durch Nutzer bewertet und validiert werden soll. Außerdem wird eine geeignete Methodik zur Erfassung des Erlebens der vollautomatisierten Fahrt erprobt und bewertet (4). Dazu wurden die folgenden Fragestellungen entwickelt.

3. Welche Informationen unterstützen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
 - Welche Informationen sollte ein Anzeigekonzept enthalten, um den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren zu unterstützen?
 - Wie wird ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren bewertet, das die zuvor identifizierten Informationen beinhaltet?
4. Welche Methoden eignen sich zur Erfassung des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren?
 - Eignet sich die Wizard of Oz-Methodik zur Erfassung des Erlebens während einer vollautomatisierten Fahrt?
 - Welche methodischen Aspekte müssen hinsichtlich der Wizard of Oz-Methodik beachtet werden?
 - Eignet sich die Kombination subjektiver Messinstrumente und objektiver Maße der Blickerhebung zur Untersuchung des vollautomatisierten Fahrens?

3.3 Übersicht über die empirische Arbeit

Das empirische Vorgehen dieser Arbeit setzt sich aus einer zweistufigen Konzeptentwicklungsphase und einer zweistufigen Evaluierungsphase zusammen (vgl. Abbildung 3-1). Die Konzeptentwicklungsphase beinhaltet eine qualitative Datenerhebung im Rahmen von Fokusgruppen (Studie Q-1) sowie drei quantitative Datenerhebungen, die in Form von Realfahrtstudien stattfinden (Studie R-1, R-2 und R-3). Ziel dieser Phase ist es, den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren und das damit verbundene Informationsbedürfnis eines Nutzers besser zu verstehen.

Die zweistufige Evaluierungsphase besteht aus einer Interviewstudie (Studie Q-2) und einer weiteren Realfahrtstudie (Studie R-4). In dieser Phase wird ein entwickeltes Anzeigekonzept-Prototyp evaluiert. Während jeder Datenerhebung werden Anforderungen an ein Anzeigekonzept abgeleitet und iterativ in das Konzept eingearbeitet. Das chronologische Vorgehen wird im Folgenden genauer beschrieben.

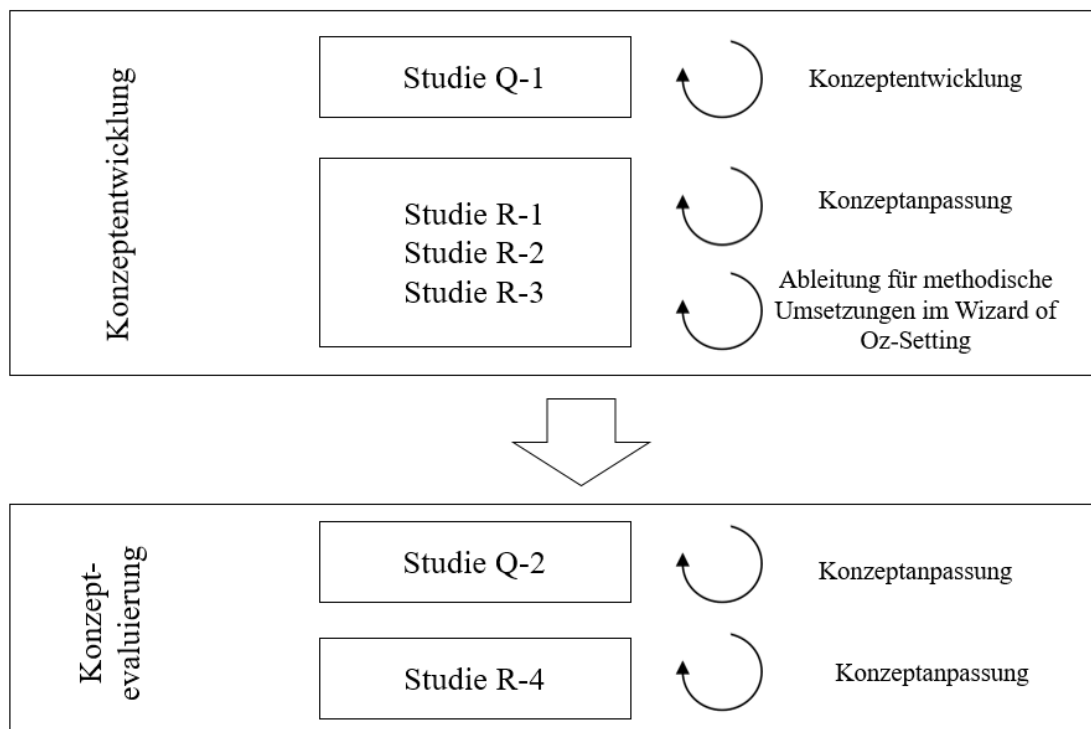


Abbildung 3-1 Schematische Darstellung des empirischen Vorgehens dieser Arbeit. Q steht für qualitative Datenerhebung. R steht für Studien im Realfahrzeug.

In der Konzeptentwicklungsphase steht zunächst der Informationsbedarf beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren im Vordergrund, um daraus ein Anzeigekonzept entwickeln zu können. Der Informationsbedarf wird zunächst leitfadengestützt in Fokusgruppen mit potenziellen Nutzern diskutiert (vgl. **Studie Q-1: Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren**).

Die Konzeptentwicklung wird ergänzt durch drei Realfahrzeugstudien, die auf einem Testgelände durchgeführt werden. Sie haben zum Ziel, Aspekte des Erstkontaktes näher zu

beleuchten. Die Studien werden im Wizard of Oz-Setting durchgeführt. Dadurch können zusätzlich Erkenntnisse zur Umsetzung der Wizard of Oz-Methodik gewonnen werden. Die drei Hauptstudien verbindet ein konzeptionell vergleichbarer Studienaufbau mit dem Fokus auf Veränderungen über drei Messzeitpunkte hinweg. Die drei Studien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Fragestellungen folgendermaßen:

- In **Studie R-1: Der Erstkontakt und das Funktionswissen bei 12 km/h** steht die Frage im Vordergrund, ob das Vorwissen, bzw. die Informationsmenge, die die Versuchsteilnehmenden vor Fahrtantritt erhalten, einen Einfluss auf das Erleben vollautomatisierter Fahrten haben (vgl. Kap. 5).
- In **Studie R-2: Der Erstkontakt, das Funktionswissen und der Wizard** wird die vorangegangene Studie in einem höheren Geschwindigkeitsbereich konzeptionell repliziert. Zusätzlich wird durch die Verwendung eines anderen Versuchsfahrzeugs die Variation einer Coverstory notwendig, die als eigene Fragestellung integriert wird (vgl. Kap. 6).
- In **Studie R-3: Der Erstkontakt, die Erfahrung und die Sitzbelegung** werden sowohl der Erfahrungsstand der Teilnehmenden mit vollautomatisiertem Fahren als auch die Sitzbelegung der Teilnehmenden als Einflussfaktoren auf das Erleben betrachtet (vgl. Kap. 7).

Neben den Erlebensaspekten werden den Probanden in jeder Studie Informationen und Konzepte zur Bewertung vorgelegt. Die Erkenntnisse werden in die Konzeptentwicklung integriert. Daraus wird ein Anzeigekonzept entwickelt, das dem Nutzer eines vollautomatisierten Fahrzeugs den Erstkontakt durch die Vermittlung von Systemtransparenz erleichtern sollte (vgl. Kap. 8). Das entwickelte Anzeigekonzept wird in einer ebenfalls zweistufigen Evaluierungsphase auf seine Nutzbarkeit und seinen Einfluss auf den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren hin überprüft.

- In **Studie Q-2: Validierung des Prototyps** wird zunächst die prototypische Umsetzung mit potenziellen Nutzern leitfadengestützt diskutiert und bewertet (vgl. Kap. 9). Die daraus entstandenen Anforderungen werden in das Anzeigekonzept überführt.
- In **Studie R-4: Der Erstkontakt mit Anzeigekonzept** wird das finale Anzeigekonzept im Rahmen einer weiteren Realfahrtstudie validiert. Hierzu werden einige Konzeptelemente im Fahrzeug implementiert und deren Einfluss auf das Erleben während der Fahrt erhoben. Danach wird das angepasste Anzeigekonzept in einem teilstrukturierten Interview diskutiert und bewertet (vgl. Kap. 10).

Im Folgenden sind die inhaltlichen und methodischen Schwerpunkte zusammengefasst und den Studien zugeordnet.

Tabelle 3-1 Übersicht über Studien und deren Schwerpunkte.

| Inhaltliche und methodische Schwerpunkte | Q-1 | R-1 | R-2 | R-3 | Q-2 | R-4 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Untersuchung des Erlebens des vollautomatisierten Fahrens. | | × | × | × | | × |
| Veränderungen des Erlebens durch Systemerfahrung. | | × | × | × | × | × |
| Einfluss des Funktionswissens auf das Erleben. | | × | × | | × | × |
| Einfluss von interindividuellen Nutzermerkmalen auf das Erleben. | × | × | × | × | | × |
| Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf das Erleben. | | | | × | | |
| Einfluss der Sitzposition und der Fahrer-/Beifahrerrolle auf das Erleben. | | | | × | | |
| Festlegung von Informationen, die den Erstkontakt unterstützen. | × | × | × | × | × | × |
| Bewertung des entwickelten Anzeigeconzepts. | | | | × | × | × |
| Methodische Betrachtung von Einflussfaktoren für Realfahrtstudien im Wizard of Oz-Setting. | | × | × | × | | × |

3.4 Übersicht über die erhobenen Konstrukte

Wie in Kap. 3.1.3 beschrieben, ist das Erleben einer vollautomatisierten Fahrt ein multidimensionales Konstrukt. Um das subjektive Erleben des Erstkontaktes näher zu betrachten, wurde daher eine Fragebogenbatterie aus verschiedenen etablierten Fragebogeninventaren entwickelt, die in allen Realfahrtstudien (R-1, R-2, R-3 und R-4) angewendet wurde. Die Fragebogenbatterie wird im Folgenden beschrieben und für jedes Konstrukt durch Beispielfragen ergänzt. Die vollständige Fragebogenbatterie ist im elektronischen Anhang (s. Anhang A-1) einzusehen. Ab Studie R-2 wurde auch das objektive Maß der Blickbewegung erhoben. Dies wird Kap. 3.4.2 beschrieben. In Kap. 3.4.3 wird auf die Datenaufbereitung und -auswertung eingegangen.

3.4.1 Fragebogeninventare für das Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren

Vertrauen in automatisierte Systeme

Das Vertrauen des Nutzers in ein technisches System wird oft als entscheidend für den Umgang mit einem System festgestellt. Es ist essenziell um Konflikte bei der Interaktion zwischen Mensch und Automation zu vermeiden (Lee & See, 2004). Das Vertrauen wird in der vorliegenden Studie anhand des Fragebogens zu Vertrauen in automatisierte Systeme (Jian et al., 2000) erfasst. Der Fragebogen misst die drei Konstrukte „Vertrauen“, „Re-

liabilität“ und „Bekanntheit“. Die Items des Fragebogens wurden von Vogelpohl et al. (2016) ins Deutsche übersetzt und gekürzt. Diese Variante wird im Rahmen der Studie verwendet.

Der Fragebogen umfasst acht Items deren Aussagen sich auf das Vertrauen in die vollautomatisierte Fahrt beziehen (3 Items für Vertrauen, 3 Items für Reliabilität und 2 Items für Bekanntheit; vgl. Tabelle 3-2). Diese Aussagen werden auf einer siebenstufigen Likert-Skala von „trifft überhaupt nicht zu“ (1) bis „trifft voll und ganz zu“ (7) bewertet. Der Fragebogen wird den Teilnehmende nach jeder der drei Fahrten zur Beantwortung vorgelegt.

Tabelle 3-2 Beispielitem des Fragebogens zum Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren.

| | Trifft überhaupt nicht zu | | | | | Trifft voll und ganz zu | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Ich kann dem System vertrauen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Wahrgenommen Unheimlichkeit des vollautomatisierten Fahrens

Die wahrgenommene Unheimlichkeit des vollautomatisierten Fahrens wird an Hand der Eeriness-Skala (dt. „Unheimlichkeit“; Ho & MacDorman, 2010) erhoben. Der Fragebogen wurde zur Bewertung der Unheimlichkeit von Robotern entwickelt und legt das Phänomen des „Uncanny Valley“ (Mori et al., 2012) zugrunde. Das Phänomen zeigt, dass die Akzeptanz künstlicher Repräsentationen nicht eher akzeptiert werden, umso realistischer sie dargestellt werden. Stattdessen fällt die Akzeptanz mit einem gewissen Grad an Anthropomorphismus deutlich ab und steigt erst ab einem sehr hohen Grad der „Vermenschlichung“ wieder an. Der Fragebogen umfasst ursprünglich die Dimensionen „wahrgenommene Menschlichkeit“, „Unheimlichkeit“ und „Attraktivität“.

Für den hier beschriebenen Anwendungsfall wurde lediglich die Skala „Unheimlichkeit“ ausgewählt. Die Skala umfasst acht Wortpaare, die deutliche Gegensätze darstellen und als semantisches Differenzial mit sieben Stufen vorliegen. Die Adjektivpaare (vgl. Tabelle 3-3) wurden aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt und von einem Experten für Anglistik bestätigt.

Tabelle 3-3 Beispielitem des Fragebogens zur wahrgenommenen Unheimlichkeit.

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| Das vollautomatisierte Fahren war... | | | | | | | | |
| erschreckend | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | beruhigend |

Diskomforterleben

Neben dem Vertrauen ist auch der Komfort bzw. Diskomfort ein wichtiger Einflussfaktor auf die Nutzung eines vollautomatisierten Fahrzeugs (Müller et al., 2017). Daher sollte gerade in Bezug auf die vollautomatisierte Fahrt zunächst Diskomfort reduziert werden, um Komfort erleben zu können. In automatisierten Fahrzeugen wird der Diskomfort durch die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden und die Wahl der Fahrgeschwindigkeit

beeinflusst (Siebert et al., 2012). Um das wahrgenommene Diskomforterleben messen zu können, wird die sogenannte „Disco Scale“ von Siebert et al. (2012) verwendet. Sie wurde auf das vollautomatisierte Fahren angepasst und in Anlehnung an Vogelpohl et al. (2016) leicht gekürzt. Der Fragebogen umfasst Fragen aus den drei Dimensionen „Beanspruchung während der Fahrt mit der Automation“, „wahrgenommenes Risikoerleben“ und die „erlebte Kontrolle über das System“.

Der Fragebogen beinhaltet zehn Aussagen, die auf einer fünfstufigen Likert-Skala von „trifft überhaupt nicht zu“ (1) bis „trifft voll und ganz zu“ (5) beantwortet werden (4 Items zur Beanspruchung, 3 Items zur Kontrolle und 3 Items zum Risikoerleben; vgl. Tabelle 3-4). Auch dieser Fragebogen wird den Teilnehmenden nach jeder Fahrt zur Beantwortung vorgelegt.

Komforterleben

Da das Konstrukt des Komfort- und Diskomforterleben nicht immer als zweidimensional anzusehen ist (Looze et al., 2003), sondern unterschiedliche Strategien für das Reduzieren von Diskomfort und das Erhöhen von Komfort angewendet werden sollten (Paul, 1997), werden auch Fragen zum Komforterleben mit einbezogen. Daher wird aus dem Akzeptanzfragebogen von Arndt (2011) die Subskala „Komfort“ herausgegriffen und für die vorliegende Fragebogenbatterie übernommen.

Die Skala umfasst zwei Items die Aussagen zum Komfortgewinn beinhalten und auf einer fünfstufigen Skala bewertet werden (vgl. Tabelle 3-4). Die Skala wurde ab Studie R-2 in die Fragebogenbatterie integriert, die nach jeder Fahrt von den Teilnehmenden bearbeitet wird.

Tabelle 3-4 Beispielitem des Fragebogens zum Diskomforterleben (oben) und Komforterleben (unten).

| | Trifft überhaupt nicht zu | | | Trifft voll und ganz zu | |
|---|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Ich habe mich während der Fahrt sicher gefühlt. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mit dem System erhöht sich der Komfort des Autofahrens. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

User Experience des vollautomatisierten Fahrens

Die Produktqualität bzw. User Experience des vollautomatisierten Fahrens wird durch den AttrakDiff 2.0 in seiner Kurzversion (Hassenzahl et al., 2003) erfasst. Anhand von Wortpaaren bewerten die Teilnehmenden, wie sie ein bestimmtes Produkt, in diesem Fall das vollautomatisierte Fahren, beurteilen. Dabei werden zwei Dimensionen des wahrgenommenen Produktcharakters (pragmatische und hedonische Qualität) und eine globale Dimension, die Attraktivität des Produktes, erhoben.

Die Attraktivität (ATT) entspricht einem globalen Produkturteil der Nutzer. Ein typisches Adjektivpaar ist beispielsweise „schön vs. hässlich“.

Die wahrgenommene pragmatische und hedonische Qualität tragen beide in gleichem Maße zum Attraktivitätsurteil bei. Die pragmatische Qualität (PQ) entspricht dabei im Wesentlichen der Gebrauchstauglichkeit (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2019), sie macht also eine Aussage darüber, wie effektiv, effizient und zufriedenstellend das Produkt zur Zielerreichung beiträgt. Ein typisches Wortpaar ist in diesem Fall: „verwirrend“ vs. „übersichtlich“.

Die hedonische Qualität (HQ) bezieht sich darauf, die Bedürfnisse des Nutzers hinsichtlich Identität und Stimulation zu befriedigen. Die Dimension der Identität (HQI) besagt, inwieweit das Produkt dazu beiträgt, eine gewünschte Identität an andere zu kommunizieren. Typische Attribute sind hier: „stilvoll“ vs. „stillos“. Die Stimulation (HQS) misst, inwieweit das Produkt das Streben nach persönlicher Entwicklung, also nach Verbesserung von Kenntnissen und Fähigkeiten, unterstützt. Ein typisches Wortpaar ist: „fantasielos“ vs. „kreativ“.

Der Kurzfragebogen des AttrakDiff umfasst zehn Items (4 Items für pragmatische Qualität, 4 Items für hedonische Qualität und 2 Items für Attraktivität), die in Wortpaaren vorliegen (vgl. Tabelle 3-5). Wobei die Wortpaare gegensätzliche Pole darstellen, die die Teilnehmenden in sieben Abstufungen nach jeder Fahrt bewerten.

Tabelle 3-5 Beispielitem des Fragebogens zur User Experience (AttrakDiff).

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| Das vollautomatisierte Fahren war... | | | | | | | | |
| gut | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | schlecht |

Informationsbedarf

Um den Informationsbedarf der Nutzer nach den Fahrten erfassen zu können, werden den Teilnehmenden fahrbezogene Informationen zur Bewertung vorgelegt. Die Bewertung dieser Informationen basiert auf dem Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984). Das Kano-Modell beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein bestimmter Produkteigenschaften, in diesem Fall fahrbezogene Informationen, und der Nutzerzufriedenheit. Die Zufriedenheit wird durch die drei Kategorien *Basisfaktoren*, *Leistungsfaktoren* und *Begeisterungsfaktoren* beeinflusst.

Die *Basisfaktoren* (oder Must-have Merkmale; M) stellen die Mindestanforderung dar, die ein Nutzer an das Produkt stellt. Wenn Informationen dieser Kategorie nicht vorhanden sind, führt das zur Unzufriedenheit. Ein Vorhandensein dieser Informationen wird als neutraler Zustand vom Nutzer hingenommen. In der Kategorie der *Leistungsfaktoren* („One Dimension“-Merkmale; O) führt das Vorhandensein der Informationen zu Zufriedenheit, das Fehlen jedoch zu Unzufriedenheit. Informationen werden als *Begeisterungsfaktoren* („Attractive“-Merkmale; A) klassifiziert, wenn sie vom Nutzer nicht erwartet werden, ein Fehlen dieser Information würde demzufolge auch nicht zu Unzufriedenheit führen. Wenn die jeweilige Information aber vorhanden ist, führt dies zur Zufriedenheit, bzw. sogar zur Begeisterung.

Um die Informationen, die für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren relevant sind, festzustellen, werden fahrrelevante Informationen aus der Literatur zusammengefasst (vgl. Kap. 2.3.11) und den Teilnehmenden zur Beantwortung vorgelegt. Die Anforderungen an die Produktmerkmale bzw. Informationen werden mittels zweier Fragen, die als funktionale und dysfunktionale Fragen bezeichnet werden, erhoben. Die funktionale Frage erfasst die Reaktion eines Nutzers, wenn das abgefragte Produktmerkmal vorhanden ist. Die dysfunktionale Frage erfasst die Reaktion, wenn das abgefragte Produktmerkmal nicht vorhanden ist.

Die Teilnehmenden bewerten in einem Durchlauf funktionale Frage auf einer Fünfstufigen Skala: Die Anzeige von [Information] „begeistert mich“ (1) bis „stört mich“ (5). Im anderen Durchlauf bewerten die Teilnehmenden die Informationen darauf bezogen, dass die Information nicht vorhanden ist (Dysfunktionale Frage; vgl. Tabelle 3-6). Ob die Teilnehmenden zunächst das Vorhandensein, oder Fehlen der Informationen bewerten, wurde durch zufällige Permutation entschieden, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden.

Tabelle 3-6 Beispielitem zum Informationsbedarf auf Basis der Kano-Methode (dysfunktionale Frage).

| Das Fehlen der Anzeige von.... | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Begeistert mich | Setze ich voraus | Ist mir egal | Nehme ich hin | Stört mich |
| Eigener Kraftstoffstand | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Eigene Geschwindigkeit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Soziodemografische Daten und Nutzermerkmale

Zur Beschreibung des Probandenkollektives und zur Bestimmung von Nutzerunterschieden beantworten die Teilnehmenden einen Fragenkatalog, der neben soziodemografischen Daten auch das Interesse an Technik und die individuelle Voreinstellung zum vollautomatisierten Fahren abfragt. Es wurden die folgenden Fragebögen verwendet, um die hier dargestellten Parameter abzuleiten:

- **Soziodemografische Daten.** Im Rahmen der soziodemografischen Daten werden Geschlecht, Alter, Länge des Führerscheinbesitzes, Besitz eines eigenen Fahrzeugs, Fahrleistung im Jahr, die Bereitschaft Beifahrer zu sein und die Bereitschaft ein vollautomatisiertes Fahrzeug zu nutzen, abgefragt.
- **Erfahrung mit Fahrerassistenzsystemen und eigenes Fahrverhalten.** Das Kennen und die Nutzungshäufigkeit unterschiedlicher Fahrerassistenzsysteme (von „nie“ (1) bis „häufig“ (4)) wird abgefragt. Die Teilnehmenden sollen zudem auf einer siebenstufigen Skala beantworten, wie sie ihr eigenes Fahrverhalten beschreiben (z. B. „Ich bin ein zügiger Fahrer“).
- **Technikaffinität.** Die technische Affinität der Teilnehmenden wird mithilfe des Technikaffinität-Fragebogens von Karrer et al. (2009) erhoben. Das Erhebungsinstrument umfasst 19 Items, die die vier Subskalen „Begeisterung für Technik“

(5 Items), „Kompetenz im Umgang mit Technik“ (4 Items), „positive Einstellung zur Technik“ (5 Items) und „negative Einstellung zur Technik“ (5 Items) abdeckt. Die Aussagen zum Umgang mit Technik werden auf einer fünfstufigen Likert-Skala von „Trifft überhaupt nicht zu“ (1) bis „Trifft voll und ganz zu“ (5) beantwortet.

- **Initiales Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren.** Das initiale Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren basiert nicht auf der Erfahrung, sondern auf vertrauenswürdigen Eigenschaften, wie z. B. Wohlwollen, Integrität, Kompetenz und Berechenbarkeit (McKnight & Chervany, 2006). Um initiales Vertrauen in die Automation zu erfassen, wird der Fragebogen zur Erfassung des initialen Vertrauens in Informationssysteme (Li et al., 2008) verwendet. Dieser wurde von Dittrich (2017) auf das Thema des vollautomatisierten Fahrens angepasst und ins Deutsche übersetzt. In 12 Items werden Aussagen zu den Dimensionen „Wohlwollen“ (3 Items), „Kompetenz“ (4 Items), „Vertrauenseinstellung“ (2 Items) und „Vertrauensintention“ (3 Items) auf einer siebenstufigen Skala beantwortet („Trifft überhaupt nicht zu“ (1) bis „Trifft voll und ganz zu“ (7)).

3.4.2 Blickerfassung als objektives Maß

Als objektives Maß für die Aufmerksamkeitsverteilung und das Situationsbewusstsein während der vollautomatisierten Fahrt dient die Blickbewegungsmessung. Diese wird über das D-Lab Control-System der Ergoneers GmbH (Ergoneers, 2013) mit dem kopfbasierten Eyetracking System Dikablis umgesetzt.

Informationswahrnehmung ist Teil des Situationsbewusstseins und kann durch die Analyse des Blickverhaltens gut erfasst werden (Smolensky, 1993). Die Blickanalyse ist ein lohnenswertes Instrument, das Aufschluss über die augenblickliche Aufmerksamkeitszuwendung ermöglicht (Bubb, 2015b). Auch das Bewusstsein des Nutzers darüber, in welchem Automations-Modus sich das Fahrzeug befindet (Mode Awareness), kann durch das Blickverhalten nachvollzogen werden (Kurpiers et al., 2020). Zur Erfassung des Blickverhaltens wird die sogenannte Eye-Mind-Assumption (Abendroth et al., 2009) herangezogen. Sie sagt aus, dass alle Blickzuwendungen auch eine gleichzeitige kognitive Verarbeitung verursachen. Demnach sind alle Blicke, die nicht direkt das verkehrsrelevante Geschehen betreffen, als Indizien für eine Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus und einer verminderten Informationswahrnehmung zu betrachten (Othersen, 2016).

Um das Blickverhalten während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren verstehen zu können, werden die in Tabelle 3-7 aufgeführten und beschriebenen Parameter verwendet. Dafür werden Blick-Erfassungsbereiche definiert (sog. Areas of Interest), in denen die Blicke erfasst und gemessen wurden. Die kumulierte und die prozentuale Blickzuwendungszeit werden zur Beschreibung des Blickverhaltens verwendet. Zusätzlich werden die Blickübergangswahrscheinlichkeit, die anzeigt, wie häufig (prozentual) die Blicke von einem AoI in ein anderes AoI wechseln zur Beschreibung herangezogen. Zur Erfassung

von Veränderungen über die Zeit wird außerdem die mittlere Fixationsdauer auf die definierten AoIs erfasst.

Tabelle 3-7 Beschreibung der gewählten Parameter zur Blickerfassung (übernommen aus Ergoneers, 2013).

| Parameter | Beschreibung | Einheit |
|---|---|---------|
| Mittlere Blickzuwendungszeit | Entspricht der kumulierten Blickdauer auf ein bestimmtes AoI. Mittlere Blickdauer = Gesamte Blickdauer/Anzahl der Blicke | s |
| Prozentuale Blickzuwendungszeit (Attention Ratio) | Prozentualer Anteil der Blickzuwendungszeit für ein bestimmtes AoI. $\Sigma(\text{Blickdauer 1, Blickdauer 2, \dots, Blickdauer n})/\text{Zeitintervall} \cdot 100$ | % |
| Blickübergangswahrscheinlichkeit | Wahrscheinlichkeit eines Blickwechsels zwischen zwei unterschiedlichen AoIs während eines Zeitintervalls. Anzahl der Blickwechsel von A nach B + Anzahl der Blickwechsel von B nach A / Anzahl aller Blickwechsel zwischen allen AoIs (*100) | % |
| Mittlere Fixationsdauer | Mittelwert der Länge einer Fixation auf ein bestimmtes AoI in Sekunden. | s |

3.4.3 Datenaufbereitung und -auswertung

Die erhobenen Fragebogendaten wurden mit Microsoft Excel 2013 aufbereitet und in der Software IBM SPSS Statistics 26 sowie R Studio (Version 1.2.1335) verarbeitet. Die Daten wurden sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch ausgewertet. Abbildungen und Grafiken wurden mit Excel erstellt.

Messwiederholung und Gruppenunterschiede

Die abhängigen Variablen mit Messwiederholung werden zunächst getrennt betrachtet und hypothesengeleitet auf Unterschiede hin analysiert. Zur Beurteilung der Gruppenunterschiede werden Mittelwertsunterschiede und varianzanalytische Verfahren mit Messwiederholung für den Messwiederholungsfaktor und die jeweiligen Zwischensubjektfaktoren berechnet (nähere Erläuterungen dazu finden sich in den jeweiligen Studienkapiteln). Die Voraussetzungen zur Anwendung des Verfahrens, wie Normalverteilung der Daten, Varianzhomogenität, sowie die Intervallskalierung werden zuvor überprüft. Die Größen der Substichproben sind ausreichend, sodass die varianzanalytischen Verfahren robust genug sind, um Verletzungen der Voraussetzungen auszugleichen (Field, 2013). Zeigt sich in der Sphärizitätsanalyse eine Verletzung der Sphärizität, erfolgt eine Korrektur nach Greenhouse-Geisser. Die Varianzanalysen werden auf einem Signifikanzniveau von $\alpha < .05$ berechnet. Da im Rahmen der Studien auch explorativ vorgegangen wird, finden Trends bis zu einem Signifikanzniveau von $\alpha < .10$ ebenfalls Berücksichtigung. Diese werden als marginal signifikant beschrieben und mit „m“ gekennzeichnet. Zur Einordnung der Effekte

wird zusätzlich das partielle Eta-Quadrat η^2 angegeben. Um die Effekte einzuordnen, können die folgenden Werte angelegt werden: $.010 < \eta^2 < .060$ entspricht einem kleinen Effekt, $.060 < \eta^2 < .140$ entspricht einem mittleren Effekt und $.140 < \eta^2$ entspricht einem großen Effekt (Cohen, 1988).

Zur Betrachtung von Einzelvergleichen im Messwiederholungsfaktor werden Post-hoc-Tests herangezogen. Um die α -Fehler-Kumulierung zu vermeiden, wird der α -Fehler auf Basis der Bonferroni-Holm-Korrektur (Holm, 1979) angepasst. Diese stellt eine liberalere Alternative zur konservativen Bonferroni-Korrektur dar und unterstützt so den explorativen Ansatz (Bortz & Weber, 2005).

Mehrebenenanalyse

Zur Überprüfung der varianzanalytischen Ergebnisse werden die Daten zusätzlich einer Mehrebenenanalyse unterzogen. Dabei werden die R Pakete „lme4“ (Bates et al., 2015) und „lmerTest“ (Kuznetsova et al., 2017) verwendet. Die angewendeten Modelle werden in den jeweiligen Studienkapiteln bzw. Anhängen aufgeführt.

Für die Ermittlung der Haupteffekte der Messwiederholung wird jeweils das Baseline Modell (M_0) gegen das Modell mit Einbezug des Messwiederholungsfaktors getestet. Dafür wird ein Random Intercept für den Teilnehmenden (id) vorausgesetzt. Für die Zwischensubjekteffekte wird das Nullmodell gegen das Modell mit Einbezug des Zwischensubjektfaktors verglichen. Um einen Interaktionseffekt festzustellen, werden die Modelle unter Einbezug der Messwiederholung und der Zwischensubjektfaktoren miteinander verglichen.

Zur Ergebnisdarstellung werden die Ergebnisse des χ^2 -Tests und das Delta des Bayesian Information Criterion (BIC) angegeben. Eine Reduktion des BIC (positiver Wert des Δ) spricht für eine bessere Modellpassung und somit für einen signifikanten Effekt.

Explorative Analysen der abhängigen Variablen

Die abhängigen Variablen werden im Rahmen explorativer Analysen auf Zusammenhänge untereinander betrachtet. Dafür werden die AVn zentriert und sowohl intra- (jeder Messzeitpunkt) als auch interpersonell (Mittelwert der drei Messzeitpunkte pro Person) miteinander bivariat korreliert (vgl. Johnston et al., 2016), um so Zusammenhänge aufzudecken. Der Pearson-Korrelationskoeffizient zeigt dabei die Effektstärke an. Effekte ab einem Wert von $r > 0.1$ werden als klein angesehen, ein Wert ab $r > 0.3$ zeigt einen mittleren Effekt und ein Wert ab $r > 0.5$ einen großen Effekt an.

Weitere explorative Fragestellungen werden im Rahmen von Extremgruppenanalysen betrachtet. Dafür werden die unabhängigen Variablen „initiales Vertrauen“, „Technikaffinität“, „Fahrerfahrung“ und „Nutzungsbereitschaft des vollautomatisierten Fahrens“ gewählt. Für jede Variable werden Extremgruppen gebildet, die dem jeweiligen ersten (Q_{25}) und vierten Quantil (Q_{75}) des Probandenkollektives entsprechen. Zum Vergleich der Gruppen werden die jeweiligen Mittelwerte und ihre 95 %-Konfidenzintervalle (KI) herangezogen. Es wird der Differenzwert der Mittelwerte gebildet und überprüft, ob das zugehörige Kon-

fidenzintervall 0 einschließt. Schließt das Konfidenzintervall 0 nicht ein, wird von einem signifikanten Unterschied der Gruppen ausgegangen (Brandstätter & Kepler, 1999).

Analyse der Blickdaten

Die Aufbereitung der Blickdaten wird mit der Software D-Lab 3 (Ergoneers, 2013) durchgeführt. Da in Realfahrtstudien durch Lichteinflüsse und Bewegungen im Fahrzeug die Zuverlässigkeit der Pupillenerkennung eingeschränkt ist, wird die Pupillenerkennungsrate überprüft und bei einer Erkennungsrate zwischen 70 % und 90 % die Pupillenerkennung manuell verbessert, bis eine Rate von mind. 90 % erreicht wird. Teilnehmende, die einen Erkennungswert unter 70 % haben, werden von der Analyse ausgeschlossen. Zudem werden softwaregestützt Blinzler und sog. „Fly throughs“ eliminiert.

Zur Analyse der Blickdaten werden Mittelwerte der Blickzuwendungszeit, der prozentualen Blickzuwendungszeit und der Blickübergangswahrscheinlichkeit berechnet und mit Standardabweichung angegeben. Für die Betrachtung von Veränderungsmessungen werden Attention Ratio und mittlere Fixationsdauer jeweils am Personenmittelwert zentrierte und zur Analyse verwendet. Diese werden ebenfalls varianzanalytischen Verfahren mit Messwiederholung unterzogen. Die Ergebnisse werden auf Basis des Signifikanzniveaus von $\alpha < .05$ berechnet. Zur Einordnung der Effekte wird zusätzlich das partielle Eta-Quadrat η^2 dargestellt.

Auswertung der Informationsbewertung

Für die Bewertung der Informationen mittels Kano-Methode werden die Antworten der funktionalen und dysfunktionalen Fragen in einer Bewertungstabelle angeordnet. So zeigt sich, welche Merkmalskategorien der jeweiligen Eigenschaft zugeordnet werden. Für die jeweilige Zuordnung vgl. Tabelle 3-8. Über die Zuordnungshäufigkeit aller Teilnehmenden-Urteile einer Eigenschaft zur jeweiligen Merkmalskategorie können verschiedene Kennwerte berechnet werden.

Tabelle 3-8 Bewertungstabelle zur Klassifizierung von Eigenschaften anhand des Kano-Modells.

| | | Dysfunktionale Frage | | | | |
|--|------------------|---|------------------|--------------|---------------|------------|
| | | Begeistert mich | Setze ich voraus | Ist mir egal | Nehme ich hin | Stört mich |
| Funktionale Frage | Begeistert mich | Q | A | A | A | O |
| | Setze ich voraus | R | Q | I | I | M |
| | Ist mir egal | R | I | I | I | M |
| | Nehme ich hin | R | I | I | Q | M |
| | Stört mich | R | R | R | R | Q |
| A = Attraktivitätsmerkmal („Attractive“) | | I = Uneindeutiges Merkmal („Indifferent“) | | | | |
| M = Basismerkmal („Must be“) | | R = Rückweisungsmerkmal („Reverse“) | | | | |
| O = Leistungsmerkmal („One dimension“) | | Q = Fragwürdiges Merkmal („Questionable“) | | | | |

Merkmalszuordnung: Zuordnung der Eigenschaft zu der Merkmalskategorie mit der größten Nennungshäufigkeit. Dabei kommen folgende Regelungen zur Anwendung:

- Modus-Regel: Die Antwortkategorie, die am häufigsten gewählt wird, bestimmt die Merkmalszuordnung. Bei sehr nah beieinanderliegenden oder gleichen Häufigkeitsverteilungen werden zwei Entscheidungsregeln angeboten.
- Erste Entscheidungsregel: Die Summenwerte von erheblichen Merkmalen (M, A, O) werden mit den Summenwerten der unerheblichen Merkmale (I, R, Q) verglichen. Es wird das Maximum aus der Merkmalsgruppe ausgewählt, dessen Summenwert überwiegt. *Wenn $\Sigma (A+O+M) > \Sigma(I+Q+R)$, dann entscheide für M, A oder I. Wenn $\Sigma (A+O+M) < \Sigma(I+Q+R)$, dann entscheide für I, Q und R.*
- Zweite Entscheidungsregel: Bei geringfügigen prozentualen Unterschieden zwischen zwei Kategorien wird nach folgendem Prinzip priorisiert: $M > O > A > I$.

Totale Stärke: Anteil der Teilnehmenden, für die die Eigenschaft relevant ist. Eine totale Stärke $> 50\%$ spricht für einen zufriedenheitsförderlichen Effekt.

Totale Stärke = Prozentsatz M + Prozentsatz O + Prozentsatz A

Kategoriale Stärke: Gibt an, wie eindeutig eine Eigenschaft einem Merkmal zugeordnet werden kann. Eine kategoriale Stärke $> 6\%$ zeigt an, dass die Eigenschaft eindeutig einem Merkmal zugeordnet werden kann. *Kategoriale Stärke = Prozentsatz der häufigsten Antwort - Prozentsatz der zweithäufigsten Antwort.*

Zufriedenheitskoeffizienten (CS): Geben an, wie stark die Zufriedenheit durch das Vorhandensein einer Information gesteigert werden kann (Zufriedenheitsstiftung; CS+) und inwieweit Unzufriedenheit vermieden werden kann (Unzufriedenheitsstiftung, CS-). Die Wertebereiche liegen zwischen 0 und 1 (CS+) bzw. -1 und 0 (CS-). Ein CS-Wert nahe -1 verdeutlicht einen hohen negativen Einfluss auf die Zufriedenheit, wenn die Information nicht vorhanden ist. Ein hoher Wert des CS+ zeigt hingegen einen starken Einfluss auf die Zufriedenheit bei Vorhandensein der Information. Als Kennwert für einen hohen Wert wird im Rahmen dieser Studien ein Wert $> .7$ angenommen.

4 Studie Q-1: Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren

Im Folgenden wird die Studie „Fokusgruppen zum Informationsbedürfnis einer vollautomatisierten Fahrt“ dargestellt. Zunächst wird auf die Zielsetzung und Fragestellung eingegangen (Kap. 4.1), darauf folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens (Kap. 4.2), die Beschreibung der Ergebnisse (Kap. 4.3) sowie die Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse (Kap. 4.4).

4.1 Zielsetzung

Das Ziel dieser Studie ist es, herauszufinden, ob und welche Informationen die Nutzer während einer vollautomatisierten Fahrt benötigen und erwarten. Die folgenden Fragen sollen im Rahmen dieser Erhebung geklärt werden:

- (1) Benötigen potenzielle Nutzer eines vollautomatisierten Fahrzeugs eine Informationsanzeige?
- (2) Welche Informationen erwarten und wünschen sich die Nutzer beim vollautomatisierten Fahren?
- (3) Wie unterscheiden sich Nutzer oder Nutzergruppen hinsichtlich ihres Informationsbedürfnisses?
- (4) Lassen sich Muster oder Strukturen in den Daten entdecken, die den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren beschreiben können?

Um Anforderungen an ein Anzeigeconcept für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren aus Nutzerperspektive generieren zu können, werden sechs Fokusgruppen konzipiert und durchgeführt. Im Zuge dieser Fokusgruppen werden die Teilnehmenden, die bisher keinen Bezug zum automatisierten Fahren hatten, an das Thema „Vollautomation“ und den damit zusammenhängenden Rollenwechsel herangeführt und mithilfe von Filmsequenzen ihre Informationsbedürfnisse diskutiert (1) (2). Um Unterschiede zwischen verschiedenen Nutzergruppen feststellen zu können, werden die Diskussionsgruppen a priori bereits in merkmalsbezogene Gruppen aufgeteilt, so wird zwischen technikfernen, jungen und vielfahrenden Teilnehmenden unterschieden (3). Darüber hinaus werden sowohl Gruppen mit Teilnehmenden durchgeführt, die im Rahmen einer zeitgleich stattfindenden Realfahrzeugstudie (vgl. Kap. 5) erste Erfahrungen mit einer vollautomatisierten Fahrt sammeln konnten, als auch mit Teilnehmenden, die bisher diesbezüglich keine Erfahrungen sammeln konnten. Explorativ wird betrachtet, ob sich durch die Analyse der qualitativ erhobenen Daten Muster oder Strukturen entdecken lassen, die Aufschluss über unterschiedliche Nutzergruppen und ihren Bezug zum vollautomatisierten Fahren geben (4).

4.2 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen wird im Folgenden näher beschrieben. Dafür wird zunächst auf Versuchsdesign (Kap. 4.2.1) und Datenbasis (Kap. 4.2.2) eingegangen. Darauf folgt die

Beschreibung der Versuchsumgebung (Kap. 4.2.3) und des Versuchsablaufs (Kap. 4.2.4) sowie der Datenaufbereitung (Kap. 4.2.5). Abschließend wird die Stichprobe vorgestellt (Kap. 4.2.6).

4.2.1 Versuchsdesign

Eine Fokusgruppe ist eine moderierte Gruppendiskussion, die ein im Voraus festgelegtes Thema zielgerichtet in ein bis zwei Stunden bearbeitet. Die optimale Gruppengröße liegt bei vier bis acht Personen (Krueger & Casey, 2015). Dabei führt mindestens eine moderierende Person anhand eines vorher festgelegten Leitfadens durch die Diskussion.

Die Fokusgruppe unterscheidet sich von einer Gruppendiskussion, da die Fokusgruppe auf das Gewinnen von Informationen, sowie Bewertung und Weiterentwicklung u. a. von Produkten abzielt (Henseling et al., 2006). Die Gruppendiskussion hingegen zielt auf latente Sinnstrukturen und kollektive Erfahrungen der Gruppe ab (Bohnsack, 1999). Die Methodik der Fokusgruppe hebt sich von anderen qualitativen Verfahren, wie beispielsweise Interviews ab, da sie eine Interaktion zwischen mehreren Teilnehmenden ermöglicht. Durch den ständigen Wechsel zwischen aktiver und passiver Teilnahme können die Diskutierenden ihre Ideen vervollständigen und mit dem Input der anderen Teilnehmenden neue Gedanken entwickeln (Schulz, 2012). Fokusgruppenergebnisse sind qualitative Daten und beinhalten sowohl Einzelaussagen als auch Gruppenaussagen. Aus den qualitativen Aussagen können quantitative Daten gewonnen werden, die der weiteren Analyse dienen.

Zur Beantwortung der oben dargestellten Fragen wurden sechs Fokusgruppen durchgeführt. Um möglichst viele Aspekte erfassen zu können und Gruppenunterschiede einzubeziehen, wurde ein 2x3 Design gewählt. Der Versuchsplan ist in Tabelle 4-1 dargestellt.

Die Teilnehmenden wurden so rekrutiert, dass sie einer von drei Gruppen zugeordnet werden konnten: „Junge Fahrende“ im Alter zwischen 18 und 30, „Viel Fahrende“ mit einer jährlichen Kilometerleistung von über 25 000 km /Jahr und Teilnehmende, die sich selbst als „technikfern“ beschreiben. Als Schichtvariable wurde zudem die Erfahrung mit einem automatisierten Fahrzeug eingeführt. Dafür wurde zeitlich verschachtelt zu den Fokusgruppen-Terminen die Realfahrtstudie (Studie R-1; Kap. 5) durchgeführt, an der die Teilnehmenden der Gruppen „mit Automationserfahrung“ (AE) teilnahmen.

Tabelle 4-1 Versuchsplan Studie Q-1.

| Fokusgruppen | Teilnehmende | |
|---------------------------------------|--------------|---------|
| | Mit AE | Ohne AE |
| Junge Fahrende (18-30 Jahre) | $n = 5$ | $n = 5$ |
| Viel Fahrende (mind. 25.000 km/ Jahr) | $n = 5$ | $n = 4$ |
| Technikferne (Subjektive Angabe) | $n = 5$ | $n = 4$ |

4.2.2 Datenbasis

Um die in Kap. 4.1 dargestellten Fragen zu beantworten, wurde ein Leitfaden konzipiert, der die Teilnehmenden zunächst an die Informationsbedürfnisse als Beifahrer heranführt, sie dann in die Situation des vollautomatisierten Fahrens versetzt, um anschließend die Informationsbedürfnisse während der vollautomatisierten Fahrt herauszuarbeiten. Diese wurden im Nachgang näher diskutiert und durch die Teilnehmenden bewertet. Eine tabellarische Darstellung der Phasen der Fokusgruppe ist in Tabelle 4-2 abgebildet und wird im Folgenden näher erläutert. Der Leitfaden der Fokusgruppen ist im Elektronischen Anhang (vgl. Anhang A-3) einzusehen.

Tabelle 4-2 Tabellarischer Ablauf der Fokusgruppen.

| Phase | Methodik | Ziel & Beispielfrage |
|-------------------------------|-----------------------------|---|
| Einführung der Rollenmetapher | Plenumsdiskussion | Festlegung von Eigenschaften eines guten Fahrers z. B.: „Können Sie sich an eine besonders unangenehme Fahrt erinnern?“; „Warum war diese so unangenehm?“ |
| Methodische Einführung | Video; Plenumsdiskussion | Informationsbedürfnis als Beifahrer Ableitung von Informationen, die aus Sicht eines Beifahrers relevant sind z. B.: „Welche Informationen bräuchten Sie als Beifahrer in dieser Situation?“ |
| Thematische Einführung | Video; Brainwriting | Auseinandersetzung mit vollautomatisiertem Fahren z. B.: „Wohin würden Sie voll automatisiert fahren?“; „Was würde sich dadurch für Sie verändern?“ |
| Hauptteil | Video; Plenumsdiskussion | Informationsbedürfnis als Passagier eines vollautomatisierten Fahrzeugs Ableitung von Informationen, die aus Sicht des Passagiers eines vollautomatisierten Fahrzeugs relevant sind z. B.: „Welche Informationen bräuchten Sie in dieser Situation, um sich sicher und komfortabel gefahren zu fühlen?“ |
| Vertiefung | Gruppenarbeit | Visualisierung von Informationskategorien Bearbeitung einzelner Informationskategorien z. B.: „Wie müsste der Abstand zu anderen Fahrzeugen visualisiert werden?“ |
| Bewertung | Punktabfrage | Priorisierung der Informationen Bewertung der Informationen z. B.: Welche Information... ... begeistert Sie? ... ist selbstverständlich? ...ist unnötig? |

Heranführung der Teilnehmenden





Um die Teilnehmenden an ein einheitliches Verständnis zum vollautomatisierten Fahren heranzuführen und die verwendete Methodik verständlich zu machen, wurde eine dreiteilige Vorbereitungsphase vorangestellt: Heranführung an die Rollenmetapher, Heranführung an das methodische Vorgehen und thematische Heranführung an das vollautomatisierte

Fahren. So sollte gewährleistet werden, dass die Teilnehmenden nicht auf heuristische Aussagen zum vollautomatisierten Fahren zurückgreifen, sondern sich aktiv mit dem Thema auseinandersetzen. Diese Phase wurde nicht in die qualitative Datenanalyse einbezogen.

Informationsbedürfnis als Passagier eines vollautomatisierten Fahrzeugs (Hauptteil)

Im Hauptteil der Erhebung sollte nun der Informationsbedarf während der vollautomatisierten Fahrt aufgedeckt werden. Dafür wurden den Teilnehmenden nacheinander vier unterschiedliche Fahrszenarien als ca. einminütige Filme gezeigt: *Autobahnauffahrt*, *Überholvorgang auf der Autobahn*, *Baustellenfahrt* und *Stadtfahrt*. Die Szenarien sind in Tabelle 4-3 genauer beschrieben. Die Teilnehmenden sollten sich vorstellen, sie würden die Situationen in einem vollautomatisierten Fahrzeug erleben. Nach jeder Fahrt sollten sie die Informationen nennen, die sie in der jeweiligen Situation benötigt hätten, um sich in dem Fahrzeug sicher zu fühlen. Diese Informationen wurden auf Karten an einer Pinnwand gesammelt und in der Gruppe diskutiert. Zur besseren Verortung der Informationen wurden diese zusätzlich auf dem Bild eines herkömmlichen Fahrzeuginnenraums angeordnet. Das Vorgehen wurde für alle vier Szenarien wiederholt.

Tabelle 4-3 Beschreibung der diskutierten Szenarien.

| Szenario | Situationsbeschreibung | Videoausschnitt |
|------------------|---|---|
| Autobahnauffahrt | Eigenes Fahrzeug fährt von Landstraße auf Autobahnauffahrt auf. Es biegt dafür zunächst auf Abbiegespur links ab, dabei kommen einige Fahrzeuge entgegen. Fahrzeug fährt links auf Autobahnauffahrt und dann auf Autobahn auf. Freie Fahrt auf Autobahn folgt. |  |
| Überholen | Eigenes Fahrzeug fährt auf der rechten Spur auf der Autobahn (frei Fahrt). Es fährt auf langsam fahrenden Bus zu. Fahrzeug wechselt die Spur und überholt Bus auf der linken Spur. Eigenes Fahrzeug schert wieder rechts ein. |  |
| Baustelle | Eigenes Fahrzeug fährt auf der Autobahn, Hinweisschild „Spurzusammenführung“ taucht auf. Fahrzeug überholt ein anderes Fahrzeug links und fährt in die Spurzusammenführung ein. Spurzusammenführung mündet in Baustelle mit verengter Fahrbahn ein. Fahrzeug fährt auf verengter Fahrbahn weiter. Straßenführung wird auf die Gegenseite geleitet, Fahrzeug folgt Straßenführung und fährt in der Baustelle, bis Video endet. |  |
| Stadt | (Parkplatz-) Schranke öffnet sich, Fahrzeug fährt an einem stehenden Fahrzeug vorbei, aus dem Fahrer aussteigt, Fahrzeug fährt durch eine Durchfahrt und hält an Ampel an. Ampel ist rot, hat aber einen grünen Pfeil, Fahrzeug biegt daher rechts ab und fährt weiter geradeaus bis zur nächsten Ampel. Es folgt dabei einem vorausfahrenden Fahrzeug. |  |

Vertiefung und Bewertung der Informationen

Nach Abschluss des Hauptteils wurden Informationskategorien (z. B.: Darstellung anderer Verkehrsteilnehmender, Straßeninfrastruktur, Hindernisse) von den Teilnehmenden in Kleingruppen mittels Leitfragen (z. B. „Wie sollte die jeweilige Information visualisiert werden?“) genauer bearbeitet und danach im Plenum vorgestellt. Da dieser Teil aus Zeitgründen nicht in allen Gruppen durchgeführt werden konnte, wurde dieser Teil von der Datenanalyse ausgeschlossen.

Nach der Bearbeitung der Informationskategorien wurden die in der Hauptphase definierten Informationen bewertet. Dabei konnten die Teilnehmenden jeweils zwei Punkte für die Informationen in den folgenden Kategorien vergeben.

- Informationen, die Sie während der Fahrt stören würden.
- Informationen, die Sie als selbstverständlich empfinden würden.

- Informationen, die Sie begeistern würden.

4.2.3 Versuchsumgebung

Die Fokusgruppen wurden in den Räumlichkeiten der Audi Electronics Venture GmbH in Gaimersheim durchgeführt. Hierfür wurde eine Sitzgruppe aufgebaut und durch Flipcharts und Pinnwände ergänzt. Zudem wurden Plakate zur Gruppenarbeit vorbereitet und Inhalte teilweise auf eine Leinwand projiziert. Zur Erhebung von Videodaten wurde eine Kamera aufgestellt, die die Gespräche aufnahm und ein Mikrofon in der Mitte des Raumes platziert, um das Gesagte festzuhalten.

Jede Sitzung wurde von zwei Moderatorinnen begleitet. Eine Moderatorin führte die Gruppe durch den Leitfaden und moderierte die Diskussion. Die Co-Moderatorin übernahm die Dokumentation und Sortierung der gesagten und verschriftlichten Inhalte sowie das Zeitmanagement.

4.2.4 Versuchsablauf

Die Fokusgruppen fanden im Dezember 2017 statt. Sie begannen werktags um 18 Uhr oder samstags um 10 Uhr und dauerten jeweils 120 Minuten. Sie wurden von einer Moderatorin geleitet, die durch eine Co-Moderatorin unterstützt wurde. Alle Fokusgruppen wurden auf Basis des in Kap. 4.2.2 beschriebenen Leitfadens durchgeführt.

Nach der Begrüßung aller Teilnehmenden folgten eine ca. fünfminütige Einführung der Moderatorin und eine Vorstellungsrunde. Danach wurden die Teilnehmenden sowohl an die Thematik als auch an die Methodik herangeführt (ca. 30 Minuten). Nach Abschluss dieser Phase und einer kurzen Pause wurde der Hauptteil der Diskussion eingeleitet, in dem die vier Fahrscenarien Autobahnauffahrt, Überholmanöver, Baustellendurchfahrt und Stadtverkehr zunächst videogestützt gezeigt und danach im Rahmen einer Plenumsdiskussion diskutiert wurden (Dauer ca. 60 Minuten).

Nach Abschluss der Hauptphase und einer anschließenden Pause wurden die genannten Informationskategorien und deren mögliche Visualisierung näher bearbeitet (dieser Teil wurde aus Zeitgründen nicht in allen Gruppen durchgeführt).

Zum Abschluss wurden die Teilnehmenden gebeten, die erarbeiteten Informationen auf ihre Relevanz hin zu bewerten. Mit der Bewertung der Informationen wurde der inhaltliche Teil der Fokusgruppe beendet. Den Teilnehmenden wurde für Ihre Teilnahme gedankt, sie wurden verabschiedet und incentiviert.

4.2.5 Datenaufbereitung und -auswertung

Datenaufbereitung

Die Video- und Ton-Daten des Hauptteils wurde mit der Software MaxQDA2018 (VERBI Software, 2019) transkribiert. Dabei wurde auf vollständiges und wörtliches Transkribieren

geachtet. Da der Inhalt im Vordergrund stand, wurden Lautäußerungen wie „ähm“, „na ja“ nicht verschriftlicht. Die weitere Analyse erfolgte mit Microsoft Excel 2010.

Zur Analyse der Daten wurde die Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) herangezogen. In dieser Form der Inhaltsanalyse werden festgelegte Analyseschritte und -regeln verwendet, um die Interpretation des Gesagten zu systematisieren und überprüfbar zu machen (Mayring, 2015). Diesem Vorgehen liegen die Prinzipien der Zusammenfassung, Generalisierung und Reduktion zugrunde. Es wird zunächst das Ziel der Analyse identifiziert. Es folgt die Festlegung des Selektionskriteriums und des Abstraktionsniveaus, um dann das erhobene Material durchzuarbeiten. In der induktiven Kategorienbildung wird das zugrunde liegende Material schrittweise abstrahiert und in Kategorien überführt. Nach 10-50 % des Materials werden die Kategorien einer Revision unterzogen und das Material endgültig durchgearbeitet. Das entstandene Kategoriensystem kann im Sinne der Fragestellung interpretiert und quantitativen Analysen unterzogen werden.

Nach diesem Schema wurden die Transkripte der sechs Fokusgruppen abstrahiert und in Kategorien zusammengeführt. Die Codierung wurde von zwei unabhängigen Ratern durchgeführt, die nach dem Schema des konsensuellen Codierens vorgehen. Das Vorgehen sieht vor, dass die zwei Rater die Codes nach dem Rating vergleichen und bei Abweichungen im Diskurs einen Konsens für den jeweiligen Code finden (Kuckartz, 2016). Die daraus festgelegten Informationskategorien wurden im Ergebnisteil unter Einbezug der Nennungshäufigkeiten berichtet und weiteren Analysen unterzogen.

Datenauswertung

Für die weitere Analyse wurden Häufigkeiten der Nennung der Informationen je Kategorie herangezogen. Dazu wurde die Software R-Studio (Version 1.2.1335) mit dem Paket „DescTools“ (Signorell & mult. al., 2020) verwendet. Um Gruppenunterschiede zwischen Gruppen mit und ohne Automationserfahrung sowie den drei Fahrenden-Gruppen und Unterschiede zwischen den Fahrscenarien aufdecken zu können, wurden Summenwerte der Information gebildet und mittels χ^2 -Test auf Abweichungen einer erwarteten Häufigkeitsverteilung hin überprüft (Bortz et al., 2008). Um eine Alpha-Fehler Adjustierung zu vermeiden, wurde bei Messwiederholung eine Anpassung des Signifikanzwertes nach Yates angewendet. Als Effektstärkemaß wurde auf Cramers V zurückgegriffen. Cramers V kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Cohen (2013) empfiehlt die folgende Interpretation: $V > .1$ entspricht einem kleinen Effekt, $V > .3$ entspricht einem mittleren Effekt und $V > .5$ entspricht einem großen Effekt.

Die Methode der Fokusgruppe wurde gewählt, um unterschiedliche Facetten des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren zu entdecken. Daher wurden die Daten weiteren explorativen Analysen unterzogen. Die Äußerungen jedes Teilnehmenden im Hauptteil wurden auf ihre Einstellung zum vollautomatisierten Fahren auf einer Skala von 1-10 bewertet (1 = misstrauisch, 5 = aufgeschlossen, 10 = begeistert). Diese Bewertung wurde der Menge ihrer Informationsnennung gegenübergestellt (Informationsnennung in %; der Teil-

nehmende mit den meisten Informationsnennungen belegte dabei 100 %). Daraus wurden mittels Ward-Methode Cluster gebildet.

4.2.6 Stichprobe

Insgesamt nahmen $N = 28$ Personen an den Fokusgruppen teil. Davon waren ca. ein Drittel ($n = 9$) männliche und zwei Drittel ($n = 19$) weibliche Teilnehmende mit einem durchschnittlichen Alter von 31.29 Jahren ($SD = 7.63$). Im Mittel besaßen die Probanden seit 13.81 Jahren ($SD = 7.69$) ihren Führerschein. Die meisten Teilnehmenden schätzten ihre jährliche Fahrleistung auf 5 000 bis 15 000 km ($n = 10$) bzw. 15 000 bis 30 000 km ($n = 12$). Jeweils $n = 3$ Probanden fuhren weniger als 5000 km und mehr als 30 000 km. Die Hälfte ($n = 14$) der Probanden gaben an, sie würden vollautomatisiertes Fahren nutzen. Gründe dafür waren Erleichterung und Entspannung während der Fahrt, erhöhte Sicherheit und Zeitgewinn. Gründe der Teilnehmenden, die das vollautomatisierte Fahren nicht nutzen würden ($n = 13$) waren der Verlust der Freude am Fahren, kein Vertrauen in die Technik und die Angst vor Kontrollverlust. Ein Teilnehmender enthielt sich der Aussage. In Tabelle 4-4 sind die demografischen Daten der einzelnen Gruppen aufgeführt.

Die Probanden wurden durch eine Agentur rekrutiert und von dieser für ihren Aufwand entschädigt.

Tabelle 4-4 Demografische Daten der Fokusgruppenteilnehmenden sortiert nach Gruppen.

| Fahrenden Gruppen | Anzahl TN N (w, m) | Alter M (SD) | Nutzungsbereitschaft (n) |
|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Junge Fahrende | | | |
| Ohne AE | 5 (w = 3; m = 2) | 28.00 ($SD = 3.20$) | 3 |
| Mit AE | 5 (w = 4; m = 1) | 29.40 ($SD = 5.08$) | 1 |
| Viel Fahrende | | | |
| Ohne AE | 5 (w = 3; m = 2) | 28.00 ($SD = 2.00$) | 3 |
| Mit AE | 4 (w = 2; m = 2) | 34.25 ($SD = 6.18$) | 3 |
| Technikferne | | | |
| Ohne AE | 5 (w = 5) | 33.80 ($SD = 8.01$) | 2 |
| Mit AE | 4 (w = 2; m = 2) | 38.25 ($SD = 12.46$) | 3 |

Anmerkung: AE = Automationserfahrung; w = weiblich; m = männlich; Nutzungsbereitschaft: Anzahl derjenigen, die ihre Bereitschaft, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, äußerten.

4.3 Ergebnisse

Im Rahmen der Fokusgruppen sollten die Fragen geklärt werden, ob ein potenzieller Nutzer Informationen während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren benötigt und welche Informationen in dieser Situation notwendig sind. Außerdem sollte geklärt werden, ob sich die Informationsbedarfe zwischen Nutzergruppen unterscheiden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzer während des Erstkontaktes diverse Informationen benötigen. Kapitel 4.3.1 beschreibt die identifizierten Informationskategorien. In Kap. 4.3.2 wird auf die Unterschiede zwischen verschiedenen Nutzergruppen eingegangen. Dabei werden sowohl die a priori eingeteilten Gruppen (Viel Fahrende, Junge Fahrende und Technikferne Fahrende) betrachtet, als auch auf die explorative Analyse und Entdeckung weiterer Strukturen und Aspekte wird in Kap. 4.3.3 eingegangen.

4.3.1 Informationsbedürfnis

Aus $N = 443$ Aussagen der Teilnehmenden konnten sechs Informationskategorien herausgearbeitet werden, die notwendige fahrbezogene Informationen zusammenfassen. Diese Informationskategorien umfassen (1) Umfeld und Verkehrsteilnehmende, (2) Manöver (-planung), (3) Navigation und POIs, (4) Interaktionsmöglichkeiten, (5) Status und Wartung, (6) Funktionsverständnis.

Die Häufigkeiten der zu diesen Kategorien zugeordneten Aussagen sind in Abbildung 4-1 dargestellt. Die Ergebnisse zu den einzelnen Kategorien werden nachfolgend ausführlich dargestellt. Eine vollständige Auflistung der Kategorien mit zugehörigen Fällen, Ankerbeispielen und Häufigkeiten können in Anhang B-1 eingesehen werden.

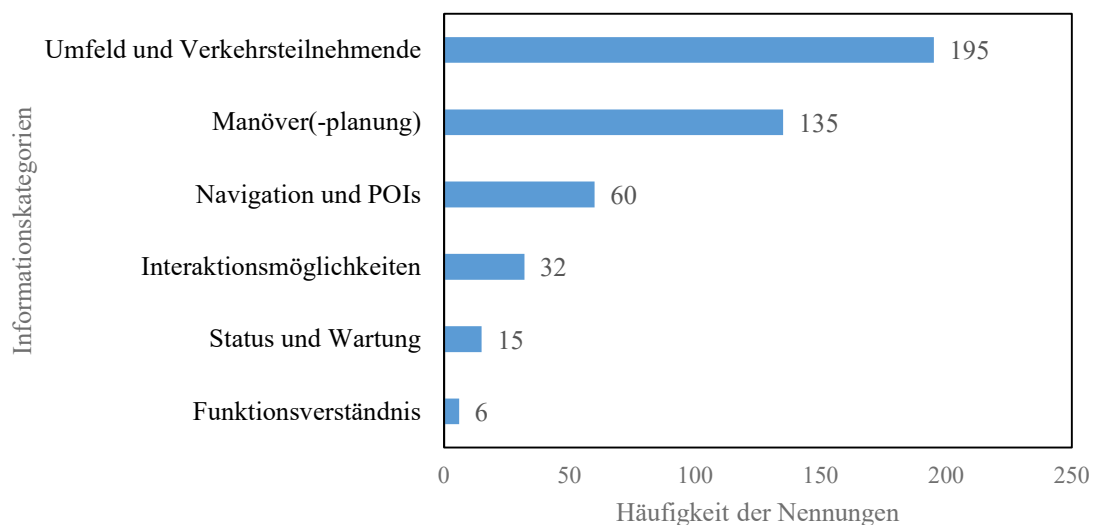


Abbildung 4-1 Informationskategorien und die Häufigkeit der Nennungen ($N = 443$ Codings).

Umfeld und Verkehrsteilnehmende

Der größte Anteil an Aussagen, die Informationen betreffen, kann der Kategorie „Umfeld und Verkehrsteilnehmende“ zugeordnet werden ($n = 195$). Die Listung aller Informationen, die dieser Kategorie zugeordnet werden, findet sich in Tabelle 4-5. Die Teilnehmenden erwarten, dass bei einer vollautomatisierten Fahrt Informationen, die im Umfeld des Fahrzeugs liegen und für die Fahrt relevant sein können, dargestellt werden. Insbesondere die Darstellung von Verkehrszeichen ($n = 67$; z. B.: erlaubte Höchstgeschwindigkeit, Ampel, Fahrbahnmarkierungen, Überholverbot) werden gefordert. Ebenso soll die Darstellung der Manöver anderer Verkehrsteilnehmender angezeigt werden ($n = 65$). Dies drückt eine

Teilnehmende folgendermaßen aus: „Ich möchte mir schon ein Bild davon machen können, dass er alles erkannt hat. Nur ‚Ich habe alles im Griff‘ reicht nicht aus.“ (S; FG1_ohneAE_JungeFahrende).

Tabelle 4-5 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Umfeld- und Verkehrsteilnehmende“.

| Informationen | Häufigkeit |
|--|------------|
| Verkehrszeichen | 67 |
| Manöver anderer Verkehrsteilnehmender | 65 |
| Abstands- und Geschwindigkeitsinformationen anderer Verkehrsteilnehmender | 15 |
| Wetter | 14 |
| Abstands- und Geschwindigkeitsinformationen zu umliegenden Verkehrsteilnehmenden | 10 |
| Abstandsinformationen | 8 |
| Totwinkelassistent | 7 |
| Straßentyp | 5 |
| Beschaffenheit der Fahrbahn | 4 |

Manöver (-planung)

Am zweithäufigsten werden Informationen genannt, die in Verbindung mit Manövern und Manöverplanungen des vollautomatisierten Fahrens in Verbindung stehen. Die Häufigkeitsverteilung ist in Tabelle 4-6 abgebildet. Aussagen zu aktuellen oder bevorstehenden Manövern ($n = 135$) beziehen sich sowohl auf die eigene Geschwindigkeit ($n = 38$) als auch auf aktuelle ($n = 27$) und nächste Manöver ($n = 36$) des eigenen Fahrzeugs. Das zeigt beispielsweise die folgende Aussage „[...] die Geschwindigkeit des eigenen Autos [soll angezeigt werden], um abzuschätzen, ob das alles funktioniert. Ich will ja sichergehen, dass das alles funktioniert und nicht gleich draufgehen.“ (R, FG2_ohneAE_Viel Fahrende). Zudem werden Warnung vor kritischen Manövern ($n = 34$), wie starkes Bremsen, erwartet.

Tabelle 4-6 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Manöver (-planung)“.

| Informationen | Häufigkeit |
|------------------------------|------------|
| Geschwindigkeit | 38 |
| Nächstes Manöver | 36 |
| Vorwarnungen & Erläuterungen | 34 |
| Aktuelles Manöver | 27 |

Navigation und POIs

Die Kategorie „Navigation und POIs“ ($n = 60$) befasst sich mit allen Informationen, die sich mit der Streckenplanung und interessanten Wegpunkten auseinandersetzen. Die vollständige Auflistung ist in Tabelle 4-7 eingefügt. Die Teilnehmenden möchten eine Übersicht der Fahrtroute ($n = 27$) angeboten bekommen. „[...] ich will wissen, wo wir als

Nächstes hinfahren." (W, FG2_mitAE_Technikern). Auch Strecken-PoIs ($n = 15$), wie Sehenswürdigkeiten, Baustellen oder Rastplätze sollen angezeigt werden.

Tabelle 4-7 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Navigation und PoIs“.

| Informationen | Häufigkeit |
|-----------------------------------|------------|
| Fahrtroute | 22 |
| Strecken-PoIs | 20 |
| Verkehrsinformationen | 8 |
| Empfehlungen, Tipps (z. B. Pause) | 5 |
| Estimated Time of Arrival (ETA) | 5 |

Interaktionsmöglichkeiten

Die Teilnehmenden äußern nicht nur Informationsbedarfe, sondern auch den Wunsch, selbst mit dem System zu interagieren ($n = 32$). Alle Fälle dieser Kategorie sind in Tabelle 4-8 abgebildet. Insbesondere die individuelle Anpassung der Informationen wird gefordert ($n = 15$), dabei spielen sowohl die Menge der Informationen als auch die Art der angezeigten Informationen eine Rolle. Aber auch die Möglichkeit, Manöver zu beeinflussen ($n = 5$; z. B. Überholvorgang abbrechen), einen Nothalt einzuleiten ($n = 4$) oder die Geschwindigkeit ($n = 3$) anzupassen, wird gewünscht. „Ich würde da gerne die Entscheidung treffen können, wie schnell es fährt.“ (T, FG2_ohneAE_Viel Fahrende).

Tabelle 4-8 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Interaktionsmöglichkeiten“.

| Informationen | Häufigkeit |
|--|------------|
| Individualisierung Information | 15 |
| Eingabe Manöverbefehl | 5 |
| Not-Knopf | 4 |
| Geschwindigkeit | 3 |
| Routenwahl | 3 |
| Empfehlungen | 1 |
| Fahrstil (Einstellungsmöglichkeiten und Anzeige) | 1 |

Status & Wartung und Funktionsverständnis

Weitere Informationen werden seltener genannt (vgl. Abbildung 4-1). Daher werden die Kategorien Status & Wartung ($n = 15$) und Funktionsverständnis ($n = 6$) zusammengefasst und in Tabelle 4-9 gemeinsam aufgeführt.

Einige genannte Informationen beziehen sich auf den Fahrzeugstatus und mögliche Wartungen. Insbesondere die Information, dass das Fahrzeug keine Störungen hat, alle Sensoren funktionieren und der Status somit in Ordnung ist ($n = 5$), werden erwartet. Ebenso sollen notwendige Wartungen im Vorhinein angekündigt werden ($n = 5$). Auch Informationen zur Funktionsweise des Fahrzeugs ($n = 5$), werden erwartet, z. B. eine Erläuterung

dazu, wie das Fahrzeug mit anderen Fahrzeugen oder Passanten kommuniziert. „Wie erkennt er jetzt beispielsweise Schilder? Wie zuverlässig sind die Informationen, die er [von der Umgebung] hat?“ (C; FG1_mitAE_Viel Fahrende).

Tabelle 4-9 Fälle und Häufigkeiten der Kategorien „Status und Wartung“ und „Funktionsverständnis“.

| Kategorie | Informationen | Häufigkeit |
|----------------------|-------------------------------|------------|
| Status und Wartung | Fahrzeugstatus i.O. | 5 |
| | Wartungsankündigung | 5 |
| | Fahrstil | 3 |
| | Licht | 1 |
| | Tankanzeige | 1 |
| Funktionsverständnis | Funktionsweise des Fahrzeugs | 5 |
| | Gesetzesinformationen/Haftung | 1 |

Bewertung der Informationen je Szenario

Die Nennung der Informationen unterscheidet sich, je nachdem, welches Fahrscenario (Autobahnauffahrt, Überholen, Baustelle, Stadt) diskutiert wurden. Da die Szenarien immer in der gleichen Reihenfolge diskutiert wurden, können Wiederholungseffekte hier eine Rolle spielen und müssen in der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

Bei der freien Fahrt auf der Autobahn inkl. Autobahnauffahrt erwarten die Teilnehmenden am häufigsten (Mehrfachnennungen möglich) die Anzeige *anderer Verkehrsteilnehmender* ($n = 24$), die *aktuelle Geschwindigkeit* ($n = 13$) und eine *Manöverborschau* ($n = 8$). „Ich will nur wissen, wie schnell fährt er gerade [...]“ (T, FG3_ohneAE_Technikferne).

Auch bei einem Überholmanöver ist es für die Teilnehmenden wichtig, dass *andere Verkehrsteilnehmende* erkannt werden ($n = 28$, davon nannten $n = 15$ andere Verkehrsteilnehmende auf der linken Spur, die zum Überholen genutzt wird), die *aktuelle Geschwindigkeit* ($n = 12$) und die *Manöverborschau* ($n = 6$). „[...], dass mir das Auto wirklich anzeigt, da ist ein Bus, [den will ich] überholen.“ (FG3_mitAE_JungeFahrende).

In einer Baustellensituation müssen insbesondere Information darüber angezeigt werden, dass die *geänderte Straßenführung erkannt wurde* ($n = 15$). „[Mir ist wichtig], dass er kapiert, das ist eine Baustelle und ich muss mich so und so verhalten“ (B., FG2_ohneAE_Viel Fahrende). Auch die *ausreichende Fahrbahnbreite* ($n = 11$) und die *Länge der Baustelle* ($n = 9$) sind in dieser Situation wertvolle Informationen. Eine Teilnehmende sagte „Jetzt würde ich am liebsten die Fahrt selbst übernehmen“ (B, FG3_ohneAE_Technikferne).

In der Stadt hingegen fordern die Teilnehmenden insbesondere die Anzeige von *Verkehrszeichen/Ampeln* ($n = 20$). „Ich fände es wichtig, dass das Auto weiß, dass hier andere Verkehrsregeln herrschen“ (M, FG1_ohneAE_JungeFahrende). Auch die Erkennung von *Fuß-*

gängern ($n = 14$) sowie Hindernissen (z. B.: Schranken, parkende Fahrzeuge; $n = 10$) und anderen Fahrzeugen ($n = 10$) sind in diesem Szenario wichtig.

4.3.2 Unterschiede zwischen Gruppen

Um Gruppenunterschiede aufzudecken, wurden die Nennungshäufigkeiten einzelner Kategorien verglichen und non-parametrisch analysiert. Es wurden sowohl Unterschiede zwischen den drei Fahrenden-Gruppen „Viel Fahrende“, „Junge Fahrende“ und „Technikferne Fahrende“ als auch die Gruppen mit und ohne Automationserfahrung (AE) gegenübergestellt. Auch Unterschiede in Abhängigkeit des jeweiligen Szenarios wurden nun inferenzstatistisch betrachtet. Die jeweiligen Mehr-Felder-Tafeln und Erläuterungen sind im Anhang B-2 zu finden. An dieser Stelle werden nur ausgewählte Vergleiche berichtet.

Unterschiede zwischen Fahrenden-Gruppen und Automationserfahrung

Die Nennungshäufigkeiten der Informationskategorien aufgeteilt nach einzelnen Fahrenden-Gruppen mit und ohne Automationserfahrung sind in Tabelle 4-10 abgebildet. Die beobachteten Häufigkeiten der einzelnen Gruppen unterscheiden sich bezüglich ihres Informationsbedarfs in den einzelnen Kategorien signifikant von einer erwarteten Häufigkeitsverteilung ($\chi^2(25) = 68.345$, $p = .001$, $V = .176$). So nennen die technikfernen Fahrenden ohne Automationserfahrung deutlich mehr benötigte Informationen als die technikfernen Fahrenden mit Automationserfahrung und die jungen Fahrenden ohne Automationserfahrung.

Tabelle 4-10 Beobachtete Häufigkeit der Nennung von Informationen in einer Kategorie.

| Kategorien | Viel Fahrende | | Junge Fahrende | | Technikferne | | Summe |
|-----------------------------------|---------------|-----------|----------------|-----------|--------------|------------|------------|
| | mit AE | ohne AE | mit AE | ohne AE | mit AE | ohne AE | |
| Umfeld und Verkehrsteilnehmende | 29 | 36 | 45 | 14 | 7 | 64 | 195 |
| Manöver(-planung) | 24 | 22 | 16 | 15 | 21 | 37 | 135 |
| Navigation und POIs | 8 | 11 | 3 | 10 | 11 | 17 | 60 |
| Interaktionsmöglichkeiten | 5 | 6 | 2 | 5 | 8 | 6 | 32 |
| Status und Wartung ^a | 4 | 0 | 4 | 1 | 0 | 6 | 15 |
| Funktionsverständnis ^a | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 6 |
| Summe | 73 | 75 | 70 | 48 | 47 | 130 | 443 |

Anmerkung: ^a die erwartete Häufigkeit ist < 5 ; AE = Automationserfahrung.

Die Verteilung der Gesamtsummen zwischen den drei Fahrenden Gruppen und den zwei Automationserfahrungsgruppen unterscheidet sich ebenfalls. Die Gruppen ohne Automati-

onserfahrung ($n = 253$) benötigen insgesamt mehr Informationen als die Gruppen mit Automationserfahrung ($n = 190$; $\chi^2(2) = 34.794$, $p = .000$, $V = .280$).

Zur genaueren Betrachtung der Kategorien- und Gruppenunterschiede sind die jeweiligen Mehr-Felder-Tafeln und Ergebnisse der Unterschiedsanalysen im Anhang B-2 abgebildet.

4.3.3 Explorative Analyse

Die Methode der Fokusgruppe wurde gewählt, um explorativ weitere über die Fragestellungen hinausgehende Aspekte und Strukturen zu beleuchten, die die Nutzer hinsichtlich der automatisierten Fahrt beschäftigen. Zwei Aspekte werden in allen sechs Fokusgruppen von den Teilnehmenden thematisiert: Sorgen, bzw. Ängste in Verbindung mit der Automation sowie das Informationsbedürfnis, das durch zunehmende Erfahrung mit dem System abnimmt. Auf beide Aspekte wird im Folgenden näher eingegangen. Anschließend werden Nutzergruppen-Cluster gebildet und vorgestellt.

Sorgen und Ängste

Während der Diskussionen werden Sorgen und Ängste in Bezug auf die automatisierte Fahrt thematisiert. Dabei liegt der Fokus auf der *Angst vor Kontrollverlust* und dem damit verbundenen Wunsch in das Fahrgeschehen eingreifen zu können. „Aber ich möchte schon die Möglichkeit haben, eingreifen zu können, nicht, dass der fährt und mich nicht mehr aussteigen lässt!“ (S; FG3_ohneAE_Technikferne). Die Angst, die Situation nicht mehr im Griff zu haben und dem technisch unbekanntem System ausgeliefert zu sein, beschäftigt viele Nutzer vor einer automatisierten Fahrt.

Ein weiterer Sorgenpunkt bezieht sich auf die *Zuverlässigkeit des Systems*. Die Teilnehmenden befürchten Systemausfälle oder Systemfehler, die in Verbindung mit der fehlenden Eingriffsmöglichkeit zur Gefahr werden können. Diese Sorgen beruhen häufig auf Erfahrungen mit herkömmlichen Fahrerassistenzsystemen: „Ich möchte Informationen zur Baustelle, Schildern und Spuren, denn mir ist es schon passiert, dass der Spurhalteassistent die falschen Spuren erkannt hat und denen dann hinterhergefahren ist.“ (M, FG2_ohneAE_Viel Fahrende).

Auch Themen, die die *Funktionsweise* betreffen, wie die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen, beschäftigen die Teilnehmenden. Die Komplexität der Systeme verunsichert die Teilnehmenden, weshalb sie eine eindeutige Erklärung des Systems benötigen: „Einstellmöglichkeiten sind gut, aber die Rückkopplung mit anderen Autos ist notwendig. Wie funktioniert das mit der Kommunikation mit anderen Fahrzeugen?“ (S, FG1_ohneAE_Viel Fahrende).

Die Teilnehmenden äußern darüber hinaus große Bedenken hinsichtlich der *Haftbarkeit bei Fehlern des Fahrzeugs*. Durch die fehlende Kontrollierbarkeit der Systeme und die Unberechenbarkeit der Systeme sei nicht klar, wer bei einem Unfall hafte und die Verantwortung dafür übernehmen müsste: „Wenn er jetzt einen Menschen überfährt, wer haftet dann?“ (C; FG1_mitAE_Viel Fahrende).

Abnehmender Informationsbedarf

Trotz der intensiven Diskussion über notwendige Informationen merken einige Teilnehmende an, dass ihr Informationsbedürfnis mit zunehmender Systemerfahrung voraussichtlich sinken werde. Ein Nutzer sagte „Ich merke, dass ich immer weniger wissen will“ (M, FG3_mAE_Viel Fahrende). Die Teilnehmenden erwarten, dass sich durch das Sammeln von Erfahrungen mit dem automatisierten System und durch die wachsende Fahrrou-tine der Wunsch danach vollumfänglich informiert zu werden reduziert. Sie vermuten, dass eine ständige Darstellung möglicherweise störend wirken könne. So wird nach der Mög-lichkeit gefragt, die Informationen auch ausschalten zu können, entweder, weil die Infor-mationen auf Dauer überfordern oder, um sich anderen fahrfremden Tätigkeiten, wie Ar-beiten, Schlafen oder Spielen widmen zu können.

Unterschiedliche Nutzergruppen

In der Betrachtung der Informationsbedarfe zeigt sich, dass sich nicht nur die einzelnen a priori festgelegten Gruppen unterscheiden. Im explorativen Vorgehen werden die Äuße-rungen jedes Teilnehmenden auf einer Skala von 1-10 bewertet (1 = misstrauisch gegen-über dem vollautomatisierten Fahren, 5 = aufgeschlossen, 10 = begeistert). Teilnehmende, die Aussagen, wie z. B. „Ich würde mich nicht in so ein Fahrzeug setzen“, trafen, wurden niedriger eingestuft. Teilnehmende, die Äußerungen wie z. B. „Ich freue mich schon da-rauf, nicht mehr selbst fahren zu müssen“ trafen, wurden höher eingestuft. Zudem wurde die prozentuale Häufigkeit der Informationsbedarfe erfasst und an der Teilnehmenden mit dem höchsten Informationsbedarf gemessen. Auf Basis der Ward-Methode wurden so a posteriori drei Nutzergruppencluster gebildet. Die Clusterzuordnung wird in Abbildung 4-2 dargestellt. Daraus ergeben sich die folgenden drei Nutzergruppen:

- **Die Skeptiker.** Skeptiker haben das vollautomatisierte Fahren testweise bereits er-lebt. Sie fordern dennoch verhältnismäßig viele und exakte Informationen (65 -100 %) insbesondere zum Fahrzeugumfeld, um sicherzugehen, dass das Fahrzeug alles Relevante erkannt hat. Die Einstellung gegenüber dem automatisierten Fahren vari-iert zwischen sehr skeptisch bis mäßig aufgeschlossen (Ranking 1-5). Eine exemp-larische Äußerung eines Skeptikers: „Ich möchte genau sehen, dass er sich im Stadtverkehr an Geschwindigkeit und Verkehrslage anpasst und, dass er sich dann an Fußgänger etc. anpasst. Er soll auch jeden Fußgänger anzeigen.“ (S, FG1_ohneAE_Viel Fahrende).
- **Die Abgeklärten.** Haben das automatisierte Fahren in den meisten Fällen noch nicht erlebt. Die Abgeklärten stehen dem automatisierten Fahren misstrauisch bis mäßig aufgeschlossen gegenüber (Ranking 1-5). Sie benötigt nur wenige Basisin-formationen (20 – 55 %; z. B.: aktuelle Position und Geschwindigkeit, Zeit und Distanz bis zum Ziel). Ansonsten können sie sich auf das System verlassen und möchten nicht durch zu viele Informationen belastet werden. Eine Abgeklärte sag-te: „Ich möchte eigentlich nur wissen, wo ich gerade bin, also meine Position und die Geschwindigkeit.“ (S; FG3_ohneAE_Technikferne).

- **Die Technikaffinen:** Haben das automatisierte Fahren größtenteils bereits erlebt. Die Technikaffinen sind begeistert von dem Fortschritt der Technik (Ranking 6 - 10) und benötigen daher wenige Informationen (30-50 %). Die Informationen, die sie erwarten, sollten eine detaillierte Darstellung der Funktionsweise (z. B. eine Darstellung der Sensoren und deren Erkennung) beinhalten. Eine Äußerung eines Technikaffinen: „Das wäre ja überhaupt das coolste, dass man alles selbst bestimmen und abstellen kann. Dass ich sagen kann, blinken ja [oder] blinken nicht.“ (M, FG3_mAE_Viel Fahrende).

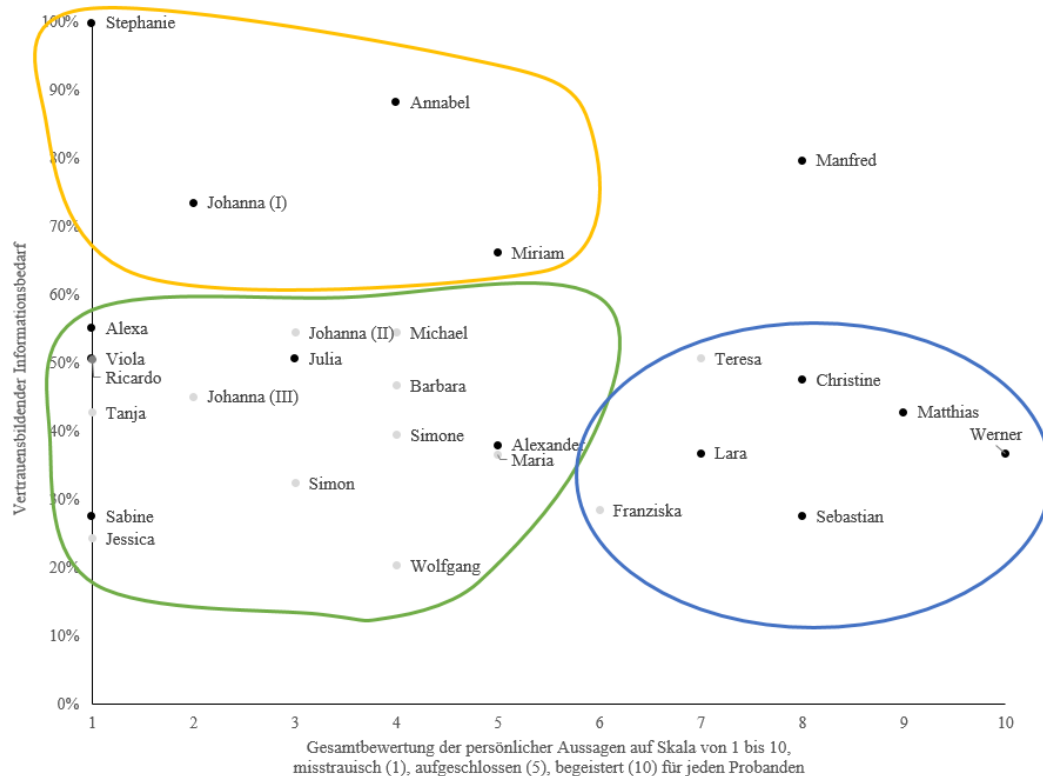


Abbildung 4-2 Ergebnisse der Clusteranalyse zur Einordnung der Teilnehmende zu Nutzergruppen (für nähere Erläuterungen siehe Beschreibung im Text).

4.4 Diskussion & Ableitung

Die Fokusgruppen wurden durchgeführt, um herauszufinden, welche Informationen die Nutzer für den Erstkontakt benötigen und, ob die gewonnenen Erkenntnisse gruppenübergreifend angenommen werden können. Dafür werden die Ergebnisse im Folgenden zusammengefasst, in den aktuellen Stand der Wissenschaft eingeordnet (Kap. 4.4.1) und kritisch betrachtet (Kap. 4.4.2), um daraus Erkenntnisse für ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt abzuleiten (Kap. 4.4.3).

4.4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Nutzer benötigen Informationen, die ihnen helfen das Verhalten des automatisierten Fahrzeugs zu verstehen. Die benötigten Informationen können in sechs Kategorien eingeteilt werden: (1) Umfeld und Verkehrsteilnehmende, (2) Manöver (-planung), (3) Navigation

und POIs, (4) Interaktionsmöglichkeiten, (5) Status und Wartung, (6) Funktionsverständnis.

Informationskategorien

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch für die Nutzer eines vollautomatisierten Fahrzeugs zunächst die Informationen relevant sind, die sie in ihrer Rolle als Fahrer oder Beifahrer benötigen würden. Die identifizierten Informationen beziehen sich auf die Fahraufgaben nach Donges (1982) sowie das Situationsbewusstsein nach Endsley (1995). Für den Aufbau von Vertrauen ist der Aufbau eines mentalen Modells und damit ein adäquates Situationsbewusstsein immanent wichtig (Beggiato, Pereira et al., 2015). Dies bestätigt sich auch in den hier dargestellten Fokusgruppen. Um Vertrauen zu automatisierten Systemen aufbauen zu können, muss für die Teilnehmenden nachvollziehbar sein, was das eigene Fahrzeug erkennt (Situationsbewusstsein; Kategorie *Umfeld- und Verkehrsinformationen*) und wie sich dieses verhält (Kategorie *Manöver und -planung; Navigation & POIs*; vgl. Parasuraman & Riley, 1997; Perterer et al., 2013) bzw. auf welcher Basis Entscheidungen getroffen werden (Verhaltensbewusstsein, vgl. dazu auch Diels & Thompson, 2017; *Funktionswissen*). Gerade in der ersten Auseinandersetzung mit dem vollautomatisierten Fahren, wie sie in diesem Fall stattgefunden hat, drückt sich ein niedriges Vertrauen in der Forderung nach vielen Informationen aus. Auch der Wunsch, selbst mit dem System interagieren zu können (Kategorie *Interaktionsmöglichkeiten*) und die Überprüfung des System-Status (Kategorie *Status und Wartung*), deuten darauf hin, dass die Nutzer die Kontrolle noch nicht vollständig an das System abgeben möchten (vgl. Kyriakidis et al., 2017) und zumindest zum Teil das System überwachen und kontrollieren möchten. So sind auch die Sorgen hinsichtlich der geltenden Haftung bei Unfällen einzuordnen.

Unterschiede der Verkehrssituationen

Die Ergebnisse zeigen, dass die Komplexität der Verkehrssituation das Erleben und den Informationsbedarf beeinflussen kann (vgl. dazu auch Cahour, 2008; Ellinghaus & Schlag, 2001). Je nach Situation sind unterschiedliche Informationen wichtig. So sind bei einer freien Autobahnfahrt Informationen zum umgebenden Verkehr, eigener Geschwindigkeit und des eigenen Fahrverhaltens wichtig. Im Falle einer Sondersituation, wie in dieser Erhebung einer Baustelle, sind situationsspezifische Informationen, wie die veränderte Streckenführung oder die eingeschränkte Spurbreite wichtiger als die Geschwindigkeit. In der Stadt, mit einer höheren Verkehrskomplexität sind Informationen zum Umfeld entscheidend, allerdings spielen nun Hinweise auf Verkehrszeichen, Hindernisse und Fußgänger eine besondere Rolle. Die Ergebnisse decken sich auch mit Diels und Thompson (2017), die in Abhängigkeit der Verkehrssituation und Komplexität andere anzuzeigende Informationen feststellen konnten.

Unterschiede zwischen Nutzergruppen

Der unterschiedliche Informationsbedarf ist nicht nur auf externe Faktoren, wie die Komplexität oder Kritikalität der Situation zurückzuführen, auch interindividuelle Einflüsse,

wie die Einstellung zur Automatisierung scheinen den Informationsbedarf zu beeinflussen (Liljamo et al., 2018). So äußern die jungen, unerfahrenen Fahrer ein höheres Informationsbedürfnis als Nutzer, die viel Fahrerfahrung mitbrachten (vgl. dazu auch Hartwich et al., 2020; Underwood et al., 2003). Aber nicht nur die Fahrerfahrung hat einen Einfluss auf den Informationsbedarf, auch Eigenschaften und Motive beeinflussen die Erwartungen an die Informationsdarstellung. Sehr skeptische Nutzer wünschen sich mehr und exakte Darstellungen der Umgebung, um sicherzugehen, dass alles Relevante erkannt wird. Technikinteressierte Nutzer hingegen fordern solche Informationen, um die Begeisterung für die Technik aufzubauen (vgl. Wiegand et al., 2019). Eine weitere Nutzergruppe möchte gar nicht mit zu vielen Informationen belastet werden, sondern verlangt eher eine Darstellung, die sich auf das Wesentliche konzentriert. Die drei identifizierten Nutzergruppen (*Skeptiker/in*; *Abgeklärte/r*, *Technikaffine*) und ihre Informationsbedürfnisse sollten demnach ebenfalls Beachtung in der Gestaltung des Erstkontaktes finden.

Wissenschaft und Nutzer sind sich aber einig, dass mit wachsender Erfahrung das Informationsbedürfnis sinkt und durch das Erleben des Fahrzeugs das Vertrauen und Wohlbefinden steigen wird (vgl. u. a. Beggiano, Hartwich et al., 2015; Hartwich et al., 2020; Wiegand et al., 2019).

4.4.2 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Im Rahmen der kritischen Betrachtung der Ergebnisse müssen standardmäßig die Gütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität herangezogen werden (Bortz & Döring, 2006).

Qualitative Methoden der Datenerhebung bergen immer die Gefahr, in der Durchführung die Objektivität zu vernachlässigen. Um dies zu vermeiden, wird das klare Halten an einen Leitfaden empfohlen (Kuckartz, 2014b) und im Rahmen der hier dargestellten Fokusgruppen durchgeführt. Durch den Einsatz zweier unabhängiger Co-Moderatorinnen wurde zur Objektivierung beigetragen. Da Fokusgruppen sich aber besonders durch ihre Gruppendynamik auszeichnen und ein Vorteil dieser Methode das Herausarbeiten diverser Meinungen und Anforderungen ist (Krueger & Casey, 2015), ist sowohl die Objektivität als auch die Reliabilität im Rahmen qualitativer Erhebungen nur mit Einschränkungen zu betrachten. Um dies dennoch sicherzustellen, haben zwei Rater unabhängig voneinander das Material codiert. Um große Datenverluste durch den Ausschluss von unterschiedlich codiertem Material zu vermeiden, empfiehlt Kuckartz (2014b) das Vorgehen des konsensuellen Codierens. Dieses wurde im Rahmen der Erhebung angewendet.

In Bezug auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse muss darauf hingewiesen werden, dass die Fokusgruppen in Gaimersheim bei Ingolstadt stattgefunden haben. Bei der Auswahl der Teilnehmende wurde darauf geachtet, dass sie keinen direkten Berufsbezug zur Automobilbranche haben, dennoch kann hier eine Nähe der Teilnehmenden zum Fahrzeugumfeld nicht ausgeschlossen werden.

Die Diskussion der Informationsbedarfe fand auf Basis von Videos ohne tatsächliches Erleben der automatisierten Fahrten statt, die Methode findet zwar häufig Anwendung (vgl. Diels & Thompson, 2017; Faas et al., 2020), limitiert aber die Immersion und das Risikoerleben und bietet somit nur einen ersten Hinweis auf tatsächliche Informationsbedarfe während der vollautomatisierten Fahrt. Die Ergebnisse der Fokusgruppen konnten aber die Befunde aus anderen Studien bestätigen (vgl. u. a. Diels & Thompson, 2017; Hartwich et al., 2020; Wiegand et al., 2019).

Fokusgruppen eignen sich als qualitative Methode insbesondere für den Erkenntnisgewinn offener explorativer Fragen (Mayring, 2015). Um die Reliabilität der Ergebnisse gewährleisten zu können, sollten im Sinne der Triangulation weitere Studien konzipiert werden, um die gefundenen Erkenntnisse verifizieren können (Kuckartz, 2014b).

4.4.3 Ableitung von Anforderungen an ein Anzeigekonzept

Folgende Anforderungen können im Rahmen dieser Studie an das Anzeigekonzept gestellt werden:

- Das Anzeigekonzept sollte dem Nutzer die Möglichkeit geben, das Fahrzeugverhalten nachzuvollziehen.
- Es sollten Informationen zu Umfeld und Verkehrsteilnehmenden, Manöver und Manöverplanung, Navigation und POIs, Interaktionsmöglichkeiten, Status und Wartung und zum Funktionsverständnis vermittelt werden.
- Das Anzeigekonzept sollte an unterschiedliche Nutzergruppen angepasst werden können.
- Das Anzeigekonzept sollte die Möglichkeit bieten die Informationsart und –menge in Abhängigkeit individueller oder situationaler Bedürfnisse anzupassen.
- Mit zunehmender Systemerfahrung des Nutzers muss das Anzeigekonzept weniger Informationen vorhalten.

5 Studie R-1: Der Erstkontakt und das Funktionswissen bei 12 km/h

Im Folgenden wird die Studie „Der Erstkontakt und das Funktionswissen bei 12 km/h“ berichtet. Zunächst wird auf Zielsetzung und Hypothesen eingegangen (Kap. 5.1) darauf folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens (Kap. 5.2), die Beschreibung der Ergebnisse (Kap. 5.3) sowie die Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse (Kap. 5.4).

5.1 Zielsetzung

Vorrangiges Ziel dieser Studie ist es, die verschiedenen Dimensionen des Erlebens beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren und ihre Veränderungen durch wachsende Fahrerfahrung sowie den Einfluss des Funktionswissens zu beschreiben.

Die Studie verfolgt fünf inhaltliche Zielsetzungen:

- (1) Untersuchung des Erlebens und seine Veränderung während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren.
- (2) Identifikation des Einflusses von Funktionswissen.
- (3) Explorative Betrachtung von Zusammenhängen der Erlebensdimensionen.
- (4) Explorative Betrachtung des Einflusses von Nutzermerkmalen.
- (5) Identifikation der Informationen, die für den Erstkontakt relevant sind.

Um das unter (1) adressierte Erleben des vollautomatisierten Fahrens zu untersuchen, werden die Erlebensdimensionen während der Realfahrt mit einem Versuchsfahrzeug erhoben, welches eine vollautomatisierte Fahrt bei ca. 12 km/h simulieren konnte. Es wird geprüft, ob sich die Erlebensdimensionen über drei Messzeitpunkte also mit steigender Fahrerfahrung verändern.

Der unter (2) genannte Einfluss des Wissens über die Funktionsweise soll identifiziert werden, indem die Art des instruierten Wissens, den die Teilnehmenden vor den Fahrten erhalten, zwischen zwei Gruppen variiert wird. Eine Gruppe wird technisch instruiert, die andere Gruppe erhält eine allgemeine Instruktion.

Zudem soll explorativ geprüft werden, ob die Erlebenskomponenten in einem Zusammenhang zueinanderstehen (3) und, ob die Nutzermerkmale, wie Technikaffinität und initiales Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren, das Erleben beeinflussen (4). Dafür werden a posteriori gebildete Extremgruppen in ihrem Erleben der vollautomatisierten Fahrt verglichen.

Schließlich sollen für den Erstkontakt relevante Informationen identifiziert werden (5). Dies geschieht im Rahmen einer Priorisierung von Informationen, die aus der Literatur entnommen wurden (vgl. Kap. 2.3.11) und den Teilnehmenden zur Kategorisierung nach den drei Fahrten dargeboten werden.

Die zu prüfenden Hypothesen lauten:

H_0 : Es sind keine Veränderungen zu berichten.

H_1 : Die Erlebiskomponenten verändern sich über die drei Messzeitpunkte.

- Das Vertrauen steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Die wahrgenommene Unheimlichkeit reduziert sich mit der Zeit.
- Das Diskomforterleben reduziert sich mit der Zeit.
- Die User Experience steigt über drei Messzeitpunkte an.

H_2 : Die Instruktionsgruppen unterscheiden sich in den Erlebiskomponenten voneinander.

Explorative Fragestellungen, die ebenfalls betrachtet werden:

Ex_1 : Stehen die Erlebiskomponenten miteinander im Zusammenhang?

Ex_2 : Unterscheidet sich das Erleben des Erstkontaktes in Abhängigkeit von individuellen Nutzermerkmalen, wie Nutzungsbereitschaft, Fahrerfahrung, Technikaffinität und initialem Vertrauen?

Ex_3 : Welche fahrbezogenen Informationen müssen den Teilnehmenden angezeigt werden?

5.2 Methodisches Vorgehen

Die oben dargestellten Hypothesen und explorativen Fragestellungen werden im Rahmen einer Realfahrtstudie geprüft. Im folgenden Abschnitt wird das methodische Vorgehen skizziert. Dafür wird zunächst das Versuchsdesign (Kap. 5.2.1) und die Datenbasis (Kap. 5.2.2) vorgestellt. Darauf folgt die Beschreibung der Versuchsumgebung (Kap. 5.2.3) und des Versuchsablaufs (Kap. 5.2.4) sowie die Darstellung der Datenaufbereitung (Kap. 5.2.5). Abschließend wird die Stichprobe vorgestellt (Kap. 5.2.6).

5.2.1 Versuchsdesign

Um das tatsächliche Erleben einer vollautomatisierten Fahrt darstellen zu können, wurde eine Realfahrtstudie konzipiert. Der Studie lag ein 2x3-faktorieller Mischversuchsplan zugrunde, der in Tabelle 5-1 veranschaulicht wird. Als Zwischensubjektfaktor wurde die Instruktionsart zwischen zwei Gruppen variiert. Eine dreifach gestufte Messwiederholung stellt den Innersubjektfaktor dar. Das Mixed-Faktor Design wurde gewählt, um eine hohe Aussagekraft mit vergleichsweise wenigen Probanden ermöglichen zu können (Sarris, 1999).

Tabelle 5-1 Versuchsplan der Studie R-1.

| Instruktionsart | Absolvierte Fahrt | | |
|------------------------|-------------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Einfache Instruktion | $n = 15$ | $n = 15$ | $n = 15$ |
| Technische Instruktion | $n = 16$ | $n = 16$ | $n = 16$ |

Im Rahmen des Messwiederholungsfaktors „Absolvierte Fahrt“ wurden in jeder Versuchsgruppe drei Fahrten auf einem abgesperrten Testgelände durchgeführt (für eine ausführliche Beschreibung des Versuchsablaufs vgl. Kap. 5.2.4.). Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, wurden die drei Fahrten in ihrer Abfolge zufällig permutiert. Jede Fahrt beinhaltete festgelegte Manöver, die durch das Fahrzeug absolviert wurden (vgl. Manöverliste Anhang C-1).

Der Zwischensubjektfaktor „Instruktionsumfang“ umfasste die Art der Instruktionen, die die Teilnehmenden zur Funktionsweise des Systems vor der ersten Fahrt erhalten haben. Die jeweiligen Instruktionen sind in Tabelle 5-2 gegenübergestellt. Es wurde unterschieden zwischen einer einfachen Instruktion, die lediglich erklärt, dass das Fahrzeug selbstständig fahren könne, und einer technischen Instruktion, die die Funktionsweise des Systems genauer erläutert.

Tabelle 5-2 Darstellung der Instruktionsvarianten (Zwischensubjektfaktor in Studie R-1).

| Einfache Instruktion | Technische Instruktion |
|---|---|
| Hier sehen Sie einen Audi A8 in der Langversion. Dies ist ein Prototypenfahrzeug. Dieses Fahrzeug hat eine ganz besondere Funktion: Es kann selbstständig fahren. Wir haben hier zwar noch Personen zur Absicherung, da das System noch keinen Serienstand hat und es daher Vorschrift zur Absicherung ist, das Fahrzeug fährt aber absolut eigenständig. | Hier sehen Sie einen Audi A8 in der Langversion. Dies ist ein Prototypenfahrzeug. Dieses Fahrzeug hat eine ganz besondere Funktion: Es kann selbstständig fahren. Wir haben hier zwar noch Personen zur Absicherung, da das System noch keinen Serienstand hat und es daher Vorschrift zur Absicherung ist, das Fahrzeug fährt aber absolut eigenständig. Dieses Fahrzeug kann alle Situationen in diesem Parcours selbstständig bewältigen. Durch Kameras, Laser und Radarsensoren erkennt es Gegenstände im Umfeld und kann dann auf diese Hindernisse reagieren. Das bedeutet, es bremst, wenn sich etwas im Fahrweg befindet. Es detektiert andere Fahrzeuge und schätzt deren Fahrweg ab. Das Fahrzeug kennt sein Ziel und plant dementsprechend eine optimale Route. |

5.2.2 Datenbasis

Als Datenbasis dienen subjektive Daten, die die Dimensionen des Erstkontaktes der vollautomatisierten Fahrt abdecken. Die abhängigen Variablen umfassen Vertrauen in vollau-

tomatisiertes Fahren, Diskomforterleben, wahrgenommene Unheimlichkeit und die Produktqualität des vollautomatisierten Fahrens. Diese wurden in einer Fragebogenbatterie zusammengefasst und sind in Tabelle 5-3 aufgeführt. Die Konstrukte und ihre Operationalisierung wurden in Kap. 3.4 vorgestellt. Zusätzlich zur Fragebogenbatterie wurden nach dem letzten Messzeitpunkt Fragen zur Informationskategorisierung angefügt und eine kurze Abschlussbefragung durchgeführt.

Tabelle 5-3 Übersicht der abhängigen Variablen der Studie R-1.

| Konstrukt | Operationalisierung |
|---|---|
| Vertrauen in automatisierte Systeme | Scale of trust in automated systems (Jian et al., 2000) |
| Diskomforterleben | Discomfort in automated driving (Siebert et al., 2013) |
| Wahrgenommene Unheimlichkeit | Eerinessscale (Ho & MacDorman, 2010) |
| Produktqualität des vollautomatisierten Fahrens | AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003) |
| Informationsbewertung | Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) |

Kurzinterview und Protokolle

Zusätzlich zur Fragebogenbatterie wurde mit den Teilnehmenden zum Ende der Studie ein kurzes teilstandardisiertes Interview durchgeführt, um herauszufinden, wie sie den Erstkontakt erlebt haben und, ob sich ihre Einstellung zum vollautomatisierten Fahren durch diese Studie verändert hat. Darüber hinaus wurde ihnen die Möglichkeit gegeben, Aspekte, die sie noch nicht anmerken konnten, nun anzusprechen. Die Nachbefragung enthielt folgende Fragen:

- Welche Eindrücke nehmen Sie von den durchgeführten Fahrten mit?
- Hat sich ihre Einstellung zum vollautomatisierten Fahren verändert?
- Was wird ihnen als besonders positiv / besonders negativ in Erinnerung bleiben?
- Welche fahrbezogenen Informationen sind Ihnen am wichtigsten?
- Haben Sie noch etwas auf dem Herzen?

Die Äußerungen der Teilnehmenden wurden protokolliert.

5.2.3 Versuchsumgebung

Die Studie fand auf dem Test- und Kundenerlebnisgelände der AUDI AG in Neuburg an der Donau statt. Die genutzte 1 km² große Freifläche ermöglichte die freie Anordnung eines Testparcours. Der aufgebaute Parcours basierte auf einem Fahrparcours der im Rahmen einer studentischen Arbeit validiert (Müller, 2018) und veröffentlicht wurde (Gauer et al., 2018). Eine Ausprägung des hier verwendeten Parcours (Fahrt A) wird in Abbildung 5-1 skizziert (die drei Ausprägungen des Parcours, inkl. Listung der Fahrsituationen sind in

Anhang C-1 einzusehen). Der Prüf-Parcours bestand aus einer ca. einen Kilometer langen Strecke und beinhaltete stadtdähnliche Fahr Situationen, die mittels statischer Hindernisse (z. B. Holzwänden), anderen bewegten Fahrzeugen und Fußgänger-Statisten umgesetzt wurden. 10 bis 12 Fahr Situationen (z. B. Bremsen für Fußgänger, Folgefahrt, parkendes Fahrzeug überholen) wurden in einem Abstand von durchschnittlich 70 m angeordnet. Die Fahrspuren wurden durch Pylonen abgesteckt.

Als Versuchsfahrzeug wurde ein Audi A8 in der Langversion verwendet, der einen zuvor angelernten Parcours mit maximal 12 km/h automatisiert abfahren konnte. Es musste also kein Fahrer im Fahrzeug zugegen sein. Dadurch war es möglich, die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz zu platzieren und den Fahrersitz unbesetzt zu lassen. Die angelernten Fahrten stellten eine sehr defensive Fahrweise dar. Im Schnitt wurde eine Geschwindigkeit von ca. 8 km/h pro Fahrt erreicht. Zur Absicherung wurden außerhalb des Parcours Personen positioniert, die von außen durch das Betätigen eines sog. „Totmann-Schalters“ einen Sicherheitshalt erzwingen konnten.

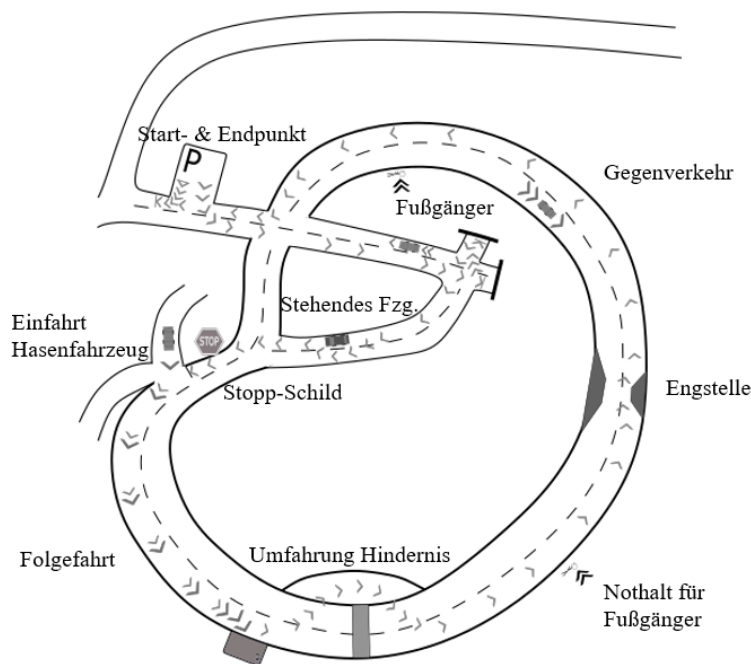


Abbildung 5-1 Variante des Fahrparcours in Studie R-1 mit Beschreibung der Parcours-Elemente.

Da die Studie auf die Identifikation der Informationsbedarfe während des Erstkontaktes abzielte, sollten die Teilnehmenden keine Informationen, wie Geschwindigkeit, Ansicht der Rückfahrkamera oder Tankfüllstand, aus dem Fahrzeug erhalten. So konnten sie wahrnehmen, welche Informationen Ihnen tatsächlich fehlen würden. Um dies zu erreichen, wurden alle Displays abgedeckt oder ausgeschaltet. Darüber hinaus wurden sämtliche Spiegel so verstellt, dass die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz diese nicht oder nur teilweise nutzen konnten.

5.2.4 Versuchsablauf

Die Versuche fanden zwischen 04.12.2017 und 15.12.2017 statt. Sie dauerten zwischen 90 und 120 Minuten und wurden von Montag bis Freitag zwischen 8 Uhr und 16:30 Uhr durchgeführt. Den Versuchen lag der folgende Ablauf zugrunde (vgl. Abbildung 5-2).

Nach der Einführung in den Versuchsgegenstand und Beantwortung der Fragebögen zu demografischen Daten, Fahrverhalten, Technikaffinität und initialem Vertrauen (Vorbefragung; ca. 10 min), wurden die Teilnehmenden auf das Versuchsgelände gebracht.

Die Teilnehmenden erhielten am Versuchsfahrzeug die technische oder einfache Instruktion zum Fahrzeug (vgl. Tabelle 5-2). Es folgten drei Versuchsfahrten, die die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz erlebten (der Fahrersitz blieb frei). Jede Versuchsfahrt dauerte ca. 8 -10 Minuten und endete mit dem Ausfüllen der Fragebogenbatterie zum Erleben der jeweiligen Fahrt im Fahrzeug (insgesamt ca. 45 min).

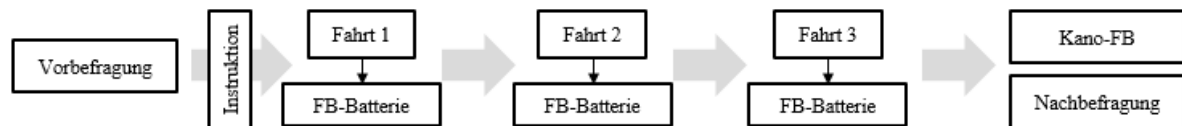


Abbildung 5-2 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs in Studie R-1.

Nach dem letzten Durchgang erfolgte die Nachbefragung, dazu wurde den Teilnehmenden zunächst der Fragebogen zum Informationsbedarf (Kano-Fragebogen) vorgelegt. Im Rahmen eines teilstandardisierten Interviews wurden sie abschließend zu ihren Erfahrungen während der Fahrten befragt (Nachbefragung, ca. 15 min). Zum Abschluss erfolgte die Aufklärung, dass das Fahrzeug nicht vollautomatisiert gefahren ist, sondern einen angeleiteten Parcours abgefahren hat.

5.2.5 Datenaufbereitung und –auswertung

Die Datenaufbereitung und –auswertung der wiederkehrend verwendeten Daten der Fragebogenbatterie wurde in Kap. 3.4.3 bereits beschrieben.

Abschlussbefragung

Die Ergebnisse der Abschlussbefragung wurden protokolliert. Nennungen wurden gezählt und Häufigkeiten berichtet.

5.2.6 Stichprobe

An der Studie nahmen $N = 31$ Personen teil: $n = 17$ männliche (54.8 %) und $n = 14$ weibliche Teilnehmende. Das Durchschnittsalter betrug 34.1 Jahre ($SD = 9.1$ Jahre). Die Teilnehmenden besaßen ihren Führerschein im Mittel seit 16 Jahren ($SD = 9.2$ Jahre), $n = 29$ Teilnehmende besaßen ein eigenes Fahrzeug. $N = 16$ der Teilnehmenden äußerten, dass sie gerne Beifahrer seien, $n = 15$ erklärten, dass sie ungern als Beifahrer mitführen.

Die Nutzungsbereitschaft für vollautomatisiertes Fahren äußerten $n = 24$ und begründeten dies mit Entlastung im Straßenverkehr ($n = 14$), Komfortgewinn ($n = 5$), Zeitgewinn ($n =$

6), Sicherheit ($n = 3$) und Zukunftszugewandtheit ($n = 3$; Mehrfachnennungen waren möglich). $N = 7$ Teilnehmende würden vollautomatisiertes Fahren hingegen nicht nutzen und begründeten dies mit der Freude am manuellen Fahren ($n = 4$), Angst vor Kontrollverlust ($n = 2$) und fehlendem Vertrauen ($n = 1$; Mehrfachnennungen waren möglich). Die Teilnehmenden stufen sich im als Mittel technisch affin ein ($M = 3.71$, $SD = 0.51$; Skala 1-5) und zeigten hohes initiales Vertrauen ($M = 5.28$, $SD = 0.94$; Skala 1-7).

Die Rekrutierung der Teilnehmenden wurde durch eine Agentur unterstützt. Die Teilnehmenden erhielten ein Teilnahme-Incentive.

5.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie vorgestellt. Zunächst wird auf Ergebnisse der konfirmatorischen Analysen hinsichtlich Veränderungen und zugehörige Gruppenunterschiede der Erlebensdimensionen eingegangen (Kap. 5.3.1). Im Anschluss werden die explorativen Verfahren und Ergebnisse beschrieben (Kap. 5.3.2) und schließlich die Informationsbewertung betrachtet (Kap. 5.3.3).

5.3.1 Erleben der vollautomatisierten Fahrt

Die in Kap. 5.1 beschriebenen Hypothesen gilt es anhand der inferenzstatistischen Analysen zu prüfen. Dazu werden die abhängigen Variablen zunächst einzeln betrachtet.

Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit

Das Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren steigt über drei Fahrten an. Das Vertrauen in ein vollautomatisiertes Fahrzeug liegt nach der ersten Fahrt im Mittel bei 5.09 ($SE_1 = 0.17$) und steigt über die drei Versuchsfahrten hinweg signifikant an ($M_2 = 5.17$; $SE_2 = 0.17$; $M_3 = 5.44$; $SE_3 = 0.16$; $p = .002$; vgl. Abbildung 5-3 und Tabelle 5-4). Im Einzelvergleich der drei Fahrten ist das Vertrauen nach der dritten Fahrt signifikant höher als nach der ersten ($p = .009$) und der zweiten Fahrt ($p = .016$; die Werte sind nach Bonferroni-Holm korrigiert).

In Bezug auf die Instruktion unterscheiden sich die Gruppen ebenfalls signifikant voneinander ($M_{Technische I.} = 4.85$, $SE = 0.21$; $M_{Einfache I.} = 5.59$, $SE = 0.20$; $p = .018$). So geben die Teilnehmenden, die die technische Instruktion erhalten haben, über alle drei Fahrten hinweg ein höheres Vertrauen in die vollautomatisierte Fahrt an als die Teilnehmenden, die eine einfache Instruktion erhalten haben.

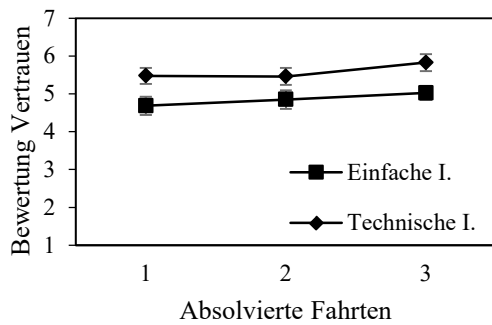


Abbildung 5-3 Bewertung des Vertrauens (R-1). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion.

Tabelle 5-4 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-1).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Fahrten | 2, 58 | 7.068 | .002* | .196 |
| Instruktion | 1, 29 | 6.271 | .018* | .178 |
| Fahrten x Instruktion | 2, 58 | 0.613 | .545 | .021 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Die wahrgenommene Unheimlichkeit sinkt über drei Fahrten signifikant ab (vgl. Tabelle 5-5). Das vollautomatisierte Fahren wird nach der ersten Fahrt als unheimlicher wahrgenommen als nach drei Fahrten ($p = .008$). Dabei reduziert sich die wahrgenommene Unheimlichkeit von der ersten zur dritten Fahrt signifikant ($M_1 = 3.50$; $SE_1 = 0.14$; $M_3 = 3.18$; $SE_3 = 0.13$; $p_{1,3} = .031$; vgl. Abbildung 5-4). Zur zweiten Fahrt sind keine signifikanten Unterschiede zu berichten ($M_2 = 3.36$; $SE_2 = 0.13$). Auch in der Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit unterschieden sich die Instruktionsgruppen signifikant voneinander ($p = .033$). Über alle drei Fahrten hinweg geben die Teilnehmenden, die zuvor eine technische Instruktion erhalten haben an, dass vollautomatisiertes Fahren als weniger unheimlich zu erleben als die Teilnehmenden mit einer einfachen Instruktion.

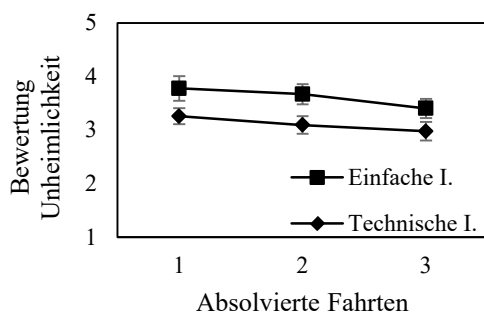


Abbildung 5-4 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-1). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion.

Tabelle 5-5 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-1).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Fahrten | 2, 54 | 5.295 | .008* | .159 |
| Instruktion | 1, 28 | 5.001 | .033* | .152 |
| Fahrten x Instruktion | 2, 54 | 0.282 | .755 | .010 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Um die gefundenen Ergebnisse zu verifizieren, werden die Daten zusätzlich einer Mehrebenenanalyse unterzogen (vgl. Anhang C-2). Auch hier zeigt sich für Vertrauen und

Unheimlichkeit, dass sich das Modell₁ signifikant vom Modell₀ unterscheidet (Faktor Fahrten). Das äußert sich in einer Reduktion des BIC_{Δ} (Vertrauen: $BIC_{\Delta; Fahrten} = 7.36$; Unheimlichkeit: $BIC_{\Delta; Fahrten} = 5.56$). Auch die Instruktionsmodelle (Modell₂) unterscheiden sich von den jeweiligen Nullmodellen signifikant (Faktor Instruktion: $BIC_{\Delta; Vertrauen} = 1.35$; $BIC_{\Delta; Unheimlichkeit} = 0.43$). Eine Interaktion beider unabhängiger Variablen wird nicht gezeigt.

Diskomfort

Allgemein wird der wahrgenommene Diskomfort während der drei Fahrten als eher niedrig eingestuft (vgl. Abbildung 5-5). Das Diskomforterleben der Gruppe mit technischer Instruktion reduziert sich nach drei Fahrten deutlicher als das Erleben der Gruppe mit einfacher Instruktion. Der Effekt der Wechselwirkung ist marginal signifikant ($p = .076$; vgl. Tabelle 5-6). Nach Fahrt 1 ($M_1 = 2.25$, $SE_1 = 0.12$) und Fahrt 2 ($M_2 = 2.14$, $SE_2 = 0.11$) werden die Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion nicht signifikant ($p_1 = .052$; $p_2 = .167$). Nach Fahrt 3 ($M_3 = 2.10$, $SE_3 = 0.12$) unterscheiden sich die Gruppen hingegen signifikant ($p_3 = .040$) voneinander.

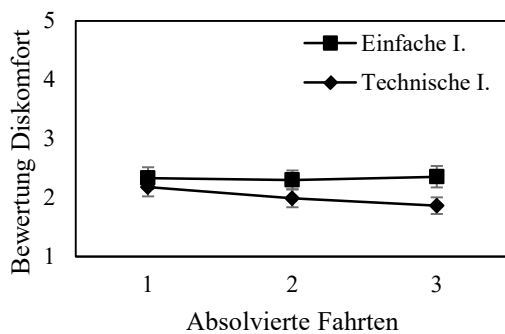


Abbildung 5-5 Bewertung des Diskomforts (R-1). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion.

Tabelle 5-6 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-1).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------------|------------------------------|----------|-------------------|------------|
| Fahrten | 1, 66, 48.04 [§] | 2.351 | .115 | .075 |
| Instruktion | 1, 29 | 2.213 | .148 | .071 |
| Fahrten x Instruktion | 1, 66, 48.04 [§] | 2.872 | .076 ^m | .090 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.
[§] angepasste Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser.

Die varianzanalytischen Ergebnisse unterscheiden sich von den Ergebnissen der Mehrebenenanalyse, ihre Tendenzen sind aber vergleichbar (vgl. vgl. Anhang C-2). Die Veränderungen über die Messzeitpunkte hinweg werden hier signifikant, das äußert sich in einer leichten Reduktion des BIC ($BIC_{\Delta; Fahrten} = 0.20$). Für die Instruktion zeigte sich kein signifikanter Effekt ($BIC_{\Delta; Instruktion} = -2.25$), die Wechselwirkung zwischen Fahrten und Instruktion zeigt sich auch auf Basis dieser Analyse signifikant ($BIC_{\Delta; Fahrten \times Instruktion} = 0.91$).

User Experience: Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität

Die User Experience des vollautomatisierten Fahrens setzt sich zusammen aus den Dimensionen Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität (vgl. Tabelle 5-7).

Die Attraktivität des vollautomatisierten Fahrens wird von Beginn an als hoch bewertet. Über drei absolvierte Fahrten verändert sich die Bewertung der Attraktivität nicht signifikant ($M_1 = 5.95$, $SE_1 = 0.27$; $M_2 = 5.87$, $SE_2 = 0.19$; $M_3 = 5.95$, $SE_3 = 0.17$). Auch zwischen den Instruktionsgruppen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede.

Die Bewertung der hedonischen Qualität verändert sich nicht signifikant in Abhängigkeit von der Fahrthäufigkeit ($M_1 = 5.22$, $SE_1 = 0.17$; $M_2 = 5.18$, $SE_2 = 0.15$; $M_3 = 5.17$, $SE_3 = 0.15$). Zwischen den Gruppen sind keine signifikanten Unterschiede zu erkennen.

Die pragmatische Qualität verändert sich über mehrere Fahrten nicht ($M_1 = 5.28$, $SE_1 = 0.17$; $M_2 = 5.23$, $SE_2 = 0.18$; $M_3 = 5.46$, $SE_3 = 0.18$). Die Instruktionsgruppen unterscheiden sich aber marginal signifikant voneinander. Die technische Instruktionsgruppe schätzt das vollautomatisierte Fahren hinsichtlich pragmatischer Qualitäten marginal signifikant höher ein ($M_{Technisch} = 5.60$; $SE = 0.22$), als die Gruppe mit einfacher Instruktion ($M_{Einfach} = 5.01$; $SE_3 = 0.23$).

Tabelle 5-7 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience(R-1).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Qualität | | | | Pragmatische Qualität | | | |
|-----------------|---------------|----------|----------|------------|---------------------|----------|----------|------------|-----------------------|----------|-------------------|------------|
| | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
| Fahrten (F) | 2, 56 | 0.616 | .544 | .022 | 2, 56 | 0.205 | .815 | .007 | 2, 56 | 2.220 | .118 | .073 |
| Instruktion (I) | 1, 28 | 1.235 | .276 | .042 | 1, 28 | 0.856 | .363 | .030 | 1, 28 | 3.458 | .073 ^m | .110 |
| F x I | 2, 56 | 1.643 | .202 | .055 | 2, 56 | 1.525 | .228 | .052 | 2, 56 | 0.430 | .653 | .015 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Durch die Mehrebenenanalyse können die Ergebnisse für die Dimensionen der User Experience bestätigt werden. Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Modellen der Attraktivität, der hedonischen und pragmatischen Qualität (vgl. Anhang C-2). Der varianzanalytische marginale Effekt für die Instruktion bei pragmatischer Qualität kann auf Basis der Mehrebenenanalysen nicht bestätigt werden.

Fazit

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit über drei Messzeitpunkte signifikant verändern, die H_0 kann somit für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit verworfen werden. Für Diskomfort und die Dimensionen der User Experience können keine signifikanten Ergebnisse aufgezeigt werden. Die H_0 wird für diese Variablen somit beibehalten.

Hinsichtlich der Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion zeigen sich für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit signifikante Unterschiede zwischen technischer und einfacher Instruktion, somit kann auch hier die H_0 verworfen werden. Für Diskomfort und die Dimensionen der User Experience können keine signifi-

kanten Unterschiede gezeigt werden. Die H_0 wird daher für diese Variablen beibehalten. Hinsichtlich des Diskomforts und der pragmatischen Qualität geben marginal signifikante Effekte zwischen der Instruktion und der Fahrten sowie das signifikante Ergebnis der Mehrebenenanalyse Hinweise darauf, dass weitere Erhebungen notwendig sind, um die Ergebnisse zu verifizieren.

5.3.2 Explorative Betrachtung der Ergebnisse

Zusammenhänge zwischen den Variablen

Auf Basis der explorativen Fragestellung werden die abhängigen Variablen einer Korrelationsanalyse unterzogen, um Zusammenhänge zwischen den Variablen aufzudecken.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse (vgl. Tabelle 5-8) zeigen auf intrapersoneller Ebene einen negativen Zusammenhang zwischen Vertrauen und Attraktivität ($r^2 = .052$). Je höher das Vertrauen, desto niedriger fällt die Attraktivität aus. Sowohl Diskomfort ($r^2 = .055$) als auch wahrgenommene Unheimlichkeit ($r^2 = .130$) stehen in einem negativen Zusammenhang mit pragmatischer Qualität, das bedeutet, je niedriger Diskomfort und Unheimlichkeit erlebt werden, umso höher wird die pragmatische Qualität der vollautomatisierten Fahrt eingeschätzt.

Auf der Zwischensubjektebene zeigen sich starke Zusammenhänge zwischen Vertrauen und Diskomfort sowie pragmatischer Qualität.

Tabelle 5-8 Pearson-Korrelationen der Erlebensdimensionen in Studie R-1.

| | M | SD | ICC | V | Dis | Un | ATT | PQ | HQ |
|-----------------|------|------|------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| Vertrauen | 5.23 | 0.94 | 0.81 | 1 | -.860** | -.730** | .367* | .832** | .706** |
| Diskomfort | 2.16 | 0.65 | 0.80 | -.202 | 1 | .712** | -.399* | -.903** | -.771** |
| Unheimlichkeit | 3.35 | 0.74 | 0.69 | -.056 | .187 | 1 | -.322 | -.791** | -.563** |
| Hedonische Q. | 5.19 | 0.85 | 0.84 | .094 | -.119 | .104 | 1 | .481** | .599** |
| Pragmatische Q. | 5.33 | 0.96 | 0.80 | .043 | -.234* | -.360** | -.098 | 1 | .803** |
| Attraktivität | 5.92 | 0.94 | 0.86 | -.228* | .114 | -.171 | .183 | .212 | 1 |

Anmerkung: Korrelationen oberhalb der Diagonale zeigen Zwischen-Subjekt-Korrelationen. Korrelationen unterhalb der Diagonale zeigen die Innersubjekt-Korrelationen an.

V = Vertrauen; Dis = Diskomfort; K = Komfort; Un = Wahrgenommene Unheimlichkeit; HQ = Hedonische Qualität; PQ = Pragmatische Qualität; ATT = Attraktivität.

** $p < .01$, * $p < .05$.

Einfluss personenbezogener Eigenschaften

Eine weitere Fragestellung zielt darauf ab, ob personenbezogene Eigenschaften einen Einfluss auf das Erleben der vollautomatisierten Fahrt haben. Zur Betrachtung der personenbezogenen Eigenschaften werden Extremgruppen für das initiale Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren, Technikaffinität, Fahrerfahrung und Nutzungsbereitschaft für vollautoma-

tisiertes Fahren gebildet und miteinander verglichen. Im Folgenden werden die Ergebnisse in Bezug auf Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit dargestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-9 dargestellt.

Die Gruppe der Teilnehmenden, die vor der Fahrt die Bereitschaft äußerten, das vollautomatisierte Fahren zu nutzen, vertraut dem Fahrzeug eher ($M_{Diff} = -1.05$). Die Gruppen unterscheiden sich jedoch nicht in der wahrgenommenen Unheimlichkeit ($M_{Diff} = 0.58$).

Fahrerfahrung trägt dazu bei, dem Fahrzeug eher zu vertrauen. Teilnehmende mit viel Fahrerfahrung vertrauen dem automatisierten Fahren stärker als Teilnehmende mit wenig Fahrerfahrung ($M_{Diff} = -1.51$). Hinsichtlich der wahrgenommenen Unheimlichkeit unterscheiden sich die Gruppen nicht ($M_{Diff} = 0.48$).

Auch initiales Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren und Technikaffinität wirken sich positiv auf die Bewertung der vollautomatisierten Fahrt aus. Teilnehmende mit hohem initialem Vertrauen können dem Fahrzeug eher vertrauen ($M_{Diff} = -1.66$) und empfinden es als weniger unheimlich ($M_{Diff} = 1.12$), als Teilnehmende mit niedrigem initialem Vertrauen. Technikaffine Teilnehmende vertrauen dem Fahren eher als technikferne Teilnehmende ($M_{Diff} = -1.07$). Hinsichtlich des Unheimlichkeitserlebens unterscheiden sie sich allerdings nicht ($M_{Diff} = 0.75$).

Tabelle 5-9 Ergebnisse der explorativen Extremgruppenanalyse in Studie R-1.

| Extremgruppen | n | Vertrauen | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|------------------------------|---|-------------|--------------|----------------|------------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | | M (SD) | M_{Diff} | 95% KI | n | M (SD) | M_{Diff} | 95% KI |
| Nutzung - nein | 7 | 4.43 (0.97) | -1.05 | [-2.07, -0.02] | 7 | 3.75 (0.75) | 0.58 | [-0.12, 1.28] |
| Nutzung - ja | 7 | 5.48 (0.78) | | | 7 | 3.17 (0.4) | | |
| Q ₂₅ FE | 9 | 4.47 (0.92) | -1.51 | [-2.28, -0.74] | 9 | 3.56 (0.75) | 0.48 | [-0.16, 1.14] |
| Q ₇₅ FE | 8 | 5.98 (0.46) | | | 8 | 3.08 (0.45) | | |
| Q ₂₅ Initiales V. | 6 | 4.22 (0.95) | -1.66 | [-2.5, -0.81] | 6 | 4.07 (0.59) | 1.12 | [0.51, 1.73] |
| Q ₇₅ Initiales V. | 9 | 5.88 (0.58) | | | 9 | 2.95 (0.49) | | |
| Q ₂₅ TA | 7 | 4.52 (1.05) | -1.07 | [-2.12, -0.01] | 7 | 3.85 (0.72) | 0.75 | [-0.11, 1.59] |
| Q ₇₅ TA | 8 | 5.59 (0.84) | | | 7 | 3.1 (0.74) | | |

Anmerkung: Nutzung: Nutzungsbereitschaft; FE: Fahrerfahrung; Initiales V.: Initiales Vertrauen; TA: Technikaffinität.

Q₂₅ entspricht dem unteren Quartil; Q₇₅ entspricht dem oberen Quartil.

Bei **Fett**-gedruckten Werten schneidet das KI die 0-Linie nicht.

5.3.3 Informationsbewertung

Die Kano-Methode (Kano et al., 1984) ermöglicht das Bewerten von Informationen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Zufriedenheit. Die dargebotenen Informationen können in die drei Merkmalskategorien „Basismerkmal“, „Leistungsmerkmal“ und „Begeisterungsmerkmal“ eingeordnet werden.

$n = 6$ der 23 Informationen werden als Basismerkmale (M) und damit als erheblich für das eigene Wohlbefinden während des Erstkontaktes bewertet. Die bedeutsamen Merkmale sind in Tabelle 5-10 abgebildet. Alle Merkmale sind mit Zuordnung und Zufriedenheitsbewertung in Anhang C-3 einzusehen. Die Basismerkmale lassen sich mit Ausnahme der *Zeit und Distanz bis zum Ziel* eindeutig einem Merkmal zuordnen. *Zeit und Distanz bis zum Ziel* kann trotz niedriger kategorialer Stärke auf Basis der ersten Entscheidungsregel als Basismerkmal klassifiziert werden (vgl. Anmerkung in Tabelle 5-10). Das Merkmal *bevorstehende Verkehrsstauung* wird als Leistungsfaktor (O) klassifiziert.

Der Zufriedenheitskoeffizient zeigt an, wie viel Zufriedenheit (CS+) oder Unzufriedenheit (CS-) ein Merkmal stiftet. Das Fehlen einer Anzeige des *eigenen Kraftstoffstandes* (CS- = -0.93), der *Geschwindigkeit* (CS- = 0.89), des *Blinkers* (CS- = -0.74) und der *Systemaktivität* (CS- = -0.81) tragen in besonderem Maß (> 0.7) zu Unzufriedenheit bei. Eindeutig zufriedenheitssteigernde Informationen können nicht festgestellt werden.

Tabelle 5-10 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (R-1).

| Informationen | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitsstiftung | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------|
| | Merkmal | Totale Stärke (%) | Kategoriale Stärke (%) | CS+ | CS- |
| Kraftstoffstand | M | 51.61 | 87.10 | 0.21 | -0.93 |
| Fahrtroute | M | 25.81 | 77.42 | 0.31 | -0.76 |
| Geschwindigkeit | M | 29.03 | 83.87 | 0.32 | -0.89 |
| Blinker | M | 25.81 | 67.74 | 0.26 | -0.74 |
| Systemaktivität (ON/OFF) | M | 32.26 | 74.19 | 0.26 | -0.81 |
| Zeit und Distanz zum Ziel | M ^a | 12.90 | 64.52 | 0.24 | -0.69 |
| Bevorstehende Verkehrsstauung | O | 9.68 | 61.29 | 0.52 | -0.60 |

Anmerkung: M = Basismerkmal, O = Leistungsmerkmal.

^a = Anwendung der ersten Entscheidungsregel bei nicht eindeutiger Zuordnung: Wenn $(M + A + O) > (I + Q + R)$, dann wähle das Maximum von M, A oder O.

Nachbefragung

In der Nachbefragung werden die Teilnehmenden nach ihren Eindrücken zu den Fahrten befragt. Dabei äußern sich $n = 18$ Teilnehmende positiv über das vollautomatisierte Fahren. Sie haben sich beispielsweise sicher gefühlt, Entlastung erlebt und dem Fahrzeug schnell vertraut. Allerdings äußern $n = 13$ sich auch negativ, sie haben beispielsweise Sorgen hinsichtlich der Sicherheit und Unbehagen gegenüber der Abgabe von Kontrolle. Das folgende Zitat beschreibt die Zwiespältigkeit anschaulich: „Hat Spaß gemacht. [Es war] faszinierend, wie genau [das Fahrzeug] funktioniert. [Ich bin aber] entsetzt, wie entspannt man ist und wie abgelenkt.“ (TN 5).

Auf die Frage, ob sich die Einstellung zum automatisierten Fahren durch die Erfahrung mit der Fahrt verändert hätte, äußern $n = 16$ Teilnehmende, dass sich ihre Einstellung zum Positiven geändert habe. Insbesondere, da sie nun wüssten, dass es gut funktioniere und sie dem System vertrauen könnten, wie z. B. „Bis dato war es nicht greifbar, nun war es er-

schreckend normal. Fühlt sich jetzt näher dran an, ich kann nun mehr damit anfangen. [Ich] stehe dem positiv gegenüber“ (TN 17). $N = 13$ geben an, dass sich ihre Meinung durch die Fahrten nicht verändert habe, davon standen $n = 7$ dem vollautomatisierten Fahren bereits vorher kritisch gegenüber. $N = 3$ äußern, dass sich ihre Einstellung verbessert habe, die Skepsis aber geblieben sei.

Die wichtigsten genannten Informationen der Teilnehmenden sind, die *Geschwindigkeit* ($n = 22$), die *Fahrtroute* ($n = 11$), sowie *Tankfüllstand* ($n = 6$) und *Blinker* ($n = 6$).

5.4 Diskussion & Ableitung

Die Studie R-1 umfasste drei Fahrten bei ca. 12 km/h auf einem abgesperrten Gelände in einem Fahrzeug, das einen geplanten Parcours selbstständig abfahren konnte. Ziel der Studie war es, herauszufinden, wie sich das Erleben des Erstkontaktes verhält, ob die Instruktionsart einen Einfluss auf das Erleben hat und welche Informationen die Nutzer für den Erstkontakt benötigen. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst und eingeordnet (Kap. 5.4.1). Die Ergebnisse werden kritisch betrachtet (Kap. 5.4.2), um daraus Erkenntnisse für ein Anzeigeconcept beim Erstkontakt ableiten zu können (Kap. 4.4.3).

5.4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

Ziel der Studie war es, die Erlebenskomponenten während des Erstkontaktes zu beobachten und deren Veränderungen festzustellen. Es kann bestätigt werden, dass sich das Vertrauen mit zunehmender Erfahrung positiv entwickelt. Dies prognostizierten auch Beggiato, Hartwich et al. (2015). Ebenfalls kann bestätigt werden, dass durch die Erfahrung mit dem System die wahrgenommene Unheimlichkeit sinkt (vgl. Ruijten et al., 2018). Die Reduktion des Diskomforts kann nicht eindeutig bestätigt werden. Auch die User Experience, operationalisiert durch hedonische und pragmatische Qualitäten sowie Attraktivität, zeigen keine bedeutsamen Veränderungen über die Zeit. Dabei ist zu beachten, dass sowohl Diskomfort als auch die User Experience-Komponenten sehr hohe bzw. niedrige Werte aufweisen. Diskomfort wird bereits nach der ersten Fahrt relativ niedrig bewertet, die User Experience wird von Beginn an auf einem relativ hohen Niveau eingestuft. Decken- bzw. Bodeneffekte sind somit eine mögliche Erklärung für das konstant bleiben der Ergebnisse (vgl. Döring & Bortz, 2016).

Zusammenhänge zwischen den Dimensionen

Auf intrapersoneller Ebene können mittlere Zusammenhänge zwischen der pragmatischen Qualität und wahrgenommener Unheimlichkeit sowie Diskomfort aufgezeigt werden. Das lässt darauf schließen, dass bei niedriger wahrgenommener Unheimlichkeit der pragmatische Produktnutzen höher bewertet wird und das automatisierte Fahren somit eher akzeptiert wird (vgl. Choi & Ji, 2015).

Einfluss des Funktionswissens

Nicht nur die Nutzung des Systems auch das Wissen über das System hat einen Einfluss auf Vertrauen und Unheimlichkeitswahrnehmung. Durch vorab instruierte technische Informationen wird dem Fahrzeug stärker vertraut und die Fahrten werden als weniger unheimlich wahrgenommen. Auch der pragmatische Nutzen wird durch eine technischere Instruktion (marginal) eher gesehen. Durch die Ergebnisse kann im Realversuch bestätigt werden, was verschiedene Autoren bereits auf Basis von Simulatorstudien prognostizieren: Durch die Vermittlung der Funktionsweise des Systems kann die Ausbildung eines adäquaten mentalen Modells gefördert werden. Dadurch kann das Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren aufgebaut und die Akzeptanz erhöht werden (vgl. Beggiato, Hartwich et al., 2015; Hartwich et al., 2020; Koo et al., 2015; Simon, 2005).

Interindividuelle Unterschiede

Neben den Informationen, die direkt vor der Fahrt vermittelt werden, wirken sich auch persönliche Einstellungen, wie das initiale Vertrauen (Hartwich et al., 2020) und die Einstellung zur Technik (Kyriakidis et al., 2017) auf das Erleben von Vertrauen und wahrgenommener Unheimlichkeit aus (vgl. auch Q-1). Auch die allgemeine Fahrerfahrung scheint den Aufbau von Vertrauen zu begünstigen (vgl. Kyriakidis et al., 2017; Rödel et al., 2014; Underwood et al., 2003).

Informationsbedarf beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

Ein weiteres Ziel der Studie war es, zu überprüfen, ob die Informationen, die in Fokusgruppen (vgl. Q-1, Kap. 4) und der Literatur (vgl. Kap. 2.3.11) identifiziert werden, auch durch die Erfahrung mit dem System als notwendig anerkannt werden. Es kann gesagt werden, dass die folgenden fahrrelevanten Informationen auch beim vollautomatisierten Fahren unbedingt in einem Anzeigesystem vorgehalten werden müssen: *die Geschwindigkeit, der eigene Kraftstoffstand, die eigene Fahrtroute* und damit verbunden ein Hinweis auf Abbiegemanöver, wie es ein *Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker)* anzeigt. Für die Nutzer ist es außerdem essenziell zu wissen, dass das *System aktiv* ist und sie damit keine Fahraufgabe übernehmen müssen. Darüber hinaus muss die *Zeit und Distanz bis zum Ziel* vermittelt werden, damit die Nutzer einen Referenzpunkt haben, wie lange sie sich in der automatisierten Situation befinden. Muss diese Zeit aufgrund von Verkehrseinflüssen angepasst werden, sollten auch *Verkehrsinformationen*, wie Stau oder Unfall auf der Strecke, durch die Anzeige vermittelt werden. Die Ergebnisse decken sich sowohl mit den Ergebnissen aus den Fokusgruppen (vgl. Q-1), als auch mit der vorgestellten Literatur (vgl. Diels & Thompson, 2017; Hartwich et al., 2020; Wiegand et al., 2019).

5.4.2 Kritische Betrachtung

In der Einordnung der Ergebnisse muss das Versuchssetting kritisch betrachtet werden. Durch das aktive Erleben der Fahrt im Realfahrzeug kann die externe Validität gestärkt und der recht geringe Forschungsstand in diesem Bereich (vgl. Strauch et al., 2019) erhöht werden. Dieser Ansatz bringt aber auch Einschränkungen mit sich. Das Versuchsfahrzeug

konnte eine Geschwindigkeit von 12 km/h nicht überschreiten. Die Geschwindigkeiten sind somit vergleichbar zu den Geschwindigkeiten von autonomen Shuttlebussen. Diese in Verbindung mit einer abgesperrten Fläche haben den Nachteil, dass das Risikoerleben und die wahrgenommene Kritikalität der Situationen deutlich eingeschränkt sind (vgl. Dai et al., 2020; Wintersberger et al., 2018). Die Übertragbarkeit auf höhere Geschwindigkeiten ist somit nicht möglich und sollte in weiteren Studien untersucht werden.

Durch das selbstständige Abfahren des eingeplanten Parcours können die Geschwindigkeit und der Fahrparcours für jeden Probanden exakt gleich reproduziert werden und somit zur Objektivität des Versuchs beitragen. Durch die Realfahrt auf einem Testgelände ist die Objektivität allerdings immer nur eingeschränkt sicherzustellen. Insbesondere das Wetter kann (gerade Anfang Dezember) die Versuche beeinflussen. An dieser Stelle müssen Schneefall, Regen und tief stehende Sonne als unkontrollierbare Störeinflüsse, die das Erleben der Fahrten ebenfalls beeinflusst haben können, genannt werden.

Durch die Verwendung ausschließlich subjektiver Messinstrumente muss die Validität kritisch betrachtet werden. Der Einbezug objektiver Daten würde die Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen und eine zusätzliche Facette zum Erkenntnisstand des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren beitragen.

5.4.3 Ableitung von Anforderungen an ein Anzeigekonzept

Primär muss vollautomatisiertes Fahren erlebt werden, um Vertrauen in das System aufbauen zu können und, um das Fahren als weniger unheimlich wahrzunehmen. Dennoch kann die Vermittlung von technischen Informationen der Funktionsweise des Systems deutlich dazu beitragen, ein vollautomatisiertes Fahrzeug zu nutzen. So kann der Nutzer ein mentales Modell des Systems aufbauen. Folgende Anforderungen können im Rahmen dieser Studie an das Anzeigekonzept gestellt werden:

- Ein Informationskonzept hat das Potenzial, den Aufbau von Vertrauen und die Reduktion von Unheimlichkeit zu unterstützen.
- Das Informationskonzept sollte technische Informationen zur Funktionsweise des Systems vermitteln, um die Ausbildung eines mentalen Modells zu unterstützen und so das Erleben zu begünstigen.
- Informationen, die das Anzeigekonzept beinhalten müssen, sind: Eigene Geschwindigkeit, eigener Kraftstoffstand, eigene Fahrtroute, bevorstehende Manöver (z. B. Blinker), Fahrzeugstatus (Automation On), Zeit und Distanz bis zum Ziel (ETA), Verkehrsinformationen (z. B. Verzögerungen durch Stau; Unfall auf der Strecke).

6 Studie R-2: Der Erstkontakt, das Funktionswissen und der Wizard

Im Folgenden wird die Studie „Der Erstkontakt, das Funktionswissen und der Wizard“ berichtet. Zunächst wird auf die Zielsetzung und die zugrunde liegenden Hypothesen eingegangen (Kap. 6.1). Darauf folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens (Kap. 6.2), die Beschreibung der Ergebnisse (Kap. 6.3) sowie die Zusammenfassung und Diskussion der gleichen (Kap. 6.4).

6.1 Zielsetzung

Vorrangiges Ziel der Studie R-2 ist es, die Veränderungen der verschiedenen Dimensionen des Erlebens des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren auch in höheren Geschwindigkeitsbereichen zu überprüfen. Dabei soll der Einfluss des Instruktionsumfangs und der interindividuellen Nutzermerkmale überprüft werden.

Die Studie verfolgt die folgenden inhaltlichen Zielsetzungen:

- (1) Untersuchung des Erlebens und seine Veränderung während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren.
- (2) Identifikation des Einflusses von Funktionswissen.
- (3) Identifikation des Einflusses einer Coverstory.
- (4) Untersuchung der Blickbewegung während des Erstkontaktes.
- (5) Explorative Betrachtung der Erlebensdimensionen.
- (6) Explorative Betrachtung des Einflusses von Nutzermerkmalen.
- (7) Identifikation der Informationen, die für den Erstkontakt relevant sind.

In Studie 1 (vgl. Kap. 5) wurde die vollautomatisierte Fahrt im Niedergeschwindigkeitsbereich dargestellt. In der hier vorgestellten Studie wird das Erleben in einem Geschwindigkeitsbereich mit durchschnittlich 50 km/h verfolgt, um die Stabilität des Effektes zu überprüfen. Es wird erneut erfasst, wie sich das Erleben der vollautomatisierten Fahrt verhält (1). Auch der Einfluss des instruierten Wissensumfangs (2) wird überprüft. Darüber hinaus wird als objektives Maß das Blickverhalten in die Beschreibung des Erstkontaktes miteinbezogen (4)

Um im Rahmen der Realfahrtstudie höhere Geschwindigkeiten erreichen zu können, wird ein Versuchsfahrzeug verwendet, das mittels Joystick-Steuerung vom Beifahrersitz aus gesteuert werden kann (Wizard of Oz-Methodik). Das impliziert, dass der Fahrende für den Teilnehmenden sichtbar ist und dessen Anwesenheit erklärt werden muss, ohne dessen tatsächliche Funktion aufzudecken. Um dies zu ermöglichen, wird der o. g. „Wizard“ als SicherheitsfahrerIn oder PraktikantIn vorgestellt. Ob die Variation der Coverstory einen Einfluss auf das Erleben der vollautomatisierten Fahrt hat, wird daher ebenfalls systematisch betrachtet (3).

Die explorative Betrachtung der Erlebensdimensionen und ihrer Zusammenhänge (5), sowie der Einfluss von Nutzermerkmalen (6) wird ergänzend überprüft.

Schließlich sollen, wie in der vorangegangenen Studie, für den Erstkontakt relevante Informationen festgestellt werden (7), um diese für die Entwicklung eines Anzeigekonzeptes ableiten zu können.

Die zu prüfenden Hypothesen lauten:

H_0 : Es sind keine Veränderungen zu berichten.

H_1 : Die Erlebenskomponenten verändern sich über die drei Messzeitpunkte.

- Das Vertrauen steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Die wahrgenommene Unheimlichkeit reduziert sich über drei Messzeitpunkte.
- Das Diskomforterleben reduziert sich über drei Messzeitpunkte.
- Die User Experience steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Das Blickverhalten verändert sich über drei Messzeitpunkte.

H_2 : Die Instruktionsgruppen unterscheiden sich in den Erlebenskomponenten voneinander.

H_3 : Die Gruppe mit SicherheitsfahrerIn unterscheidet sich in den Erlebenskomponenten von der Gruppe mit PraktikantIn.

Explorative Fragestellungen, die ebenfalls betrachtet werden:

Ex_1 : Wie verhalten sich die Blicke während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren?

Ex_2 : Stehen die Erlebenskomponenten miteinander im Zusammenhang?

Ex_3 : Unterscheidet sich das Erleben des Erstkontaktes in Abhängigkeit von individuellen Nutzermerkmalen, wie Nutzungsbereitschaft, Fahrerfahrung, Technikaffinität und initialem Vertrauen?

Ex_4 : Welche fahrbezogenen Informationen müssen den Teilnehmenden angezeigt werden?

6.2 Methodisches Vorgehen

Die oben dargestellten Hypothesen und Fragestellungen wurden im Rahmen einer Realfahrtstudie geprüft. Im folgenden Abschnitt wird das methodische Vorgehen dieser Studie skizziert. Dabei wird zunächst auf das Versuchsdesign (Kap. 6.2.1) und die ergänzten Konstrukte der Datenbasis (Kap. 6.2.2) eingegangen. Daraufaufgehend werden Versuchsumgebung (Kap. 0), Versuchsablauf (Kap. 6.2.4), Datenaufbereitung (Kap. 6.2.5) und Stichprobe (Kap. 6.2.6) beschrieben.

6.2.1 Versuchsdesign

Da in dieser Studie die vorhergehende Studie konzeptionell repliziert werden sollte, wurde ein Mischversuchsplan mit Messwiederholung (2x2x3-Design) gewählt, dieser ist in Tabelle 6-1 einzusehen. Die zugrunde liegenden Zwischensubjektfaktoren waren zum einen der Instruktionsumfang („Einfache Instruktion“ und „Technische Instruktion“), zum anderen wurde die Coverstory für die Wizard-Fahrerin variiert. Der Versuchsaufbau setzte voraus, dass ein Fahrer (sog. „Wizard“) das Fahrzeug vom Beifahrersitz aus steuert. Der „Wizard“ war somit für den Teilnehmenden sichtbar. Um die Illusion des Wizards aufrecht zu erhalten, wurde dessen Funktionsbeschreibung variiert. Zunächst wurde der Wizard bzw. in diesem Fall die Wizard-Fahrerin, als „Sicherheitsfahrerin“ vorgestellt. Im Verlauf der ersten Studiendurchläufe äußerten die Teilnehmenden, dass sie sich durch die Anwesenheit der Sicherheitsfahrerin im Fahrzeug gut aufgehoben fühlten. Es war möglich, dass dieser Eindruck die Studienergebnisse verfälschen könnte. Aus diesem Grund sollte der subjektiv geäußerte Eindruck der Teilnehmenden objektiviert werden. So wurde die Coverstory des Wizards variiert. Die Wizard-Fahrerin wurde nun randomisiert als Sicherheitsfahrerin oder Praktikantin vorgestellt.

Als Innersubjektfaktor lag der Messzeitpunkt jeweils nach der absolvierten Versuchsfahrt vor. Jeder Teilnehmende wurde drei Mal durch einen Fahrparcours gefahren und beantwortete nach jeder dieser Fahrten die in Kap. 3.4 beschriebenen Fragebögen.

Tabelle 6-1 Versuchsplan der Studie R-2.

| Instruktionslänge | Coverstory | Absolvierte Fahrt | | |
|-------------------|---------------------|-------------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Kurze Instruktion | Praktikantin | <i>n</i> = 6 | <i>n</i> = 6 | <i>n</i> = 6 |
| | Sicherheitsfahrerin | <i>n</i> = 9 | <i>n</i> = 9 | <i>n</i> = 9 |
| Lange Instruktion | Praktikantin | <i>n</i> = 9 | <i>n</i> = 9 | <i>n</i> = 9 |
| | Sicherheitsfahrerin | <i>n</i> = 7 | <i>n</i> = 7 | <i>n</i> = 7 |

6.2.2 Datenbasis

Da die Kombination unterschiedlicher Messgrößen eine valide Grundlage für die Ergebnisinterpretation bietet (Abendroth et al., 2009), wurde für die hier vorliegende Studie eine Kombination aus subjektiven und objektiven Maßen gewählt. Die subjektiven Maße wurden aus der vorhergehenden Studie übernommen und um das Konstrukt „Komfort“ ergänzt. Sie sind in Tabelle 6-2 aufgeführt. Die Operationalisierung dieser Konstrukte wurde bereits in Kap. 3.4 beschrieben.

Die subjektive Datenbasis wurde durch das objektive Maß der Blickbewegungsdaten ergänzt. Dessen Operationalisierung wurde in Kap. 3.4.2 beschrieben. Daher werden im Folgenden nur die für diese Studie definierten Areas of Interest beschrieben.

Zur Entwicklung des Anzeigeconzeptes wurde ein weiterer Fragebogen ergänzt, der im Rahmen eines Dominanzpaarvergleichs verschiedene Informationsdarstellungen gegen-

überstellt und die wichtigsten Informationen und ihre Darstellungsformen herausstellt. Dieser Fragebogen wurde im Rahmen einer Masterarbeit (Paul, 2018) konzipiert.

Tabelle 6-2 Abhängige Variablen der Studie R-2.

| Datenbasis | Abhängige Variable | Operationalisierung | In Studie 1 verwendet |
|------------------|---|---|-----------------------|
| Subjektive Daten | Vertrauen in automatisierte Systeme | Scale of trust in automated systems (Jian et al., 2000) | × |
| | Diskomforterleben | Discomfort in automated driving (Siebert et al., 2013) | × |
| | Komforterleben | Subskala Komfort (Arndt, 2011) | - |
| | Wahrgenommene Unheimlichkeit | Eerinessscale (Ho & MacDorman, 2010) | × |
| | User Experience des vollautomatisierten Fahrens | AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003) | × |
| | Informationsbedarf | Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) | × |
| | | Dominanzpaarvergleich (Paul, 2018) | - |
| Objektive Daten | Blickbewegungsdaten | Blickzuwendungszeit, prozentuale Blickzuwendungszeit, Blickübergangswahrscheinlichkeit, mittlere Fixationsdauer | - |

Blickbewegungsdaten

Als objektives Maß für die Aufmerksamkeitsverteilung und das Situationsbewusstsein während der vollautomatisierten Fahrt diente die Blickbewegungsmessung. Diese wurde über das D-Lab Control-System der Ergoneers GmbH (2013) mit dem kopfbasierten Eye-tracking System Dikablis (Ergoneers, 2013) umgesetzt.

Um die Blickzuwendungen vergleichen zu können, wurden Areas of Interest (AoIs) definiert, die die Regelungs- und Überwachungsaufgaben des Fahrers widerspiegeln, und die Blicke auf diese Bereiche erfassen. Als fahrrelevante AoIs wurde das Sichtfeld in der Nähe (Sichtfeld – nah) und in der Ferne (Sichtfeld – weit; angelehnt an Underwood et al., 2003), das Lenkrad sowie Außen- und Innenspiegel (vgl. Abbildung 6-1) festgelegt. Die Betrachtung der Blickzuwendungen wurde für die drei Fahrten separat vorgenommen. Zur Erhebung des Blickverhaltens wurden Blickzuwendungszeit, prozentuale Blickzuwendungszeit, Blickübergangswahrscheinlichkeit und mittlere Fixationsdauer herangezogen. Die Metriken sind in Kap. 3.4.2 bereits dargestellt.

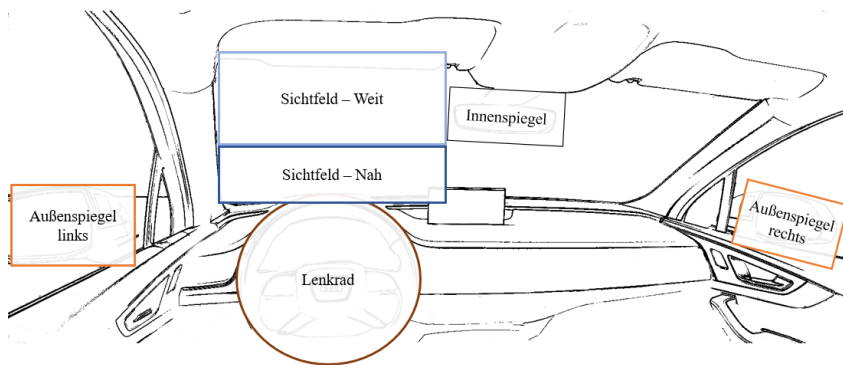


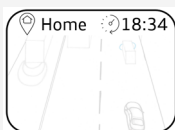



Abbildung 6-1 Darstellung der Areas of Interest (AoI) für Studie R-2.

Dominanzpaarvergleich

Eine Priorisierung von Informationen kann auch durch die Methode des Dominanzpaarvergleichs erzielt werden. Dabei werden Informationen durch direkte Paarvergleiche in eine Rangreihe gebracht (Bortz & Döring, 2006).

Der Dominanzpaarvergleich wurde verwendet, um erste Entwürfe zur Umsetzung des Anzeigeconzeptes zu gestalten, gegeneinander zu testen und zu priorisieren. Dafür wurden die folgenden acht Informationen in Form von Skizzen dargestellt und von den Teilnehmenden paarweise mit Bezug auf den Beitrag der jeweiligen Informationen zum Vertrauensaufbau verglichen. Zusätzlich wurden drei Darstellungsformen der Informationen „Schematisch“, „Konkret“ und „konkret mit Kennzahlen“ gegenübergestellt. Die Informationen wurden in 28 Paarungen miteinander verglichen. In weiteren drei Paarvergleichen wurden die Darstellungsformen der Informationen verglichen. Beispiele für die Vergleiche sind in Tabelle 6-3 abgebildet. Der Fragebogen und die Beschreibung der Skizzen sind bei Paul (2018) einzusehen. Die folgenden Informationen standen im Vergleich: *Wahrnehmung/Detektion des Fahrzeugumfeldes, Interpretation der Verkehrssituation, Hervorhebung der Verkehrsregeln, Verzögerungen & Begründung, Ableitung von Handlungen des Fahrzeugs, Nächstes Manöver, Ziel und ETA, Länge des aktuellen Fahrtabschnitts.*

Tabelle 6-3 Beispiele für den Dominanzpaarvergleich der Informationsdarstellung.

| | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|---|--|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Ziel und Ankunftszeit |  |  | Ableitung von Handlungen | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Verzögerungen und Ursachen |  |  | Konformität zu Regeln | <input type="checkbox"/> |

6.2.3 Versuchsumgebung

Diese Studie fand auf dem Test- und Kundenerlebnissgelände der AUDI AG in Neuburg an der Donau statt. Da in dieser Studie höhere Geschwindigkeiten erreicht wurden, wurde eine Strecke mit Rundkurs verwendet. Der Rundkurs hatte eine Länge von ca. 2,5 Kilometern. Durch zwei von der Hauptstrecke abgehende Wendeschleifen konnte ein abwechslungsreicher Studienparcours aufgebaut werden. Der Studienparcours ist in Abbildung 6-2 exemplarisch abgebildet. Durch mehrmaliges Durchfahren des Rundkurses und der Wendeschleifen hatte eine Parcoursfahrt die Länge von ca. 6 km. Der Parcours bestand aus den gleichen Elementen, die bereits in der vorhergehenden Studie verwendet wurden und in Kap. 5.2.3 beschrieben sind. Dazu zählen u. a. Folgefahrten mit einem weiteren Fahrzeug, Durchfahren einer Engstelle und querende Fußgänger. Die Skizzen und Abläufe der Parcourselemente sind im Anhang D-1 einsehbar.

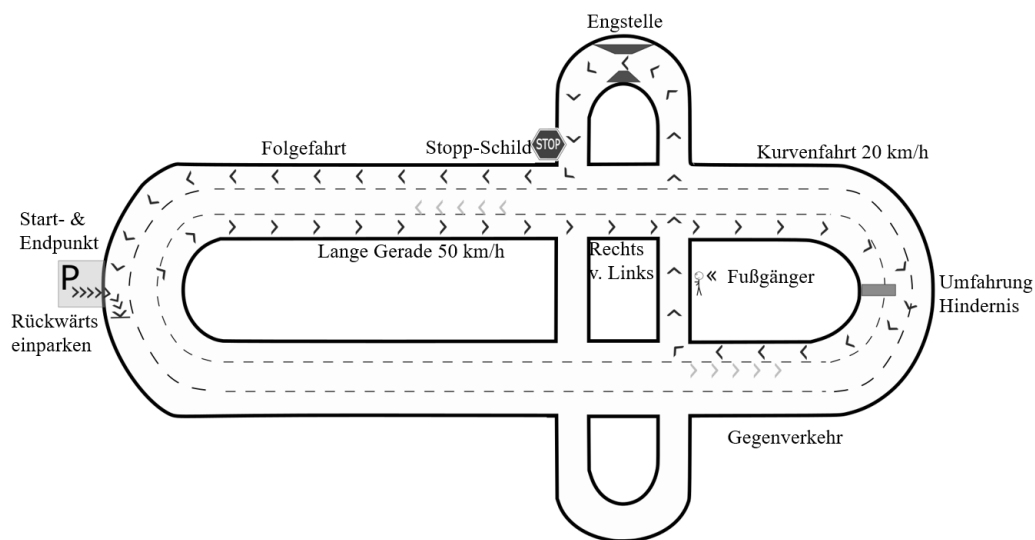


Abbildung 6-2 Variante des Prüfparcours in Studie R-2 mit Beschreibungen.

Als Versuchsfahrzeug wurde ein umgebauter Q7 e-tron verwendet. Dieser wurde durch die Firma Schaeffler-PARAVAN® als Drive-by-Wire-Fahrzeug aufgerüstet. Dadurch war es möglich, sowohl die Quer- als auch die Längsführung mittels 4-Wege-Joystick zu übernehmen. Die Joystick-Steuerung war in der Mittelkonsole verbaut und wurde durch den Wizard vom Beifahrersitz aus betätigt. Die Teilnehmenden konnten so auf dem Fahrersitz Platz nehmen, der wie ein herkömmlicher Fahrerarbeitsplatz (mit Lenkrad und Pedalerie) ausgestattet war. Um den Joystick zu verdecken und die Illusion des selbstfahrenden Fahrzeugs zu ermöglichen, wurde eine Abdeckung auf die Mittelkonsole gebaut und den Teilnehmenden erklärt, der Aufbau würde Mess- und Steuerungstechnik verdecken.

Wie bereits in der vorhergehenden Studie wurden keine Displays präsentiert und die Spiegel so verstellt, dass sie kaum nutzbar waren, um den Teilnehmenden keine fahrrelevanten Informationen zur Verfügung zu stellen.

6.2.4 Versuchsablauf

Die Versuche fanden zwischen dem 14.04.2018 und dem 27.04.2018 statt. Sie dauerten zwischen 90 und 120 Minuten und wurden von Montag bis Samstag zwischen 8 Uhr und 16:30 Uhr durchgeführt. Ein schematischer Ablauf des Versuchs ist in Abbildung 6-3 dargestellt. Der Versuchsablauf wurde vergleichbar zum Versuchsablauf von R-1 (vgl. Kap. 5.2.4) gestaltet und wird hier nur kurz beschrieben:

Nach der mündlichen Einführung in den Versuchsgegenstand und den bevorstehenden Versuchsablauf erfolgte die Beantwortung der Fragebögen zur Vorbefragung (ca. 10 min).

Nach der Einrichtung des Blickbewegungssystems wurde den Teilnehmenden die Instruktion (Einfache Instruktion oder technische Instruktion, vgl. Tabelle 5-2) vorgelesen und die „Wizard“-Fahrerin als Praktikantin bzw. Sicherheitsfahrerin vorgestellt (Coverstory). Es folgten drei Versuchsfahrten, die die Teilnehmenden auf dem Fahrersitz erlebten. Jede Versuchsfahrt dauerte ca. 10 min. Nach jeder Versuchsfahrt füllten die Teilnehmenden die Fragebogenbatterie zum Erleben der jeweiligen Fahrt aus (insgesamt ca. 45 min).

Nach dem letzten Durchgang beantworteten die Teilnehmenden die Fragebögen zum Informationsbedarf (Dominanzpaarvergleich, Kano-Fragebogen) sowie die Nachbefragung (ca. 15 min). Abschließend fand die Aufklärung über die Wizard of Oz-Methodik statt, vorausgesetzt die Teilnehmenden äußerten keine Bereitschaft an einer weiteren Studie teilzunehmen. Dadurch wurde die Möglichkeit eröffnet, die Teilnehmenden zu einer weiteren Erhebungswelle einladen zu können (vgl. Kap. 7) und trotzdem sicherzustellen, dass alle Teilnehmenden nach Ablauf der Datenerhebungen vollständig über den Versuch aufgeklärt werden.

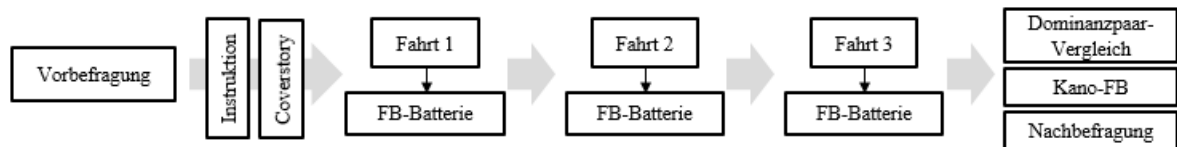


Abbildung 6-3 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs in Studie R-2.

6.2.5 Datenaufbereitung und –auswertung

Die erhobenen Fragebogendaten wurden mit Microsoft Excel 2013 aufbereitet und in der Software IBM SPSS Statistics 26 sowie R Studio (Version 1.2.1335) verarbeitet und sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch ausgewertet. Abbildungen und Grafiken wurden mit Excel erstellt. Für die Beschreibung der Datenauswertung von Messwiederholung und Gruppenunterschieden, Mehrebenenanalyse, explorativer Analyse und Auswertung der Informationsbewertung sei an dieser Stelle auf die Ausführungen in Kap. 3.4.3 verwiesen.

Dominanzpaarvergleich

Für den Dominanzpaarvergleich wurde die Häufigkeit der bevorzugten einzelnen Module ausgewertet. Hierzu fand das Bradley-Terry-Luce-Modell (BTL-Modell; Döring & Bortz, 2016) Anwendung. Dadurch ist es möglich, Verhältnisse zwischen den Modulen entlang

eines Merkmals (in diesem Fall Vertrauen in das vollautomatisierte Fahren) zu vergleichen. So konnten die Objekte in eine Rangordnung gebracht und zueinander ins Verhältnis gesetzt werden.

6.2.6 Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt $N = 32$ Personen teil: $n = 15$ männliche Teilnehmende und $n = 17$ weibliche Teilnehmende. Das mittlere Alter betrug 39.16 Jahre ($SD = 14.00$ Jahre). Die TN besaßen ihren Führerschein seit $M = 21.65$ Jahren ($SD = 13.00$ Jahre). $N = 25$ der TN äußerten, dass sie gerne Beifahrer sind, $n = 7$ erklärten, dass sie ungern als Beifahrer mitfahren. Die Intention, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, bestätigten $n = 23$ und begründeten dies u. a. mit Entlastung im Straßenverkehr, Komfortgewinn, Zeitgewinn, Sicherheit und Zukunftszugewandtheit. $N = 8$ Teilnehmende würden vollautomatisiertes Fahren hingegen nicht nutzen und begründeten dies u. a. mit der Freude am manuellen Fahren, Angst vor Kontrollverlust und fehlendem Vertrauen in die Technik. Die Teilnehmende stufen sich im mittel technikaffin ein ($M = 3.43$, $SD = 0.36$; Skala 1-5) und zeigten eher hohes initiales Vertrauen ($M = 5.39$, $SD = 0.74$; Skala 1-7).

Die Rekrutierung der Teilnehmende wurde durch eine Agentur unterstützt. Die Teilnehmenden erhielten ein Teilnahme-Incentive.

6.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der konfirmatorischen und explorativen Analysen vorgestellt. Zunächst wird auf Ergebnisse der Veränderungsmessungen und zugehörige Gruppenunterschiede der Erlebensdimensionen eingegangen (Kap. 6.3.1). Darauf folgend wird das Blickverhalten während des Erstkontaktes näher betrachtet (Kap. 6.3.2). Im Anschluss werden die explorativen Verfahren und Ergebnisse beschrieben (Kap. 6.3.2) und schließlich die Informationsbewertung dargestellt (Kap. 6.3.4).

6.3.1 Erleben der vollautomatisierten Fahrt

Die Erfahrung mit dem System hat einen Einfluss auf verschiedene Erlebenskomponenten. Die vollständigen Ergebnisse der Split-plot- und Messwiederholungsanalysen werden hier detailliert dargestellt.

Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit

Die Teilnehmenden vertrauen dem vollautomatisierten Fahren teilweise ($M_1 = 4.18$; $SE_1 = 0.15$; $M_2 = 4.98$, $SE_2 = 0.19$; $M_3 = 5.11$; $SE_3 = 0.16$; vgl. Abbildung 6-4). Das Vertrauen wächst über drei Messzeitpunkte marginal signifikant an ($p = .058$; vgl. Tabelle 6-4). Das erlebte Vertrauen unterscheidet sich zwischen den Instruktionsgruppen nicht signifikant ($M_{Einfach} = 5.11$, $SE = 0.23$; $M_{Technisch} = 4.78$, $SE = 0.21$). Auch die Funktion des Beifahrers, die Coverstory, ist für das erlebte Vertrauen nicht erheblich ($M_{Praktikant} = 5.04$, $SE = 0.22$; $M_{Sicherheitsf.} = 4.85$, $SE = 0.22$).

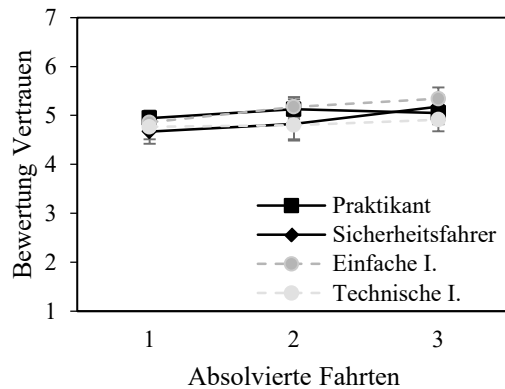


Abbildung 6-4 Bewertung des Vertrauens (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer.

Tabelle 6-4 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-2).

| | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------|-----------|----------|-------------------|------------|
| Fahrten (F) | 2, 56 | 2.991 | .058 ^m | .097 |
| Coverstory (C) | 1, 28 | 0.374 | .546 | .013 |
| Instruktion (I) | 1, 28 | 1.155 | .292 | .040 |
| C x I | 1, 28 | 1.051 | .314 | .036 |
| F x C | 2, 56 | 1.626 | .206 | .055 |
| F x I | 2, 56 | 0.817 | .447 | .028 |
| F x C x I | 2, 56 | 0.838 | .438 | .029 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Das vollautomatisierte Fahren wird zu Beginn als eher unheimlich wahrgenommen ($M_1 = 3.52$; $SE_1 = 0.13$), reduziert sich über drei Fahrten allerdings signifikant ($M_2 = 3.35$, $SE_2 = 0.12$; $M_3 = 3.25$; $SE_3 = 0.10$; vgl. Abbildung 6-5). Dabei macht eine semidisordinale Wechselwirkung deutlich, dass sich die wahrgenommene Unheimlichkeit der Gruppe mit der einfachen Instruktion deutlicher reduziert als die Gruppe mit technischer Instruktion ($M_{Diff;Einfach} = -0.48$; $M_{Diff;Technisch} = -0.06$; vgl. Tabelle 6-5). Die wahrgenommene Unheimlichkeit unterscheidet sich nicht, in Abhängigkeit von der Funktionsbeschreibung des Wizards bzw. der Coverstory ($M_{Praktikant} = 3.38$, $SE = 0.15$; $M_{Sicherheitsf.} = 3.34$, $SE = 0.15$).

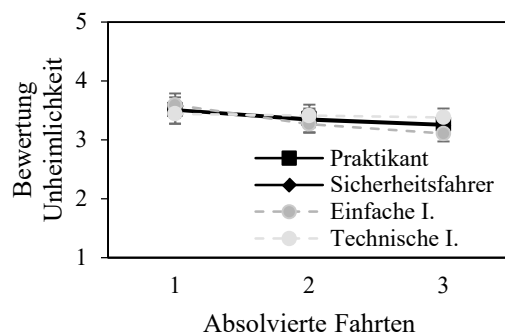


Abbildung 6-5 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer.

Tabelle 6-5 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-2).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Fahrten (F) | 2, 54 | 5.568 | .006* | .171 |
| Coverstory (C) | 1, 27 | 0.033 | .858 | .001 |
| Instruktion (I) | 1, 27 | 0.284 | .599 | .010 |
| C x I | 1, 27 | 0.297 | .590 | .011 |
| F x C | 2, 54 | 0.009 | .991 | .000 |
| F x I | 2, 54 | 3.609 | .034* | .118 |
| F x C x I | 2, 54 | 0.601 | .552 | .022 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Die Mehrebenenanalysen kommen zu ähnlichen Ergebnissen (vgl. Anhang D-2). Hier können sowohl für Vertrauen ($BIC_{\Delta;Fahrten} = 1.36$) als auch wahrgenommene Unheimlichkeit ($BIC_{\Delta;Fahrten} = 3.47$) signifikante Veränderungen über die drei Fahrten gezeigt werden. Die Wechselwirkung zwischen der Fahrthäufigkeit und der Instruktion kann für die wahrgenommene Unheimlichkeit ebenfalls bestätigt werden ($BIC_{\Delta;Fahrten} = 2.34$).

Diskomfort und Komfort

Der wahrgenommene Diskomfort liegt insgesamt im mittleren bis niedrigen Bereich ($M_1 = 2.27$; $SE_1 = 0.10$; $M_2 = 2.23$, $SE_2 = 0.12$; $M_3 = 2.14$; $SE_3 = 0.10$; vgl. Abbildung 6-6). Er verändert sich über drei Messzeitpunkte nicht signifikant (vgl. Tabelle 6-6). Auch Instruktion ($M_{Einfach} = 2.18$, $SE = 0.14$; $M_{Technisch} = 2.28$, $SE = 0.13$) und Coverstory ($M_{Praktikant} = 2.09$, $SE = 0.14$; $M_{Sicherheitsf.} = 2.38$, $SE = 0.14$) unterscheiden sich in den Gruppen nicht signifikant.

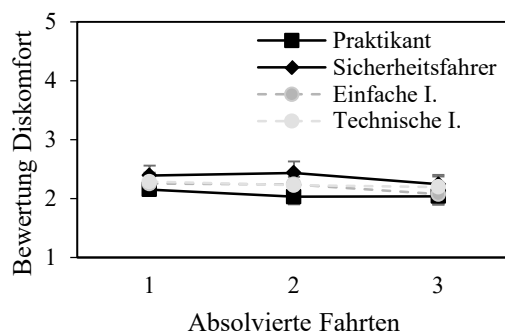


Abbildung 6-6 Bewertung des Diskomfort (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer.

Tabelle 6-6 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-2).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------|-----------|----------|----------|------------|
| Fahrten (F) | 2, 54 | 1.025 | .365 | .035 |
| Coverstory (C) | 1, 28 | 2.207 | .149 | .073 |
| Instruktion (I) | 1, 28 | 0.263 | .612 | .009 |
| C x I | 1, 28 | 0.906 | .349 | .031 |
| F x C | 2, 54 | 0.657 | .522 | .023 |
| F x I | 2, 54 | 0.204 | .816 | .007 |
| F x C x I | 2, 54 | 1.494 | .233 | .051 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Das Komforterleben liegt im oberen Bereich ($M_1 = 3.87$; $SE_1 = 0.14$; $M_2 = 3.93$, $SE_2 = 0.16$; $M_3 = 3.99$; $SE_3 = 0.15$; vgl. Abbildung 6-7) und verändert sich mit der Zunahme der Fahrthäufigkeit nicht signifikant. Weder die Instruktionsart ($M_{Einfach} = 4.05$, $SE = 0.21$; $M_{Technisch} = 3.77$, $SE = 0.20$) noch die Coverstory ($M_{Praktikant} = 4.08$, $SE = 0.21$; $M_{Sicherheitsf.} = 3.75$, $SE = 0.20$) können einen effektvollen Unterschied im erlebten Komfort hervorrufen (vgl. Tabelle 6-7).

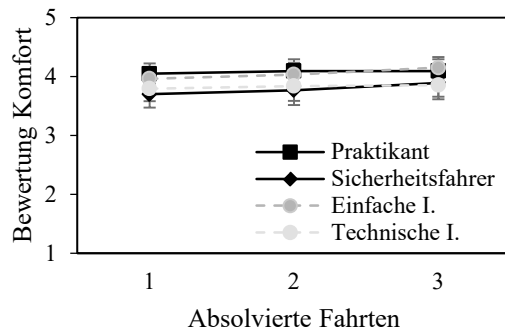


Abbildung 6-7 Bewertung des Komforts (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer.

Tabelle 6-7 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort (R-2).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-----------------|-----------|----------|----------|------------|
| Fahrten (F) | 2, 56 | 0.692 | .505 | .024 |
| Coverstory (C) | 1, 28 | 1.263 | .271 | .043 |
| Instruktion (I) | 1, 28 | 0.911 | .348 | .032 |
| C x I | 1, 28 | 1.004 | .325 | .035 |
| F x C | 2, 56 | 0.255 | .775 | .009 |
| F x I | 2, 56 | 0.159 | .853 | .006 |
| F x C x I | 2, 56 | 0.682 | .510 | .024 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Auch die Mehrebenenanalysen zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Modellen (vgl. Anhang D-2).

User Experience: Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität

Das vollautomatisierte Fahren wird insgesamt als attraktiv bewertet ($M_1 = 6.23$; $SE_1 = 0.14$; $M_2 = 5.98$, $SE_2 = 0.18$; $M_3 = 6.03$; $SE_3 = 0.16$; vgl. Tabelle 6-8). Die Bewertung der Attraktivität der vollautomatisierten Fahrt sinkt über drei Fahrten marginal ab ($p = .058$; vgl. Tabelle 2-1). Das vollautomatisierte Fahren wird marginal signifikant als attraktiver bewertet, wenn eine „Praktikantin“ auf dem Beifahrersitz saß, als wenn der Wizard als Sicherheitsfahrerin bezeichnet wurde ($p = .085$; $M_{Praktikant} = 6.36$, $SE = 0.21$; $M_{Sicherheitsf.} = 5.84$, $SE = 0.21$). Die Instruktionsgruppen unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich ihrer Attraktivitätsbewertung ($M_{Einfach} = 6.24$, $SE = 0.22$; $M_{Technisch} = 5.96$, $SE = 0.20$).

Die Bewertung der hedonischen Qualität des vollautomatisierten Fahrens liegt ebenfalls im oberen Bereich ($M_1 = 5.44$; $SE_1 = 0.15$; $M_2 = 5.33$, $SE_2 = 0.16$; $M_3 = 5.34$; $SE_3 = 0.17$; vgl. Tabelle 6-8) verändert sich aber nicht signifikant über drei Fahrten hinweg. Die Bewertungen unterscheiden sich weder hinsichtlich der Instruktion ($M_{Einfach} = 5.39$, $SE = 0.22$; $M_{Technisch} = 5.38$, $SE = 0.20$) noch der Coverstory ($M_{Praktikant} = 5.59$, $SE = 0.21$; $M_{Sicherheitsf.} = 5.18$, $SE = 0.21$) voneinander.

Die Mittelwerte der pragmatischen Qualität liegen ebenfalls im oberen Bereich ($M_1 = 5.39$; $SE_1 = 0.15$; $M_2 = 5.44$, $SE_2 = 0.16$; $M_3 = 5.54$; $SE_3 = 0.16$; vgl. (vgl. Tabelle 6-8)), verändern sich aber mit den absolvierten Fahrten nicht signifikant. Weder die Instruktionsgruppen ($M_{Einfach} = 5.57$, $SE = 0.22$; $M_{Technisch} = 5.35$, $SE = 0.20$), noch die Coverstorygruppen ($M_{Praktikant} = 5.60$, $SE = 0.21$; $M_{Sicherheitsf.} = 5.32$, $SE = 0.21$) unterscheiden sich in ihrem Erleben.

Tabelle 6-8 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience (R-2).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Qualität | | | | Pragmatische Qualität | | | |
|--------------|---------------|----------|-------------------|------------|-----------------------------|----------|----------|------------|-----------------------|----------|-------------------|------------|
| | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
| F | 2, 54 | 2.999 | .058 ^m | .100 | 1.52, 41.03 ^g | 0.559 | .530 | .020 | 2, 54 | 1.709 | .191 | .060 |
| C | 1, 27 | 3.189 | .085 ^m | .106 | 1, 27 | 1.825 | .188 | .063 | 1, 27 | 0.865 | .361 | .031 |
| I | 1, 27 | 0.865 | .360 | .031 | 1, 27 | 0.000 | .988 | .000 | 1, 27 | 0.539 | .469 | .020 |
| C x I | 1, 27 | 0.161 | .692 | .006 | 1, 27 | 1.390 | .249 | .049 | 1, 27 | 0.215 | .646 | .008 |
| F x C | 2, 54 | 0.518 | .599 | .019 | 1.52, 41.03 ^g | 1.644 | .209 | .057 | 2, 54 | 0.860 | .429 | .031 |
| F x I | 2, 54 | 1.105 | .339 | .039 | 1.52, 41.03 ^g | 0.447 | .642 | .016 | 2, 54 | 1.495 | .233 | .052 |
| F x C x I | 2, 54 | 1.157 | .322 | .041 | 1.52, 41.03 ^g | 2.405 | .100 | .082 | 2, 54 | 2.476 | .094 ^m | .084 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zeigen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Modellen weder hinsichtlich der absolvierten Fahrten noch hinsichtlich der Instruktion oder Coverstory (vgl. Anhang D-2).

Fazit

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich Vertrauen (varianzanalytisch marginal) und wahrgenommene Unheimlichkeit über drei Messzeitpunkte signifikant verändern, die H_0 kann somit für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit verworfen werden. Für Diskomfort, Komfort und die Dimensionen der User Experience können keine signifikanten Ergebnisse aufgezeigt werden. Die H_0 wird hier beibehalten.

Die Variation der Coverstory führt zu keinen Unterschieden im Erleben der abhängigen Variablen. Die H_0 wird daher nicht verworfen.

Hinsichtlich der Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion wird eine Wechselwirkung für die wahrgenommene Unheimlichkeit mit der Instruktionsvariante „einfach Instruktion“ signifikant. Bei einer einfachen Instruktion verringert sich die wahrgenommene Unheimlichkeit stärker als bei einer technischen Instruktion. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Ergebnissen aus Studie R-1. In Studie R-1 zeigt die technische Instruktionsgruppe niedrigeres Unheimlichkeitserleben.

Daher wurde überprüft, ob die Instruktion überhaupt einen Einfluss auf das wahrgenommene Funktionswissen in dieser Studie hatte. Hypothetisch müsste sich die Gruppe mit technischer Instruktion zur Funktionsweise besser informiert fühlen als die Gruppe mit einfacher Instruktion. Um diese Vermutung zu überprüfen, wurde ein Item des Vertrauensfragebogens herausgegriffen, welches das wahrgenommene Funktionswissen repräsentie-

ren soll: „Ich weiß, wie das System funktioniert“ (1 = „trifft überhaupt nicht zu“ bis 7 = „trifft voll und ganz zu“). Es zeigt sich, dass sich die Gruppe der technischen Instruktion hinsichtlich des wahrgenommenen Wissens über das System nicht von den Teilnehmenden mit einfacher Instruktion unterscheidet ($M_{Einfach} = 3.11$, $SE = 0.48$; $M_{Technisch} = 3.20$, $SE = 0.48$; $t(30) = -0.124$; $p = .902$).

6.3.2 Betrachtung des Blickverhaltens

Im Rahmen dieser Studie wurde auch das Blickverhalten in die Datenerhebung einbezogen. Über das Generieren objektiver Daten soll ein zusätzlicher Aspekt zum Verständnis des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren beigetragen werden.

Die erste Betrachtung gilt der Verteilung der Blickdauer auf die einzelnen AoIs über den gesamten Verlauf der drei Erhebungsfahrten. Die Angaben der Gesamt-Blickdauer und ihrer prozentualen Verteilungen (Attention Ratio) sind in Tabelle 6-9 abgebildet. Insgesamt 33,17 % der Blicke entfallen auf das frontale Sichtfeld (Sichtfeld nah und weit). Dabei erstreckt sich der größte Teil auf das nahe Sichtfeld. Ein geringerer prozentualer Anteil der Blicke fokussiert das ferne Sichtfeld. Auch das Lenkrad wird mit 6.92 % und insgesamt 26.62 s betrachtet. Die Beachtung der Seiten- und Innenspiegel ist gering, wobei der linke Außenspiegel mit 10.31 s am längsten betrachtet wird. Die hohen Standardabweichungen deuten darauf hin, dass sich das Blickverhalten zwischen den Teilnehmenden deutlich unterscheidet, daher wird in den Analysen der Veränderungsmessung mit Werten weitergearbeitet, die am Personenmittelwert zentriert werden.

Tabelle 6-9 Gesamt-Blickdauer und Attention Ratio je AoI (R-2).

| Areas of Interest | Total glance time (s) | | Attention Ratio (%) | |
|---------------------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Sichtfeld - Nah | 92.61 | 56.37 | 24.19 | 14.08 |
| Sichtfeld - Weit | 37.70 | 28.64 | 9.52 | 7.13 |
| Lenkrad | 26.62 | 18.12 | 6.91 | 4.69 |
| Außenspiegel links | 10.31 | 8.32 | 2.77 | 2.39 |
| Außenspiegel rechts | 3.85 | 4.25 | 1.00 | 1.11 |
| Innenspiegel | 4.98 | 5.95 | 1.27 | 1.54 |

Die Aufstellung der Blickübergangswahrscheinlichkeiten (vgl. Abbildung 6-8) gibt Aufschluss darüber, wie häufig Blicke zwischen verschiedenen AoIs gewechselt werden. Die häufigsten Blickübergänge liegen zwischen dem nahen und dem weiten Sichtfeld (34.59 %). Auch zwischen dem nahen Sichtfeld und dem Lenkrad wechseln die Blicke zu knapp 29.12 % der Fälle. Wie bereits in der Aufstellung der Blickdauern zu erkennen ist, werden die Spiegel selten betrachtet und zeigen wenig Blickübergänge an.

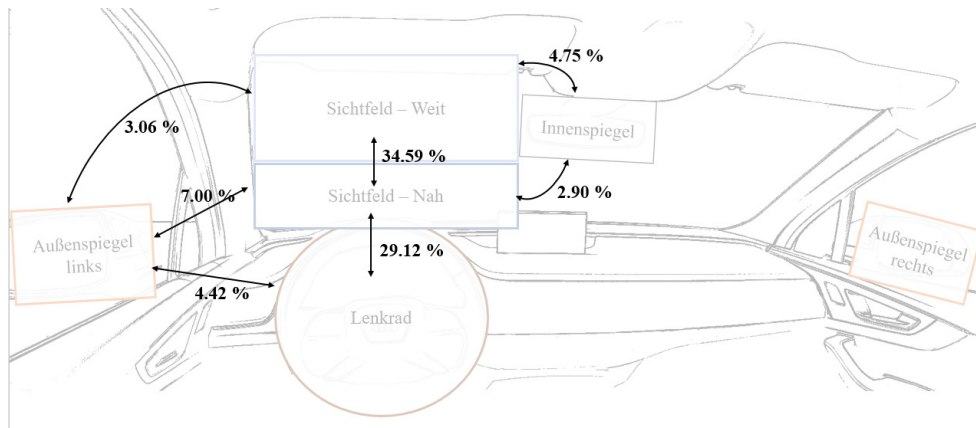


Abbildung 6-8 Blickübergangswahrscheinlichkeiten zwischen den AoIs gemittelt über drei Fahrten (R-2).

Um zu überprüfen, ob sich das Blickverhalten über drei Fahrten hinweg verändert, wird der prozentuale Anteil der Beachtung der AoIs (Attention Ratio), die Blickfrequenz, die mittlere Fixationsdauer sowie die Anzahl der Fixationen für jede Fahrt einzeln und am jeweiligen Personenmittelwert zentriert betrachtet. Es wird das nahe und weite Sichtfeld sowie das Lenkrad für die Analysen herangezogen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6-9 dargestellt.

Das *nahe Sichtfeld* wird zu Beginn der Fahrten signifikant häufiger beachtet als nach drei Fahrten ($F(2,30) = 17.988, p = .000, \eta_p^2 = .545$). Doch werden die mittleren Fixationen über die Zeit signifikant kürzer ($F(2,30) = 4.933, p = .014, \eta_p^2 = .247$).

Dem gegenüber steht das *weite Sichtfeld*. Die Beachtung des weiten Sichtfeldes nimmt über die Zeit signifikant zu ($F(2,32) = 6.891, p = .003, \eta_p^2 = .301$). Die mittlere Fixationsdauer bleibt dabei relativ stabil ($F(2,32) = 1.862, p = .172, \eta_p^2 = .104$).

Das *Lenkrad* wird im Laufe der drei Fahrten deutlich weniger beachtet, die Beachtungsrate nimmt signifikant ab ($F(2,32) = 23.003, p = .000, \eta_p^2 = .590$). Die Dauer der Fixationen bleibt dabei relativ gleich ($F(2,32) = 0.015, p = .985, \eta_p^2 = .001$), allerdings wird die Anzahl der Fixationen über die Zeit signifikant weniger.

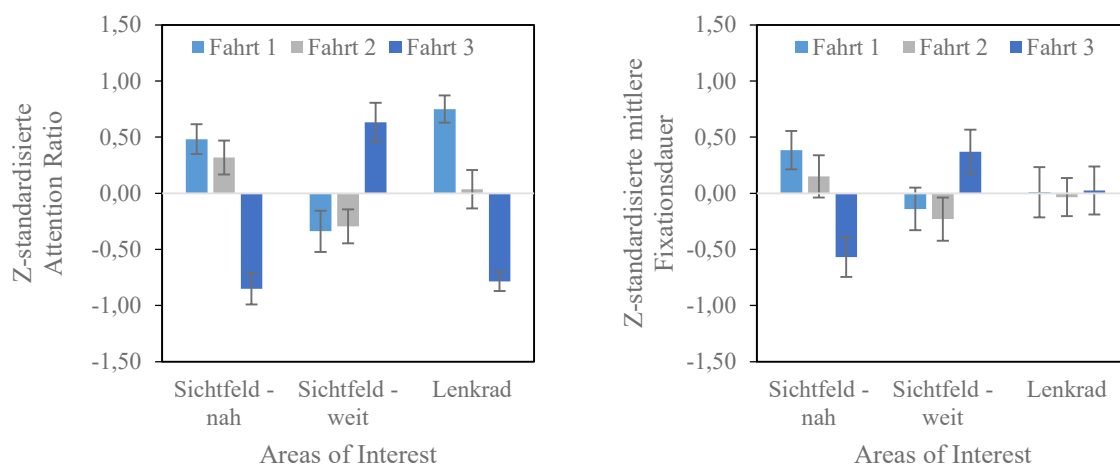


Abbildung 6-9 Darstellung der mittleren Attention Ratio (links) und Fixationsdauer (rechts) in Studie R-2. Abgebildet sind z-Standardisierte Mittelwerte und Standardfehler über drei Fahrten und Areas of Interest.

Hinsichtlich der Veränderungen des Blickverhaltens mit Zunahme der absolvierten Fahrten kann die Null-Hypothese H_0 somit verworfen werden.

6.3.3 Explorative Betrachtung der Ergebnisse

Zusammenhänge der abhängigen Variablen

Um Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen aufzudecken, werden die abhängigen Variablen sowohl im Inner- als auch im Zwischensubjektfaktor miteinander korreliert (vgl. Tabelle 6-10). Es zeigt sich auf Innersubjektebene (unterhalb der Diagonale), dass Diskomfort und Komfort in einem starken negativen Zusammenhang stehen ($r^2 = .651$). Das bedeutet, niedriges Diskomforterleben geht mit hohem Komfort erleben einher. Des Weiteren können mittlere negative Zusammenhänge zwischen Diskomfort und Vertrauen ($r^2 = .171$) berichtet werden. Auch Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit stehen in einem negativen Zusammenhang zueinander ($r^2 = .152$). Das Vertrauen korreliert positiv mit der pragmatischen Qualität ($r^2 = .157$).

Auf der Zwischensubjektebene korrelieren die Variablen insgesamt stark miteinander. Lediglich die hedonische Qualität zeigt nur leicht signifikante Zusammenhänge mit Diskomfort, und Komfort. Mit Vertrauen und wahrgenommener Unheimlichkeit sind keine Zusammenhänge erkennbar.

Tabelle 6-10 Pearson-Korrelationen für die Erlebensdimensionen in Studie R-2.

| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>ICC</i> | V | Dis | Ko | Un | HQ | PQ | ATT |
|-----|----------|-----------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V | 4.97 | 0.94 | 0.71 | 1 | -.816** | .690** | -.712** | .305 | .613** | .606** |
| Dis | 2.22 | 0.60 | 0.70 | -.413** | 1 | -.827** | .699** | -.473** | -.702** | -.810** |
| Ko | 3.93 | 0.85 | 0.82 | .291** | -.807** | 1 | -.689** | .355* | .498** | .686** |
| Un | 3.37 | 0.66 | 0.64 | -.390** | .248* | -.176 | 1 | -.217 | -.535** | -.606** |
| HQ | 5.37 | 0.88 | 0.76 | 0.075 | -.013 | -.011 | .087 | 1 | .509** | .623** |
| PQ | 5.45 | 0.86 | 0.76 | .396** | -.380** | .332** | -.079 | .362** | 1 | .678** |
| ATT | 6.08 | 0.87 | 0.75 | .160 | -.395** | .384** | -.160 | .286 | .404** | 1 |

Anmerkung. Korrelationen oberhalb der Diagonale zeigen Zwischen-Subjekt-Korrelationen.

Korrelationen unterhalb der Diagonale zeigen die Innersubjekt-Korrelationen an.

V = Vertrauen; Dis = Diskomfort, Ko = Komfort, Un = Unheimlichkeit, HQ = Hedonische Qualität, PQ = Pragmatische Qualität, ATT = Attraktivität.

** $p < .01$, * $p < .05$.

Extremgruppenanalyse

Wie bereits in Studie R-1 wurden auch in dieser Studie Extremgruppen gebildet, die jeweils die oberen und unteren Quantile oder eine Zufallsstichprobe (im Falle der Nutzungsbereitschaft) besetzen. Die zugrunde liegenden Kennwerte sind in Tabelle 6-11 aufgeführt. Dabei zeigen sich folgende Unterschiede zwischen den Extremgruppen.

Die Gruppe der Teilnehmenden, die vollautomatisiertes Fahren nutzen würden, vertrauen dem vollautomatisierten Fahren stärker ($M_{Diff} = -1.11$) und nehmen es als weniger unheimlich wahr ($M_{Diff} = 1.03$), als Teilnehmende, die nicht bereit sind, das vollautomatisierte Fahren zu nutzen. Hinsichtlich des Vertrauenserlebens unterscheiden sich die Extremgruppen nicht weiter.

In der wahrgenommenen Unheimlichkeit unterscheiden sich die Gruppen. So empfinden Teilnehmende mit mehr Fahrerfahrung das System als weniger unheimlich als Teilnehmende mit geringer Fahrerfahrung ($M_{Diff} = 0.67$). Auch technikaffine Teilnehmende erleben die Fahrten als weniger unheimlich als technikferne Teilnehmende ($M_{Diff} = 0.73$). Die Gruppen des initialen Vertrauens unterscheiden sich nicht eindeutig voneinander.

Tabelle 6-11 Ergebnisse der explorativen Extremgruppenanalyse in Studie R-2.

| Extremgruppe | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|------------------------------|-----------|------------------------|--------------|----------------|------------------------------|------------------------|-------------|---------------|
| | <i>N</i> | <i>M</i> (<i>SD</i>) | M_{Diff} | 95 % KI | <i>N</i> | <i>M</i> (<i>SD</i>) | M_{Diff} | 95 % KI |
| Nutzung - nein | 8 | 4.39 (0.82) | -1.11 | [-1.99, -0.23] | 7 | 3.77 (0.67) | 1.03 | [0.48, 1.57] |
| Nutzung - ja | 8 | 5.5 (0.82) | | | 8 | 2.74 (0.25) | | |
| Q ₂₅ FE | 8 | 4.91 (0.91) | -0.3 | [-1.14, 0.54] | 8 | 3.74 (0.53) | 0.67 | [0.16, 1.18] |
| Q ₇₅ FE | 10 | 5.21 (0.77) | | | 9 | 3.07 (0.45) | | |
| Q ₂₅ Initiales V. | 8 | 4.62 (1.08) | -0.73 | [-1.91, 0.44] | 8 | 3.59 (0.73) | 0.40 | [-0.42, 1.21] |
| Q ₇₅ Initiales V. | 6 | 5.35 (0.87) | | | 6 | 3.19 (0.62) | | |
| Q ₂₅ TA | 8 | 4.7 (0.64) | -0.63 | [-1.49, 0.22] | 8 | 3.8 (0.51) | 0.73 | [0.13, 1.33] |
| Q ₇₅ TA | 9 | 5.33 (0.96) | | | 8 | 3.07 (0.61) | | |

Anmerkung: Nutzung: Nutzungsbereitschaft; FE: Fahrerfahrung; Initiales V: Initiales Vertrauen; TA: Technikaffinität.

Q₂₅ entspricht dem unteren Quartil; Q₇₅ entspricht dem oberen Quartil.

Bei **Fett**-gedruckten Werten schneidet das KI die 0-Linie nicht.

6.3.4 Informationsbewertung

Die Einordnung der für den Erstkontakt relevanten Informationen geschieht gemäß der Kano-Methode (Kano et al., 1984). Die relevanten Merkmale sind in Tabelle 6-12 einzusehen (Die Zuordnung aller Merkmale ist in Anhang D-3 einzusehen). Bei der Information *Geschwindigkeit* zeigt die totale Stärke, dass das Merkmal von 87.10 % der Teilnehmenden als wichtig angesehen wird. Die Anzeige von Points of Interest (PoIs) an der Strecke kann als Leistungsfaktor die Zufriedenheit mit der vollautomatisierten Fahrt beeinflussen.

Die Betrachtung des Zufriedenheitskoeffizienten zeigt, dass insbesondere das Nicht-Anzeigen des *Kraftstoffstandes* ($CS^- = -0.83$), der *Geschwindigkeit* ($CS^- = -0.87$) und *Zeit und Distanz bis zum Ziel* (ETA; $CS^- = -0.77$), zu deutlicher Unzufriedenheit beitragen würden. Der zufriedenheitsstiftende Koeffizient CS^+ ist weniger deutlich ausgeprägt.

Tabelle 6-12 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (R-2).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitsstiftung | |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke (%) | Totale Stärke (%) | CS+ | CS- |
| Bevorstehende Verkehrsstauung | M ^a | 16.13 | 51.61 | 0.28 | -0.45 |
| Kraftstoffstand | M | 51.61 | 80.65 | 0.17 | -0.83 |
| Fahrtroute | M | 16.13 | 67.74 | 0.23 | -0.57 |
| Geschwindigkeit | M | 25.81 | 87.10 | 0.33 | -0.87 |
| Blinker | M | 16.13 | 58.06 | 0.15 | -0.63 |
| Systemaktivität (ON/OFF) | M | 35.48 | 67.74 | 0.07 | -0.69 |
| Zeit und Distanz zum Ziel | M | 48.39 | 83.87 | 0.23 | -0.77 |
| Eingehende Anrufe | M ^a | 25.81 | 64.52 | 0.19 | -0.70 |
| Hinweise zu PoIs | O ^a | 16.13 | 54.84 | 0.38 | -0.45 |

Anmerkung: M = Basismerkmal; O = Leistungsmerkmal.

Dominanzpaarvergleich

Ergänzend zum Kano-Fragebogen werden weitere Informationen zur Kategorisierung in Form des Dominanzpaarvergleiches bewertet und hinsichtlich Relevanz geordnet. Die Ergebnisse der Kategorisierung zeigen (vgl. Abbildung 6-10), dass die mit Abstand wichtigste Information die *Darstellung des nächsten Manövers* ist (1.66; wurde im Kano-Fragebogen nicht erfasst). Die *Ableitung von Handlungen* (1.31), die *Darstellung von Verzögerungen* und deren Begründung (1.27), sowie *Zeit und Distanz bis zum Ziel* (1.27) werden ebenfalls anderen Informationen vorgezogen. Die Darstellung der *Detektion* (0.92) des Fahrzeugumfeldes und *Interpretation* der Verkehrssituation (0.80) liegen dabei noch vor der *Darstellung eingehaltener Verkehrsregeln* (0.70) und der *Länge des aktuellen Fahrschnittes* (0.56).

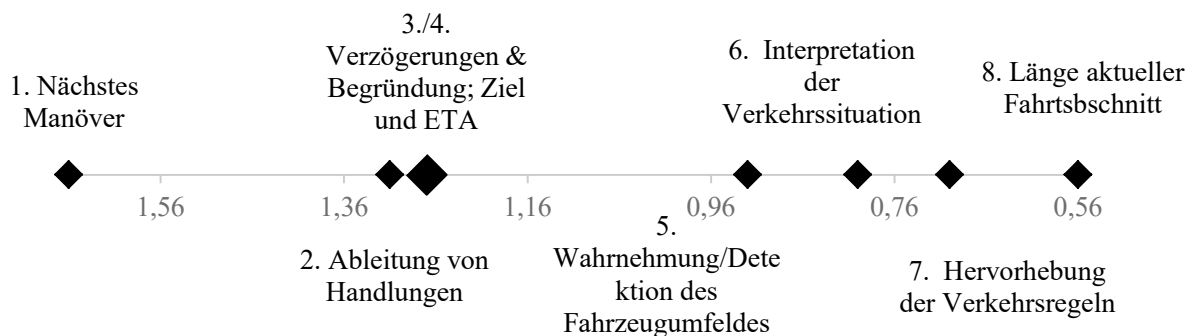


Abbildung 6-10 Verhältnis der Wichtigkeit der Informationen und ihrer Rangordnung. Der höchste Wert entspricht dem niedrigsten Rang (links). Absteigende Werte entsprechen aufsteigenden Rängen.

Für die Art der Darbietung der Informationen wird eine *konkrete Darstellung mit Kennzahlen* (1.6) der *konkreten Darstellung ohne Kennzahlen* (1.52) vorgezogen. Eine *schematische Darstellung* (0.42) wird als nicht vertrauensfördernd eingeordnet (Abbildung 6-11).

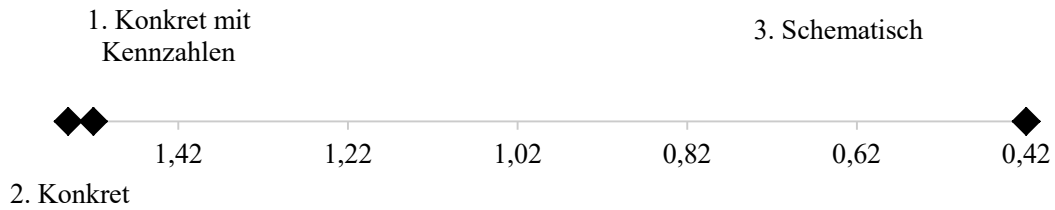


Abbildung 6-11 Verhältnis der Wichtigkeit der Darbietungsart der Informationen und ihrer Rangordnung. Der höchste Wert entspricht dem niedrigsten Rang (links). Absteigende Werte entsprechen aufsteigenden Rängen.

6.4 Diskussion & Ableitung

Ziel dieser Studie war es, das Vorgehen aus Studie 1 in einem höheren Geschwindigkeitsbereich zu replizieren, um zu prüfen, ob die Ergebnisse stabil bleiben. Zusätzlich wird die Erhebung der Blickdaten als objektives Maß eingeführt, um festzustellen, ob sich auch über objektive Beobachtungen Veränderungen im Erleben der vollautomatisierten Fahrt abzeichnen. Des Weiteren wird aufgrund des neuen Versuchsfahrzeugs die Fragestellung einer geeigneten Coverstory eingefügt. Zur Diskussion der Ergebnisse werden diese zunächst zusammengefasst (vgl. Kap. 6.4.1), kritisch betrachtet (vgl. Kap. 6.4.2) und Ableitungen für ein Anzeigekonzept hergestellt (vgl. Kap. 6.4.3).

6.4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

Wie bereits in der vorhergehenden Studie kann auch in dieser Studie gezeigt werden, dass die Auseinandersetzung mit dem System substanziell dazu beiträgt, dass das System und sein Verhalten als weniger unheimlich wahrgenommen werden. Das Vertrauen steigt nicht in gleichem Maße an. Im Rahmen dieser Studie liegt lediglich ein marginaler Effekt für das Vertrauen vor. Das könnte durch die erhöhte Geschwindigkeit begründet werden, wodurch Fahrsituationen als kritischer wahrgenommen werden (vgl. Hoff & Bashir, 2015) als das im Kontext der vorherigen Studie der Fall war.

Die wahrgenommene Kritikalität der Situation hat auch einen Einfluss auf das Diskomforterleben (vgl. Cahour, 2008). Die erhöhte Geschwindigkeit und damit verbundene höhere Kritikalität der Fahrsituation erklären somit auch, dass wahrgenommener Diskomfort und das neu eingeführte Konstrukt Komfort sich nicht verändern.

Die User Experience bleibt ebenfalls ohne deutliche Veränderungen stabil. Die vollautomatisierten Fahrten werden insgesamt als sehr attraktiv bewertet. Diese Bewertung sinkt über die drei Fahrten marginal ab. Das spricht dafür, dass eine anfängliche Begeisterung („Experience“) durch das Kennenlernen des Systems und dessen Grenzen schnell abfallen kann (vgl. Winner et al., 2003).

Insgesamt scheint die erhöhte Geschwindigkeit die Effekte aus dem Niedergeschwindigkeitsbereich zu dämpfen. Möglicherweise muss durch die erhöhte Komplexität der Situati-

on das System länger und in unterschiedlichen Fahrsituationen erfahren und kennengelernt werden, damit Nutzer erkennen, dass ein vollautomatisiertes Fahrzeug auch kritische Situation meistert und die Sicherheit des Nutzers in allen Situationen gewährleistet ist (vgl. Hoff & Bashir, 2015).

Zusammenhänge zwischen den Dimensionen

In diesem Versuchssetting können auf intrapersoneller Ebene verschiedene Zusammenhänge aufgedeckt werden. Vertrauen steht in einem starken negativen Zusammenhang mit Diskomfort, Unheimlichkeit und pragmatischer Qualität. Frison et al. (2019) konnten den Zusammenhang zwischen pragmatischer Qualität und Vertrauen bereits zeigen. Auch der Zusammenhang zwischen pragmatischer Qualität und Diskomfort (vgl. dazu auch. Bubb, 2015b) wurde bereits diskutiert. Der starke negative Zusammenhang von Komfort und Diskomfort spricht dafür, beide Variablen als abhängige Konstrukte zu betrachten (vgl. dazu auch. Zhang et al., 1996).

Die hedonische Qualität korreliert lediglich mit pragmatischer Qualität und deutet somit auf das Inferenzmodell (Hassenzahl & Monk, 2010) hin, das besagt, dass durch das Erkennen des wahrgenommenen Nutzens eines Produktes nachgelagert auch die sonst recht stabile hedonische Qualität beeinflusst werden kann.

Einfluss der Instruktion

Auf Basis der Split-Plot-Ergebnisse unterscheiden sich die Instruktionsgruppen lediglich im Unheimlichkeitserleben voneinander. Hier wird eine Fahrt mit der technischen Instruktion als unheimlicher erlebt als mit einer einfachen Instruktion. Das spricht den gefundenen Ergebnissen aus R-1 entgegen. Im Einzelitem-Vergleich zeigt sich, dass die Teilnehmenden sich, auch wenn sie die technische Instruktion erhalten haben, nicht besser über das Funktionswissen informiert fühlen. Das spricht dafür, dass die kurze textuelle Information aus den Instruktionen nicht ausgereicht hat, um das komplexe System des vollautomatisierten Fahrens bei höheren Geschwindigkeiten zu erläutern. Koo et al. (2015) zeigten, dass die Vermittlung der richtigen Informationen über die Verhaltensweise eines Systems entscheidend für den Vertrauensaufbau sind. Eine ausführlichere Erklärung der Funktionsweise und ihrer Wahrnehmung sowie des Verhaltens des Fahrzeugs ist somit unabdingbar (vgl. Beggiato, Hartwich et al., 2015; Diels & Thompson, 2017; Wiegand et al., 2019). Die Informationsvermittlung muss demnach sorgfältig gestaltet werden und auf Situation und Anforderung des Nutzers abgestimmt sein. Die Ergebnisse lassen auch darauf schließen, dass Ergebnisse, die in fahrerlosen Shuttlebussen gefunden werden, nicht direkt auf das vollautomatisierte Fahren in höheren Geschwindigkeitsbereichen übertragbar sind.

Einfluss der Coverstory

Durch die Verwendung der Wizard of Oz-Methodik war ein weiterer Akteur im Versuchsaufbau beteiligt: der Wizard. Da erste Teilnehmende äußerten, dass sie sich durch die Sicherheitsfahlerin im Fahrzeug sicherer fühlten, wurde die Coverstory als Störvariable systematisch manipuliert. Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass das Fahren als marginal attraktiver wahrgenommen wird, wenn eine Praktikantin -anstatt einer Sicherheitsfahlerin- mitfährt. Die Fähigkeiten des Systems wirken attraktiver, wenn keine externe Kontrollinstanz notwendig ist. Die anderen Variablen werden durch die Coverstory nicht beeinflusst. Der subjektive Eindruck der Teilnehmenden kann also nicht eindeutig objektiviert werden. Für weitere Studien sollte dennoch beachtet werden, wie Mitfahrende im Studienkontext vorgestellt werden, um sicherzustellen, dass ihre Anwesenheit die Ergebnisse nicht beeinflusst.

Interindividuelle Unterschiede

Es kann auch gezeigt werden, dass interindividuelle Unterschiede das Erleben der vollautomatisierten Fahrt beeinflussen. Wie bereits in der vorhergehenden Studie (R-1) gezeigt wurde, vertrauen Teilnehmende, die generell bereit sind, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, dem System eher, als Teilnehmende, die die Nutzung für sich ausschließen (vgl. dazu auch Dai et al., 2020). Auch eine ausgeprägte Fahrerfahrung lässt eine vollautomatisierte Fahrt als weniger unheimlich erscheinen, ebenso wie höhere Technikaffinität. Dies sollte bei der Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und vollautomatisiertem System beachtet werden.

Blickbewegung

Annähernd die Hälfte aller erfassten Blicke verteilt sich auch beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren auf fahrrelevante Informationen. Dabei fällt auf, dass ebenso wie beim manuellen Fahren unerfahrene Fahrende eher das nahe Sichtfeld vor dem Fahrzeug fixieren. Durch zunehmende Fahrerfahrung verschiebt sich der Fokus auf das weitere Sichtfeld (vgl. Underwood et al., 2003).

Das Lenkrad bewegt sich in diesem Versuchsetting analog zur Lenkbewegung. Daher finden häufige Blickwechsel zwischen Lenkrad und nahem Sichtfeld statt. Die Bewegung des Lenkrades hilft dem Nutzer scheinbar gerade zu Beginn, sich zu vergewissern, dass das Fahrzeug das richtige (Lenk-)Verhalten durchführt. Über die Zeit wird das Lenkrad aber weniger häufig fixiert und deutet darauf hin, dass das Systemverhalten besser kennengelernt wird.

Informationsbedarf beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

Die in dieser Erhebung festgestellten Basis-Merkmale sind: eigener Kraftstoffstand, Fahrtroute, eigene Geschwindigkeit, Blinker, Systemaktivität (ON bzw. OFF), Zeit und Distanz bis zum Ziel. Die Abwesenheit dieser Informationen würde zu Unzufriedenheit führen. Zufriedenheitssteigernd ist zudem die Anzeige von PoIs an der Strecke.

Die Ergebnisse des Dominanzpaarvergleichs ergänzen diese Erkenntnisse um einige weitere Informationen und deren Priorisierung. So ist die Darstellung des nächsten Manövers mit Abstand am wichtigsten, gefolgt von der Ableitung der Handlungen des Fahrzeugs. Auch die Darstellung von Verzögerungen und deren Begründung sowie die Darstellung der Detektion und Interpretation des Fahrzeugs spielen eine wichtige Rolle für den Aufbau des Vertrauens. Die Ergebnisse bestätigen, dass das Informationskonzept für das vollautomatisierte Fahren eine Verbindung aus Verhaltens- und Situationsbewusstsein des Fahrzeugs darstellen muss (vgl. dazu Diels & Thompson, 2017).

Für die Art der Darbietung der Informationen wird eine konkrete Darstellung mit Kennzahlen der konkreten Darstellung ohne Kennzahlen vorgezogen. Eine schematische Darstellung wird von den Nutzern nicht als sinnvoll erachtet.

6.4.2 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Kritisch betrachtet werden muss in dieser Studie, dass die höhere Geschwindigkeit mit einem neuen Fahrzeugaufbau einhergeht. Durch den Einsatz eines Wizard of Oz-Fahrzeugs können höhere Geschwindigkeiten erreicht und so die externe Validität gesteigert werden. Durch das manuelle Lenken des Wizards kann das Fahren einer exakt gleichen Fahrtrajektorie nicht mehr sichergestellt werden. Um Vergleichbarkeit zu ermöglichen wurden die Parcours sorgfältig vorbereitet und in Trainings wiederholt einstudiert. Abweichungen der Fahrleistungen des Wizards sind dennoch nicht auszuschließen und können mit Einschränkungen der Objektivität einhergehen.

Dadurch, dass der mitfahrende Wizard auf dem Beifahrersitz saß (um den Eindruck eines Fahrers nicht zu verstärken), nahm der Teilnehmende auf dem Fahrersitz Platz und hatte somit alle herkömmlichen Bedienelemente zur Verfügung. Der Fahrersitz wurde zwar weit nach hinten gefahren, sodass das Erreichen der Bedienelemente nicht ohne Zeitverzögerung möglich gewesen wäre, dennoch hatte der Teilnehmende nun eher die Rolle des (überwachenden) Fahrers inne (vgl. Kap. 2.3.2). Auch das könnte das Erleben des Erstkontaktes beeinflussen, denn die Verfügbarkeit herkömmlicher Bedienelemente kann das Eingreifen ins Fahrgeschehen begünstigen (Schaefer et al., 2017). Es ist daher sinnvoll, in weiteren Studien die Sitzposition als zusätzliche abhängige Variable mitzubeachten.

Die Erhebung der Blickbewegung bietet einen Mehrwert als Ergänzung zur subjektiven Datenerhebung. Allerdings lassen sich bei der Erhebung von Blickdaten während Realfahrtstudien Einschränkungen in der Erfassungsgüte von Pupillen und Markern nicht vermeiden. Auch aufgrund des Versuchsablaufes ergeben sich Herausforderungen bei der Erhebung und Auswertung der Blickdaten (z. B. zeitliche Variabilität relevanter Ereignisse, Ablenkungen im Feld, tiefstehende Sonne) die in der Interpretation und Güte beachtet werden müssen.

6.4.3 Ableitung von Anforderungen an ein Anzeigekonzept

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren in höheren Geschwindigkeitsbereichen das Sammeln von Erfahrungen sowie die Veränderung des Erlebens nicht vergleichbar mit denjenigen im Niedergeschwindigkeitsbereich sind. Dabei muss auch das richtige Maß an Informationen und eine adäquate Gestaltung der Informationen beachtet werden.

Folgende Anforderungen sollten im Rahmen dieser Studie an das Anzeigekonzept gestellt werden:

- Ein Informationskonzept hat Potenzial den Erstkontakt, besonders in höheren Geschwindigkeitsbereichen, zu unterstützen.
- Das Anzeigekonzept muss Situations-, Modus- und Verhaltensbewusstsein vermitteln.
- Informationen, die das Anzeigekonzept vermitteln, müssen auf die Komplexität der Situation und des Systems angepasst sein.
- Die Anzeige des nächsten Manövers, die Ableitung von Handlungen, die aus einer Detektion des Fahrzeugs resultieren und Verzögerungen sowie deren Ursachen sollten unbedingt angezeigt werden.
- Das Anzeigekonzept sollte die folgenden Informationen beinhalten: Eigenen Kraftstoffstand, Fahrtroute, eigene Geschwindigkeit, Manöverschau/Blinker, Systemaktivität (ON bzw. OFF), Zeit und Distanz bis zum Ziel, Hinweise zu PoIs.
- Eine konkrete Außendarstellung (mit oder ohne Einbezug von Kennzahlen) ist einer schematischen Darstellung vorzuziehen.

7 Studie R-3: Der Erstkontakt, die Erfahrung und die Sitzbelegung

Im folgenden Abschnitt wird die Studie „Der Erstkontakt, die Erfahrung und die Sitzbelegung“ vorgestellt. Es werden zunächst die Zielsetzung und die abgeleiteten Hypothesen thematisiert (Kap. 7.1) darauf folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens (Kap. 7.2), die Beschreibung (Kap. 7.3) und die Diskussion der Ergebnisse (Kap. 7.4).

7.1 Zielsetzung

Im Rahmen dieser Studie stehen die Veränderungen der Erlebensdimensionen in Abhängigkeit von der Erfahrung der Teilnehmenden und ihrer Sitzbelegung im Vordergrund.

Die Studie verfolgt die folgenden inhaltlichen Zielsetzungen:

- (1) Untersuchung des Erlebens und seine Veränderung während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren.
- (2) Identifikation des Einflusses des Sitzplatzes.
- (3) Identifikation des Einflusses der Erfahrung mit dem System.
- (4) Untersuchung der Blickbewegung während des Erstkontaktes.
- (5) Explorative Betrachtung des Einflusses von Nutzermerkmalen.
- (6) Explorative Betrachtung von Zusammenhängen der Erlebensdimensionen.
- (7) Identifikation der Informationen, die für den Erstkontakt relevant sind.

Im Rahmen dieser Studie werden, wie in den vorangegangenen Studien, drei Fahrten durch einen Parcours durchgeführt und die Erlebensdimensionen nach jeder Fahrt gemessen (1). In dieser Studie wird das Fahrzeug durch eine Fahrerin/Wizard vom Rücksitz aus gesteuert, sodass der Sitzplatz der Probanden systematisch variiert werden kann, denn die Teilnehmenden belegten in den beiden vorausgehenden Studien unterschiedliche Sitzplätze. In Studie R-1 saßen sie auf dem Beifahrersitz und hatten keine Möglichkeit, aktiv in das Fahrgeschehen einzugreifen (sie waren „Beifahrer“). In Studie R-2 belegten sie fahrzeugbedingt den Fahrersitz in einem herkömmlichen Fahrzeuginnenraum, sie hatten somit die Möglichkeit, auf Lenkrad und Pedalerie zuzugreifen, und hätten aktiv ins Fahrgeschehen eingreifen können (sie waren „Fahrer“ bzw. „Überwacher“). Da das Erleben eines Beifahrers ein anderes sein kann, als das eines Fahrers (Pöpping et al., 1992), wird im Rahmen dieser Studie der Einfluss des Sitzplatzes in den Fokus gestellt (2). Es wird nun ein weiterer Faktor mit einbezogen: Die Erfahrung mit dem vollautomatisierten System (3). Um herauszufinden, ob die drei Messfahrten den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren tatsächlich abbilden können und wie sich das Erleben des Systems über die Zeit entwickelt, werden Teilnehmende aus Studie R-2 erneut eingeladen und deren Erleben erhoben. Sie können somit einen Erfahrungsschatz von sechs Fahrten vorweisen, die miteinander verglichen werden können.

Zudem wird in dieser Studie neben dem Blickverhalten und dessen Veränderungen (4) der Einfluss der Fahrerfahrung, des initialen Vertrauens und der Technikaffinität miterfasst und explorativ analysiert (5). Auch die explorative Betrachtung der Variablenzusammenhänge wird mitaufgenommen (6). Für die Entwicklung eines Anzeigeconzeptes werden ergänzend die fahrrelevanten Informationen identifiziert, die für den Teilnehmenden relevant sind und die Zufriedenheit mit dem System fördern können (7).

Zusätzlich wurde ein erster Anzeigeconzeptprototyp entwickelt, dessen erste Bewertung im Anschluss an die Studie im Rahmen einer kurzen Nachbefragung eingeholt wurde.

Die zu prüfenden Hypothesen lauten:

H_0 : Es sind keine Veränderungen zu berichten.

H_1 : Die Erlebenskomponenten verändern sich über die drei Messzeitpunkte.

- Das Vertrauen steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Die wahrgenommene Unheimlichkeit reduziert sich über drei Messzeitpunkte.
- Das Diskomforterleben reduziert sich über drei Messzeitpunkte.
- Die User Experience steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Das Blickverhalten verändert sich über drei Messzeitpunkte.

H_2 : Die Gruppe, die die Fahrten auf dem Fahrersitz erlebt, unterscheidet sich von der Gruppe auf dem Beifahrersitz.

H_3 : Die Gruppe, die bereits Erfahrung mit dem System in der vorhergehenden Studie gesammelt hat, unterscheidet sich von der Gruppe, die keine Erfahrung gesammelt hat.

H_4 : Das Erleben der Experten (Teilnehmende, die bereits an Studie R-2 teilgenommen hatten) unterscheidet sich in dieser Studie (R-3) von ihrem Erleben in der vorangegangenen Studie (R-2).

Explorative Fragestellungen, die ebenfalls betrachtet werden:

Ex_1 : Wie verhalten sich die Blicke während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren?

Ex_2 : Stehen die Erlebenskomponenten miteinander im Zusammenhang?

Ex_3 : Unterscheidet sich das Erleben des Erstkontaktes in Abhängigkeit von individuellen Nutzermerkmalen, wie Fahrerfahrung, Technikaffinität und initialem Vertrauen?

Ex_4 : Welche fahrbezogenen Informationen müssen den Teilnehmenden angezeigt werden?

7.2 Methodisches Vorgehen

Um die oben skizzierten Ziele zu verfolgen, wurde eine Realfahrtstudie konzipiert, die die Wizard of Oz-Methodik nutzt, um vollautomatisiertes Fahren für den Nutzer erlebbar zu machen. Im Folgenden wird das methodische Vorgehen näher erläutert. Es werden Versuchsdesign (Kap. 7.2.1), Datenbasis (Kap. 7.2.2), Versuchsumgebung (Kap. 7.2.3), Versuchsablauf (Kap. 7.2.4) und Datenaufbereitung (Kap. 7.2.5) berichtet. Anschließend wird die gezogene Stichprobe (Kap. 7.2.6) vorgestellt.

7.2.1 Versuchsdesign

In dieser Studie wurde ein Mixed factorial-Versuchsplan verwendet (2x2x3-Design). Der Versuchsplan kann in Tabelle 7-1 eingesehen werden. Als erster Zwischensubjektfaktor wurde die Sitzposition (Fahrer- vs. Beifahrersitz) festgelegt. Der zweite Zwischensubjektfaktor umfasst die Erfahrung mit vollautomatisiertem Fahren. So wurden Teilnehmende, die bereits an der vorangegangenen Studie teilgenommen haben (Experten), und Teilnehmende, die noch keine Berührungspunkte mit vollautomatisiertem Fahren hatten (Novizen), in den Versuchsplan einbezogen.

Der Innersubjektfaktor bestand in der wiederholten Messung nach jeder Fahrt.

Tabelle 7-1 Studiendesign Studie R-3.

| Sitzposition | Automationserfahrung | Absolvierte Fahrt | | |
|---------------|----------------------|-------------------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Fahrsitz | Novizen | $n = 7$ | $n = 7$ | $n = 7$ |
| | Experten | $n = 8$ | $n = 8$ | $n = 8$ |
| Beifahrersitz | Novizen | $n = 8$ | $n = 8$ | $n = 8$ |
| | Experten | $n = 11$ | $n = 11$ | $n = 11$ |

Anmerkung: Experten sind Teilnehmende, die bereits an Studie R-2 teilgenommen haben. Novizen haben zuvor an keiner Studie teilgenommen.

Für die „Experten“ ergab sich zudem ein 2x3-Versuchsdesign mit Messwiederholung, da diese Teilnehmenden sechs Messzeitpunkte durchliefen, die sich auf die zwei Wellen (Studie R-2 und Studie R-3) aufteilen. Der zugrunde liegende Versuchsplan ist in Tabelle 7-2 einsehbar.

Tabelle 7-2 Versuchsplan der Experten mit 2x3 Messzeitpunkten (R-3).

| Studie | Absolvierte Fahrten | | |
|---------|---------------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Welle 1 | $n = 19$ | $n = 19$ | $n = 19$ |
| Welle 2 | $n = 19$ | $n = 19$ | $n = 19$ |

Anmerkung: Welle 1 entspricht MZP 1-3 in Studie R-2; Welle 2 entspricht MZP 1-3 in Studie R-3.

7.2.2 Datenbasis

Die aus Studie R-1 und R-2 verwendete Fragebogenbatterie wurde auch im Rahmen dieser dritten Studie verwendet. So wurden die in Kap. 3.4.1 beschriebenen abhängigen Variablen erhoben. Diese wurden ergänzt durch die Erhebung der Blickbewegungsdaten, die ebenfalls in Kap. 3.4.2 erläutert wurden. Die Operationalisierung der Daten ist in Tabelle 7-3 einsehbar. Im Folgenden wird die Verteilung der Areas of Interest beschrieben.

Ergänzend wurde eine Nachbefragung in das Studienkonzept einbezogen, um an die Versuchsdurchführung die Bewertung eines ersten Konzeptprototypen anzuschließen.

Tabelle 7-3 Abhängige Variablen der Studie R-3.

| Datenbasis | Abhängige Variable | Operationalisierung | verwendet in | |
|------------------|---|---|--------------|-----|
| | | | R-1 | R-2 |
| Subjektive Daten | Vertrauen in automatisierte Systeme | Scale of trust in automated systems (Jian et al., 2000) | × | × |
| | Diskomforterleben | Discomfort in automated driving (Siebert et al., 2013) | × | × |
| | Komforterleben | Subskala Komfort (Arndt, 2011) | | × |
| | Wahrgenommene Unheimlichkeit | Eerinessscale (Ho & MacDorman, 2010) | × | × |
| | User Experience des vollautomatisierten Fahrens | AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003) | × | × |
| | Informationsbedarf | Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) | × | × |
| | Nachbefragung | Diskussion eines prototypischen Anzeigekonzeptes | | |
| Objektive Daten | Blickbewegungsdaten | Blickzuwendungszeit, prozentuale Blickzuwendungszeit, Blickübergangswahrscheinlichkeit, mittlere Fixationsdauer | | × |

Blickbewegungsdaten – Anpassung der Areas of Interest

Da in dieser Studie der Sitzplatz als unabhängige Variable variiert wurde, mussten demzufolge die Areas of Interest angepasst werden (vgl. Abbildung 7-1). Somit wurden für die Teilnehmenden, die auf dem Beifahrersitz saßen, die Areas of Interest auf die rechte Seite der Windschutzscheibe verrückt (gestrichelte Linien). Die Kombination der AoIs wurde nicht verändert.

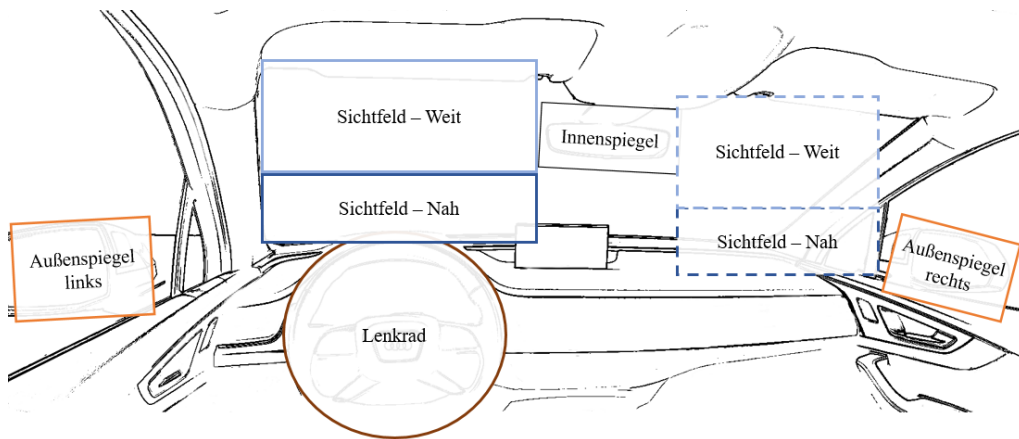


Abbildung 7-1 Darstellung der Areas of Interest in Studie R-3.

Nachbefragung

Zeitlich parallel zu den Studien (R-1 bis R-3) wurde im iterativen Prozess ein Anzeigekonzept entwickelt, das das Ziel hatte, den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren zu unterstützen. Das entwickelte Konzept wird in Kap. 8 ausführlich beschrieben. Eine Variante dieses prototypischen Konzeptes wurde den Teilnehmenden nach der Fahrt auf einem Tablet im Rahmen von Standbildern präsentiert und mit ihnen anhand eines teilstrukturierten Interviews diskutiert. Die Teilnehmenden bewerteten entweder die Umsetzung in einem Stadtszenario ($n = 17$) oder in einem Autobahnszenario ($n = 17$). Dabei wurden die folgenden Fragen behandelt:

- Welche Informationen sind für das jeweilige Szenario am wichtigsten?
- Welche Informationen sind nicht notwendig?
- Welcher Abstraktionsgrad wird bevorzugt?
- Würde eine Anzeige mit Fokus auf die Fahrzeugumgebung oder eine Anzeige mit Fokus auf die Geschwindigkeit bevorzugt werden?

7.2.3 Versuchsumgebung

Diese Studie wurde, ebenso wie Studie R-2, auf dem 2,5 km langen Rundkurs des Test- und Kundenerlebnisgeländes der AUDI AG in Neuburg an der Donau durchgeführt. Der Studienparcours wurde so angepasst, dass nur eine Seite des Rundkurses verwendet werden konnte. Er enthielt weiterhin alle Parcourselemente, die bereits in den vorhergehenden Studien verwendet wurden. Eine Liste der Manöver und Skizzen der Parcours-Varianten ist in Anhang E-1 einsehbar. Exemplarisch ist in Abbildung 7-2 eine Fahrt abgebildet.

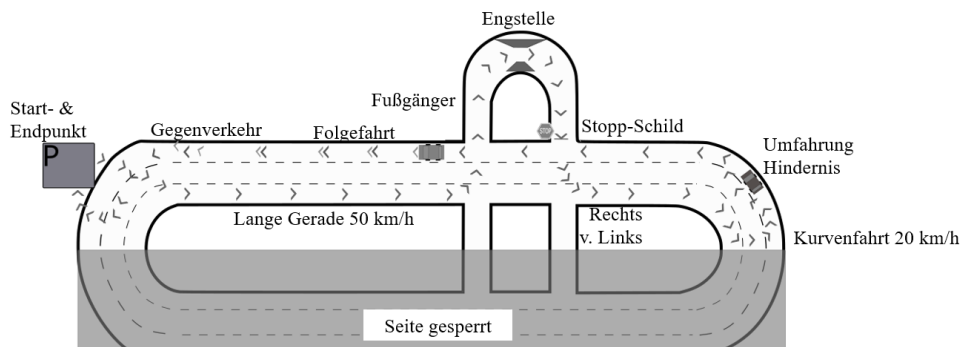


Abbildung 7-2 Variante des Prüfparcours in Studie R-3.

Das Versuchsfahrzeug war der in Studie R-2 verwendete Q7 e-tron. Dieser wurde für die hier vorliegende Studie mit einer Steuerung, die aus zwei 2-Wege-Joysticks bestand, ausgestattet. Diese war frei im Fahrzeug positionierbar. So konnte der Wizard das Fahrzeug vom Rücksitz aus steuern. Dadurch wurde es möglich die Sitzposition der Teilnehmenden zwischen Fahrer- und Beifahrersitz zu variieren. Durch eine Trennwand waren die vordere und hintere Sitzreihe bis auf Schulterhöhe voneinander abgetrennt. Dies ermöglichte der Wizard-Fahrerin die uneingeschränkte Sicht nach außen. Die Teilnehmenden hatten keine Möglichkeit, die Joysticksteuerung zu entdecken. Auch in dieser Studie wurde darauf geachtet, alle Displays abzudecken und die Spiegel so zu verstellen, damit der Nutzer darüber keine fahrbezogenen Informationen beziehen konnte.

7.2.4 Versuchsablauf

Die Versuche fanden zwischen dem 05.11.2018 und dem 16.11.2018 statt. Sie dauerten zwischen 90 und 120 Minuten und wurden von Montag bis Freitag zwischen 8 Uhr und 16:30 Uhr durchgeführt.

Die Versuche liefen wie folgt ab (vgl. Abbildung 7-3). Die Vorbefragung zu soziodemografischen Daten, Fahrverhalten und initialem Vertrauen dauerte ca. 10 min. Danach anschließend wurden die Teilnehmenden am Versuchsfahrzeug instruiert auf dem Fahrer- oder Beifahrersitz („Sitzbelegung“) Platz zu nehmen. Nach Einrichtung des Blickbewegungssystems erhielten sie eine standardisierte Instruktion, die an die technische Instruktion aus Tabelle 5-2 angelehnt wurde. Die „Wizard“-Fahrerin wurde ihnen als Mitarbeiterin für die Überwachung der Datenaufzeichnung vorgestellt. Es folgten drei ca. 10-minütige Versuchsfahrten, die mit der Beantwortung der Fragebogenbatterie zum Erleben der jeweiligen Fahrt abschlossen (insgesamt ca. 45 min).

Nach dem letzten Durchgang beantworteten die Teilnehmenden den Fragebogen zum Informationsbedürfnis. Danach wurde mit ihnen das prototypisch umgesetzte Anzeigekonzept diskutiert (ca. 15 min). Zum Abschluss wurden die Teilnehmenden über den kompletten Versuchsaufbau und die Wizard of Oz-Methodik aufgeklärt.

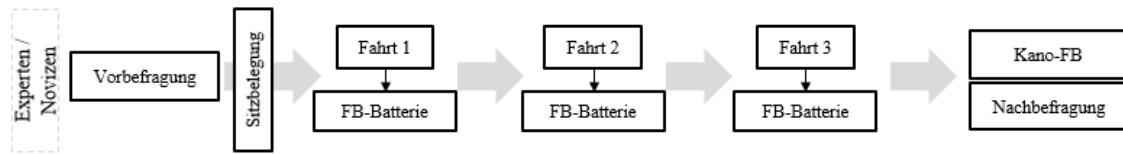


Abbildung 7-3 Schematischer Versuchsablauf in Studie R-3.

7.2.5 Datenaufbereitung und -auswertung

Die erhobenen Fragebogendaten wurden mit Microsoft Excel 2013 aufbereitet und in der Software IBM SPSS Statistics 26 sowie R Studio (Version 1.2.1335) verarbeitet und sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch ausgewertet. Abbildungen und Grafiken wurden mit Excel erstellt. Für die Beschreibung der Datenauswertung von Messwiederholung und Gruppenunterschiede, Mehrebenenanalyse, explorativer Analyse, Analyse der Blickdaten und Auswertung der Informationsbewertung sei an dieser Stelle auf die Ausführungen in Kap. 3.4.3 verwiesen.

Lernfragestellung

Zur Betrachtung der Frage, ob sich das Erleben der vollautomatisierten Fahrt über drei Messzeitpunkte über zwei Erhebungswellen verändert, wurde die Stichprobe der Experten separat einer Split-Plot-Varianzanalyse unterzogen. Dabei wurden die ersten drei Fahrten mit den letzten drei Fahrten auf Unterschiede hin untersucht (Interaktionseffekte). Darüber hinaus interessierte, ob sich die Bewertung von Fahrt 1 zu Fahrt 6 stark unterscheidet und welchen Einfluss die Pause zwischen Messzeitpunkt 3 und 4 (also zwischen Studie R-2 und R-3) hat. Dafür wurden Einzelvergleiche auf Basis von t-Tests durchgeführt. Um die multiple Testmenge zu reduzieren, wurden nur diese beiden Einzelvergleiche betrachtet. Das Signifikanzniveau der Einzelvergleiche wurde nach Bonferroni-Holm angepasst.

Bewertung des Prototyps

Die Antworten auf die in Kap. 7.2.2 aufgeführten Fragen zur Bewertung des Prototyps wurden mittels Nennungshäufigkeiten zusammengefasst und aufgeführt.

7.2.6 Stichprobe

An der Studie nahmen $N = 33$ Personen teil: $n = 14$ Novizen, $n = 19$ Experten. Es nahmen $n = 22$ männliche und $n = 11$ weibliche Teilnehmende teil. Das mittlere Alter betrug 38.12 Jahre ($SD = 15.16$ Jahre). Die Teilnehmenden besaßen ihren Führerschein im Mittel seit 20.59 Jahren ($SD = 14.11$ Jahre). Die Teilnehmenden stufen sich im Mittel technisch affin ein ($M = 3.44$, $SD = 0.60$; Skala 1-5) und zeigten höheres initiales Vertrauen ($M = 5.42$, $SD = 0.94$, Skala 1-7). $N = 29$ erklärten ihre Bereitschaft, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, nur $n = 2$ Teilnehmende würden das vollautomatisierte Fahren nicht nutzen.

Die Rekrutierung der Teilnehmenden wurde durch eine Agentur unterstützt. Die Teilnehmenden erhielten ein Teilnahme-Incentive.

7.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der konfirmatorischen und explorativen Analysen vorgestellt. Zunächst wird auf Ergebnisse der Veränderungsmessungen und zugehörige Gruppenunterschiede der Erlebensdimensionen eingegangen (Kap. 7.3.1). Darauf folgend wird das Blickverhalten während des Erstkontaktes näher betrachtet (Kap. 7.3.2). Im Anschluss werden die explorativen Verfahren und Ergebnisse beschrieben (Kap. 7.3.3), die Ergebnisse der Veränderung über zwei Erhebungswellen hinweg berichtet (Kap. 7.3.4) und schließlich die Informationsbewertung betrachtet (Kap. 7.3.5).

7.3.1 Erleben der vollautomatisierten Fahrt

Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit

Das Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren ist mittelmäßig ausgeprägt ($M_1 = 4.92$; $SE_1 = 0.14$; $M_2 = 5.23$, $SE_2 = 0.13$; $M_3 = 5.26$; $SE_3 = 0.13$; vgl. Abbildung 7-4). Über drei Fahrten steigt das Vertrauen statistisch signifikant an ($p = .028$; vgl. Tabelle 7-4). Die nach Bonferroni-Holm-korrigierten Einzelvergleichen zeigen marginal signifikante Unterschiede zwischen MZP 1 und 2 auf ($p_{1zu2} = .096$) ebenso wie zwischen MZP 1 und 3 ($p_{1zu3} = .093$). Messzeitpunkt 2 und 3 unterscheiden sich hingegen nicht ($p_{2zu3} = .999$).

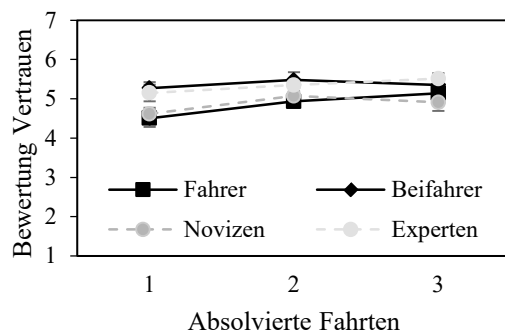


Abbildung 7-4 Bewertung des Vertrauens (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen.

Tabelle 7-4 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-3).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|---------------|--------------------------|----------|--------------|------------|
| Fahrten (F) | 1,66, 48,02 [§] | 4.176 | .028* | .126 |
| Sitzplatz (S) | 1, 29 | 5.885 | .022* | .169 |
| Erfahrung (E) | 1, 29 | 4.947 | .034* | .146 |
| S x E | 1, 29 | 0.002 | .968 | .000 |
| F x S. | 1,66, 48,02 [§] | 1.970 | .157 | .064 |
| F x E | 1,66, 48,02 [§] | 0.870 | .424 | .029 |
| F x S x E | 1,66, 48,02 [§] | 0.110 | .860 | .004 |

Anmerkung: [§] Angepasste Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser.

* $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

In Bezug auf das Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren unterscheiden sich auch die Gruppen voneinander. So vertrauen die Teilnehmenden auf dem Fahrersitz dem Fahrzeug weniger als die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz ($M_{\text{Fahrersitz}} = 4.85$, $SE = 0.14$; $M_{\text{Beifahrersitz}} = 5.32$, $SE = 0.13$). Auch Novizen und Experten unterscheiden sich in Bezug auf ihr Vertrauen. Teilnehmende, die bereits Erfahrung mit dem System sammeln konnten, ver-

trauen dem System eher als Novizen ($M_{Novizen} = 4.87$, $SE = 0.15$; $M_{Experten} = 5.30$, $SE = 0.13$).

Hinsichtlich der wahrgenommenen Unheimlichkeit zeigen die Ergebnisse, dass das Fahren insgesamt als mäßig unheimlich wahrgenommen wird ($M_1 = 3.36$; $SE_1 = 0.09$; $M_2 = 3.22$, $SE_2 = 0.11$; $M_3 = 3.16$; $SE_3 = 0.11$; vgl. Abbildung 7-5). Die wahrgenommene Unheimlichkeit verändert sich in Abhängigkeit von der Erfahrung marginal signifikant ($p = .070$; vgl. Tabelle 7-5). Dabei zeigt sich, dass die wiederkehrenden Fahrten mit der Erfahrung semidisordinal interagieren ($p = .025$). Die wahrgenommene Unheimlichkeit sinkt bei erfahrenen Teilnehmenden deutlich ab, während bei Novizen keine Veränderung nach drei Fahrten aufgezeigt werden kann. Nach der letzten Fahrt unterscheiden sich die Erfahrenen somit deutlich von den Unerfahrenen ($M_{Novizen;t3} = 3.53$; $SE = 0.16$; $M_{Experten;t3} = 2.88$; $SE = 0.14$; $p = .012$).

Für die wahrgenommene Unheimlichkeit macht es keinen statistisch eindeutigen Unterschied, ob die Teilnehmenden auf dem Fahrersitz- oder dem Beifahrersitz saßen ($M_{Fahrersitz} = 3.40$, $SE = 0.13$; $M_{Beifahrersitz} = 3.16$, $SE = 0.13$).

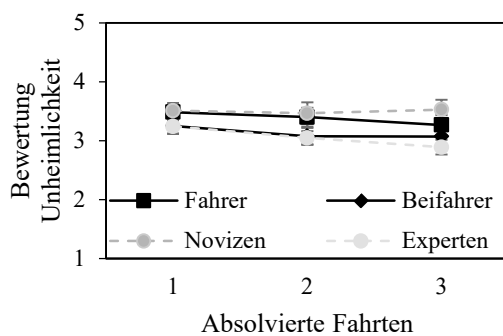


Abbildung 7-5 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen.

Tabelle 7-5 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-3).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|---------------|-----------|----------|-------------------|------------|
| Fahrten (F) | 2, 56 | 2.792 | .070 ^m | .091 |
| Sitzplatz (S) | 1, 28 | 1.770 | .194 | .059 |
| Erfahrung (E) | 1, 28 | 5.615 | .025* | .167 |
| S x E | 1, 28 | 0.981 | .331 | .034 |
| F x S. | 2, 56 | 0.416 | .662 | .015 |
| F x E | 2, 56 | 3.382 | .041* | .108 |
| F x S x E | 2, 56 | 0.269 | .765 | .010 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Um die gefundenen Ergebnisse zu verifizieren, wurden die Daten zusätzlich einer Mehrebenenanalyse unterzogen (vgl. Anhang E-2). Auch hier zeigt sich für Vertrauen, dass sich das Modell₁ vom Modell₀ unterscheidet ($BIC_{\Delta;Fahrten} = 1.21$) und dass sowohl Sitzplatz ($BIC_{\Delta;Sitzplatz} = 1.51$) als auch Fahrerfahrung ($BIC_{\Delta;Erfahrung} = 0.53$) einen Einfluss auf die Vertrauensbewertung haben. Eine Reduktion des BIC der Interaktionsmodelle von Fahrt und Sitzplatz kann durch die Betrachtung des BIC_Δ-Wertes nicht bestätigt werden.

Für die wahrgenommene Unheimlichkeit kann ein reduzierter BIC-Wert für die Veränderung über drei Fahrten berichtet werden (der Faktor Fahrten ist in der varianzanalytischen Betrachtung nur marginal signifikant; $BIC_{\Delta;Fahrten} = 2.06$). Auch das Erfahrungsmodell

(Modell₃) unterscheidet sich vom Nullmodell ($BIC_{\Delta;Erfahrung} = 1.29$), ebenso wie die Interaktion beider unabhängiger Variablen ($BIC_{\Delta;Fahrten \times Erfahrung} = 2.08$).

Diskomfort und Komfort

Das Diskomforterleben liegt im niedrigen Bereich ($M_1 = 2.14$; $SE_1 = 0.10$; $M_2 = 2.03$, $SE_2 = 0.08$; $M_3 = 1.89$; $SE_3 = 0.08$; vgl. Abbildung 7-6) und sinkt über drei Fahrten deutlich ab ($p = .011$, vgl. Tabelle 7-6). Dabei findet die Reduktion insbesondere nach dem zweiten Messzeitpunkt statt ($p_{MZP1zu3} = .015$; $p_{MZP2zu3} = .016$). Eine marginal signifikante ordinale-Wechselwirkung zwischen dem Messzeitpunkt und der Sitzbelegung deutet darauf hin, dass die Teilnehmenden auf dem Fahrersitz nach der ersten Fahrt mehr Diskomfort erleben als die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz ($M_{1; Fahrersitz} = 2.33$, $SE = 0.17$; $M_{1; Beifahrersitz} = 1.98$, $SE = 0.10$, $p = .077$). Die Bewertungen gleichen sich allerdings über drei Fahrten hinweg an.

Novizen und Experten unterscheiden sich hinsichtlich ihres Diskomforterleben nicht voneinander ($M_{Novizen} = 2.10$, $SE = 0.12$; $M_{Experten} = 1.98$, $SE = 0.10$).

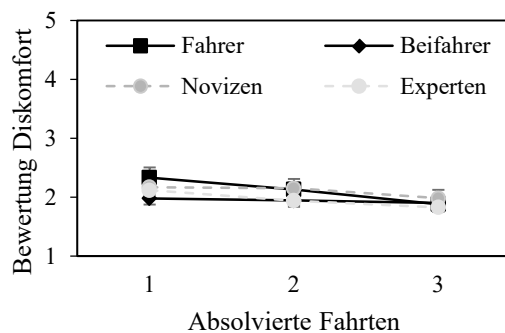


Abbildung 7-6 Bewertung des Diskomfort (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen.

Tabelle 7-6 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-3).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|---------------|-----------------------------|----------|-------------------|------------|
| Fahrten (F) | 1, 50 43.53 ^g | 5.820 | .011* | .167 |
| Sitzplatz (S) | 1, 29 | 1.081 | .307 | .036 |
| Erfahrung (E) | 1, 29 | 0.647 | .428 | .022 |
| S x E | 1, 29 | 0.111 | .741 | .004 |
| F x S. | 1, 50 43.53 ^g | 3.094 | .069 ^m | .096 |
| F x E | 1, 50 43.53 ^g | 0.458 | .780 | .431 |
| F x S x E | 1, 50 43.53 ^g | 0.212 | .746 | .007 |

Anmerkung: ^g Angepasste Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser.

* $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Das *Komforterleben* der Teilnehmenden ist insgesamt hoch ausgeprägt ($M_1 = 4.01$; $SE_1 = 0.13$; $M_2 = 4.22$, $SE_2 = 0.12$; $M_3 = 4.18$; $SE_3 = 0.11$; vgl. Abbildung). Es steigt über drei Fahrten marginal an ($p = .051$; vgl. Tabelle 7-7). Der marginale Anstieg findet zwischen Fahrt 1 und 2 statt ($p_{MZP1zu2} = .088$). Dabei macht es weder einen Unterschied, auf welchem Platz die Teilnehmenden während der drei Fahrten sitzen ($M_{Fahrersitz} = 3.96$, $SE = 0.23$; $M_{Beifahrersitz} = 4.26$, $SE = 0.23$), noch wie viel Erfahrung sie mit dem System haben ($M_{Novizen} = 4.02$, $SE = 0.17$; $M_{Experten} = 4.20$, $SE = 0.15$).

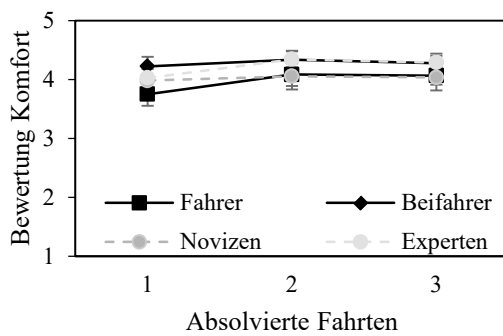


Abbildung 7-7 Bewertung des Komforts (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen.

Tabelle 7-7 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort (R-3).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|---------------|-----------------------------|----------|-------------------|------------|
| Fahrten (F) | 1, 61 46.75 ^g | 3.403 | .051 ^m | .105 |
| Sitzplatz (S) | 1, 29 | 1.786 | .192 | .058 |
| Erfahrung (E) | 1, 29 | 0.592 | .448 | .020 |
| S x E | 1, 29 | 0.052 | .821 | .002 |
| F x S. | 1, 61 46.75 ^g | 1.097 | .331 | .036 |
| F x E | 1, 61 46.75 ^g | 1.558 | .223 | .051 |
| F x S x E | 1, 61 46.75 ^g | 1.656 | .205 | .054 |

Anmerkung: ^g Angepasste Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser.

* $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse bestätigen die berichteten Ergebnisse (vgl. Anhang E-2). Im Vergleich des Null-Modells mit dem Modell, dass die drei Fahrten einbezieht reduziert sich der BIC um 5.58. Ein marginal signifikanter Anstieg im Komforterleben kann durch das Bayes-Informationskriterium nicht bestätigt werden ($BIC_{\Delta; Fahrten} = -0.81$).

User Experience: Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität

Die Attraktivität der drei vollautomatisierten Fahrten wird insgesamt recht hoch bewertet ($M_1 = 5.78$; $SE_1 = 0.19$; $M_2 = 5.97$, $SE_2 = 0.16$; $M_3 = 5.98$; $SE_3 = 0.15$;). Über drei Fahrten verändert sich diese Bewertung nicht eindeutig ($p = .132$; vgl. Tabelle 7-8). Allerdings wird die erste Fahrt, auf dem Beifahrersitz als attraktiver bewertet, als auf dem Fahrersitz ($M_{1; Fahrersitz} = 5.37$, $SE = 0.34$; $M_{1; Beifahrersitz} = 6.15$, $SE = 0.17$; $p = .042$). Über drei Fahrten gleicht sich diese Bewertung an, sodass sich die Gruppen nicht mehr voneinander unterscheiden ($p = .762$; vgl. Abbildung 7-8). Die Novizen bewerten das Fahren auf dem Beifahrersitz marginal signifikant als attraktiver als auf dem Fahrersitz ($M_{Novizen; Fahrer} = 5.12$, $SE = 0.31$; $M_{Novizen; Beifahrer} = 6.31$, $SE = 0.31$; $p = .054$). Experten unterscheiden sich in ihrer Attraktivitätsbewertung nicht zwischen Fahrer- und Beifahrersitz ($M_{Experten; Fahrer} = 6.21$, $SE = 0.29$; $M_{Experten; Beifahrer} = 5.95$, $SE = 0.26$; $p = .364$).

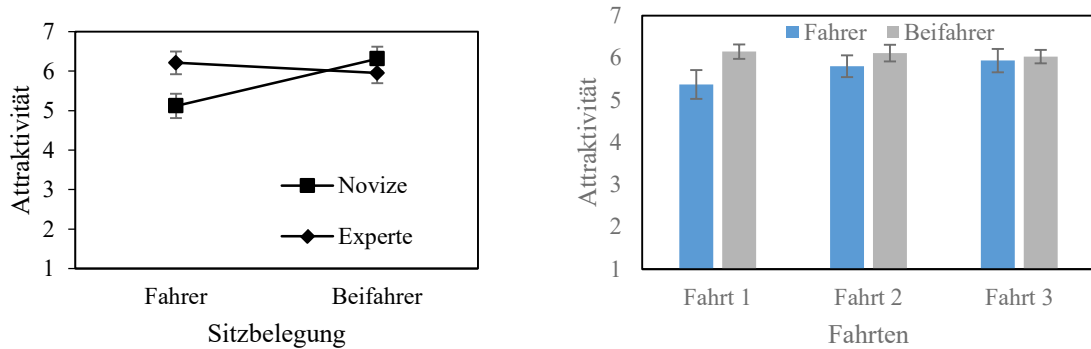


Abbildung 7-8 Bewertung der Attraktivität (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler für die Wechselwirkung Sitzbelegung x Erfahrung (links) und Sitzbelegung x Fahrten (rechts).

Die hedonische Qualität liegt ebenfalls im höheren Bereich ($M_1 = 5.17$; $SE_1 = 0.21$; $M_2 = 5.33$, $SE_2 = 0.18$; $M_3 = 5.27$; $SE_3 = 0.17$; vgl. Tabelle 7-8 und Abbildung 7-9). Sie verändert sich aber weder über die Zeit statistisch relevant, noch unterscheiden sich die Bewertungen zwischen den Sitzbelegungs-Gruppen ($M_{\text{Fahrersitz}} = 5.05$, $SE = 0.26$; $M_{\text{Beifahrersitz}} = 5.44$, $SE = 0.25$) oder Erfahrung mit dem System ($M_{\text{Novizen}} = 5.11$, $SE = 0.27$; $M_{\text{Experten}} = 5.39$, $SE = 0.24$).

Tabelle 7-8 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience (R-3).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Qualität | | | | Pragmatische Qualität | | | |
|--------------|-----------------------------|----------|--------------|------------|---------------------|-----------|-------------------|------------|-----------------------|----------|----------|------------|
| | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
| F | 1,62, 45.30 ^g | 2,198 | .132 | .073 | 2, 56 | 0,85 4 | .431 | .030 | 2, 56 | 3,202 | .048* | .103 |
| S | 1,28 | 2,583 | .119 | .084 | 1, 28 | 1,18 6 | .285 | .041 | 1, 28 | 1,358 | .254 | .046 |
| E | 1,28 | 1,583 | .219 | .054 | 1, 28 | 0,62 1 | .437 | .022 | 1, 28 | 0,259 | .615 | .009 |
| S x E | 1,28 | 6,240 | .019* | .182 | 1, 28 | 2,96 3 | .096 ^m | .096 | 1, 28 | 0,311 | .581 | .011 |
| F x S | 1,62, 45.30 ^g | 5,262 | .013* | .158 | 2, 56 | 0,23 4 | .792 | .008 | 2, 56 | 1,209 | .306 | .041 |
| F x E | 1,62, 45.30 ^g | 0,915 | .389 | .032 | 2, 56 | 1,96 0 | .150 | .065 | 2, 56 | 1,044 | .359 | .036 |
| F x S x E | 1,62, 45.30 ^g | 1,140 | .319 | .039 | 2, 56 | 0,03 6 | .965 | .001 | 2, 56 | 1,276 | .287 | .044 |

Anmerkung: ^g Angepasste Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser.

* $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Auch die pragmatische Qualität ist insgesamt eher hoch ausgeprägt ($M_1 = 5.28$; $SE_1 = 0.14$; $M_2 = 5.55$, $SE_2 = 0.15$; $M_3 = 5.53$; $SE_3 = 0.14$; vgl. Tabelle 7-8 und Abbildung 7-9), über drei Messzeitpunkte steigt sie statistisch signifikant an ($p = .048$). Diese Veränderungen werden von Messzeitpunkt 1 zu 3 statistisch relevant ($p_{1zu3} = .038$;). Zwischen den Sitzbe-

legungsgruppen ($M_{\text{Fahrersitz}} = 5.27, SE = 0.20$; $M_{\text{Beifahrersitz}} = 5.59, SE = 0.19$) und den Erfahrungsgruppen sind keine Unterschiede zu berichten ($M_{\text{Novizen}} = 5.36, SE = 0.21$; $M_{\text{Experten}} = 5.50, SE = 0.18$).

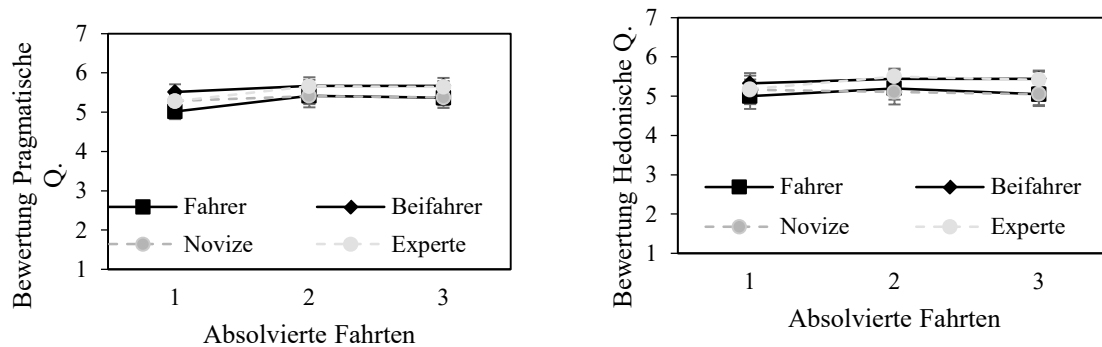


Abbildung 7-9 Bewertung der pragmatischen (links) und hedonischen Qualität (rechts; R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen.

Hinsichtlich der User Experience werden die oben berichteten Ergebnisse durch die Mehrebenenanalyse bestätigt (vgl. Anhang E-2). Es zeigt sich hinsichtlich der Attraktivität mit vollautomatisiertem Fahren, dass das Modell mit Einbezug der Interaktion von Fahrten und Sitzplatz besser fittet als das Modell ohne Einbezug der Interaktion ($BIC_{\Delta}; \text{Fahrten} \times \text{Sitzplatz} = 4.52$). Auch die Interaktion zwischen Sitzplatz und Erfahrung kann sowohl durch den Vergleich der Modelle das BIC bestätigt werden ($BIC_{\Delta}; \text{Sitzplatz} \times \text{Erfahrung} = 2.10$).

Bezüglich der hedonischen Qualität gibt es auch in der Mehrebenenanalyse keine Unterschiede, weder zwischen den Gruppen noch über die Fahrten hinweg, zu berichten.

Die verbesserte Bewertung der pragmatischen Qualität über die Fahrten hinweg kann auch auf Basis der Mehrebenenanalyse bestätigt werden und ergibt eine leichte Verbesserung des BIC ($BIC_{\Delta} = 0.12$).

Fazit

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich Vertrauen, Diskomfort und pragmatische Qualität über drei Messzeitpunkte signifikant verändern, die H_0 kann somit für Vertrauen, Diskomfort und pragmatische Qualität verworfen werden. Für wahrgenommene Unheimlichkeit, Komfort, Attraktivität und hedonische Qualität können keine signifikanten Ergebnisse aufgezeigt werden. Die H_0 wird hier somit beibehalten.

Hinsichtlich der Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz zeigen sich sowohl für Vertrauen als auch für Attraktivität Unterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz. Bezüglich dieser beiden Variablen kann die H_0 verworfen werden.

In Bezug auf die Erfahrung mit dem System kann die H_0 für die Variablen Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit verworfen werden. Für die anderen Variablen wird sie jedoch beibehalten.

7.3.2 Betrachtung des Blickverhaltens

Auch in dieser Studie wird als objektives Maß die Blickerfassung mit einbezogen, um das Blickverhalten beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren besser beschreiben zu können (die Werte aufgeteilt nach Sitzbelegung sind in Tabelle 7-9 abgetragen). Die meisten Anteile der Blicke entfallen auf die Straße und das frontale Sichtfeld. Dabei wird zu 40.54 % ($SD = 22.90$) der Fälle auf das nahe Sichtfeld und die Straße geblickt. Weitere 14.09 % ($SD = 19.80$) entfallen auf das weitere Sichtfeld. Das Lenkrad wird insgesamt in 3.18 % ($SD = 3.87$) der Fälle beachtet. Auch in den Rückspiegel wird in 2.77 % ($SD = 6.24$) geschaut. Zu den Außenspiegeln wird insgesamt nur zu ca. 1 % der Zeit geblickt (linker Außenspiegel $M = 1.08$ %, $SD = 1.18$; rechter Außenspiegel 0.89 %, $SD = 0.88$).

Tabelle 7-9 Gesamtblickdauer und Attention Ratio je AoI in Studie R-3.

| Areas of Interest | Total glance time (s) | | Attention Ratio (%) | |
|-------------------|-----------------------|----------------|---------------------|---------------|
| | Beifahrersitz | Fahrersitz | Beifahrersitz | Fahrersitz |
| | $M (SD)$ | $M (SD)$ | $M (SD)$ | $M (SD)$ |
| Sichtfeld - Nah | 127.73 (88.03) | 122.21 (66.37) | 39.87 (26.07) | 41.00 (20.77) |
| Sichtfeld - Weit | 35.74 (52.31) | 50.12 (72.22) | 11.29 (15.58) | 16.03 (22.25) |
| Lenkrad | 16.28 (34.22) | 11.89 (17.00) | 1.58 (1.46) | 4.00 (6.28) |
| Spiegel Links | 0.95 (1.05) | 3.89 (3.67) | 0.33 (0.43) | 1.31 (1.24) |
| Spiegel Rechts | 2.87 (2.21) | 2.37 (3.20) | 0.96 (0.81) | 0.78 (1.55) |
| Innenspiegel | 4.68 (4.30) | 4.36 (4.86) | 4.59 (9.17) | 1.41 (1.01) |

In Abbildung 7-10 sind darüber hinaus die mittleren Fixationsdauern nach Sitzbelegung aufgeteilt dargestellt. Dabei fällt auf, dass die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz deutlich kürzer den Innenspiegel ($t = -2.231$, $p = .038$) und den linken Außenspiegel ($t = -2.246$, $p = .041$) fixieren, als die Teilnehmenden auf dem Fahrersitz. Zudem wird auf dem Beifahrersitz das weite Sichtfeld marginal kürzer fixiert ($t = -2.007$, $p = .058$).

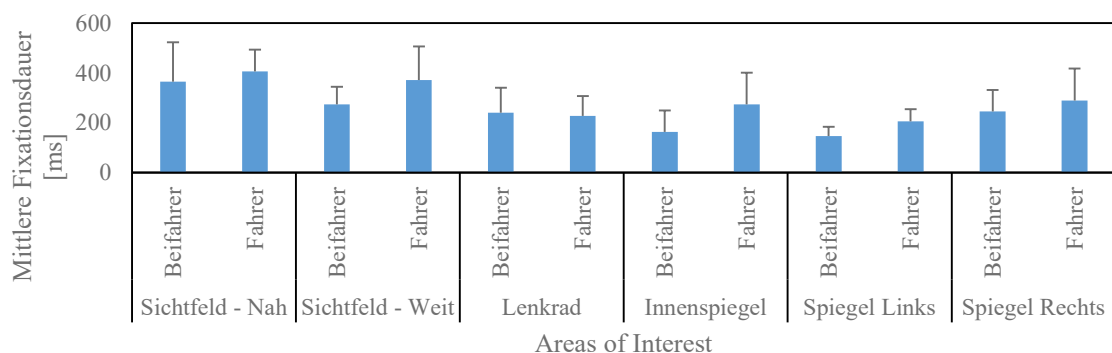


Abbildung 7-10 Darstellung der mittleren Fixationsdauer für die jeweiligen AoIs (R-3). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler aufgeteilt nach der Sitzposition des Teilnehmenden.

Die Blickübergangswahrscheinlichkeiten (vgl. Abbildung 7-11) zeigen, dass die meisten Blicke zwischen nahem und weitem Sichtfeld stattfinden (48.42 %). Auch zwischen nahem

Sichtfeld und relevanten fahrbezogenen Elementen, wie Lenkrad (18.10 %), Außen- (9.59 %) und Rückspiegel (7.68 %) finden Blickwechsel statt.

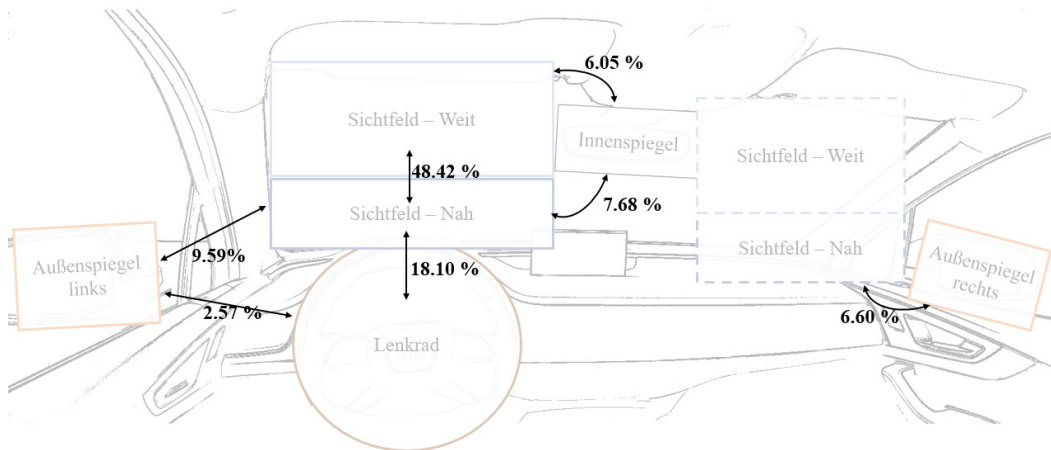


Abbildung 7-11 Blickübergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Areas of Interest (AoIs) gemittelt über drei Fahrten in Studie R-3.

Um herauszufinden, ob, vergleichbar zu Studie R-2, Trends zur Abnahme der Blicke in bestimmte Areas of Interest zu erkennen sind, wurde die Attention Ratio und die mittlere Fixationsdauer für das nahe und weite Sichtfeld sowie das Lenkrad einer Varianzanalyse mit Messwiederholung unterzogen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7-12 einsehbar.

Das *nahe Sichtfeld* wird in allen drei Fahrten anteilig gleich häufig beachtet ($F(2,42) = 0.314$, $p = .732$, $\eta_p^2 = .015$). Fixationsdauer verändert sich nicht ($F(2,42) = 1.473$, $p = .241$, $\eta_p^2 = .066$).

Das *weite Sichtfeld* wird über alle drei Fahrten hinweg prozentual relativ gleich häufig beachtet ($F(2,42) = 0.355$, $p = .703$, $\eta_p^2 = .017$). Über die Zeit erhöht sich die Fixationsdauer ($F(2,42) = 5.186$, $p = .010$, $\eta_p^2 = .198$).

Die Betrachtung des *Lenkrades* nimmt über die Zeit augenscheinlich, aber nicht statistisch relevant, ab ($F(2,28) = 1.157$, $p = .329$, $\eta_p^2 = .076$). Die Fixationsdauer verändern sich nicht eindeutig ($F(2,28) = 0.107$, $p = .899$, $\eta_p^2 = .008$).

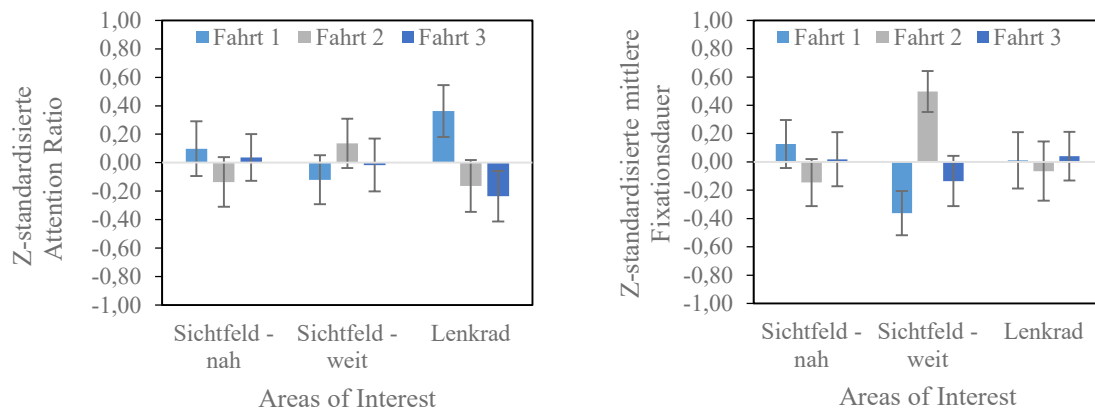


Abbildung 7-12 Darstellung der mittleren Attention Ratio (links) und Fixationsdauer (rechts) in Studie R-3. Abgebildet sind z-standardisierte Mittelwerte und Standardfehler über drei Fahrten und Areas of Interest.

Hinsichtlich der Veränderungen bei Zunahme der Anzahl an absolvierten Fahrten muss die Null-Hypothese H_0 in diesem Fall beibehalten werden.

7.3.3 Explorative Betrachtung der Ergebnisse

Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen

Um Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen aufzudecken und damit zu verstehen, welche Faktoren für das Erleben des Erstkontaktes relevant sind, werden die abhängigen Variablen sowohl im Inner- als auch im Zwischensubjektfaktor miteinander korreliert (vgl. Tabelle 7-10). Auf der Innersubjektebene (unterhalb der Diagonale) steht das Komforterleben in starkem negativem Zusammenhang mit dem Diskomforterleben ($r^2 = .203$). Das bedeutet, je mehr Diskomfort erlebt wird, umso weniger Komfort wird erlebt. Auch zwischen Vertrauen und Diskomfort besteht ein negativer Zusammenhang ($r^2 = .189$) sowie zwischen Unheimlichkeit und Attraktivität ($r^2 = .211$). Somit erleben Teilnehmende bei hohem Vertrauen weniger Diskomfort und bewerten das Fahren als attraktiver, wenn sie weniger Unheimlichkeit erleben und umgekehrt.

Komfort und Attraktivität stehen hingegen in einem positiven Zusammenhang ($r^2 = .176$), wird hoher Komfort während der Fahrt empfunden, wird die Fahrt auch als attraktiver bewertet.

Auf der Zwischensubjektebene (oberhalb der Diagonale) sind Zusammenhänge zwischen Diskomfort, Vertrauen, Komfort, und Unheimlichkeit zu finden ($r^2 > .163$). Auch Attraktivität und pragmatische Qualität stehen in deutlichem Zusammenhang mit den anderen abhängigen Variablen ($r^2 > .134$). Die hedonische Qualität hingegen korreliert lediglich mit Attraktivität statistisch signifikant ($r^2 = .545$).

Tabelle 7-10 Pearson-Korrelationen für die Erlebensdimensionen in Studie R-3.

| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>ICC</i> | V | Dis | Ko | Un | HQ | PQ | ATT |
|-----|----------|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| V | 5.14 | 0.78 | 0.46 | 1 | -.668** | .518** | -.464** | .278 | .449** | .372* |
| Dis | 2.02 | 0.5 | 0.58 | -.435** | 1 | -.815** | .404* | -.276 | -.560** | -.358* |
| Ko | 3.93 | 0.85 | 0.82 | .365** | -.450** | 1 | -.431* | .288 | .456** | .418* |
| Un | 3.25 | 0.6 | 0.74 | -.251* | .150 | -.293* | 1 | -.213 | -.554** | -.573** |
| HQ | 5.26 | 1.05 | 0.84 | -.197 | .013 | .005 | -.143 | 1 | .272 | .738** |
| PQ | 5.46 | 0.83 | 0.70 | .145 | -.277** | .314** | -.222* | .334** | 1 | .419* |
| ATT | 5.91 | 0.96 | 0.75 | .360** | -.038 | .419** | -.459** | .302* | .334** | 1 |

Anmerkung: Korrelationen oberhalb der Diagonale zeigen Zwischen-Subjekt-Korrelationen. Korrelationen unterhalb der Diagonale zeigen die Innersubjekt-Korrelationen an.

** $p < .01$, * $p < .05$.

Extremgruppenanalyse

Auch in dieser Studie wurden Extremgruppen gebildet und deren Ausprägung der Erlebensdimensionen betrachtet. Da nur $n = 2$ Teilnehmende äußerten, vollautomatisiertes Fahren nicht nutzen zu wollen, wird die Nutzungsbereitschaft in dieser Studie nicht als Extremgruppenvariable herangezogen. Die Konfidenzintervalle der Differenzwerte beider Gruppenmittelwerte von Vertrauen und wahrgenommener Unheimlichkeit sind in Tabelle 7-11 aufgeführt. Signifikante Unterschiede sind daran zu erkennen, dass sie die Nulllinie nicht schneiden.

In dieser Studie unterscheiden sich Teilnehmende mit viel Fahrerfahrung nicht von Teilnehmenden mit wenig Fahrerfahrung ($M_{Diff;Vertrauen} = -0.18$; $M_{Diff;Unheimlichkeit} = 0.20$). Die Teilnehmenden, die schon vor der Fahrt hohes initiales Vertrauen in das vollautomatisierte Fahren angegeben haben, vertrauen dem System stärker ($M_{Diff} = -0.86$) und nehmen die Fahrten als weniger unheimlich wahr ($M_{Diff} = 0.79$). Die Teilnehmenden, die zuvor niedriges initiales Vertrauen angaben, vertrauen deutlich weniger und empfinden die Fahrten als unheimlicher. Ein ähnlicher Trend, aber weniger deutlich, zeichnet sich auch für die Technikaffinität ab. Technikaffine Teilnehmende vertrauen dem System nicht eindeutig stärker, erleben es aber als weniger unheimlich ($M_{Diff} = -0.67$) als die Teilnehmenden, die technikferner sind.

Tabelle 7-11 Ergebnisse der Extremgruppenanalyse in Studie R-3.

| Extremgruppe | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|------------------------------|-----------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| | <i>n</i> | <i>M (SD)</i> | M_{Diff} | 95 % KI | <i>n</i> | <i>M (SD)</i> | M_{Diff} | 95 % KI |
| Q ₂₅ FE | 8 | 5.39 (0.47) | | | 8 | 3.26 (0.58) | | |
| Q ₇₅ FE | 8 | 5.21 (0.52) | 0.18 | [-0.36, 0.7] | 8 | 3.46 (0.57) | -0.20 | [-0.82, 0.42] |
| Q ₂₅ Initiales V. | 8 | 4.63 (0.6) | | | 8 | 3.66 (0.47) | | |
| Q ₇₅ Initiales V. | 8 | 5.49 (0.63) | -0.86 | [-1.52, -0.20] | 7 | 2.87 (0.57) | 0.79 | [0.21, 1.37] |
| Q ₂₅ TA | 8 | 4.77 (0.58) | | | 8 | 3.71 (0.58) | | |
| Q ₇₅ TA | 8 | 5.34 (0.73) | -0.57 | [-1.28, 0.14] | 7 | 3.04 (0.5) | 0.67 | [0.06, 1.28] |

Anmerkung: FE: Fahrerfahrung; Initiales V: Initiales Vertrauen; TA: Technikaffinität.

Q₂₅ entspricht dem unteren Quartil; Q₇₅ entspricht dem oberen Quartil.

Bei **Fett**-gedruckten Werten schneidet das KI die 0-Linie nicht.

7.3.4 Lerneffekte

Ziel dieser Studie war es zudem, herauszufinden, wie sich das Erleben der vollautomatisierten Fahrt über mehr als drei Fahrten hinaus verändert. Dafür wurden die Teilnehmenden aus Studie R-2 auch in Studie R-3 eingeladen und ihre Bewertungen des vollautomatisierten Fahrens einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung unterzogen. Von besonderem Interesse ist, ob sich die Bewertung über die sechs Fahrten hinweg eindeutig erhöht bzw. verringert. Daher werden in Einzelvergleichen insbesondere die Unterschiede der Bewertung von Fahrt 1 zu Fahrt 6 betrachtet. Zudem soll herausgefunden werden, ob die Pause zum Vergessen der Erfahrung beiträgt (Messzeitpunkt 3 und 4). Es wer-

den daher nur diese beiden Einzelvergleiche (Messzeitpunkt 1 zu 6 und Messzeitpunkt 3 zu 4) betrachtet, um die multiple Testmenge zu reduzieren. Das Signifikanzniveau der Einzelvergleiche wird nach Bonferroni-Holm angepasst. Darüber hinaus interessiert, ob sich die Bewertungen der ersten drei Fahrten (Welle 1) und der zweiten drei Fahrten (Welle 2) in ihrer Richtung unterscheiden (Interaktionseffekte).

Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit

Das *Vertrauen* wächst wie bereits in Studie R-2 und R-3 (vgl. Kap. 6.3.1 und Kap. 7.3.1) gezeigt wurde, über drei Messzeitpunkte an (vgl. Abbildung 7-13). Der Haupteffekt für den Messzeitpunkt wird daher auch hier signifikant ($p = .008$; vgl. Tabelle 7-12). Allerdings unterscheidet sich das Vertrauen in Welle 1 ($M_{Welle\ 1} = 5.34$, $SE = 0.16$) nicht von dem Vertrauen in Welle 2 ($M_{Welle\ 2} = 5.36$, $SE = .13$). Dies zeigt sich auch in einem marginal signifikanten Unterschied zwischen Messzeitpunkt 1 und 6 ($M_{t1} = 5.13$ $SE = 0.17$; $M_{t6} = 5.54$ $SE = 0.14$; $p = .076$). Messzeitpunkt 3 und 4 unterscheiden sich mit einer mittleren Differenz von $M_{Diff} = -0.375$ signifikant voneinander ($M_{t3} = 5.53$ $SE = 0.16$; $M_{t4} = 5.15$ $SE = 0.22$; $p = .045$). Die Vertrauensentwicklung in Welle 2 hat also auf einem niedrigeren Level begonnen, als nach Welle 1 erreicht wurde. Die Teilnehmenden erleben die Fahrt somit nach der Pause als weniger vertrauenserweckend als zuvor.

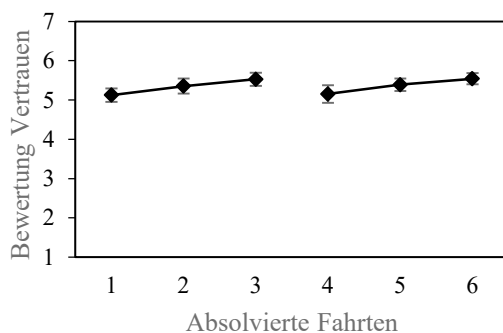


Abbildung 7-13 Bewertung des Vertrauens durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Tabelle 7-12 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen der Experten.

| Faktor | df | F | p | η_p^2 |
|---------------|-------|-------|--------------|------------|
| Fahrt | 2,34 | 5.630 | .008* | .249 |
| Welle | 1, 17 | 0.043 | .838 | .003 |
| Fahrt x Welle | 2, 34 | 0.004 | .996 | .000 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{1zu6} = .076^m$; $p_{Pause} = .045^*$.

Die *wahrgenommene Unheimlichkeit* reduziert sich ebenfalls über drei Messzeitpunkte, wie es die Ergebnisse aus Studie R-2 und R-3 bereits zeigten (vgl. Abbildung 7-14). Dies kann durch den signifikanten Haupteffekt für die Fahrten bestätigt werden ($p = .004$; vgl. Tabelle 7-13). Der Blick auf den Einzelvergleich zwischen Fahrt 1 und 6 zeigt eine signifikante Abnahme der Unheimlichkeit von t_1 zu t_6 ($M_{t1} = 3.34$, $SE = 0.15$; $M_{t6} = 2.87$, $SE = 0.13$; $p = .042$). Die Pause zwischen t_3 und t_4 führte zu keinen Veränderungen im Erleben der Unheimlichkeit ($M_{t3} = 3.23$, $SE = 0.12$; $M_{t4} = 3.08$, $SE = 0.14$; $p = .790$). Die Teilnehmenden erlebten das Fahren nach der Pause als ebenso unheimlich wie zuvor.

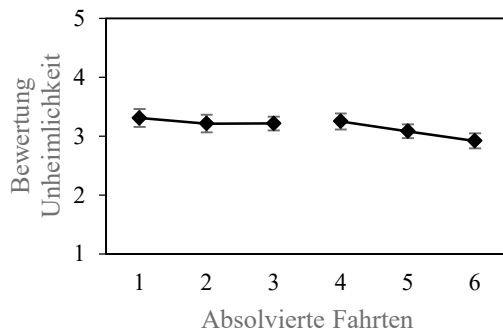


Abbildung 7-14 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Diskomfort und Komfort

Diskomfort reduziert sich im Rahmen beider Studien ($p = .025$; vgl. Abbildung 7-15 und Tabelle 7-14). Zwischen t_1 und t_6 ist allerdings kein deutlicher Unterschied zu erkennen ($M_{t_1} = 2.05$, $SE = 0.11$; $M_{t_6} = 1.82$, $SE = 0.08$; $p = .109$). Die Betrachtung des Diskomforterleben nach der dritten und vierten Fahrt zeigt eine mittlere Differenz von $M_{Diff} = -0.26$, die keinen statistisch relevanten Unterschied darstellt ($M_{t_3} = 1.86$, $SE = 0.11$; $M_{t_4} = 2.12$, $SE = 0.15$; $p = .173$).

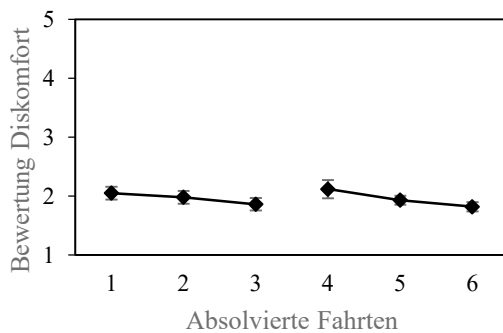


Abbildung 7-15 Bewertung des Diskomfort durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Tabelle 7-13 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit der Experten.

| Faktor | df | F | p | η_p^2 |
|---------------|-------|-------|-------|------------|
| Fahrt | 2, 30 | 6.620 | .004* | .306 |
| Welle | 1, 15 | 2.340 | .147 | .135 |
| Fahrt x Welle | 2, 30 | 1.421 | .257 | .087 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{Izu6} = .042^*$; $p_{Pause} = .790$.

Tabelle 7-14 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort der Experten.

| Faktor | df | F | p | η_p^2 |
|---------------|------|-------|-------|------------|
| Fahrt | 2,34 | 4.099 | .025* | .194 |
| Welle | 1,17 | 0.005 | .946 | .001 |
| Fahrt x Welle | 2,34 | 0.396 | .676 | .023 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{Izu6} = .109$; $p_{Pause} = .173$.

Das Komforterleben steigt marginal signifikant an ($p = .092$; vgl. Tabelle 7-15) und verändert sich nicht linear. In der ersten Erhebungswelle zeigt sich ein leichter Anstieg, in Welle 2 steigt Komfort zu Messzeitpunkt 2 an, um zu Messzeitpunkt 3 wieder leicht zu fallen (vgl. Abbildung 7-16). Dies spiegelt sich in einer marginal signifikanten Wechselwirkung zwischen Fahrt und Welle wider ($p = .096$). Das Komforterleben verändert sich also von t_1 zur t_6 nicht eindeutig ($M_{t_1} = 4.22$, $SE = 0.14$; $M_{t_6} = 4.32$, $SE = 0.11$; $p = .568$). Nach der Pause zwischen Welle 1 und Welle 2 ist das Komforterleben niedriger als vor der Pause

($M_{t3} = 4.33$, $SE = 0.13$; $M_{t4} = 4.03$, $SE = 0.19$) allerdings ist dieser Unterschied nicht als statistisch relevant anzusehen ($p = .121$).

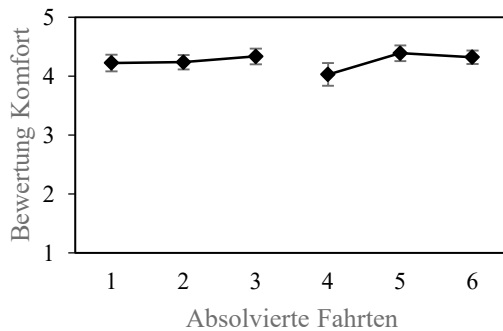


Abbildung 7-16 Bewertung des Komforts durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Tabelle 7-15 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort der Experten.

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|---------------|-----------|----------|-------------------|------------|
| Fahrt | 2,34 | 2.561 | .092 ^m | .131 |
| Welle | 1,17 | 0.222 | .884 | .001 |
| Fahrt x Welle | 2,34 | 2.518 | .096 ^m | .129 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{Izu6} = .568$; $p_{Pause} = .121$.

User Experience - Attraktivität, pragmatische und hedonische Qualität

Die Bewertung der *Attraktivität* verändert sich über die Messzeitpunkte nicht signifikant ($p = .362$; vgl. Abbildung 7-17 und Tabelle 7-16). Die Bewertung der Attraktivität über die Zeit interagiert mit den Erhebungswellen signifikant ($p = .035$). In Welle 1 sinkt die Bewertung der Attraktivität leicht ab, sie steigt in Welle 2 wieder an. Somit unterscheiden sich die Bewertungen nach der ersten Fahrt nicht signifikant von den Bewertungen nach der sechsten Fahrt ($M_{t1} = 6.47$, $SE = 0.13$; $M_{t6} = 6.28$, $SE = 0.15$; $p = .319$). Zwischen Welle 1 und Welle 2, also Fahrt 3 und Fahrt 4 besteht ein marginal signifikanter Unterschied ($M_{t3} = 6.34$, $SE = 0.17$; $M_{t4} = 5.90$, $SE = 0.16$; $p = .097$).

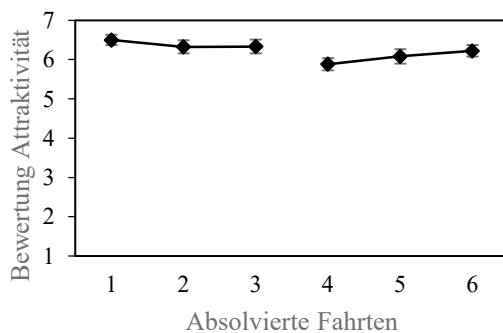


Abbildung 7-17 Bewertung der Attraktivität durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Tabelle 7-16 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Attraktivität der Experten.

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|---------------|-----------|----------|----------|------------|
| Fahrt | 2,30 | 1.053 | .362 | .066 |
| Welle | 1,15 | 2.910 | .109 | .162 |
| Fahrt x Welle | 2,30 | 3.750 | .035* | .200 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{Izu6} = .319$; $p_{Pause} = .097^m$.

Die Bewertung der *pragmatischen Qualität* steigt insgesamt marginal signifikant an ($p = .050$; vgl. Tabelle 7-17). Dabei unterscheidet sich die erste Welle marginal signifikant von der zweiten Welle ($p = .065$; vgl. Abbildung 7-18). In Welle 1 bewerten die Teilnehmenden automatisiertes Fahren im Verlauf der Zeit somit als marginal nützlicher als in Welle 2 ($M_{Welle 1} = 5.79$, $SE = 0.18$; $M_{Welle 2} = 5.56$, $SE = 0.16$). Über den gesamten Erhe-

bungsverlauf, also vom ersten zum letzten Messzeitpunkt verändern sich die Bewertungen nicht signifikant ($M_{t1} = 5.73$, $SE = 0.16$; $M_{t6} = 5.69$, $SE = 0.15$; $p = .699$). Allerdings ist eine Minderung der pragmatischen Qualität nach der Erhebungspause zu erkennen ($M_{t3} = 5.91$, $SE = 0.20$; $M_{t4} = 5.36$, $SE = 0.18$; $p = .013$).

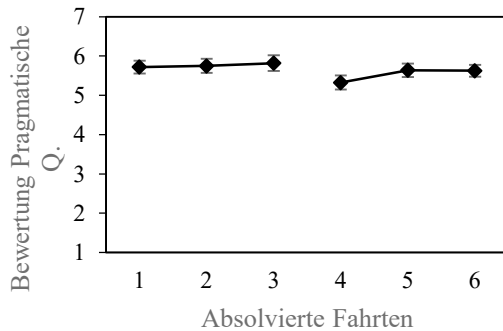


Abbildung 7-18 Bewertung der pragmatischen Qualität durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Tabelle 7-17 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für pragmatische Qualität der Experten.

| Faktor | df | F | p | η_p^2 |
|---------------|------|-------|-------------------|------------|
| Fahrt | 2,30 | 3.323 | .050 ^m | .181 |
| Welle | 1,15 | 3.951 | .065 ^m | .209 |
| Fahrt x Welle | 2,30 | 1.375 | .268 | .084 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{1zu6} = .699$; $p_{Pause} = .013^*$.

Die Bewertung der *hedonischen Qualität* verändert sich über die Erhebungen hinweg nicht eindeutig (vgl. Tabelle 7-18). Die Bewertung der drei Fahrten interagiert allerdings signifikant mit der Erhebungswelle ($p = .009$). Die hedonische Qualität sinkt im Rahmen der ersten Studienwelle ab, während sie in der zweiten Studienwelle ansteigt (vgl. Abbildung 7-19). Der Unterschied zwischen Messzeitpunkt 1 und 6 ist dabei nicht signifikant ($M_{t1} = 5.73$, $SE = 0.14$; $M_{t6} = 5.48$, $SE = 0.19$; $p = .269$) und auch zwischen Messzeitpunkt 3 und 4 sind keine signifikanten Unterschiede zu erkennen ($M_{t3} = 5.55$, $SE = 0.20$; $M_{t4} = 5.30$, $SE = 0.20$; $p = .311$).

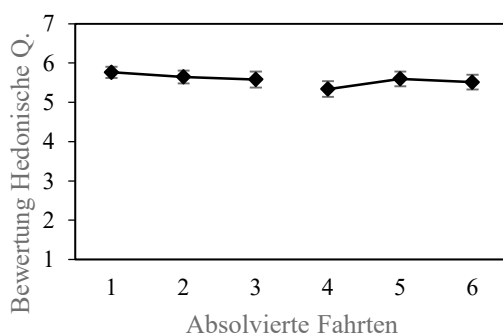


Abbildung 7-19 Bewertung der hedonischen Qualität durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler.

Tabelle 7-18 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für hedonische Qualität der Experten.

| Faktor | df | F | p | η_p^2 |
|---------------|------|-------|-------|------------|
| Fahrt | 2,30 | 0.309 | .737 | .020 |
| Welle | 1,15 | 1.159 | .299 | .072 |
| Fahrt x Welle | 2,30 | 5.513 | .009* | .269 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

$p_{1zu6} = .269$; $p_{Pause} = .311$.

Hinsichtlich der Bewertung über mehrere Erhebungswellen hinweg konnte gezeigt werden, dass sich die wahrgenommene Unheimlichkeit deutlich reduziert. Für die wahrgenommene Unheimlichkeit kann die H_0 verworfen werden. Für die Attraktivität und die hedonische Qualität kann eine unterschiedliche Entwicklung des Erlebens gezeigt werden. Die weite-

ren Variablen veränderten sich nicht eindeutig. Die H_0 muss somit für diese Variablen beibehalten werden.

7.3.5 Informationsbewertung

Die Informationen, die als einflussreiche Informationen festgelegt werden, sind mit Zuordnung und Stärke in Tabelle 7-19 aufgeführt. Aus $N = 33$ Informationen werden sieben Basismerkmale aufgezeigt. Dabei bewerten 75.76 % der Teilnehmenden die *Geschwindigkeit* als wichtiges Basismerkmal. Der CS-Wert ($CS^- = 0.93$) zeigt, dass das Fehlen dieser Anzeige zur deutlichen Unzufriedenheit beitragen würde. Das Fehlen der Anzeige des Kraftstoffstandes führt ebenfalls zu deutlicher Unzufriedenheit ($CS^- = -0.83$, Totale Stärke: 60.61 %). Die *Systemaktivität*, also die Information, dass das System aktiv ist, wird von ca. der Hälfte der Teilnehmenden als wichtig angesehen. Die Anzeige von Zeit und Distanz bis zur Zielerreichung sind für 63.64 % der Teilnehmenden eine wichtige Information und stellen ein Leistungsmerkmal dar. Alle Merkmale und ihre Zuordnungen sind im Anhang E-3 einzusehen).

Tabelle 7-19 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (R-3).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitsstiftung | |
|---------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke (%) | Totale Stärke (%) | CS+ | CS- |
| Blinker | M | 3.03 | 45.45 | 0.23 | -0.64 |
| Kraftstoffstand | M | 15.15 | 60.61 | 0.30 | -0.83 |
| Geschwindigkeit | M | 15.15 | 75.76 | 0.37 | -0.93 |
| Fahrtroute | M | 15.15 | 63.64 | 0.36 | -0.68 |
| Systemaktivität (ON/OFF) | M | 3.03 | 57.58 | 0.28 | -0.55 |
| Eingehende Anrufe | M ^{ab} | 6.06 | 51.52 | 0.37 | -0.56 |
| Zeit und Distanz zum Ziel | O | 21.21 | 63.64 | 0.57 | -0.68 |

Anmerkung: M = Basismerkmal, O = Leistungsmerkmal.

^a = Anwendung der ersten Entscheidungsregel bei nicht eindeutiger Zuordnung: Wenn $(M + A + O) > (I + Q + R)$, dann wähle das Maximum von M, A oder O.

^b = Anwendung der zweiten Entscheidungsregel bei geringfügigen Unterschieden zwischen Zuordnungen: $M > O > A > I$.

Nachbefragung und Konzeptbewertung

In der Nachbefragung bewerteten die Teilnehmenden die ersten prototypischen Anzeigekonzepte im Rahmen eines teilstandardisierten Interviews. Die Konzeptentwürfe werden in Kap. 8 detailliert beschrieben. Als Stimulusmaterial für die Befragung dienen Bilder des Anzeigekonzeptes entweder in einem Autobahn- oder in einem Stadtszenario.

- Welche Informationen sind für das jeweilige Szenario am wichtigsten?

Auf die Frage, welche Informationen für das jeweilige Szenario am wichtigsten seien, wird die *Geschwindigkeit* am häufigsten genannt ($n = 14$). Es folgt die *grafische Manöverschau* ($n = 10$) sowie *Reichweite* ($n = 8$) und *Uhrzeit* ($n = 6$). Auch die *textuelle Manöver-*

vorschau (z. B. „Überholen“) wird insbesondere in Situationen auf der Autobahn gewünscht ($n = 4$). Die Verteilung der Häufigkeiten ist in Abbildung 7-20, aufgeteilt nach den beiden Szenarien (Stadt und Autobahn), dargestellt. Darüber hinaus werden noch einzelne Informationen genannt, die aus Sicht der Teilnehmenden ergänzt werden sollten. Dazu zählen Status des Fahrzeugs (z. B.: System ist in Ordnung, Sensorik funktioniert), Verfügbarkeit einer Schnittstelle zum Smartphone, Anzeigen von Nachrichten (Mail, SMS, WhatsApp).

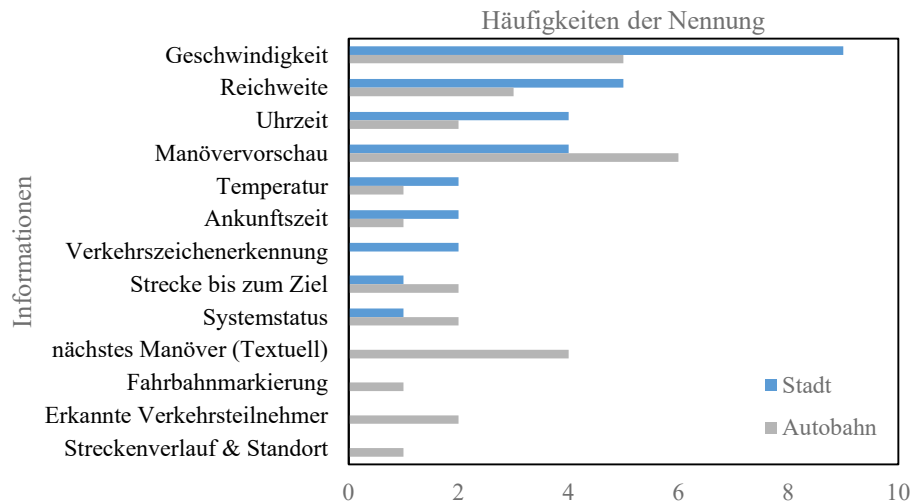


Abbildung 7-20 Nennungen der Informationen, die in einem Anzeigekonzept dargestellt werden sollten. Sortiert nach Szenario.

- Welche Informationen sind nicht notwendig?

Auf die Frage, welche Informationen nicht notwendig seien und im Konzept weggelassen werden könnten, antworten $n = 6$ „gar keine“. Die Darstellung der *Dynamik* wird von $n = 12$ Teilnehmenden (Stadt: $n = 4$; Autobahn: $n = 8$) als nicht notwendig empfunden. Auch die *Temperatur* wird von $n = 6$ (je Szenario $n = 3$) als unnötig bewertet. Die *textuelle Manöर्वorschau* wird von $n = 4$ Teilnehmenden (Stadt: $n = 1$, Autobahn: $n = 3$) als nicht notwendig definiert. Auf der Autobahn bewerten zudem $n = 3$ Teilnehmende die *Erkennung anderer Verkehrsteilnehmer* als nicht notwendig.

- Welcher Abstraktionsgrad wird bevorzugt?

Als bevorzugten Abstraktionsgrad (für die genauere Erklärung vgl. Kap. 8) wählen 63.63 % der Teilnehmenden das Realbild. Die Mischvariante bevorzugen 24.24 % der Teilnehmenden. Die abstrakte Darstellung wird von 9.09 % der Teilnehmenden gewählt.

- Würde die Anzeige mit Fokus auf die Fahrzeugumgebung oder mit Fokus auf die Geschwindigkeit bevorzugt werden?

Auf die Frage, welche Anzeige die Teilnehmenden nutzen möchten, antworten 63.63 % der Teilnehmenden, sie würden den Fokus auf die Fahrzeugumgebung setzen. 9.09 % würden sich für die Geschwindigkeit entscheiden und 27.27 % der Teilnehmenden möchten beide Anzeigen zur Verfügung haben.

7.4 Diskussion & Ableitung

In dieser Studie wurde die Sitzbelegung systematisch variiert, um herauszufinden, ob die Möglichkeit eines Eingriffs das Erleben der automatisierten Fahrt beeinflusst. Zudem wurden Teilnehmende aus Studie R-2 erneut eingeladen, um zu überprüfen, ob Lerneffekte durch wiederholte Fahrten zu erkennen sind. Zur Einordnung der Ergebnisse werden diese zunächst zusammengefasst (Kap. 7.4.1) und einer kritischen Betrachtung unterzogen (Kap. 7.4.2), um daraus Anforderungen für ein Anzeigeconzept für den Erstkontakt abzuleiten (Kap. 7.4.3).

7.4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

In dieser Studie kann bestätigt werden, dass das Vertrauen durch die Verwendung des Systems ansteigt (vgl. u. a. Bauerfeind et al., 2019; Gold et al., 2015). Auch der wahrgenommene Nutzen des automatisierten Fahrens, operationalisiert durch die pragmatische Qualität, steigt durch die Nutzung des Systems an. Ein marginaler Anstieg ist zudem für das Komforterleben zu erkennen. Gleichzeitig reduzieren sich Diskomfort und Unheimlichkeitserleben durch die kurzzeitige Erfahrung mit dem System.

Zusammenhänge zwischen den Variablen

Besonders starke Zusammenhänge können zwischen Diskomfort und Komfort gefunden werden. Sowohl inter- als auch intrapersonell stehen die beiden Konstrukte in einem negativen Zusammenhang und bestätigen so, dass auch für das vollautomatisierte Fahren beide Konstrukte Beachtung finden sollten. Auf intrapersoneller Ebene stehen beide Konstrukte in einem Zusammenhang mit Vertrauen.

Komfort kann deutlich mit Attraktivität assoziiert werden und zeigt ebenfalls Zusammenhänge mit der pragmatischen Qualität. Die Entlastung kann somit mit der positiven Bewertung des Produktes und der Nutzbarkeit assoziiert werden und bestätigt so die Modelle von Looze et al. (2003) und Zhang et al. (1996). Sie unterstützen die Thesen von Diels et al. (2017) wonach die Förderung von Komfort und die Reduktion von Diskomfort die Nutzungsbereitschaft beeinflussen kann.

Einfluss der Sitzbelegung

Es kann gezeigt werden, dass das Vertrauen in das System auf dem Beifahrersitz größer ist als auf dem Fahrersitz. Zeier (1979) zeigte, dass positive Erfahrungen während einer ersten Fahrt auf dem Beifahrersitz (mit manuellem Fahrer) zur Entlastung während einer zweiten Fahrt führten. Dies scheint auch für eine vollautomatisierte Fahrt zu gelten.

Novizen bewerten die Fahrt auf dem Beifahrersitz zudem als attraktiver als auf dem Fahrersitz. Das bestätigt, dass auch beim vollautomatisierten Fahren die Beifahrerrolle mit genussvoller Entlastung assoziiert werden kann (Schönhammer, 1995). Für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren ist demnach wichtig, den Nutzer dabei zu unterstützen sich in der Rolle des Beifahrers wiederzufinden. Die Identifikation mit der Rolle des passi-

ven Mitfahrers ohne Zugriff auf Stellgrößen erleichtert es dem Nutzer, die Vorzüge des Systems zu schätzen.

Einfluss der Fahrerfahrung

Automationserfahrenere Nutzer („Experten“) vertrauen dem System eher als Novizen. Zudem reduziert sich das Unheimlichkeitserleben der Experten stärker als das der Novizen. Die Erfahrung mit dem System begünstigt somit das Erleben und auch die Nutzungswahrscheinlichkeit (vgl. Dai et al., 2020). Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass das Kennenlernen der Vollautomation ähnlich abläuft, wie es Winner und Kollegen (2003) für die ACC-Nutzung beschrieben haben. Durch die Nutzungshäufigkeit steigt die Zufriedenheit mit einem System zunächst an. Die weitere Auseinandersetzung mit dem System würde zum Kennenlernen von Grenzen und einem hypothetischen Einbruch der Zufriedenheit führen.

Lerneffekte

Betrachtet man das Erleben der vollautomatisierten Fahrt im Verlauf von Studie 2 zu Studie 3 zeigt sich, dass das Vertrauen und die pragmatische Qualität ansteigen. Auch das Komforterleben steigt marginal an. Diskomfort und Unheimlichkeit hingegen sinken über jeweils zweimal drei Messzeitpunkte ab. Die Ergebnisse bestätigen so die Vermutung vieler Autoren, dass die Erfahrung mit dem System das Erleben beeinflusst und dadurch voraussichtlich die Nutzungswahrscheinlichkeit und Akzeptanz begünstigt (u. a. Beggiato, Pereira et al., 2015; Ghazizadeh et al., 2012). Allerdings ist zu beachten, dass die Erfahrung von jeweils ca. 15 min Fahrten keine stabilen Ergebnisse zeigen. So führt die Pause zwischen den Erhebungswellen sowohl bei Vertrauen als auch pragmatischer Qualität dazu, dass die Bewertungen der Fahrten nach der Pause niedriger ausfallen als zuvor. Auch die gesamtzeitliche Erfahrung über alle sechs Messzeitpunkte und ca. 30 min Fahrt reichen nicht aus, um das Erleben eindeutig zu verändern. Beggiato, Pereira et al. (2015) zeigten, dass das Erlernen der richtigen Nutzung des ACC ca. 3,5 Stunden oder 185 km bräuhete. Es ist daher naheliegend, dass 30 min nicht ausreichen, um das sehr viel komplexere vollautomatisierte Fahren zu verstehen und nachhaltig zu erlernen. Der Erstkontakt ist demnach nach 30 min nicht abgeschlossen.

Trotzdem weisen die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie darauf hin, dass sich gerade Begeisterung für das System, im Sinne von Attraktivität und hedonischer Qualität, erst durch häufigere Auseinandersetzung mit dem System, entwickelt. So zeigen beide Konstrukte erst in der zweiten Erhebungsphase (Studie R-3) einen Anstieg. Es sei an dieser Stelle auf Ergebnisse von Hassenzahl und Monk (2010) verwiesen, die zeigen, dass die grundsätzlich stabile hedonische Qualität durch die Bewertung der pragmatischen Qualität moderiert werden kann. Eine Begeisterung für das System kann also durch das Erleben der Nützlichkeit des Systems begünstigt werden.

Interindividuelle Unterschiede

In Bezug auf interindividuelle Unterschiede konnte erneut gezeigt werden, dass die Voreinstellung zum vollautomatisierten Fahren (initiales Vertrauen) das Vertrauen und die wahrgenommene Unheimlichkeit beeinflussen. Auch die Technikaffinität beeinflusst gerade die wahrgenommene Unheimlichkeit. Technikaffinere Teilnehmende erleben das System als weniger unheimlich, möglicherweise, weil sie sich bereits mit ähnlichen automatisierten Systemen auseinandergesetzt haben und diese vertrauter wirken (vgl. dazu auch Yamada et al., 2013).

Blickdaten

Wie bereits in Studie R-2 berichtet entfallen ca. 50 % der erfassten Blicke auf fahrrelevante Informationen. Blickwechsel werden hauptsächlich zwischen nahem und fernem Sichtfeld, sowie dem Lenkrad erfasst. Das Blickverhalten zwischen Fahrer- und Beifahrersitz unterscheidet sich in Hinblick auf die fahrrelevanten Informationen nur wenig. Der Blick in den (linken) Außenspiegel wird auf dem Beifahrersitz durch die Entfernung weniger durchgeführt.

Die Fixationsdauer auf das weite Sichtfeld nimmt im Verlauf der Zeit zu. Das weist darauf hin, dass auch hier die Ergebnisse von Underwood et al. (2003) bestätigt werden können. Das Blickverhalten gibt demnach Hinweise darauf, dass mit zunehmender Systemerfahrung und wachsendem Vertrauen der Blick länger in die Umgebung gleitet.

Informationsbedarf

Wie in den vorangegangenen Studien werden die folgenden Informationen als Must-have Faktoren definiert: Kraftstoffstand, Fahrtroute, Geschwindigkeit, Blinker, Systemaktivität (ON bzw. OFF), eingehende Anrufe. Dabei führen das Fehlen des eigenen Kraftstoffstandes und die eigene Geschwindigkeit zu besonderer Unzufriedenheit. Zeit und Distanz bis zum Ziel wird in dieser Studie als Leistungsmerkmal bewertet und unterstützen somit Zufriedenheit mit dem vollautomatisierten Fahren, wenn sie angezeigt werden.

Diese Ergebnisse werden durch die Bewertung des Konzeptprototypen unterstützt, wonach sowohl Geschwindigkeit als auch die verbleibende Reichweite als besonders wichtige Informationen genannt werden. Dass die Informationsbedarfe sich je nach Situation (vgl. Q-1 und Beggiato et al., 2019; Cahour, 2008) unterscheiden, kann bestätigt werden. Die Anzeige des nächsten Manövers ist demnach auf der Autobahn wichtiger als in einem Stadtszenario.

Darüber hinaus äußern die Teilnehmenden ihre Vorliebe für eine reale Darstellung der Fahrzeugumgebung (vgl. R-2 und Wiegand et al., 2019) im Vergleich zu einer schematischen Darstellung. Außerdem wird die Anzeige mit Fokus auf die Fahrzeugumgebung vereinfachten Darstellung mit Fokus auf der Geschwindigkeit vorgezogen.

7.4.2 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Da sowohl die Strecke der Durchführung als auch das Versuchsfahrzeug identisch mit der vorhergehenden Studie waren, sei an dieser Stelle auf die kritische Betrachtung in Kap. 6.4.2 verwiesen, die auf die Kritikpunkte eines Wizard of Oz-Fahrzeugs hinweisen.

In Bezug auf die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse muss kritisch angemerkt werden, dass insbesondere die Experten nach Verfügbarkeit rekrutiert wurden. Es ist also möglich, dass sich gerade die Teilnehmenden erneut gemeldet haben, die vom System bereits begeistert waren und somit bereits eine positivere Einstellung zum System hatten. Zudem wurde bei den Experten nicht kontrolliert, welche Erfahrungen und Kenntnisse sie zur Automation und deren Entwicklung zwischen den Wellen gesammelt haben. Möglicherweise erwarteten sie große Verbesserungen der Entwicklung, die im Rahmen der Studie nicht abgebildet werden konnten, und waren dahingehend enttäuscht. Das kann ihre Bewertungen beeinflusst haben. Eine systematische Erhebung des Lerneffektes über einen längeren Zeitraum wäre empfehlenswert.

7.4.3 Ableitung von Anforderungen an ein Anzeigekonzept

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Erleben der vollautomatisierten Fahrt durch die Erfahrung mit dem System verbessert wird, dass eine längere Nutzung aber notwendig ist, um das System zu verstehen. Ein Anzeigekonzept könnte dazu beitragen, das Verständnis für das System zu verbessern. Das Anzeigekonzept sollte darüber hinaus die Rolle als Beifahrer bzw. Passagier unterstützen.

Folgende Anforderungen konnten im Rahmen dieser Studie an das Anzeigekonzept gestellt werden:

- Das Anzeigekonzept sollte die folgenden Informationen beinhalten: Kraftstoffstand, Fahrtroute, Geschwindigkeit, Blinker, Systemaktivität (ON bzw. OFF), eingehende Anrufe, Zeit und Distanz bis zum Ziel, Manöर्वorschau, textuelle Erläuterung des Manövers.
- Die Anzeige sollte auf die Erfahrung des Nutzers anpassbar sein.
- Die konkrete Darstellung der Fahrzeugumgebung ist einer abstrakten vorzuziehen.
- Eine Anzeige der Fahrzeugumgebung ist notwendig.
- Eine Minimalanzeige mit Fokus auf die Geschwindigkeit sollte zusätzlich vorgehalten werden.

8 Beschreibung des Anzeigekonzeptes

Aus Basis des erhobenen Kenntnisstandes wurde im iterativen Vorgehen ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren entwickelt. Die erste Iteration wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit, basierend auf den Ergebnissen der Studie Q-1 (vgl. Kap. 4) sowie R-1 und R-2 (vgl. Kap. 5 und 6), prototypisch umgesetzt (vgl. dazu Paul, 2018). In weiteren Iterationen unter Einbezug der Ergebnisse aus Studie R-3 (vgl. Kap. 7) und der geltenden Dialogprinzipien (DIN ISO 9241-110) wurde dieses Konzept weiterentwickelt. Das entwickelte Anzeigekonzept wird im Folgenden genauer beschrieben.

Aus den Ergebnissen der Fokusgruppen (vgl. Studie Q-1, Kap. 4) kann geschlossen werden, dass ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren den Nutzern vermitteln muss, dass das Fahrzeug seine Fahraufgabe sicher und zuverlässig übernimmt. Daher sollten Informationen zu *Umfeld und Verkehrsteilnehmenden, Manöver (-planung), Navigation und POIs, Interaktionsmöglichkeiten, Status und Wartung* sowie *Funktionsverständnis* angezeigt werden (vgl. Q-1). Aus den Ergebnissen der Realfahrtstudien (vgl. R-1, R-2 und R-3) kann entnommen werden, dass der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren durch die Vermittlung von Wissen über das System und seine Funktionsweise erleichtert wird. Die Nutzer benötigen Informationen darüber, wie sich das System verhält, ob alle notwendigen Informationen aus der Umgebung erfasst werden und in welchem Modus sich das System befindet. Aus den Studien erfasste Basis- und Leistungsmerkmale für ein Anzeigekonzept sind in Tabelle 8-1 zusammengefasst. Darüber hinaus sollte ein Anzeigekonzept sowohl an unterschiedliche Nutzergruppen-Bedarfe als auch an den Erfahrungsstand des Nutzers angepasst werden.

Tabelle 8-1 Zusammenfassung der Informationen aus Studie R-1, R-2 und R-3.

| Information | Studie R-1 | Studie R-2 | Studie R-3 |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| Kraftstoffstand | M | M | M |
| Fahrtroute | M | M | M |
| Geschwindigkeit | M | M | M |
| Blinker | M | M | M |
| Systemaktivität (ON bzw. OFF) | M | M | M |
| Zeit und Distanz bis zum Ziel | M | M | O |
| Bevorstehenden Verkehrsstauungen | O | I | I |
| Eingehende Anrufe | - | M | M |

Anmerkung: M = Basismerkmal, O = Leistungsmerkmal, I = irrelevantes Merkmal.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass den Nutzern die korrekte Ausführung der Fahraufgabe durch das Fahrzeug vermittelt werden sollte. So können sich diese von der Zuverlässigkeit des Fahrzeugs überzeugen und so an die Rolle des Passagiers herangeführt werden.

Um dies zu erreichen, wird zur Entwicklung des Konzeptes die Dreiteilung der Fahraufgabe von Donges (1982) als Metapher herangezogen. In drei angrenzenden Bereichen repräsentiert das Konzept jeweils eine Ebene der Fahraufgabe: *die Navigationsebene, die Bahnführungsebene und die Stabilisierungsebene*. Die Umsetzung der drei Ebenen wird im Folgenden genauer erläutert. Ergänzt wird das Konzept durch verschiedene Interaktions- und Anpassungsmöglichkeiten, die ebenfalls erläutert werden.

Navigationsebene

Auf Basis der oben beschriebenen Ergebnisse wird der Navigationsbereich umgesetzt (vgl. Abbildung 8-1). Die Ausgangsvariante (1) stellt eine abstrakte Navigationsanzeige dar. Die eigene Fahrtroute wird hier durch einen Fortschrittsbalken (a) auf der rechten Bild-Seite repräsentiert. Dieser verläuft senkrecht von unten nach oben. Die eigene Position (b) wird durch einen Pfeil auf der abstrahierten Wegstrecke zwischen Start- und Endpunkt abgebildet, der sich analog zum wachsenden Fahrtfortschritt auf der Linie von unten nach oben fortbewegt. Unter der eigenen Position wird die verbleibende Distanz bis zum Ziel (c) angezeigt. Am oberen Ende der Navigationsanzeige ist die voraussichtliche Zielzeit (d) und das geplante Ziel (e) abgebildet. Durch das Antippen des vorgesehenen Pfeils (f) kann der Navigationsbereich ausgeklappt werden (2), um sich einen Überblick über den gesamten Streckenverlauf (g) verschaffen zu können. Durch Antippen des Pluszeichens (h) lässt sich der Navigationsausschnitt auf den nächsten Navigationsschritt heranzoomen (3). Da gerade in den Fokusgruppen die Darstellung von Points of Interest (PoIs), wie beispielsweise bevorstehende Rastplätze, gefordert wurde, wird dies ebenfalls dargestellt (i). Die PoIs können durch Antippen angewählt werden, um mehr Informationen zu erhalten oder sie als Zwischenziel in die Fahrtroute zu integrieren.



Abbildung 8-1 Umsetzung der Navigationsebene im Anzeigekonzept. (1) Ausgangsvariante, (2) erweiterte Ansicht, (3) nächster Navigationsschritt mit Anzeige der Points of Interest (PoIs). Die Einzelelemente (a-i) werden im Text beschrieben.

Bahnführungsebene

Auf Bahnführungsebene werden die Sollgrößen festgelegt und das Situationsbewusstsein des Fahrzeugs repräsentiert (vgl. Abbildung 8-2). Dies wird in einer augmentierten Darstellung des Realbildes umgesetzt. Dafür werden die fahrbezogenen Informationen im Realbild farblich hervorgehoben.

Der geplante Fahrweg wird auf die Straße projiziert (j) und um die Erkennung anderer Verkehrsteilnehmer ergänzt, die eingerahmt hervorgehoben werden. Zu den erkannten Verkehrsteilnehmern zählen vorausfahrende Fahrzeuge (k) sowie der Abstand zu diesen (l) und entgegenkommende Fahrzeuge mit ihrer prädierten Fahrtrichtung (m). Auch stehende Fahrzeuge (n) und Fußgänger (o) werden farblich hervorgehoben, ebenso wie Verkehrszeichen und Ampelanlagen (p). Als Zusatzinformationen werden freie Parkplätze am Straßenrand (q), die Uhrzeit (r) und die aktuelle Außentemperatur (s) angezeigt. Das nächste Manöver wird in Verbindung mit einem Piktogramm angezeigt (t).

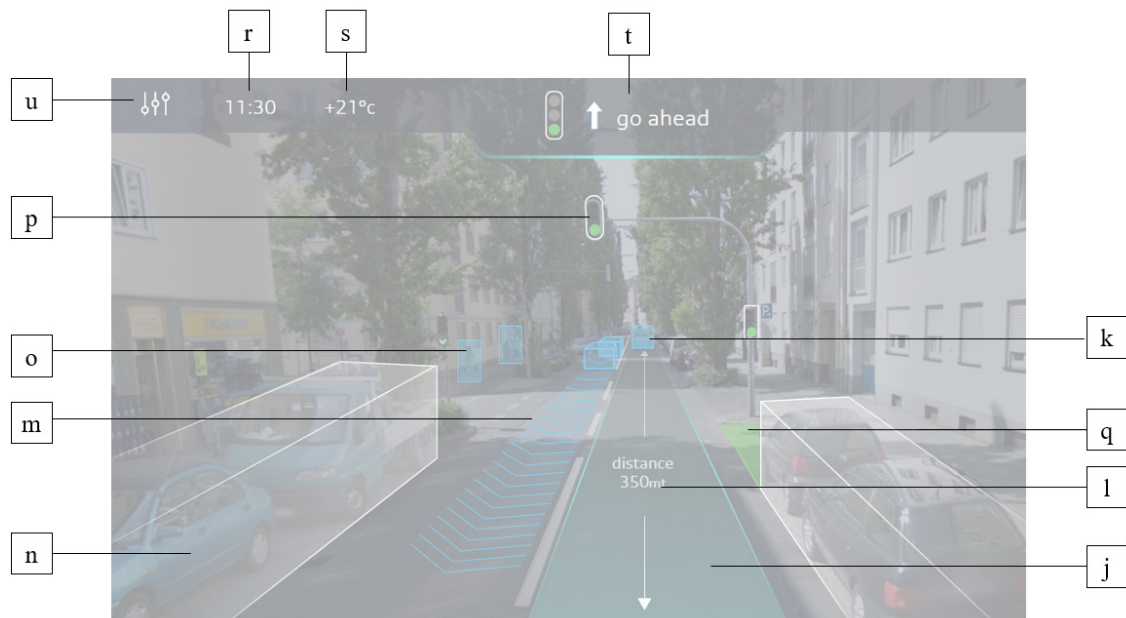


Abbildung 8-2 Umsetzung der Bahnführungsebene im Anzeigekonzept. Die Einzelelemente (j-u) sind im Text ausführlich beschrieben.

Um die Nutzer nicht mit zu vielen Informationen zu überlasten und Individualisierungsmöglichkeiten anzubieten, wird eine mögliche Anpassung der Außensituationsdarstellung vorgesehen. Mittels Antippens des Einstellungsicons (u) können verschiedene Parameter verändert werden. Über einen Schieberegler kann die Darstellung der Außensituation von einer Darstellung des Realbildes auf eine Mischvariante oder eine abstrakte Darstellung der Umgebung geändert werden (vgl. Abbildung 8-3).



Abbildung 8-3 Darstellungsmöglichkeiten der Außensituation des Realbilds (links), Mischvariante (Mitte) und abstrakter Darstellung (rechts).

Außerdem kann die Menge an Informationen über einen zweiten Schieberegler angepasst und die Anzeige durch An- oder Abwahl einzelner Informationen individualisiert werden (vgl. Abbildung 8-4).

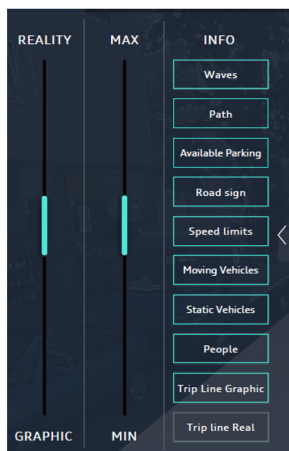


Abbildung 8-4 Interaktionsmöglichkeit für die Anpassung der Informationen.

Stabilisierungsebene

Diese Ebene besteht während der manuellen Fahrt aus der Bedienung von Bremse, Kupplung, Schalthebel, Gas und Lenkrad. Da die Bedienung dieser Steuerelemente beim vollautomatisierten Fahren wegfällt, wird die Stabilisierungsaufgabe nun durch die Darstellung der Ist-Größen umgesetzt. Dafür wird die Geschwindigkeit (v) zentral in der Mitte der Stabilisierungsebene abgebildet. Zudem wird die Geschwindigkeit bzw. das Verkehrszeichen, auf das geregelt wird (w), angezeigt. Um die Bewegung des Fahrzeugs analog zur Nutzung der Bedienelemente umzusetzen, werden Linien genutzt, die bei Beschleunigung konkav und bei Verzögerung konvex gekrümmt werden (x). Die Linien sind in zwei Gruppen jeweils rechts und links von der Geschwindigkeit gruppiert abgebildet. Um Abbiegemanöver anzuzeigen und so den Blinker nachzustellen, werden die Linien beim Abbiegen nur auf der jeweiligen Abbiegeseite angezeigt. Starkes Verzögerungsverhalten wird durch eine orange Färbung visualisiert. Auf rote Farbgebung wird verzichtet, um keinen warnenden Charakter zu erreichen, sondern lediglich informierende Funktion zu vermitteln. Da die Informationen ebenfalls fahrrelevant sind, werden auch der Tankfüllstand bzw. der Ladezustand der Batterie (y) und der aktuelle Systemzustand (z), der besagt, dass das vollautomatisierte Fahren aktiv („ON“) ist, angezeigt.

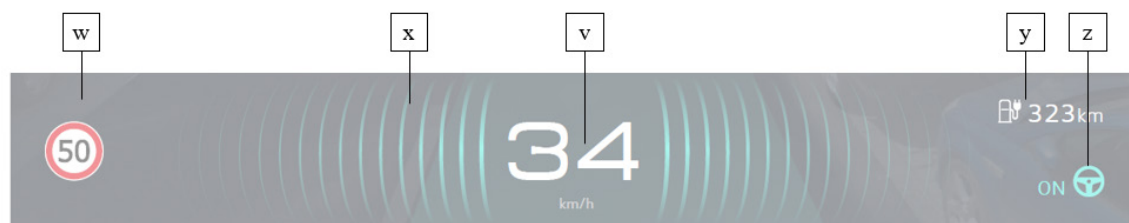


Abbildung 8-5 Umsetzung der Stabilisierungsebene im Anzeigekonzept. Die Einzelelemente (v-z) sind im Text ausführlich beschrieben.

Minimalanzeige

Die Ergebnisse der bisher durchgeführten Studien zeigen, dass mit steigender Erfahrung das Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren steigt und der Informationsbedarf dadurch abnimmt. Damit auch erfahrene Nutzer die wichtigsten Informationen auf einen Blick zur Verfügung haben, wird zusätzlich eine Minimalanzeige angeboten (s. Abbildung 8-6). Diese beinhaltet die Geschwindigkeit sowie eine abstrakte Darstellung der Verkehrssituation, die Erläuterung des Manövers und die Basisnavigationsanzeige. Diese Anzeige kann die bisher beschriebene Anzeige ersetzen, indem die Stabilisierungsebenen-Anzeige vertikal hochgezogen wird.

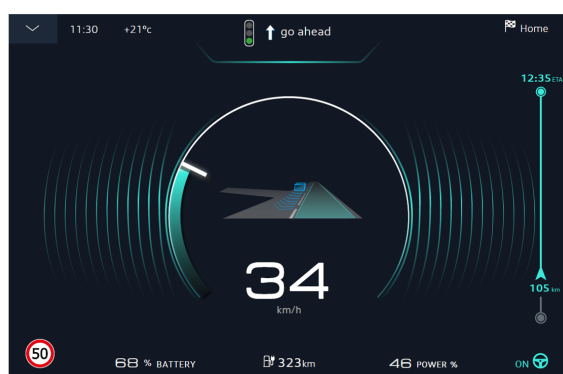


Abbildung 8-6 Umsetzung der Minimalanzeige.

Das Anzeigekonzept wird in den folgenden Studien (Q-2, R-4) evaluiert und iterativ weiterentwickelt.

9 Studie Q-2: Validierung des Prototyps

Im Folgenden wird die zweite Studie mit qualitativen Erhebungsanteilen berichtet. Dabei handelt es sich um die Validierung des entwickelten Prototyps. Zunächst wird auf die Zielsetzung dieser Studie eingegangen (Kap. 9.1), darauf folgt die Beschreibung der zugrunde liegenden Methodik (Kap. 9.2) sowie die Beschreibung der Ergebnisse (Kap. 9.3) und deren zusammenfassende Diskussion (Kap. 9.4).

9.1 Zielsetzung

Nach der iterativen Entwicklung des in Kap. 8 dargestellten Anzeigekonzeptes soll dieses im Rahmen einer Befragung validiert werden. Es soll überprüft werden, ob die Umsetzung von den Teilnehmenden verstanden wird und wie das Konzept und die einzelnen Konzeptelemente bewertet werden. Dabei stehen die folgenden Fragen im Vordergrund:

- (1) Wie wird das vollautomatisierte Fahren allgemein erlebt?
- (2) Ist das Anzeigekonzept verständlich und nutzbar?
- (3) Wie werden das Konzept und seine Elemente bewertet?
- (4) Wird ein angereichertes Anzeigekonzept einem vereinfachten Konzept vorgezogen?
- (5) Welche Informationen sind für den Erstkontakt relevant?

Es wird zunächst das Erleben des vollautomatisierten Fahrens erfasst (1), um dann den Einfluss eines Anzeigekonzeptes für den Erstkontakt prüfen zu können. Das prototypische Konzept wird den Teilnehmenden sowohl in Form von Videos als auch mittels eines interaktiven Klickprototypen präsentiert. Im Rahmen eines leitfadengestützten Interviews werden die Teilnehmenden zu dem Anzeigekonzept befragt (2)(3). Darüber hinaus werden sie gebeten, das Konzept und seine Ausprägungen anhand verschiedener Instrumente/Inventare zu bewerten (3)(4). Dadurch sollen die Stärken und Schwächen des Konzeptes festgestellt und eine Basis für die Weiterentwicklung des Konzeptes geschaffen werden.

Zudem werden wie in den vorangegangenen Studien die im Konzept enthaltenen Informationen auf ihren Beitrag zur Zufriedenheit beim Erstkontakt bewertet (5). Dieses Mal werden die Informationen den Teilnehmenden bildlich zur Bewertung vorgelegt. Die Darbietung der Informationen weicht daher von der textuellen Darstellung aus den vorhergehenden Befragungen ab.

9.2 Methodisches Vorgehen

Nun wird auf das methodische Vorgehen dieser Studie näher eingegangen. Dafür werden Versuchsdesign (Kap. 9.2.1), Datenbasis (Kap. 9.2.2) und Versuchsumgebung (Kap. 9.2.3) beschrieben. Daran anschließend werden Versuchsablauf (Kap. 9.2.4), Datenaufbereitung (Kap. 9.2.5) und Stichprobe (Kap. 9.2.6) vorgestellt.

9.2.1 Versuchsdesign

Im Sinne der Triangulation, der Kombination von qualitativen und quantitativen Erhebungsmethoden mit dem Ziel, ein umfassendes Bild des Forschungsstandes zu erhalten (Döring & Bortz, 2016), wurde ein Mixed-Methods-Ansatz gewählt. Um den Methodenmix beschreiben und annotieren zu können, wird das Notationssystem von Morse (2008) herangezogen. Dabei steht der Begriff „qual“ für qualitative Datenerhebung und der Begriff „quant“ für quantitative Datenerhebung. Die Groß- bzw. Kleinschreibung beschreibt die Priorität, die der jeweiligen Methodik zugeordnet wird.

Das hier aufgebaute Versuchsdesign ist in Tabelle 9-1 abgebildet. Im Rahmen eines leitfadengestützten Interviews wurde das Anzeigekonzept mit den Teilnehmenden zunächst qualitativ diskutiert und mittels quantitativer Messmethoden analysiert („Konzept diskutieren“). Diese Messmethoden werden im Kap. 9.2.2 genauer erläutert. In der zweiten Phase wurden quantitativ die dargestellten Informationen und das Gesamtkonzept bewertet („Gesamtkonzept bewerten“).

Die Teilnehmenden wurden in zwei Szenarien-Gruppen eingeteilt. Einer Gruppe wurde das Anzeigekonzept in Zusammenhang mit einem „Stadt-Szenario“ präsentiert, der anderen Gruppe wurde das Konzept während einer Autobahnfahrt („Autobahn-Szenario“) gezeigt. Jedem Teilnehmenden wurde ein vereinfachtes Konzept („Simple“) und ein Konzept mit vollständigem Anzeigebereich („AR“) gezeigt (vgl. Kap. 9.2.2.). Um Reihenfolgeeffekte zu kontrollieren, wurde in beiden Gruppen das beginnende Konzept variiert.

Tabelle 9-1 Darstellung Mixed-Methods-Design der Konzeptvalidierung.

| Szenario | Start- Konzept | Messwiederholung | |
|----------|----------------|--|-----------------------------------|
| | | „Konzepte diskutieren“ QUAL + quant | „Gesamtkonzept bewerten“ QUANT |
| Stadt | Simple | $n = 5$ | $n = 5$ |
| | AR | $n = 5$ | $n = 5$ |
| Autobahn | Simple | $n = 6$ | $n = 6$ |
| | AR | $n = 5$ | $n = 5$ |

9.2.2 Datenbasis

Anzeigekonzeptvarianten

Das prototypisch umgesetzte Anzeigekonzept wurde bereits in Kap. 8 beschrieben. In dieser Studie lag das Konzept in zwei Ausprägungen vor: Als vereinfachtes Konzept „Simple“ und als vollumfängliches Konzept „AR“. Die beiden Konzepte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Informationsmenge (vgl. Abbildung 9-1). Im AR-Konzept (Augmented Reality; vgl. Abbildung 9-1 rechte Seite) wird eine augmentierte Außendarstellung angezeigt, die die Erkennung anderer Fahrzeuge und Fußgänger, die Fahrtrajektorie des eigenen Fahrzeugs und die prädiizierte Richtung anderer Fahrzeuge beinhaltet. Diese augmentierte Ansicht wird umrahmt von den in Kap. 8 bereits beschriebenen Informationselementen. Dazu

gehören im oberen Bereich die aktuelle Zeit und Temperatur, eine Erläuterung des aktuellen und des nächsten Manövers. An der rechten Seite werden der Fahrtverlauf und das eigene Ziel dargestellt. Unter dem Videobild wird die eigene Geschwindigkeit sowie die Quer- und Längsführung des Fahrzeugs sowohl textuell als auch symbolhaft abgebildet. Diese wird ergänzt durch das aktuelle Tempolimit, die Darstellung der Reichweite und den Systemstatus.

Das Simple-Konzept (vgl. Abbildung 9-1, linke Seite) beinhaltet ebenfalls den eben beschriebenen Informations-Rahmen und ein Bild der Frontkamera. Es werden jedoch keine Informationen augmentiert hervorgehoben.



Abbildung 9-1 Varianten des Anzeigekonzeptes als Video-Darstellung. (a) Simple-Konzept im Stadtszenario, (b) AR-Konzept im Stadtszenario, (c) Simple-Konzept im Autobahn-Szenario; (d) AR-Konzept im Autobahn-Szenario.

Das prototypisch umgesetzte Anzeigekonzept wurde den Teilnehmenden in unterschiedlichen Darbietungsformen präsentiert: Das Konzept wurde zunächst als Videoausschnitt in unterschiedlichen Szenarienvarianten gezeigt. Die Beschreibung der jeweiligen Szenarien ist im Anhang F-1 aufgeführt. Zudem hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, die Anzeige mithilfe eines interaktiven Design-Prototyps zu erkunden.

Interaktiver Design-Prototyp (Klickprototyp)

Das Anzeigekonzept wurde den Teilnehmenden als interaktiver Prototyp (Klickprototyp) dargeboten. Dies ermöglichte es, den Teilnehmenden direkt mit dem Anzeigekonzept zu interagieren und die Bedienung auszuprobieren. Darüber hinaus konnten so mehr unterschiedliche Szenarien durch Standbilder umgesetzt werden.

Der Design-Prototyp wurde auf einem Windows Surface Pro 7 mit einem 12,3 Zoll Touchdisplay präsentiert. Der Prototyp basiert auf der Software Tappas und beinhaltet sowohl die in Kap. 8 beschriebenen Anzeigeelemente, als auch die dort beschriebenen Interaktions-

möglichkeiten (vgl. Abbildung 9-2). So konnten die Teilnehmenden ihre Informationsmenge direkt am Target anpassen, die Navigationsansicht variieren und sich die Minimalanzeige präsentieren lassen.

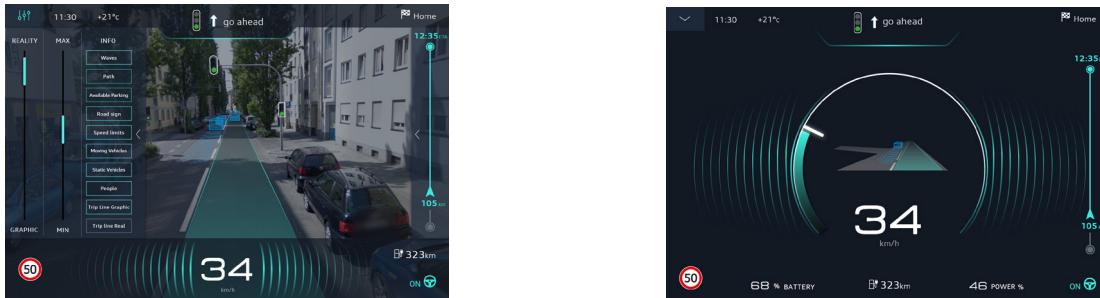


Abbildung 9-2 Bildausschnitt des Klickprototypen. Startkonfiguration (links) und Minimalanzeige (rechts).

Qualitative Methodik

Im Sinne des Mixed-Methode-Ansatzes wurde der explorativen Diskussion des Anzeigekonzeptes ein deutlich stärkeres Gewicht zu gemessen, als der quantitativen Datenerhebung, da es Ziel der Studie war, die Stärken und Schwächen des Konzeptes festzustellen und eine Basis für die Weiterentwicklung zu schaffen. Dafür wurde ein leitfadengestütztes Interview durchgeführt und mit quantitativen Methoden ergänzt. Der Leitfaden ist im elektronischen Anhang (vgl. Anhang A-4) einzusehen. Die thematischen Phasen und die jeweilige Methode sind in Tabelle 9-2 aufgeführt und werden im Folgenden erläutert.

Tabelle 9-2 Beschreibung der Methodik-Kombination im Interview zur Konzeptvalidierung (Q-2).

| Interview-Phase | Datenbasis | Methodik |
|--|--------------|--|
| Einleitung | Quant | Soziodemografische Daten, initiales Vertrauen, Technik Affinität |
| Einstimmung auf vollautomatisiertes Fahren | QUAL + quant | Interview LEMtool (Huisman et al., 2013) |
| Video-Konzept 1 | QUAL + quant | Interview LEMtool (Huisman et al., 2013) Schulnote |
| Video-Konzept 2 | QUAL + quant | Interview LEMtool (Huisman et al., 2013) Schulnote |
| Klickprototyp | QUAL + quant | Interview Usability-Aufgaben LEMtool (Huisman et al., 2013) Schulnote |
| Informationsbedarf | QUANT | Interview Informationsbedarf Erstkontakt & Experte Kano |
| Gesamtkonzept | qual + QUANT | VisAWI (Moshagen & Thielsch, 2010) UEQ (Laugwitz et al., 2008) Abschluss-Statement |

Ablauf des Interviews

Das Interview war folgendermaßen aufgebaut: Nach der Einführung und Erfassung der soziodemografischen Daten wurden die Teilnehmenden auf das Thema vollautomatisiertes Fahren eingestimmt (Phase „Einstimmung auf vollautomatisiertes Fahren“). Dazu wurden sie gefragt, was sie sich selbst unter vollautomatisiertem Fahren vorstellen können. Ihnen wurde dann der Zusammenschnitt von vollautomatisierten Fahr-Szenen präsentiert, der bereits in den Fokusgruppen (vgl. Kap. 4.2) zur Einstimmung auf vollautomatisiertes Fahren gezeigt wurde. Sie wurden zu ihrer Meinung dazu befragt und gebeten, auf Basis des LEMtools (vgl. „Quantitative Methoden“ unten) ihren emotionalen Zustand hinsichtlich des vollautomatisierten Fahrens zu beschreiben. Im nächsten Schritt wurde ihnen ein Video des Autobahn- oder Stadtszenarios (je Gruppe) ohne das jeweilige Anzeigekonzept gezeigt. Die Teilnehmenden wurden instruiert, sich vorzustellen, dass diese Fahrt ihre erste vollautomatisierte Fahrt sei. Sie wurden gebeten, die Informationen zu nennen, die sie während dieser ersten Fahrt benötigen würden.

Danach wurde ihnen dasselbe Fahrscenario mit dem Anzeigekonzept präsentiert (Phase „Video-Konzept 1“: „Simple“ bzw. AR). Sie wurden nun gebeten, dieses zu beschreiben und zu interpretieren. Darauffolgend konnten sie angeben, ob dieses Konzept sie in ihrem Erstkontakt unterstützt hätte. Außerdem sollten weitere für sie fehlende und hilfreiche Informationen genannt werden. Im Anschluss sollten sie das Konzept auf Basis von Schulnoten bewerten und die emotionale Reaktion auf das Konzept mittels Layere Emotion Measurement tool (LEMtool; Huisman et al., 2013, Erläuterungen s. unten) angeben. Daraufhin wurde ihnen das zweite Konzept präsentiert (Phase „Video-Konzept 2“) und dieselben Fragen diskutiert.

Im folgenden Teil wurde der Klickprototyp in den Vordergrund gestellt (Phase „Klickprototyp“). Zunächst erprobten die Teilnehmenden den Klickprototyp ohne Anweisungen. Dabei wurden sie gefragt, welche Informationen ihnen angezeigt würden, welche Inhalte sie nicht verstünden, welche Inhalte sie positiv bewerteten und welche ihnen negativ auffielen. Sie wurden dann gebeten, vier Usability-Aufgaben mit dem Klickprototypen zu erfüllen. Diese sollten sicherstellen, dass die Teilnehmenden alle Interaktionen kennenlernen.

- Umstellen der Ansicht auf ein abstraktes Bild.
- Das Hervorheben von Fußgängern abschalten.
- Auswählen eines Point of Interest.
- Auswahl der Minimalanzeige.

Im Anschluss sollten die Teilnehmenden auch dieses Konzept auf Basis von Schulnoten und des LEMtools bewerten.

In der Phase „Informationsbedarf“ wurden die Teilnehmenden zunächst gebeten, sich die Informationen des Anzeigekonzeptes so einzustellen, wie sie es bei ihrer ersten Fahrt benö-

tigen würden. Daran anschließend wurden sie gebeten, sich das Anzeigekonzept für eine Fahrt einzustellen, bei der sie bereits Erfahrung mit einem automatisierten System gesammelt hätten. Im Anschluss bewerteten sie die Einzelinformationen auf Basis der Kano-Methode im Paper-Pencil-Verfahren.

In der abschließenden Phase „Gesamtkonzept“ waren die Teilnehmenden angehalten, das Gesamtkonzept auf Basis von Fragebögen zu bewerten (s. unten). Zum Abschluss wurden sie gebeten, ein Abschlussstatement zu dem Anzeigekonzept zu formulieren.

Quantitative Methodik

Die quantitativen Methoden werden nun ebenfalls kurz erläutert. Da einige Fragebögen bereits in anderen Studien beschrieben wurden, wird an dieser Stelle nur auf die jeweiligen Abschnitte verwiesen. So wird die Erhebung der soziodemografischen Daten, der Technikaffinität und des initialen Vertrauens in vollautomatisiertes Fahren bereits in Kap. 3.4.1 beschrieben. Auch die Kano-Methode wurde bereits in Kap. 3.4.1 beschrieben. Zur Bewertung der Anzeigekonzepte wurden darüber hinaus die folgenden Erhebungsinstrumente verwendet. Die gesamte Fragebogenbatterie zur Validierung des Prototypen ist im elektronischen Anhang einzusehen (vgl. Anhang A-2).

Schulnoten

Zur Bewertung der Konzepte wurde auf Schulnoten zurückgegriffen. Die Teilnehmenden konnten den unterschiedlichen Konzeptausprägungen Schulnoten von 1 („sehr gut“) bis 6 („ungenügend“) geben.

Emotionale Reaktionen auf die Konzepte

Die Bewertung und Nutzung von Mensch-Computer-Schnittstellen kann durch emotionale Reaktionen beeinflusst werden (Kim et al., 2003). Um diese emotionalen Reaktionen auf die Anzeigekonzepte erheben zu können, wurde das Layere Emotion Measurement tool (LEMtool; Huisman et al., 2013) verwendet. Es besteht aus acht Bildern, die in unterschiedlichen Cartoon-Figuren vier positive und vier negative Emotionen darstellen. Die Emotionen werden durch Gesichtsausdrücke und Körperhaltung der abgebildeten Charaktere verdeutlicht. Die Charaktere sind in Abbildung 9-3 dargestellt. Die Teilnehmenden wurden nach jeder Konzeptdarstellung zu ihrem Empfinden im Hinblick auf das jeweilige Konzept befragt.



Abbildung 9-3 Die acht Charaktere des LEMtools (Huisman et al., 2013).

Visuelle Anmutung

Neben dem Inhalt und der Nutzbarkeit hat auch die Ästhetik einen Einfluss, sowohl auf den Ersteindruck eines interaktiven Systems als auch auf die erneute Verwendung des Sys-

tems (Thielsch, 2008). Um diese visuelle Anmutung zu erfassen, wurde das Visual Aesthetics of Websites Inventory (VisAWI; Moshagen & Thielsch, 2010) herangezogen. Es basiert auf der Annahme, dass Ästhetik als übergeordneter Faktor wahrgenommen wird. Die Ästhetik lässt sich in den folgenden vier Dimensionen zusammenfassen:

- *Einfachheit* beschreibt die Übersichtlichkeit und Strukturiertheit des Layouts.
- *Vielfalt* zeigt die Originalität und Dynamik des Systems auf.
- *Farbigkeit* umfasst die ästhetische Farbauswahl, -einsatz und -kombination.
- *Kunsthfertigkeit* bewertet die Aktualität, Durchdachtheit und Professionalität des Designs.

Der Fragebogen beinhaltet 18 Items, die jeweils Aussagen zu Gestaltungsmerkmalen repräsentieren. Diese werden auf einer siebenstufigen Skala (1 = „stimme gar nicht zu“ bis 7 = „stimme voll zu“) bewertet. In Tabelle 9-3 sind zwei Beispielitems abgebildet.

Tabelle 9-3 Beispielitems für den Fragebogen VisAWI.

| | Stimme gar nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme eher nicht zu | Neutral | Stimme eher zu | Stimme zu | Stimme voll zu |
|---|---------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Das Layout ist gut zu erfassen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Layout erscheint angenehm gegliedert. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Durch die Erfassung von $n = 5766$ Bewertungen zu $m = 162$ Websites wurde ein Benchmark festgelegt, der den Vergleich des eigenen Konzeptes zu diesem Benchmark ermöglicht. In Anhang F-2 sind die Werte aus allen Befragungen für die Bewertung von Informationskonzepten aufgeführt.

User Experience Questionnaire

Zu Erfassung der User Experience-Bewertung des Designprototypen wurde der User Experience Questionnaire (UEQ; Laugwitz et al., 2008) herangezogen. User Experience beschreibt die Wahrnehmung und Reaktion einer Person, die aus der tatsächlichen und/oder der erwarteten Benutzung eines Systems resultiert (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2019). Der UEQ erfasst dieses Konstrukt anhand von sechs Dimensionen.

- *Attraktivität* beschreibt den Gesamteindruck des Systems.
- *Effizienz* gibt an, ob die Nutzer eine Aufgabe durch das System erfolgreich erfüllen können.
- *Durchschaubarkeit* zeigt auf, ob das System einfach zu erlernen/zu verstehen ist.
- *Steuerbarkeit* weist darauf hin, ob das System einfach zu kontrollieren ist.
- *Stimulation und Originalität* verdeutlicht, ob die Nutzung des Systems motivierend ist.

Der Fragebogen hat 26 Items und liegt als semantisches Differenzial vor. Jedes Item besteht aus zwei gegensätzlichen Aussagen, die auf einer siebenstufigen Skala von -3 bis +3 bewertet werden. In Tabelle 9-4 sind Beispielitems abgebildet.

Tabelle 9-4 Beispielitems des User Experience Questionnaire.

| Das Anzeigekonzept für vollautomatisiertes Fahren ist... | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| unerfreulich | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | erfreulich |
| unverständlich | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | verständlich |

Der UEQ bietet zudem die Möglichkeit, die eigenen Ergebnisse an einem Benchmark zu messen. Der Benchmark wurde aus der Bewertung von $m = 246$ Produkten von insgesamt $n = 9905$ Teilnehmenden ermittelt. Daraus wurden fünf Kategorien gebildet, die die Interpretation der Ergebnisse erleichtern soll:

Exzellent: Das System liegt im Bereich der 10 % besten Ergebnisse. *Gut*: 10 % der Ergebnisse im Benchmark waren besser, 10 % waren schlechter. *Überdurchschnittlich*: Das bewertete System befindet sich zwischen 75 % und 75 % der Ergebnisse. *Unterdurchschnittlich*: Das System befindet sich zwischen 50 % besseren und 50 % schlechteren Bewertungen. *Schlecht*: Das System befindet sich unter den 25 % schlechten Resultaten.

Informationsbedarf

Der Informationsbedarf wurde in dieser Studie mit unterschiedlichen Methoden erhoben.

- Zu Beginn wurden die Teilnehmenden gefragt, welche (fahrbezogenen) Informationen sie in der Videodarstellung benötigen würden (vgl. Phase „Einstimmung auf das vollautomatisierte Fahren“). Diese freien Nennungen wurden durch Nennungshäufigkeiten erfasst.
- Die Teilnehmenden stellten sich am Klickprototypen ihr individuelles Anzeigekonzept für den Erstkontakt und für eine Fahrt mit mehr Erfahrung zusammen (vgl. Phase „Klickprototyp“). Auch hier wurden die Häufigkeiten der ausgewählten Informationen erfasst.
- Anhand der bereits in Kap. 3.1.4 vorgestellten Kano-Methode wurden die Einzelelemente des Konzeptes auf ihre Zufriedenstellung hin bewertet.

9.2.3 Versuchsumgebung

Die hier beschriebene Studie wurde in den Räumlichkeiten des Spiegel Instituts in Mannheim durchgeführt. Der Standort Mannheim bot den Vorteil, eine Teilnehmenden-Kohorte zu befragen, die keinem direkten Automobilbezug ausgesetzt ist.

Der Versuchsraum war mit einer Tischgruppe ausgestattet, an der die Befragung und Protokollierung durchgeführt werden konnten. Zur Aufnahme von Ton- und Bilddaten wurde eine Videokamera aufgestellt. Zur Diskussion der Prototypen war ein Monitor und ein Tablet (Windows Surface Pro) vorhanden.

9.2.4 Versuchsablauf

Die Versuche fanden vom 13.05. bis 16.05.2019, jeweils zwischen 8 und 19 Uhr statt. Pro Person dauerte der Versuch ca. 1 Stunde und wurde von einer Moderatorin geleitet. Das Gespräch wurde protokolliert und aufgezeichnet.

Die Teilnehmenden wurden zunächst begrüßt und in den Versuchsablauf eingeführt. Nachdem sie die Fragebögen zur Soziodemografie beantwortet hatten (ca. 5 Min), wurde das in Kap. 9.2.2 beschriebene Interview geführt (ca. 40 min). Nach dem Interview-Teil wurden die Teilnehmenden gebeten, die in Kap. 9.2.2 beschriebenen Fragebögen zur Bewertung der Konzepte zu beantworten (ca. 10 min). Zum Abschluss konnten die Teilnehmenden noch ein Abschluss-Statement zum vollautomatisierten Fahren und zum Konzept formulieren (ca. 5 min). Den Teilnehmenden wurde daraufhin für ihre Teilnahme gedankt, sie wurden verabschiedet und incentiviert.

9.2.5 Datenaufbereitung und -auswertung

Qualitative Daten

Die Interview-Protokolle lagen als Word-Dokumente vor. Um fehlende Passagen oder Unklarheiten im Protokoll auszuräumen, wurden die Tonaufnahmen verwendet und die Protokolle ergänzt. Die Protokolle wurden mittels MaxQDA Plus (VERBI Software, 2019) analysiert. Dabei wurden 19 Protokolle analysiert. 2 Protokolle mussten wegen unzureichender Protokollierung und Tonqualität ausgeschlossen werden.

Da in dieser Befragung spezifische Fragen und Themen zur Konzeptweiterentwicklung adressiert wurden, wurde hier die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) gewählt. Diese verbindet die deduktive und induktive Kategorienbildung. In einer ersten Phase wurden dazu grobe Hauptkategorien auf Basis des Interviewleitfadens gebildet. Im zweiten Schritt wurden diese Kategorien am Material weiterentwickelt und ausdifferenziert. Die Ergebnisse aus den Befragungen werden im Rahmen der Codings und ihrer Häufigkeiten vorgestellt und durch Zitate ergänzt. Alle Codings sind im Anhang F-4 mit Häufigkeiten aufgeführt.

Quantitative Daten

Die paper-pencil-basierten Fragebögen und quantitative Daten, die aus den qualitativen Analysen abgeleitet werden konnten, wurden mit Microsoft Excel aufbereitet und dort sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch ausgewertet.

Daten, die im Rahmen der Interviews erhoben wurden, basieren auf Häufigkeiten oder kategorialen Daten. Sie wurden daher anhand nicht-parametrischen Verfahren analysiert. Hier wurde ein Wahrscheinlichkeitsniveau von $\alpha < .05$ angesetzt.

Die Daten, die aus standardisierten Fragebögen erhoben wurden, wurden entweder deskriptiv mittels Häufigkeiten (Kano-Fragebogen, vgl. Kap. 3.4.3) oder auf Mittelwertsunterschiede hin analysiert (VisAWI und UEQ). Um Vergleiche zwischen den Benchmark-

Werten des VisAWI und der eigenen Stichprobe anstellen zu können, wurde auf den Einstichproben t-Test zurückgegriffen.

9.2.6 Stichprobe

An dieser Studie nahmen insgesamt $N = 21$ Personen teil: $n = 13$ männliche Teilnehmende (61.9 %) und $n = 8$ weibliche Teilnehmende (38.1 %). Das mittlere Alter betrug 39.23 Jahre ($SD = 11.32$ Jahre). Die Teilnehmenden besaßen ihren Führerschein im Mittel seit 21.10 Jahren ($SD = 11.73$ Jahre). $N = 12$ (57.1 %) der Teilnehmenden äußerten, dass sie gerne Beifahrer seien, $n = 9$ (42.9 %) erklärten, dass sie ungern auf dem Beifahrersitz mitfahren. Die Absicht, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, bestätigten $n = 15$ (71.4 %). $N = 4$ (19.0 %) würden vollautomatisiertes Fahren hingegen nicht nutzen. $N = 2$ Personen beantworteten dieses Item nicht. Die Teilnehmenden stufen sich im Durchschnitt als eher technisch affin ein ($M = 3.86$, $SD = 0.93$; Skala 1-5) und zeigten mittleres initiales Vertrauen in das vollautomatisierte Fahren ($M = 4.77$, $SD = 1.44$; Skala 1-7).

Die Rekrutierung der Teilnehmenden wurde durch eine Agentur unterstützt. Die Teilnehmenden erhielten ein Teilnahme-Incentive.

9.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interview-Studie zur Validierung des Anzeigekonzeptes dargestellt. Dafür wird zunächst die Einstellung und Bewertung des vollautomatisierten Fahrens der Teilnehmenden berichtet (vgl. Kap. 9.3.1). Danach wird die Bewertung der Einzelkonzepte, sowie die Gesamtbewertung erläutert (vgl. Kap. 9.3.2). Die Ergebnisse werden durch die Bewertung der Konzeptelemente tiefer gelegt und durch die Ergebnisse der Usability-Aufgaben (vgl. Kap. 9.3.3) ergänzt. Abschließend wird auf den erfassten Informationsbedarf eingegangen (vgl. Kap. 9.3.4).

9.3.1 Einstellung zum und Bewertung des vollautomatisierten Fahrens

Zunächst werden die Teilnehmenden nach ihren Einstellungen und einer Bewertung zum vollautomatisierten Fahren befragt (51 Codings). Die Teilnehmenden stehen dem vollautomatisierten Fahren skeptisch gegenüber ($n = 21$ Codes). Das wird insbesondere mit der noch nicht ausgereiften Technik ($n = 9$ Codes) und die Abgabe der Kontrolle ($n = 6$ Codes) begründet. Die Teilnehmenden äußern dennoch grundsätzliche Neugierde ($n = 3$ Codings) oder die Bereitschaft ein vollautomatisiertes Fahrzeug zu nutzen ($n = 23$ Codings), denn es werden insbesondere in Bezug auf die Sicherheit und Erleichterung im Alltag (je $n = 2$ Codings) Vorteile gesehen. Auf die Frage, unter welcher Bedingung sie das vollautomatisierte Fahren nutzen würden, antworten sie, dass die Technik sicher und zuverlässig funktionieren müsse ($n = 3$) und, dass sie Vertrauen in das System aufbauen müssten (z. B. durch eine Probefahrt; $n = 13$).

Der emotionale Zustand, den die Teilnehmenden in Hinblick auf das vollautomatisierte Fahren empfinden, ist in Abbildung 9-4 abgebildet. 82.61 % der Teilnehmenden empfin-

den positive Emotionen im Hinblick auf die vollautomatisierte Fahrt. Ein Teilnehmender, der Faszination angab, sagte: „Wenn es die Möglichkeit gäbe, würde ich es sofort nutzen“ (TN 02). Negative Emotionen äußern 17.39 % der Teilnehmenden. Ein Teilnehmender, der Unzufriedenheit angab, sagte: „Ich glaube, da ist kein Verlass drauf!“ (TN 06).

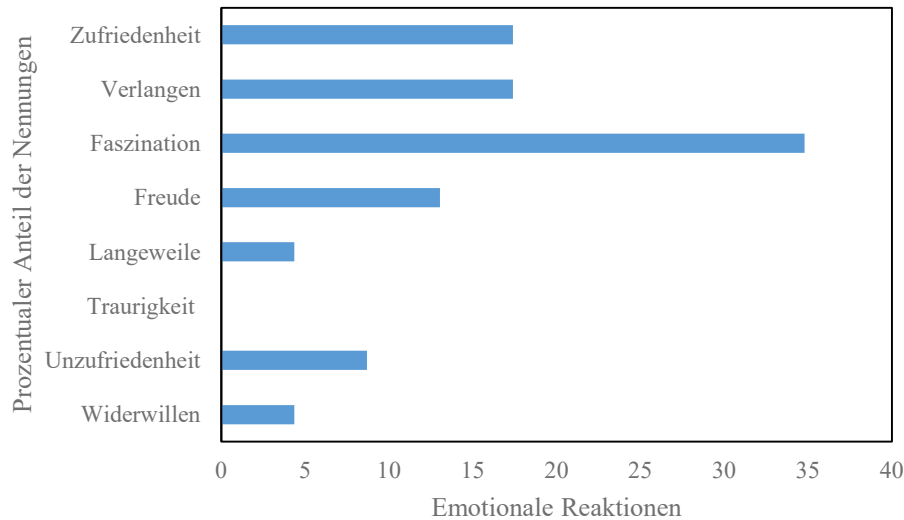


Abbildung 9-4 Ergebnisse der Bewertung der emotionalen Reaktion bezüglich des vollautomatisierten Fahrens (LEMtool). Angabe des prozentualen Anteils der Nennungen der jeweiligen Emotion.

9.3.2 Bewertung der Konzepte & Gesamtbewertung

Nach Einführung in die Thematik des vollautomatisierten Fahrens wurden den Teilnehmenden, die Anzeigeconceptvarianten im Rahmen von Videos vorgestellt und sie um eine Beschreibung und Bewertung der Konzepte gebeten. Im Folgenden wird zunächst kurz auf die Bewertung der Konzepte (Simple-, AR-Konzept, Klickprototyp) eingegangen. Danach wird die Gesamtbewertung dargestellt.

Bewertung der Konzepte

Die Bewertung der Konzepte umfasst 31 Codings. Diese werden in positive und negative Äußerungen unterteilt. Das „Simple“-Konzept wird in $n = 9$ Statements positiv bewertet, dabei wird das richtige Maß der Informationsdichte hervorgehoben. In $n = 4$ Codings wird das Konzept kritisiert. Beim „AR“-Konzept bewerten $n = 11$ Statements das Konzept positiv, $n = 6$ äußerten sich negativ. Da das Konzept mit zu vielen Informationen überladen sei: „Viel zu viele Informationen. Ist zwar schön, zu sehen, dass da der Fußgänger ist und wo er hinläuft, aber [das] kommt mir vor, als würde ich die gesamte Programmierung des Fahrzeugs sehen. Das würde mich persönlich jetzt überfordern.“ (TN 11). Zur Gesamtbewertung wird sich grundsätzlich positiv geäußert ($n = 12$). Das Konzept vermittele Vertrauen in die Automation ($n = 11$) und trage zur Nutzungsbereitschaft bei ($n = 5$). In $n = 7$ Codings wird darauf hingewiesen, dass das Konzept für den Anfang geeignet sei, um Vertrauen aufzubauen, dass aber mit wachsender Erfahrung eine Reduktion der Informationen anzustreben sei.

Konzeptbewertung in Schulnoten

Insgesamt werden alle drei Konzepte mit „gut“ bewertet. Das Simple-Konzept wird mit $M = 2.29$, $SD = 0.70$ bewertet, das AR-Konzept mit $M = 2.33$, $SD = 1.05$ und der Klickprototyp mit $M = 2.09$, $SD = 0.79$.

Um festzustellen, ob sich die Konzepte in ihren Schulnoten-Bewertungen unterscheiden, wird die Friedmann-ANOVA herangezogen. Dafür werden die folgenden mittleren Ränge verglichen: Das Simple-Konzept hat einen mittleren Rang von 2.07, das AR-Konzept hat einen mittleren Rang von 2.25 und der Klickprototyp hat einen mittleren Rang von 1.68. Dabei unterscheiden sich die Konzeptbewertungen nicht statistisch signifikant voneinander ($\chi^2_{F(2)} = 3.436$, $p = .179$).

Emotionale Reaktion auf die Konzepte

Der emotionale Zustand im Hinblick auf das jeweilige Konzept ist in Abbildung 9-5 dargestellt. Es sind die prozentualen Anteile der gewählten Emotionen angegeben. Es zeigt sich, dass Freude und Zufriedenheit über alle Konzepte hinweg überwiegen. Der Klickprototyp löst darüber hinaus Verlangen aus.

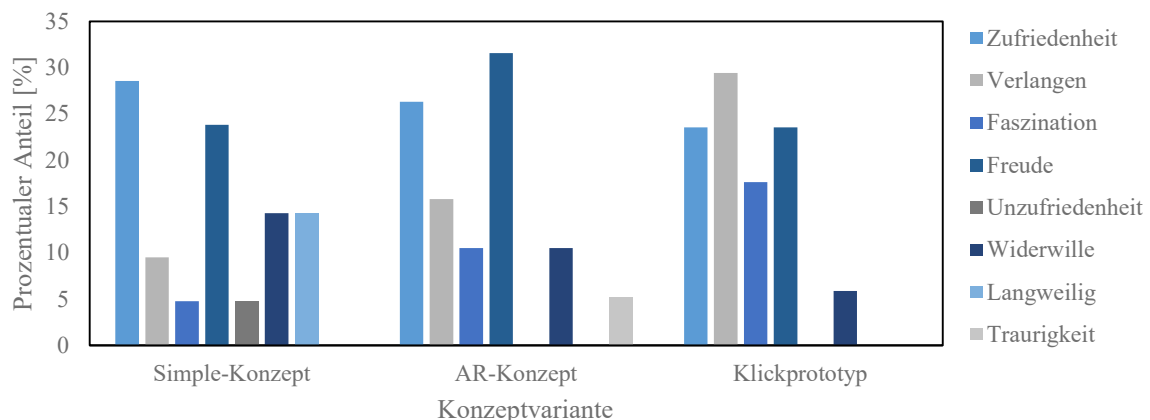


Abbildung 9-5 Ergebnisse der Bewertung emotionalen Reaktionen (LEMtool) auf die Anzeigeconzepte. Abgebildet ist der prozentuale Anteil der Nennungen der Emotion auf die jeweilige Konzeptvariante.

Die Charaktere *Zufriedenheit*, *Verlangen*, *Faszination* und *Freude* können dabei als positive Affekte angesehen werden, die Charaktere *Langeweile*, *Traurigkeit*, *Unzufriedenheit* und *Widerwille* als negative Affekte. Daraus ergeben sich die Häufigkeiten, die in Tabelle 9-5 einzusehen sind. Im Vergleich der Werte auf Basis des Cochran-Q-Tests zeigt sich, dass sich die emotionalen Reaktionen zwischen den Konzepten statistisch signifikant unterscheiden ($Q(2) = 6.889$, $p = .032$). In der Betrachtung der Einzelvergleiche (Fleiss, 1981) zeigt sich, dass sich die Bewertung des Simple-Konzepts statistisch signifikant von der Bewertung des Klickprototypen unterscheidet ($p = .041$; Bonferroni-Holm-Korrektur), der Klickprototyp somit deutlich positivere Emotionen hervorruft als das Simple-Konzept. Das Simple - Konzept unterscheidet sich jedoch nicht signifikant vom AR-Konzept ($p = .082$), und auch AR-Konzept und Klickprototyp unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($p = .683$) in ihrer Auswirkung auf emotionale Reaktionen.

Tabelle 9-5 Häufigkeiten der Konzeptbewertungen, aufgeteilt in positive und negative Reaktionen auf das jeweilige Konzept.

| Konzeptvariante | Positive Affekte | Negative Affekte |
|-----------------|------------------|------------------|
| Simple-Konzept | 10 | 7 |
| AR-Konzept | 15 | 2 |
| Klickprototyp | 16 | 1 |

Anmerkung: Positive Affekte: Zufriedenheit, Verlangen, Faszination, Freude.
Negative Affekte: Langeweile, Traurigkeit, Unzufriedenheit und Widerwille.

User Experience- Bewertung des Konzeptes

Die Ergebnisse der User Experience Bewertung des Gesamtkonzeptes sind in Abbildung 9-6 abgetragen. Attraktivität ($M = 1.70$, $SD = 0.70$), Durchschaubarkeit ($M = 1.76$, $SD = 0.81$), Effizienz ($M = 1.61$, $SD = 0.80$), Steuerbarkeit ($M = 1.57$, $SD = 0.72$) und Originalität ($M = 1.21$, $SD = 1.13$) werden dabei als „gut“ klassifiziert. Hinsichtlich Stimulation ($M = 1.29$, $SD = 1.09$) liegt das Konzept leicht oberhalb des Mittelwertes.

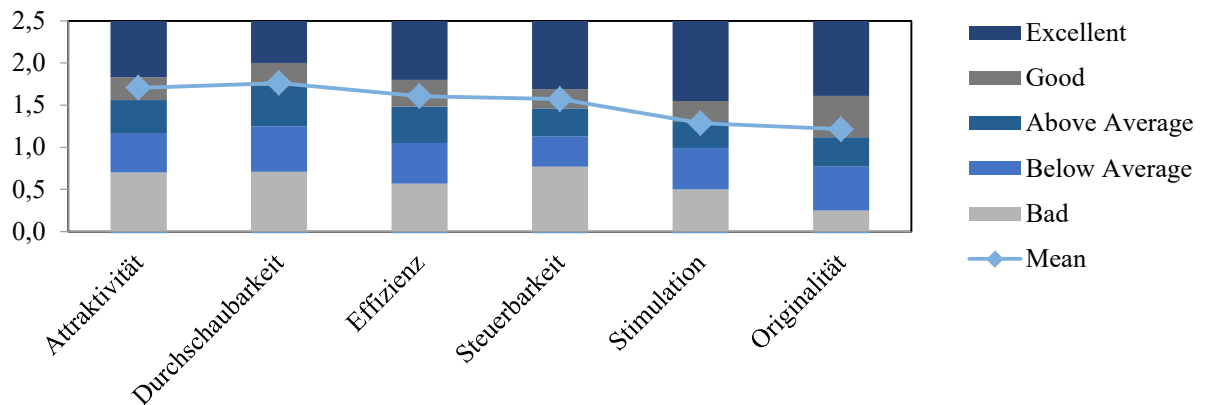


Abbildung 9-6 Ergebnisse des User Experience Questionnaire und deren Einordnung in Vergleichswerte.

Visuelle Gestaltung

In Hinblick auf die visuelle Gestaltung wird das Anzeigekonzept insgesamt als „gut“ bewertet ($M = 5.41$, $SD = 0.77$). Die Kennwerte der Einzelskalen können in Tabelle 9-6 eingesehen werden.

Der VisAWI bietet die Möglichkeit, das eigene Produkt mit einem Benchmark-Wert zu vergleichen. Wie in Abschnitt 9.2.2 beschrieben, wird hier der Benchmark für Informationssysteme herangezogen. Auf Basis des Einstichproben-t-Tests zeigt sich, dass sowohl der Gesamtwert des Konzeptes als auch die Einzelskalen deutlich besser bewertet werden als sonstige Informationssysteme.

Tabelle 9-6 Ergebnisse der Bewertung der visuellen Gestaltung des Anzeigeconzeptes im Vergleich zum Benchmark.

| Faktor | Prototyp | | Benchmark | | <i>t</i> -Wert | <i>p</i> |
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | | |
| Einfachheit | 5.59 | 0.78 | 4.33 | 1.41 | 7.403** | .000 |
| Vielseitigkeit | 5.05 | 1.30 | 3.35 | 1.35 | 5.974** | .000 |
| Farbigkeit | 5.04 | 1.17 | 4.28 | 1.61 | 2.973* | .000 |
| Kunsthfertigkeit | 5.89 | 0.88 | 4.34 | 1.47 | 8.067** | .008 |
| Gesamtwert | 5.41 | 0.77 | 4.08 | 1.26 | 7.899** | .000 |

Anmerkung: Vergleich mit Einstichproben-t-Test. $t_{crit} = 2.086$.
 $p < .05$; ** $p < .001$. α -Fehler Korrektur nach Bonferroni.

Abschlussstatements

In den Abschlussstatements hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, ihre Eindrücke des Konzeptes zusammenzufassen. Alle Abschlussstatements sind im Anhang F-6 aufgeführt. Exemplarisch werden hier drei Statements aufgeführt.

- „Ich bin gespannt, was kommt und ich wünsche mir ein Lenkrad, auch wenn es nicht bewegt wird.“ (TN 17)
- „Ich finde das Konzept nicht schlecht, es hat das Grobe, was man braucht, aber auch viel Schnickschnack. Insgesamt finde ich es nicht schlecht, aber ausbaufähig. Ich weiß nicht, ob ich mich jetzt sofort in ein voll automatisiertes Fahrzeug setzen würde. Ich bräuchte einen langsamen schrittweisen Übergang, um mich daran zu gewöhnen.“ (TN 10)
- „Ich finde das System fantastisch für den Anfang des automatisierten Fahrens, später würde ich es nicht mehr benötigen. Aber um sicher zu werden, finde ich es sehr gut.“ (TN 09)

9.3.3 Verständlichkeit und Nutzbarkeit des Konzeptes

Bewertung der einzelnen Konzeptelemente

Die Bewertung der Konzeptelemente ($n = 178$ Codings) wird auf Basis der Anzeigeebenen (Bahnführungsebene, Navigationsebene, Stabilisierungsebene und Individualisierung) kategorisiert. Die Code-Übersicht ist im Anhang F-4 einzusehen. Mit dem Ziel der Verbesserung der Anzeige werden für jeden Bereich Äußerungen der Teilnehmenden protokolliert und codiert, welche die Konzeptelemente als negativ oder positiv hervorheben.

Auf **Bahnführungsebene** ($n = 71$) wird besonders die *Detektion der Fußgänger* ($n = 16$) und der *Fahrzeuge* ($n = 5$) als positiv bewertet. Dabei sei es notwendig, die Konsequenzen der Erkennung zu verstehen, d. h., ob das Fahrzeug beispielsweise wegen des erkannten Fußgängers bremse. Ein Teilnehmender äußert: „Das ist ja wie das Hirn des Computers“ (TN 20). Negative Äußerungen zur *Detektion* ($n = 12$) bemängeln die Darstellung der Detektion in Form der blauen Kästen. Diese seien „zu klobig“ (vgl. TN 04).

Auf **Navigationsebene** ($n = 18$) wird die Anzeige der *Zeit und Distanz bis zum Ziel* ($n = 8$) explizit als positiv hervorgehoben. Auch die *Anzeige von PoIs* wird als besonders gut befunden ($n = 7$).

Auf der **Stabilisierungsebene** ($n = 53$) werden die Anzeige des *nächsten Manövers* bzw. der *Erläuterung des Manövers* $n = 10$ als positives Element genannt. Negativ bewertet wird hauptsächlich die *Dynamikvisualisierung* ($n = 25$ Codings). Sie wird von $n = 17$ nicht verstanden oder als überflüssig angesehen.

Auf **Individualisierungsebene** ($n = 7$) werden die *individuellen Einstellungsmöglichkeiten* der Informationen als besonders positiv hervorgehoben ($n = 6$) und von einem Teilnehmenden folgendermaßen in Worte gefasst „Ich fände es immer cool und witzig, wenn ich eigene Sachen mit aufnehmen oder rauswerfen kann – dann habe ich auch während der Fahrt etwas zu tun, wenn ich schon nicht selbst fahre.“ (TN 01).

Zusätzlich zu der Bewertung der einzelnen Ebenen werden auch **Verbesserungsvorschläge** der Teilnehmenden erfasst. Es sind insgesamt $n = 29$ Verbesserungsvorschläge protokolliert und im Anhang F-3 zusammengefasst.

Nutzbarkeit des Anzeigeconzeptes

Um alle Interaktionsmöglichkeiten kennenzulernen und um zu überprüfen, ob diese nutzbar sind, sollten die Teilnehmenden vier Usability-Aufgaben lösen. Die Aufgabenerfüllung ist in Abbildung 9-7 dargestellt.

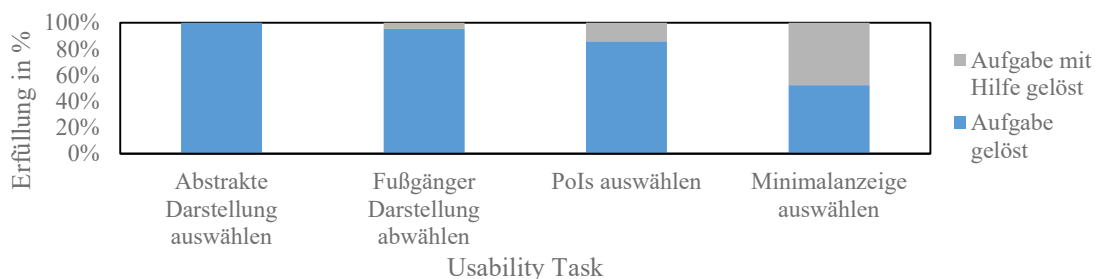


Abbildung 9-7 Darstellung der Erfüllung der Usability-Tasks.

Die Aufgabe „Abstrakte Darstellung auswählen“ wird von allen Teilnehmenden gelöst. $N = 18$ präferieren das Realbild, $n = 2$ Teilnehmende präferieren die abstrakte Darstellung und $n = 1$ die Mischvariante.

Die Aufgabe „Fußgänger-Darstellung abwählen“ wird von fast allen Teilnehmenden ($n = 20$) erfüllt. Die Möglichkeit, die Anzeige zu individualisieren und auch situationsspezifisch anpassen zu können, wird grundsätzlich positiv angenommen: „Ich würde es unterschiedlich einstellen, [je nachdem,] ob ich auf der Autobahn oder in der Stadt fahre.“ (TN 18).

Die Aufgabe „PoIs auswählen“ wird von $n = 18$ Teilnehmende ohne Hilfe gelöst. Die Anzeige von PoIs (wie z. B. Tankstelle) werden als besonders positiv hervorgehoben.

Die Aufgabe „Auswahl der Minimalanzeige“ wird von $n = 11$ Teilnehmende selbstständig gelöst. Die Realbildanzeige wird gegenüber der Minimalanzeige bevorzugt ($n = 19$). „Die reine Geschwindigkeitsanzeige mag ich nicht, da würde ich mich nicht wohlfühlen“ (TN 16). $N = 3$ Teilnehmende räumen aber ein, dass eine reduzierte Darstellung mit zunehmender Erfahrung und der Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten sinnvoll wäre. „Auf der Autobahn wäre die reduzierte Ansicht vielleicht besser, da brauche ich nicht so viele Informationen.“ (TN 21).

9.3.4 Informationsbewertung

Spontaner Informationsbedarf

Auf die Frage, welche Informationen bei der ersten vollautomatisierten Fahrt benötigt würden, um sich „sicher und gut aufgehoben“ zu fühlen, wird am häufigsten die Geschwindigkeit ($n = 12$) genannt. Darauf folgt die Erkennung anderer Fahrzeuge ($n = 9$), Erläuterungen zum Fahrverlauf ($n = 7$) sowie Navigationsinformationen ($n = 6$; Mehrfachnennungen waren möglich). Weitere Informationen wurden nur vereinzelt genannt (vgl. Abbildung 9-8).

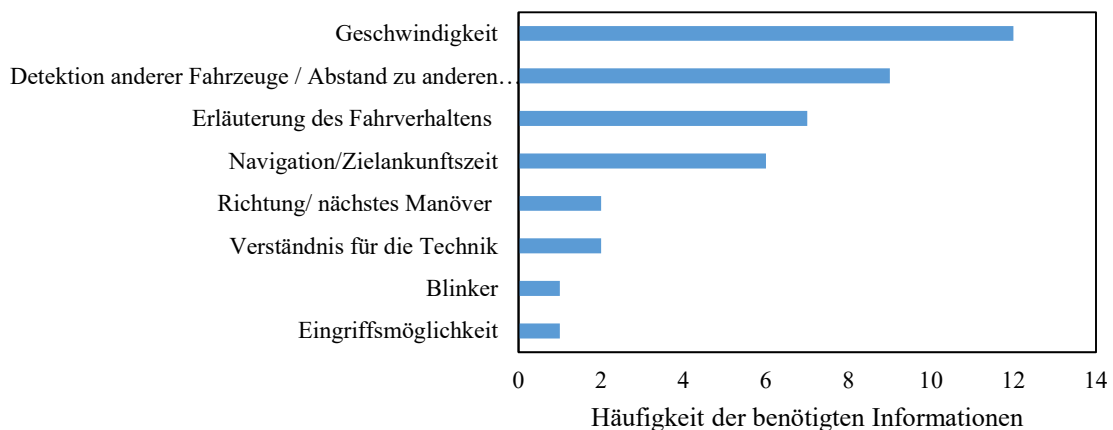


Abbildung 9-8 Spontaner Informationsbedarf beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren.

Selbst eingestellter Informationsbedarf

Um herauszufinden, welche Informationen die Teilnehmenden während der Fahrt benötigen, wurden sie gebeten, auf dem Klickprototypen ihr individuelles Anzeigekonzept zusammenzustellen.

Die Informationen, die für die erste vollautomatisierte Fahrt zusammengestellt wurden, sind Abbildung 9-9 (blau) dargestellt. Insbesondere der *eigene Fahrweg* und die *Erkennung von Verkehrszeichen* sind für je 90,48 % Teilnehmende wichtige Informationen. Insgesamt wird die Anzeige aller Informationen mit Ausnahme der *Anzeige stehender Fahrzeuge* (42,86 %) von über der Hälfte der Teilnehmenden ausgewählt.

Die Informationen, die für ein Anzeigekonzept notwendig sind, wenn bereits Erfahrung mit dem System gesammelt wurde, sind ebenfalls in Abbildung 9-9 aufgeführt (grau). Es

fällt auf, dass bei der Fahrt als Experte lediglich das Hervorheben von *Verkehrszeichen*, *Personen* und der *Fahrweg* noch von über 50 % der Teilnehmenden beibehalten wird. Der Informationsbedarf in allen Kategorien nimmt aus der Sicht eines erfahreneren Fahrers ab.

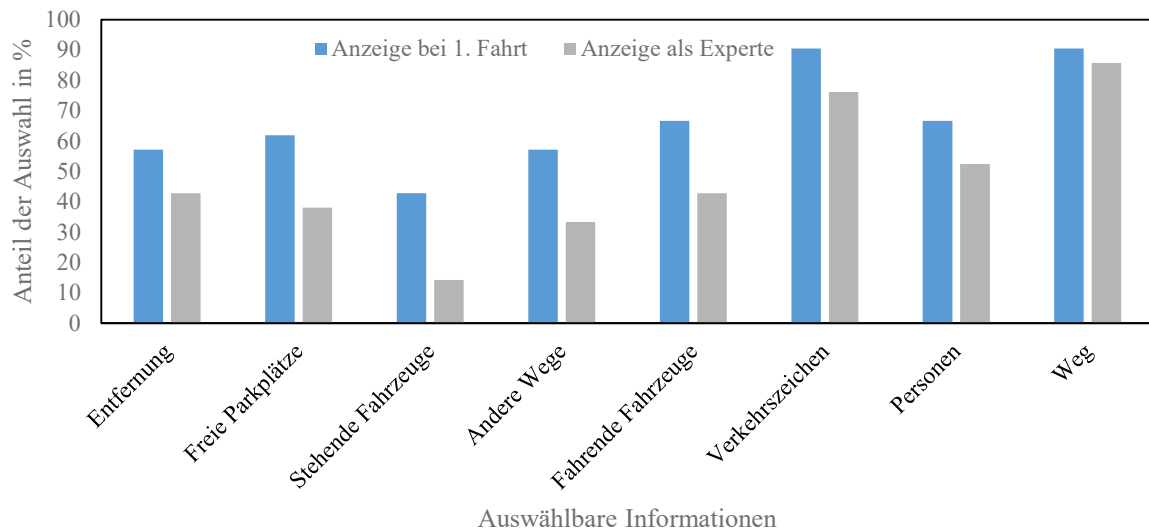


Abbildung 9-9 Anteil der ausgewählten Informationen am Klick-Prototypen. Vergleich der Anzeige für die erste vollautomatisierte Fahrt und eine Fahrt mit mehr Erfahrung (als Experte).

Informationsbedarf anhand der Kano-Methode

Die Einzel-Informationen des Anzeigekonzeptes wurden mittels Kano-Methode (Kano et al., 1984) bewertet. In der nun vorgestellten Studie wurden die Informationen, die im Anzeigekonzept gezeigt wurden, als Bildausschnitt mit zugehörigem Text präsentiert (die Zuordnung aller Merkmale ist im Anhang F-7 einzusehen).

Die Ergebnisse der Zuordnung zu erheblichen Kategorien sind in Tabelle 9-7 abgebildet. Dabei zeigt sich, dass 100 % der Teilnehmenden die Geschwindigkeit als wichtiges Basismerkmal ansehen. Das Fehlen dieser Basisinformation würde zu deutlicher Unzufriedenheit führen ($CS^- = -1.0$). Auch *Warnungen*, *der eigene Fahrweg*, *Kraftstoffstand*, *erkannte Verkehrszeichen*, das *Navigationsziel* und *Zeit und Distanz bis zum Ziel* werden mit einer totalen Stärke von $\geq 80\%$ als wichtige Basismerkmale festgelegt.

Die Teilnehmenden bewerten nun auch die Interaktionsmöglichkeiten mit dem System. Die *Möglichkeit, die Routenansicht zu ändern* wird als Basismerkmal klassifiziert. Als Zufriedenheitsfördernde Merkmale werden die *Möglichkeit, die Informationsmenge anzupassen* ($CS^+ = 0.58$) und die *Möglichkeit, einzelne Informationen auszuwählen* ($CS^+ = 0.70$) als eindeutige Leistungsmerkmale festgelegt.

Als weiteres Leistungsmerkmal wird der *nächste Navigationsschritt* klassifiziert. Auch die *Anzeige freier Parkplätze* wird nach Anwendung der ersten Entscheidungsregel als Leistungsmerkmal festgelegt. Die niedrige totale Stärke (55.00 %) und die nicht eindeutige Kategorienzuordnung (<6 %) spiegeln hier deutlich die Rückmeldung der Teilnehmenden wider, die darauf hinweisen, dass die Anzeige der freien Parkplätze nur relevant ist, wenn tatsächlich ein Parkplatz gesucht würde.

Tabelle 9-7 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (Q-2).

| Informationen | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitsstiftung | |
|---|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke (%) | Totale Stärke (%) | CS+ | CS- |
| Position | M | 35.00 | 70.00 | 0.17 | -0.72 |
| Geschwindigkeit | M | 30.00 | 100.00 | 0.35 | -1.00 |
| Warnungen | M | 15.00 | 85.00 | 0.40 | -0.75 |
| Fahrweg | M | 10.00 | 80.00 | 0.40 | -0.70 |
| Beachtete Geschwindigkeitsbegrenzung | M | 15.00 | 65.00 | 0.21 | -0.68 |
| Kraftstoffstand | M | 40.00 | 80.00 | 0.20 | -0.80 |
| Nächstes Manöver | M | 20.00 | 75.00 | 0.30 | -0.65 |
| Aktuelle Uhrzeit | M ^a | 0.00 | 60.00 | 0.20 | -0.60 |
| Erkannte Verkehrszeichen | M | 15.00 | 80.00 | 0.37 | -0.79 |
| Navigations-Ziel | M | 40.00 | 80.00 | 0.20 | -0.75 |
| Richtgeschwindigkeit | M | 20.00 | 75.00 | 0.32 | -0.74 |
| Zeit und Distanz Ziel | M | 40.00 | 90.00 | 0.25 | -0.90 |
| Darstellung anderer Verkehrsteilnehmender | M | 10.00 | 55.00 | 0.21 | -0.79 |
| Systemstatus | M | 15.00 | 65.00 | 0.28 | -0.67 |
| Möglichkeit, Routenansicht zu ändern | M ^b | 0.00 | 65.00 | 0.42 | -0.58 |
| Möglichkeit, Informationen auszuwählen | O | 20.00 | 80.00 | 0.70 | -0.55 |
| Freie Parkplätze | O ^a | 0.00 | 55.00 | 0.50 | -0.50 |
| Möglichkeit, Infomenge anzupassen | O | 15.00 | 80.00 | 0.58 | -0.68 |
| Nächster Navigationsschritt | O | 20.00 | 75.00 | 0.50 | -0.70 |

Anmerkung: M = Basismerkmal, O = Leistungsmerkmal.

^a = Anwendung der ersten Entscheidungsregel bei nicht eindeutiger Zuordnung: Wenn $(M + A + O) > (I + Q + R)$, dann wähle das Maximum von M, A oder O.

^b = Anwendung der zweiten Entscheidungsregel bei geringfügigen Unterschieden zwischen Zuordnungen: $M > O > A > I$.

9.4 Diskussion & Ableitung

Diese Datenerhebung hatte zum Ziel, das in Kap. 8 vorgestellte Anzeigekonzept qualitativ und quantitativ zu validieren, um frühzeitig Stärken und Schwächen des Konzeptes aufzudecken und anpassen zu können. Die Ergebnisse werden in Kap. 9.4.1 zusammengefasst, in Kap. 9.4.2 kritisch betrachtet und in Kap. 9.4.3 zu Ableitungen für ein Anzeigekonzept umgesetzt.

9.4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Voreinstellung

Die Teilnehmenden stehen dem vollautomatisierten Fahren zunächst skeptisch gegenüber. Sie sehen zwar die Vorteile hinsichtlich Sicherheit und Entlastung, haben aber Sorgen bezüglich der Zuverlässigkeit der Technik. Die Befunde decken sich mit diversen Befragungen im In- und Ausland (vgl. u. a. Kyriakidis et al., 2017; Müller et al., 2017), sowie den Ergebnissen aus den Fokusgruppen (Q-2, Kap. 4). Ein Teilnehmender bemerkte, es müsse zunächst Vertrauen in das System aufgebaut werden (z. B. durch eine Probefahrt), um tatsächlich in ein solches Fahrzeug einzusteigen. Damit wird deutlich, wie wichtig eine adäquate Gestaltung des Erstkontaktes ist, um die Nutzungsbereitschaft sicherzustellen (vgl. dazu Dai et al., 2020; Gold et al., 2015; Young & Stanton, 2004). Trotz alledem ist die vorherrschende Emotion in Bezug auf das vollautomatisierte Fahren „Faszination“, welche eine Offenheit und Neugierde zur Nutzung impliziert. Dementsprechend wichtig ist es, den Erstkontakt in den Fokus der Entwicklung zu nehmen und auf diese Faszination aufzubauen.

Konzeptbewertung

Den Teilnehmenden wurden drei Konzepte vorgestellt. Im direkten Vergleich standen Simple- und AR-Konzept. Diese wurden den Nutzern in kurzen Videos präsentiert. Beide Konzepte werden „gut“ (Note 2) bewertet.

Das „Simple“-Konzept wird durch die klare Verständlichkeit und Simplizität für gut befunden, da sie den Nutzer nicht überfordert und ihm dennoch alles Notwendige vermittelt. Das Konzept löst vorrangig Zufriedenheit und Freude bei den Teilnehmenden aus. Das AR-Konzept hingegen bietet die Möglichkeit zu verstehen, wie das System funktioniert. Es unterstützt also den Aufbau eines mentalen Modells und trägt damit zum Vertrauensaufbau und zur Akzeptanz bei (vgl. Beggiato, Hartwich et al., 2015; Simon, 2005; Wiegand et al., 2019). Auch dieses Konzept löste vorrangig Freude und Zufriedenheit aus.

Der Klickprototyp als das dritte Konzept steht nicht im direkten Vergleich zu den anderen beiden Konzepten, da er als interaktiver Prototyp die Interaktionsmöglichkeit und die optimale Umsetzung verschiedener Situationsdarstellungen ermöglicht. Dieser Prototyp löst vorrangig Verlangen in den Teilnehmenden aus, aber auch Freude und Zufriedenheit. Insbesondere die Möglichkeit der Individualisierung überzeugten bei diesem Konzept.

Der Klickprototyp wird hinsichtlich seiner User Experience gut bewertet. Hinsichtlich Stimulation (vergleichbar mit hedonischer Qualität) liegen die Ergebnisse leicht oberhalb des Mittelwertes und bieten so Optimierungsmöglichkeiten, um die Identitätsstiftung und Stimulation noch zu verbessern.

Die visuelle Gestaltung wird deutlich besser bewertet als vergleichbare Informationssysteme. Das kann besonders darauf zurückzuführen sein, dass Informationssysteme bisher weniger ästhetische als funktionale und ergonomische Aspekte bedienen mussten. Diese Anforderungen verändern sich mit dem Wandel der Fahrerrolle. Durch den Wegfall der

Fahraufgabe haben Nutzer mehr verfügbare Zeit, um sich auch mit der Gestaltung der Anzeige auseinanderzusetzen. Durch eine ansprechende Gestaltung kann die Ästhetik und hedonische Bewertung gesteigert werden (vgl. Hassenzahl, 2004).

Informationsbedarf und Informationsumsetzung

Bezüglich der Informationsbedarfe wurde bereits in den vorhergehenden Studien die „Holy Trinity“ (Diels & Thompson, 2017) aus *Situationsbewusstsein, Verhaltensbewusstsein und Modusbewusstsein* diskutiert (vgl. R-1, R-2 und R-3). Auch in dieser Befragung wird deutlich, dass sich die von den Teilnehmenden als am wichtigsten klassifizierte Informationen dieser Trinität zuordnen lassen.

Wie in den vorhergehenden Studien wird die Geschwindigkeit eindeutig als Basismerkmal festgelegt. Sie vermittelt dem Nutzer, wie sich das System verhält. Das Fehlen dieser Information würde zu starker Unzufriedenheit führen (vgl. Ergebnisse der Kano-Auswertung). Weitere Informationen, die der Nachvollziehbarkeit des Fahrverhaltens dienen, sind *Erläuterungen zum Fahrtverlauf* (vgl. freie Nennung der Informationen vor der ersten Fahrt), bzw. *dem nächsten Manöver und dem eigenen Fahrweg* (vgl. Kano, Informationseinstellung) sowie Navigationsinformationen, z. B.: *nächster Navigationsschritt* und *Fahrtziel* (vgl. frei Nennungen, Kano) und beachtete *Geschwindigkeitsbegrenzungen* und *Richtgeschwindigkeit* (vgl. Kano). Des Weiteren werden die folgenden Informationen als notwendig für den Erstkontakt festgehalten: die *Erkennung anderer Fahrzeuge* (vgl. freie Nennungen, Kano), *eigene Position, Warnungen, Kraftstoffstand, aktuelle Uhrzeit, erkannte Verkehrszeichen, freie Parkplätze, Zeit und Distanz bis zum Ziel* (vgl. Kano). Das Situationsbewusstsein (Endsley, 2000) des Fahrzeugs stellt demnach nicht nur beim manuellen Fahren und im Flugverkehr eine wichtige Grundlage dar, auch beim vollautomatisierten Fahren legt es den Grundstein für das Sicherheitsgefühl und für Vertrauen. Ergänzend wird der *Systemstatus* des Fahrzeugs gefordert, um dem Nutzer unmissverständlich zu vermitteln, dass das Fahrzeug im Automationsmodus ist und keine Handlungen des Nutzers erforderlich sind (vgl. Modusbewusstsein; Kurpiers et al., 2020).

Durch Erfahrung reduziert sich das Informationsbedürfnis („Experten“), eine Gruppe Basisinformationen werden für die Nutzer aber weiterhin notwendig sein. Dazu zählen *Verkehrszeichen, Personen und dem eigenen Fahrweg*. Daher wird auch eine bereits vorbereitete „Minimalanzeige“ von den Nutzern als positiv bewertet.

Systembedienung

Die Möglichkeit, trotz fehlender Fahraufgabe, mit dem Fahrzeug zu interagieren, schätzen die Teilnehmenden, da ihnen damit die Möglichkeit geboten wird, die Kontrolle zu behalten und sich nicht zu langweilen (vgl. Driving Hotzenplotz, Frison et al., 2017) und die eigene Identität im Fahrzeug widerzuspiegeln (Hassenzahl, 2005). So werden die *Möglichkeit, einzelne Informationen auszuwählen und die Informationsmenge anzupassen* als Leistungsmerkmale (Kano) definiert und führen zu hoher Zufriedenheit (CS+). Es ist demnach

wichtig, dass die vorgehaltenen Interaktionsmöglichkeiten leicht bedienbar sind. Dies wurde im Rahmen von Usability-Aufgaben überprüft und bestätigt.

9.4.2 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Kritisch betrachtet werden muss in dieser Studie, dass ein Großteil der Daten eine qualitative Basis haben und durch das teilstandardisierte Interview zwar die Möglichkeit besteht, flexibel auf die Teilnehmenden einzugehen, so aber keine standardisierte Rückmeldung zu allen Informationen möglich war. Stattdessen werden viele Einzelaspekte aufgedeckt, die dabei helfen das Konzept weiterzuentwickeln und anzupassen. Zur Objektivierung der Daten wurde ergänzend auf validierte Inventare zurückgegriffen.

Die Teilnehmenden waren Neulinge im Bereich der vollautomatisierten Fahrt. Die Konzepte wurden lediglich in Videos und Bildern erlebt und nicht in Realfahrt erprobt. Dadurch befindet sich die Diskussion immer in einem hypothetischen Möglichkeitsraum und ist nicht mit dem tatsächlichen Erleben des Erstkontaktes vergleichbar. Für einen ersten Eindruck zur Überprüfung der Verständlichkeit und Bedienbarkeit ist diese Validierung ausreichend, eine weiterführende Validierung in Realfahrt sollte aber Ziel der weiteren Forschung sein und wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

9.4.3 Ableitung von Anforderungen an ein Anzeigekonzept

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Anzeigekonzept insgesamt positiv bewertet wird. Die Darstellungsform muss an einigen Stellen aber überarbeitet werden (z. B. Darstellung der Fahrzeugerkennung und Dynamikvisualisierung). Das Anzeigekonzept muss Transparenz bezüglich des Fahrverhaltens und der Erkennungsleistung des Fahrzeugs vermitteln. Folgende Anforderungen konnten im Rahmen dieser Studie an das Anzeigekonzept gestellt werden:

- Die Nutzer sollten die Möglichkeit haben, Informationen individuell auszuwählen und anzupassen.
- Die reale Darstellung der Außenwelt ist einer abstrakten vorzuziehen.
- Die Anzeige muss situationsadaptiv sein. Eine Minimalanzeige sollte gerade für erfahrene Nutzer vorgehalten werden.
- Die Hervorhebung von Informationen darf nicht überfordern: Fahrzeugen sollten nicht in Kästen hervorgehoben werden; große flächige Darstellungen sollten vermieden werden.
- Das Anzeigekonzept sollte visuell ansprechend sein.
- Das Anzeigekonzept sollte die folgenden Informationen enthalten: Eigene Position, eigene Geschwindigkeit, Warnungen, eigener Fahrweg, beachtete Geschwindigkeitsbegrenzung, Kraftstoffstand, nächstes Manöver, aktuelle Uhrzeit, erkannte Verkehrszeichen, Navigationsziel, Richtgeschwindigkeit, Zeit und Distanz Ziel,

andere Verkehrsteilnehmende, Systemstatus, freie Parkplätze, nächster Navigationsschritt.

- Mit steigender Erfahrung müssen nur noch wenige Informationen, wie Verkehrszeichen, erkannte Personen und der eigene Fahrtweg angezeigt werden.

10 Studie R-4: Der Erstkontakt mit Anzeigekonzept

Es wird nun die Studie „Der Erstkontakt mit Anzeigekonzept“ berichtet. In dieser Studie wird der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren mit einem Anzeigekonzept in Realfahrt erprobt. Dafür wird erst auf Zielsetzung und Hypothesen eingegangen (Kap. 10.1), darauf folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens (Kap. 10.2), der Ergebnisse (Kap. 10.3) und die Diskussion der Ergebnisse (Kap. 10.4).

10.1 Zielsetzung

In der abschließenden Studie „Erstkontakt mit Anzeigekonzept“ soll herausgefunden werden, ob das entwickelte Anzeigekonzept den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren tatsächlich unterstützen kann.

Die Studie verfolgt dabei die folgenden inhaltlichen Zielsetzungen:

- (1) Untersuchung des Erlebens während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren mit Unterstützung eines Anzeigekonzeptes.
- (2) Vergleich eines Basis-Anzeigekonzeptes und eines Anzeigekonzept mit Darstellung des Situationsbewusstseins des Fahrzeugs.
- (3) Untersuchung der Blickbewegung während des Erstkontaktes mit einem Anzeigekonzept.
- (4) Explorative Betrachtung des Einflusses von Nutzermerkmalen.
- (5) Explorative Betrachtung von Zusammenhängen der Erlebensdimensionen.
- (6) Identifikation der Informationen, die für den Erstkontakt relevant sind.
- (7) Bewertung des Konzeptes hinsichtlich Akzeptanz, User Experience und visueller Anmutung.

Zentrales Ziel dieser Studie ist es, festzustellen, ob das entwickelte Anzeigekonzept das Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren unterstützen kann (1) und, ob eine Darstellung der Detektion des Systems einer informationsbasierten Darstellung vorzuziehen ist (2). Dafür wird das in Kap. 8 beschriebene, in Kap. 9 validierte und weiterentwickelte Konzept in zwei Ausprägungsstufen in einem Versuchsfahrzeug implementiert, mit Teilnehmenden in Realfahrten auf einer Teststrecke validiert und bewertet. Ergänzend wird auch die Blickbewegung während des Erstkontaktes erfasst (3).

Wie in den vorhergehenden Studien wird die explorative Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den Erlebensdimensionen (4) und dem Einfluss von Nutzermerkmalen erfasst (5), ebenso wird die Relevanz der anzuzeigenden Informationen erhoben (6).

Das Konzept wird sowohl hinsichtlich seiner Akzeptanz als auch hinsichtlich User Experience, der visuellen Anmutung und seinem Informationsgehalt bewertet (7).

Die daraus abgeleiteten und zu prüfenden Hypothesen lauten:

H_0 : Es sind keine Veränderungen zu berichten.

H_1 : Die Erlebenselemente verändern sich über die drei Messzeitpunkte.

- Das Vertrauen steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Die wahrgenommene Unheimlichkeit reduziert sich über drei Messzeitpunkte.
- Das Diskomforterleben reduziert sich über drei Messzeitpunkte.
- Die User Experience steigt über drei Messzeitpunkte an.
- Das Blickverhalten verändert sich über drei Messzeitpunkte.

H_2 : Die Gruppe, der die Detektion des Systems in Form der Außendarstellung zusätzlich angezeigt wird, unterscheidet sich im Erleben von der Gruppe, die nur eine Anzeige des aktuellen Fahrzeugstatus erhält.

H_3 : Die Akzeptanz des Anzeigekonzeptes mit Detektion unterscheidet sich von der Akzeptanz des Konzeptes ohne Detektionsanzeige.

Explorative Fragestellungen, die ebenfalls betrachtet werden:

Ex_1 : Wie verhalten sich die Blicke während des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren?

Ex_2 : Stehen die Erlebenselemente miteinander im Zusammenhang?

Ex_3 : Unterscheidet sich das Erleben des Erstkontaktes in Abhängigkeit von individuellen Nutzermerkmalen, wie Fahrerfahrung, Technikaffinität und initialem Vertrauen?

Ex_4 : Wie werden die Konzepte hinsichtlich User Experience und visueller Anmutung bewertet?

Ex_5 : Welche fahrbezogenen Informationen müssen den Teilnehmenden angezeigt werden?

10.2 Methodik

Um die oben aufgeführten Hypothesen zu prüfen, wurde das entwickelte und validierte Anzeigekonzept in einem Wizard of Oz-Fahrzeug implementiert und nun in einer weiten Realfahrtstudie evaluiert. Das methodische Vorgehen wird nun näher beschrieben. Dabei wird auf Versuchsdesign (Kap. 10.2.1), Datenbasis (Kap. 10.2.2), Versuchsumgebung (Kap. 10.2.3) und -ablauf (Kap. 10.2.4), Datenaufbereitung (Kap. 10.2.5) und Stichprobe (Kap. 10.2.6) eingegangen.

10.2.1 Versuchsdesign

Bei der hier beschriebenen Studie handelt es sich um einen 2x3 Misch-Versuchsplan. Dieser ist in Tabelle 10-1 dargestellt. Als unabhängige Variable wurde das Anzeigekonzept

(Zwischensubjektfaktor) in zwei Ausprägungen (Basis-Konzept vs. Situation Awareness Konzept (SA)) umgesetzt. Der Messzeitpunkt wurde dabei drei Mal wiederholt und stellt den Innersubjektfaktor dar. Der Versuchsplan erlaubt den Vergleich der beiden Konzepte.

Anschließend an die drei Messfahrten wurde eine vierte Fahrt durchgeführt, in der das jeweils andere Konzept erlebt wurde. Dieses wurde nicht in die Messwiederholung mit einbezogen, sondern separat behandelt.

Tabelle 10-1 Versuchsplan Studie R-4.

| Anzeigekonzept | Messzeitpunkt | | | Gegenkonzept |
|----------------|---------------|----------|----------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Basis-Konzept | $n = 13$ | $n = 13$ | $n = 13$ | SA-Konzept |
| SA-Konzept | $n = 19$ | $n = 19$ | $n = 19$ | Basis-Konzept |

Faktor Anzeigekonzept

Bei dem Zwischensubjektfaktor Anzeigekonzept handelt es sich um zwei unterschiedliche Ausprägungen des entwickelten Anzeigekonzeptes. Das sogenannte Basis-Konzept beinhaltet die Informationen aus dem in Kap. 8 beschriebenen „Minimal-Konzept“ und ist in Abbildung 10-1 dargestellt. In diesem Konzept wird mittig die Geschwindigkeit angezeigt. Unter der Geschwindigkeit wird in sechs verschiedenen Situationen eine Manövererläuterung eingefügt, mit der z. B. eine reduzierte Geschwindigkeit wegen einer Engstelle oder eines kreuzenden Fußgängers erklärt wird (vgl. für Text und Bild der Erläuterungen während der Testfahrten Abbildung 10-5). Des Weiteren werden die aktuelle Uhrzeit, die aktuelle Temperatur, der Tankfüllstand und der Systemstatus abgebildet. Die verbleibende Strecke bis zum Ziel (in Abbildung 10-1 rechts) wurde als nicht funktionierende Dummy-Anzeige angefügt, um sich an das prototypische Konzept (vgl. Kap. 8) anzulehnen.

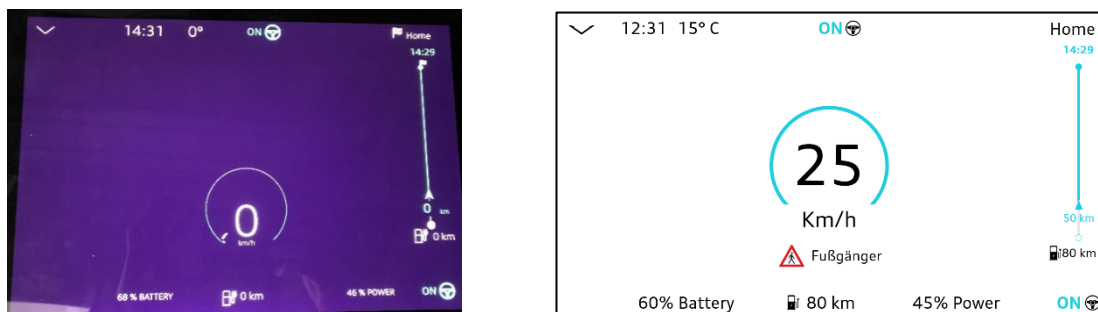


Abbildung 10-1 Umsetzung des Basis-Konzepts im Realfahrzeug (Studie R-4). Originalumsetzung (links) und schematische Darstellung (rechts).

In der Bedingung SA-Konzept wird das Basis-Konzept durch eine zusätzliche Anzeige ergänzt. Diese Anzeige beinhaltet eine augmentierte Außendarstellung, die die Objekterkennung des Fahrzeugs widerspiegeln soll und so das Situationsbewusstsein (Level 1 und 2; Endsley, 1995) des Fahrzeugs darstellt. Hier werden alle fahrrelevanten Informationen

im Umfeld hervorgehoben (vgl. Abbildung 10-2). Dafür werden die erkannten Objekte umrahmt und mit der jeweiligen zugeordneten Kategorie beschriftet.

Für die Visualisierung wurde mit einer herkömmlichen Webcam durch die Windschutzscheibe das Bild der Umgebung aufgenommen. Dieses wurde mittels einer Echtzeit-Objekterkennungssoftware (Redmon & Farhadi, 2018) analysiert und aufbereitet. Die angereicherte Außendarstellung wurde auf ein Tablet im Fahrzeug übertragen.

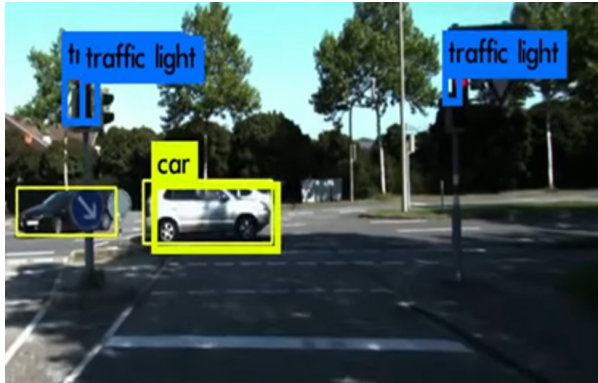


Abbildung 10-2 Umsetzung des SA-Konzept im Realfahrzeug (R-4).

10.2.2 Datenbasis

Für diese Validierungsstudie wurde auf die in Kap. 3.4.1 beschriebene Fragebogenbatterie zurückgegriffen. Die Operationalisierung der Daten ist in Tabelle 10-2 einzusehen. So wurden zur Erhebung des Erlebens der vollautomatisierten Fahrten die bereits bekannten abhängigen Variablen erhoben. Diese wurden ergänzt durch die Erhebung der Blickbewegungsdaten, die in Kap. 3.4.2 erläutert wurden.

Zur Bewertung des Anzeigeconzeptes wurde eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Daten erhoben. Zum Vergleich der beiden Konzepten wurde die Akzeptanz der Konzepte anhand der Akzeptanzskala (van der Laan et al., 1997) erhoben und verglichen. Zudem wurde das prototypisch umgesetzte Konzept in einem teilstandardisierten Interview mit den Probanden besprochen. Diese Daten wurden ergänzt durch die Erfassung der User Experience, der visuellen Anmutung und der Bewertung der Informationen, wie sie bereits in der Konzeptvalidierung (vgl. Kap. 9.2.2) angewendet wurden.

Tabelle 10-2 Abhängige Variablen der Studie R-4.

| Datenbasis | Abhängige Variable | Operationalisierung | Bereits verwendet in Studie | | | |
|------------------|---|---|-----------------------------|-----|-----|-----|
| | | | R-1 | R-2 | R-3 | Q-2 |
| Subjektive Daten | Vertrauen in automatisierte Systeme | Scale of trust in automated systems (Jian et al., 2000) | × | × | × | |
| | Diskomforterleben | Discomfort in automated driving (Siebert et al., 2013) | × | × | × | |
| | Komforterleben | Subskala Komfort (Arndt, 2011) | | × | × | |
| | Wahrgenommene Unheimlichkeit | Eerinessscale (Ho & MacDorman, 2010) | × | × | × | |
| | User Experience der vollautomatisierten Fahrt | AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003) | × | × | × | |
| | Akzeptanz des Anzeigeconzeptes | Akzeptanzskala (van der Laan et al., 1997) | | | | |
| | Informationsbedarf | Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) | × | × | × | × |
| | User Experience des Konzeptes | User Experience Questionnaire (Laugwitz et al., 2008) | | | | × |
| | Visuelle Anmutung | VisAWI (Moshagen & Thielsch, 2010) | | | | × |
| | Nachbefragung | | | | × | |
| Objektive Daten | Blickbewegungsdaten | Blickzuwendungszeit, prozentuale Blickzuwendungszeit, Blickübergangswahrscheinlichkeit, mittlere Fixationsdauer | | × | × | |

Da die verwendeten Variablen teilweise in der Beschreibung der vorhergehenden Studien vorgestellt wurden, wird auf eine weitere Erläuterung dieser Variablen an dieser Stelle verzichtet. Es wird lediglich auf die Beschreibung der definierten Areas of Interest und die noch nicht verwendete Akzeptanzskala sowie Elemente der Nachbefragung eingegangen.

Blickbewegungsdaten – Areas of Interest

Im Rahmen der Studie wurde sich auf die Validierung der Konzepte konzentriert. Somit wurden die Areas of Interest im Vergleich zu den vorhergehenden Studien angepasst. Es wurden die Displays zur Konzeptdarstellung als zusätzliche Areas of Interest hinzugefügt (vgl. Abbildung 10-3, rote Rahmen). Für die Gruppe, die das Basis-Konzept erlebte, wurde das „Display Basis“ als AoI definiert. Für die Gruppe, die das SA-Konzept erlebte, wurde zusätzlich ein AoI für die Darstellung der Objekterkennung definiert und als „Display SA“ bezeichnet (vgl. Abbildung 10-3, gestrichelte rote Linie). Außerdem wurde auf die AoIs

für die Außenspiegel verzichtet, da in den vorangegangenen Studien nur ein geringer Anteil an Blicken auf die Außenspiegel erhoben wurde.

Die Blickdaten wurden nur für Fahrt 1 bis 3 erhoben. Das Blickverhalten während der vierten Fahrt mit dem jeweiligen Vergleichskonzept wurde nicht erhoben.

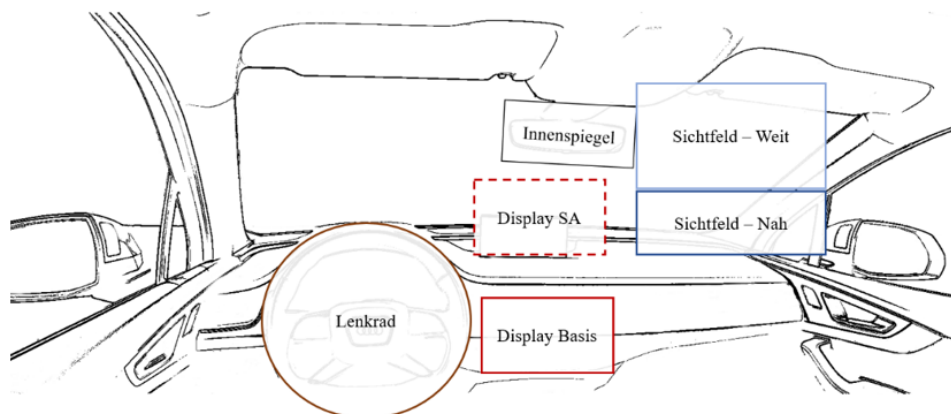


Abbildung 10-3 Darstellung der Areas of Interest in Studie R-4.

Nachbefragung zur Bewertung des interaktiven Prototyps

Im Rahmen der Nachbefragung wurden die präsentierten Konzepte mit den Probanden nachbesprochen. Dabei wurden sowohl die im Fahrzeug erlebten Konzepte als auch der interaktive Prototyp, der in Kapitel 8 vorgestellt und nach der Validierung (Studie Q-2, vgl. Kap. 9) angepasst wurde, mit den Teilnehmenden diskutiert. Die Anpassungen des Anzeigekonzeptes beinhalteten die Erkenntnisse aus Q-2, so wurde z. B. die Visualisierung der Dynamik abgeändert und auf flächige Darstellungen verzichtet (z. B. der Fahrspur und der Hervorhebung von erkannten Fahrzeugen; vgl. Abbildung 10-4).



Abbildung 10-4 Angepasster Designprototyp für Studie R-4.

Die Interview-Phasen und ihre Operationalisierung sind in Tabelle 10-3 aufgeführt und werden im Folgenden beschrieben. Da sich das Interview konzeptionell an die Befragung aus Q-2 anlehnt, wird im Folgenden nur auf die neu hinzugefügten Elemente der Befragung eingegangen.

Tabelle 10-3 Beschreibung der Methodik-Kombination in der Nachbefragung zur Konzeptvalidierung (R-4).

| Interview-Phase | Datenbasis | Operationalisierung |
|------------------------------|--------------|---|
| Konzept im Fahrzeug bewerten | qual + QUANT | Nennung präferiertes Konzept Positive & negative Aspekte der Konzepte Akzeptanzskala (van der Laan et al., 1997) |
| Interaktiver Prototyp | QUAL + quant | Bewertung des Prototyps (Schulnoten) ^{Q-2} Erkennung der Konzeptelemente ^{Q-2} Minimal-Konzept ^{Q-2} |
| Informationsbedarf | QUANT | Informationsbedarf Erstkontakt & Experte ^{Q-2} Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) ^{Q-2} |
| Gesamtkonzept | qual + QUANT | VisAWI (Moshagen & Thielsch, 2010) ^{Q-2} UEQ (Laugwitz et al., 2008) ^{Q-2} Abschluss-Statement ^{Q-2} |

Anmerkung: ^{Q-2} Operationalisierungen wurden bereits in Studie Q-2 (vgl. Kap. 9.2.2) verwendet und dort vorgestellt.

Akzeptanz der Konzepte

Um die beiden während der Fahrt präsentierten Konzepte zu vergleichen, wurde auf die Skala zur Bewertung der Akzeptanz eines Systems (van der Laan et al., 1997) in der deutschen Übersetzung zurückgegriffen. Die Skala beruht auf dem Prinzip des semantischen Differenzials. Sie bietet bipolar formulierte Einstellungen gegenüber dem System mit einem neutralen Mittelpunkt an. Die Akzeptanz eines Systems wird so in den zwei Skalen „Zufriedenstellung“ (4 Items) und „Nützlichkeit“ (5 Items) erhoben. Die Items wurden in der hier beschriebenen Studie zur Beantwortung vorgelegt. Beispiele sind in Tabelle 10-4 einsehbar.

Tabelle 10-4 Beispielitems Akzeptanzskala (van der Laan et al., 1997).

| Dieses Anzeigekonzept war... | | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|---|---|------------|
| nützlich | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | nutzlos |
| angenehm | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | unangenehm |

Konzept im Fahrzeug bewerten

Zusätzlich zur Abfrage der Akzeptanz wurden die Teilnehmenden gebeten, das Konzept (SA- oder Basis-Konzept) zu nennen, welches sie nach dem Erleben im Fahrzeug präferieren würden. Außerdem konnten sie äußern, was ihnen an den Konzepten besonders positiv oder negativ aufgefallen war.

10.2.3 Versuchsumgebung

Diese Studie wurde auf dem ADAC Fahrsicherheits-Übungsgelände in Ingolstadt abgehalten. Das Gelände bietet 10 km² asphaltierte Fläche mit zwei größeren Freiflächen, die durch zwei mehrspurige Kreisverkehre verbunden sind. Die Fläche bietet damit vielfältige Möglichkeiten einen realitätsnahen Parcours auszuplanen. So konnten die in den vorherge-

henden Studien verwendeten Parcourselemente wiederverwendet und auf der Strecke angeordnet werden. Die Anordnung der Parcourselemente ist in Abbildung 10-5 dargestellt (die Liste der drei Parcourabläufe ist in Anhang G-2 einzusehen). Durch die Anordnung des Parcours und die Größe der Strecke war eine Maximalgeschwindigkeit von ca. 40 km/h möglich.

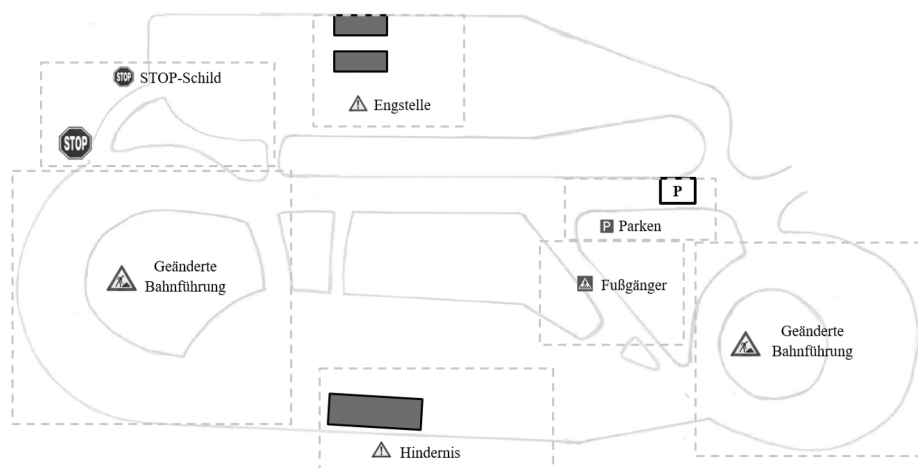


Abbildung 10-5 Übersicht Fahrparcours Studie R-4 mit Bereichen, in denen eine Manövererläuterung angezeigt wird und die jeweilige Manövererläuterung mit Icon.

Das Versuchsfahrzeug war der bereits in Studie R-2 und R-3 verwendete Q7 e-tron. Zur Steuerung des Fahrzeugs wurde die 2x2-Wege-Joystick-Steuerung verwendet, um die Wizard of Oz-Fahrerin auf dem Rücksitz platzieren zu können. So konnten die Teilnehmenden auf dem Beifahrersitz positioniert werden und der Fahrersitz musste nicht besetzt werden (vgl. Ergebnisse Studie R-3; Kap. 7.3.1). Die vordere und hintere Sitzreihe wurde durch eine Trennwand voneinander bis auf Schulterhöhe abgetrennt, damit die Teilnehmenden die Joystick-Steuerung nicht sehen konnten. Auch in dieser Studie wurden alle herkömmlichen Displays abgedeckt und die Spiegel verstellt, sodass die Teilnehmenden sich auf die Informationen des Anzeigekonzeptes fokussieren konnten. Die Bildschirme, auf denen die Anzeigekonzepte präsentiert wurden, waren zwei Windows Surface Pro 7-Tablets, die in der Mittelkonsole und an der Frontscheibe befestigt wurden (vgl. dazu Abbildung 10-6) und somit mit Innenräumen aktueller Fahrzeug-Modelle vergleichbar waren (z. B. Audi Q8, Mercedes S-Klasse, Tesla Model S). Auf dem Bildschirm der Mittelkonsole (unten) wurde das Basis-Konzept präsentiert. Für das SA-Konzept wurde auf dem oberen Bildschirm die Objekterkennung hinzugeschaltet, um so eine Annäherung an eine augmentierte Frontscheibe zu schaffen. In der Basis-Gruppe wurde dieses Display entfernt.



Abbildung 10-6 Anordnung der Bildschirme für das Anzeigekonzept (R-4).

10.2.4 Versuchsablauf

Die Versuche fanden zwischen dem 11.11.2019 und dem 22.11.2019 statt. Sie dauerten zwischen 90 und 120 Minuten und wurden montags bis freitags von 8 Uhr bis 16:30 Uhr durchgeführt. Der Ablauf kann folgendermaßen beschrieben werden.

Die Versuchssitzungen begannen mit der Beantwortung der Vorbefragung (ca. 10min). Ein schematischer Ablauf ist in Abbildung 10-7 aufgeführt. Nach Anlage des Blickbewegungssystems wurde ihnen die standardisierte Instruktion zum Versuchsablauf vorgelegt und vorgelesen (vgl. Anhang G-1). Die Instruktion erläutert kurz den Ablauf der Versuchsfahrten und die Funktion des Anzeigekonzeptes. Zudem wird in der Instruktion begründet, dass eine weitere Person im Fahrzeug sei, um die Datenaufzeichnung zu überwachen.

Es folgten drei Versuchsfahrten mit einem der Konzepte (Basis-Konzept oder SA-Konzept). Jede Versuchsfahrt dauerte ca. 5 min und endete mit der Beantwortung der Fragebogenbatterie zum Erleben der jeweiligen Fahrt. Nach dem dritten Durchgang bewerteten die Teilnehmenden zudem ihre Akzeptanz gegenüber dem Anzeigekonzept. Es folgte eine vierte Fahrt mit dem zweiten Konzept. Auch nach dieser wurde das Anzeigekonzept durch den Akzeptanzfragebogen bewertet (insgesamt ca. 50 min).

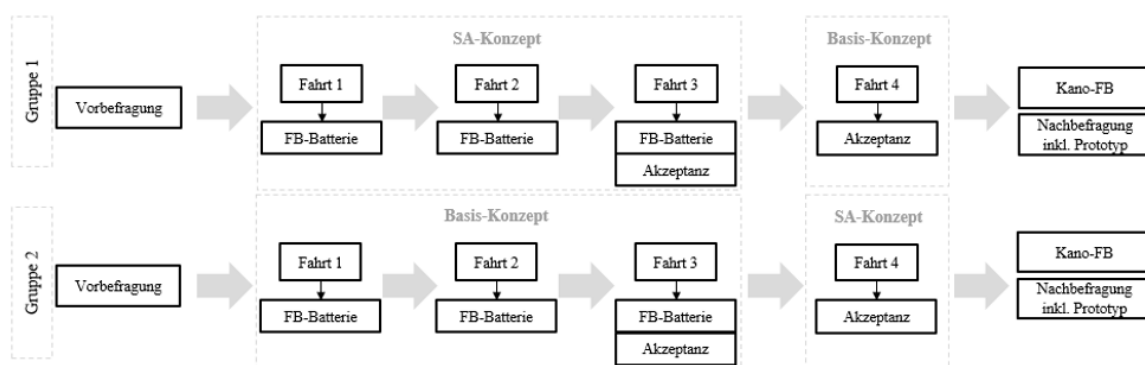


Abbildung 10-7 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs in Studie R-4.

Nach dem letzten Durchgang wurden die Teilnehmenden in einem teilstandardisierten Interview anhand des interaktiven Prototyps zum Konzept befragt und bewerteten das Konzept hinsichtlich visueller Anmutung, User Experience und der einzelnen Informationen

(ca. 20 min). Zum Abschluss wurden die Teilnehmenden über den Versuchsaufbau vollständig aufgeklärt und die Wizard of Oz Methodik aufgedeckt.

10.2.5 Datenaufbereitung und- auswertung

Die erhobenen Fragebogendaten wurden mit Microsoft Excel 2013 aufbereitet und in der Software IBM SPSS Statistics 26 sowie R Studio (Version 1.2.1335) verarbeitet. Die Daten wurden sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch ausgewertet. Abbildungen und Grafiken wurden mit Microsoft Excel 2013 erstellt. Für die Beschreibung der Datenauswertung von Messwiederholung und Gruppenunterschieden, Mehrebenenanalyse, explorativer Analyse, Analyse der Blickdaten und Auswertung der Informationsbewertung sei an dieser Stelle auf die Ausführungen in Kap. 3.4.3 verwiesen. Für die Bewertung der User Experience und Bewertung der visuellen Anmutung sei auf Kap. 9.2.5 verwiesen.

Akzeptanz des Anzeigekonzeptes

Auch der Akzeptanzfragebogen wurde auf Basis von Unterschiedshypothesen in varianzanalytischen Verfahren betrachtet und ausgewertet. Die beiden Skalen Nutzbarkeit und Zufriedenstellung des Konzeptes wurden zu zwei Zeitpunkten erhoben. Nach der dritten Fahrt (vgl. Abbildung 10-7) wurde das Konzept bewertet, mit dem die ersten drei Fahrten erlebt worden waren und nach der vierten Fahrt wurde das jeweils andere Konzept bewertet. Da somit ein Reihenfolgeeffekt vorliegen konnte, wurde die Reihenfolge als Zwischensubjektfaktor in die 2x2 Analyse einbezogen.

Nachbefragung

Im Rahmen der Nachbefragung wurden verschieden Aspekte zur Bewertung des Konzeptes diskutiert. Die Äußerungen wurden protokolliert und qualitativ analysiert. Die genannten Aspekte wurden in Häufigkeiten zusammengefasst.

10.2.6 Stichprobe

An der Studie nahmen $N = 32$ Personen teil. Es waren $n = 14$ männliche (43.8 %) und $n = 18$ weibliche Teilnehmende (56.3 %) beteiligt. Das mittlere Alter betrug 38.41 Jahre ($SD = 12.21$ Jahre). Die Teilnehmenden besaßen ihren Führerschein im Mittel seit 17.47 Jahren ($SD = 11.76$ Jahre). Die Teilnehmenden stufen sich im Mittel technisch affin ein ($M = 3.74$, $SD = 0.40$; Skala 1-5) und zeigten mittleres initiales Vertrauen ($M = 5.38$, $SD = 1.00$, Skala 1-7). $N = 26$ erklärten ihre Bereitschaft, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, nur $n = 5$ Teilnehmende würden das vollautomatisierte Fahren nicht nutzen. Beifahrer sind $n = 25$ Teilnehmende gerne, $n = 6$ sind nur ungern auf dem Beifahrersitz unterwegs.

Die Rekrutierung der Teilnehmenden wurde durch eine Agentur unterstützt. Die Teilnehmenden erhielten ein Teilnahme-Incentive.

10.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der gerade beschriebenen Studie berichtet. Es wird zunächst auf das Erleben der vollautomatisierten Fahrten eingegangen (Kap. 10.3.1). Darauf folgt die Beschreibung der Blickdaten (Kap. 10.3.2) und der explorativen Analysen (Kap. 10.3.3). Anschließend werden die Ergebnisse der Konzeptbewertung (Kap. 10.3.4) und die erfassten Informationsbedarfe (Kap. 10.3.5) berichtet.

10.3.1 Erleben der vollautomatisierten Fahrt

Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit

Das Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren liegt im mittleren Bereich ($M_1 = 4.86$; $SE_1 = 0.14$; $M_2 = 4.80$, $SE_2 = 0.18$; $M_3 = 4.83$; $SE_3 = 0.20$). Es verändert sich über drei Messzeitpunkte hinweg nicht signifikant (vgl. Tabelle 10-5 und Abbildung 10-8). Auch zwischen den Gruppen zeigen sich keine Unterschiede oder Wechselwirkungen ($M_{Basis} = 4.82$, $SE = 0.22$; $M_{SA} = 4.85$, $SE = 0.25$).

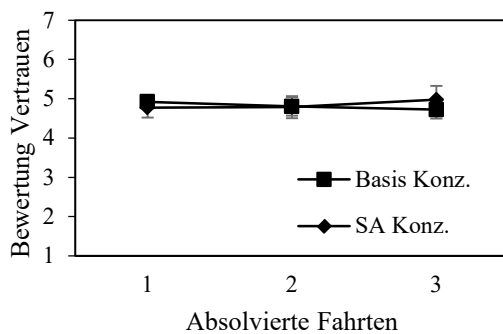


Abbildung 10-8 Bewertung des Vertrauens (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept.

Tabelle 10-5 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-4).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Fahrten | 2, 60 | 0.173 | .841 | .006 |
| Konzept | 1, 30 | 0.007 | .933 | .000 |
| Fahrten x Konzept | 2, 60 | 1.885 | .161 | .059 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Die wahrgenommene Unheimlichkeit liegt zunächst im mittleren Bereich, reduziert sich über drei Messzeitpunkte allerdings signifikant ($M_1 = 3.76$; $SE_1 = 0.11$; $M_2 = 3.66$, $SE_2 = 0.12$; $M_3 = 3.40$; $SE_3 = 0.14$; vgl. Abbildung 10-9 und Tabelle 10-6). Dabei zeigt ein Blick auf die Einzelvergleiche, dass der Abfall insbesondere zwischen der zweiten und dritten Fahrt stattfindet ($p_{MZP1zu3} = .004$; $p_{MZP2zu3} = .052$). Das Erleben zwischen den beiden Konzeptvarianten unterscheidet sich nicht signifikant voneinander ($M_{Basis} = 3.64$, $SE = 0.15$; $M_{SA} = 3.57$, $SE = 0.17$).

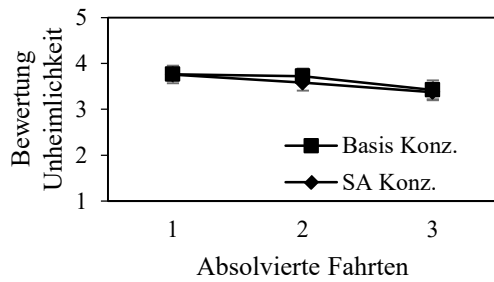


Abbildung 10-9 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept.

Die Betrachtung der Mehrebenenanalyse bestätigt die oben beschriebenen Ergebnisse. Für Vertrauen zeigen sich auch hier keine signifikanten Unterschiede, weder über die Fahrten hinweg noch zwischen den Konzepten (vgl. Anhang G-3). Für die wahrgenommene Unheimlichkeit verbessert das Modell mit Einbezug des Messwiederholungsfaktors das BIC_{Δ} um 8.39 gegenüber dem Modell₀.

Diskomfort und Komfort

Die vollautomatisierten Fahrten werden insgesamt als wenig diskomfortabel erlebt ($M_1 = 2.38$; $SE_1 = 0.09$; $M_2 = 2.43$, $SE_2 = 0.12$; $M_3 = 2.22$; $SE_3 = 0.12$; vgl. Abbildung 10-10). Über drei Fahrten reduziert sich der Diskomfort signifikant (vgl. Tabelle 10-7). Auch hier findet die deutliche Reduktion zwischen Messzeitpunkt 2 und 3 statt ($p_{MZP2zu3} = .006$; $p_{MZ1zu2} = .999$). Die Konzeptgruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($M_{Basis} = 2.36$, $SE = 0.15$; $M_{SA} = 2.32$, $SE = 0.16$).

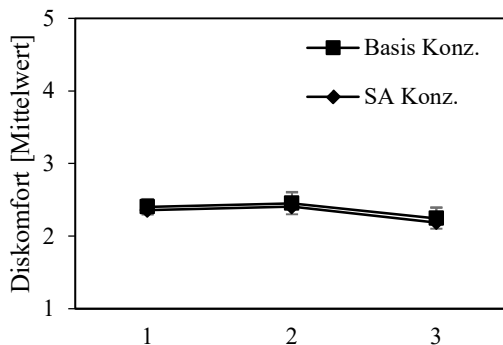


Abbildung 10-10 Bewertung des Diskomfort (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept.

Das vollautomatisierte Fahren wird im Mittel als eher komfortabel bewertet ($M_1 = 3.62$; $SE_1 = 0.13$; $M_2 = 3.65$, $SE_2 = 0.15$; $M_3 = 3.94$; $SE_3 = 0.17$; vgl. Abbildung 10-11). Analog zum Diskomfort steigt der Komfort über drei Messzeitpunkte signifikant an (vgl. Tabelle 10-8). Die Einzelvergleiche zeigen, dass der Anstieg von der zweiten Fahrt ausgeht ($p_{MZ1zu3} = .022$; $p_{MZ2zu3} = .007$). Die Konzeptgruppen unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich des Komforterlebens ($M_{Basis} = 3.79$, $SE = 0.20$; $M_{SA} = 3.69$, $SE = 0.22$).

Tabelle 10-6 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-4).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-------------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Fahrten | 2, 60 | 7.230 | .002* | .194 |
| Konzept | 1, 30 | 0.084 | .774 | .003 |
| Fahrten x Konzept | 2, 60 | 0.257 | .775 | .008 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Tabelle 10-7 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-4).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-------------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Fahrten | 2, 58 | 4.497 | .015* | .134 |
| Konzept | 1, 29 | 0.043 | .838 | .001 |
| Fahrten x Konzept | 2, 58 | 0.020 | .980 | .001 |

* $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

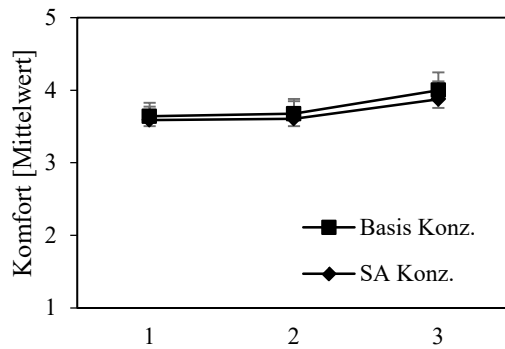


Abbildung 10-11 Bewertung des Komfort (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept.

Die Mehrebenenanalysen bestätigen die dargestellten Ergebnisse (vgl. Anhang G-3). Wird der Messwiederholungsfaktor im Diskomfort-Modell einbezogen, verbessert sich das BIC_{Δ} leicht um 0.14, beim Komfortmodell verbessert sich das BIC_{Δ} um 5.78. Zwischen den Konzeptgruppen konnten keine Unterschiede gezeigt werden.

User Experience: Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität

Die Bewertung der Attraktivität ($M_1 = 5.72$; $SE_1 = 0.16$; $M_2 = 5.55$, $SE_2 = 0.19$; $M_3 = 5.64$; $SE_3 = 0.19$), der pragmatischen Qualität ($M_1 = 5.37$; $SE_1 = 0.16$; $M_2 = 5.26$, $SE_2 = 0.18$; $M_3 = 5.23$; $SE_3 = 0.19$) und der hedonischen Qualität ($M_1 = 5.23$; $SE_1 = 0.14$; $M_2 = 5.07$, $SE_2 = 0.13$; $M_3 = 5.09$; $SE_3 = 0.15$) des vollautomatisierten Fahrens sind tendenziell hoch ausgeprägt. Über drei Messzeitpunkte verändern sich die drei Ausprägungen der User Experience nicht signifikant (vgl. Tabelle 10-9).

Auch in den unterschiedlichen Konzeptausprägungen unterscheiden sich die Bewertungen nicht signifikant voneinander (Attraktivität: $M_{Basis} = 5.81$, $SE = 0.23$; $M_{SA} = 5.42$, $SE = 0.26$; pragmatische Qualität: $M_{Basis} = 5.25$, $SE = 0.22$; $M_{SA} = 5.32$, $SE = 0.25$; hedonische Qualität: $M_{Basis} = 5.26$, $SE = 0.17$; $M_{SA} = 4.97$, $SE = 0.19$).

Tabelle 10-9 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience (R-4).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Qualität | | | | Pragmatische Qualität | | | |
|-------------|--------------------------|----------|----------|------------|---------------------|----------|----------|------------|-----------------------|----------|----------|------------|
| | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
| Fahrten (F) | 1.68, 50.25 ^g | 1.211 | .305 | .039 | 2, 60 | 0.710 | .496 | .023 | 2, 60 | 1.604 | .210 | .051 |
| Konzept (K) | 1, 30 | 1.302 | .263 | .042 | 1, 30 | 0.039 | .844 | .001 | 1, 30 | 1.295 | .264 | .041 |
| F x K | 1.68, 50.25 ^g | 0.724 | .489 | .024 | 2, 60 | 2.112 | .130 | .066 | 2, 60 | 0.041 | .960 | .001 |

Anmerkung: ^g Angepasste Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser.

* $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Tabelle 10-8 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort (R-4).

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|-------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Fahrten | 2, 58 | 6.939 | .002* | .193 |
| Konzept | 1, 29 | 0.122 | .730 | .004 |
| Fahrten x Konzept | 2, 58 | 0.065 | .937 | .002 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse bestätigen, dass die drei Ausprägungen der User Experience sich weder hinsichtlich der zunehmenden Fahrten noch hinsichtlich der Konzepte oder einer Interaktion beider Variablen unterscheiden (vgl. Anhang G-3).

Fazit

Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich die wahrgenommene Unheimlichkeit, Diskomfort und Komfort über drei Messzeitpunkte signifikant verändern, die H_0 kann somit für diese drei Erlebenskomponenten verworfen werden. Für Vertrauen, Attraktivität, pragmatische und hedonische Qualität konnten keine signifikanten Ergebnisse aufgezeigt werden. Die H_0 wird hier beibehalten.

Das Erleben zwischen den beiden Konzeptausprägungen unterscheidet sich in keiner der Erlebenskomponenten. Die H_0 wird daher beibehalten.

10.3.2 Betrachtung des Blickverhaltens

Mittlere prozentuale Fokussierung der Areas of Interest

Auch in dieser Studie wurde als objektives Maß die Blickerfassung herangezogen, um das Blickverhalten beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren besser beschreiben zu können. Darüber hinaus wurde erfasst, wie sich das Blickverhalten zwischen den beiden Konzeptausprägungen unterscheidet.

Insgesamt wird das nahe Sichtfeld anteilig am häufigsten betrachtet ($M = 24.53\%$; $SD = 14.12\%$), das weite Sichtfeld wird im Mittel zu 24.53% ($SD = 24.53\%$) betrachtet. Auf Innenspiegel ($M = 2.01$, $SD = 4.39$) und Lenkrad ($M = 1.10\%$, $SD = 1.34\%$) entfallen geringe Blickanteile. Die Werte, aufgeteilt nach den zwei Konzeptausprägungen sind in Tabelle 10-10 einzusehen. Die Blickzeiten (Total glance time) unterscheiden sich zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant. Hinsichtlich der Attention Ratio der AoIs wird das Display 1 („Basis“) marginal seltener betrachtet, wenn das zweite Display („SA“) vorhanden war ($t = 1.833$, $p = .093$). Die vollständigen Ergebnisse des t-Tests für unabhängige Stichproben sind im Anhang G-4 abgebildet.

Tabelle 10-10 Gesamt Blickdauer und prozentualer Anteil je AoI in Studie R-4.

| Areas of Interest | Total glance time (s) | | Attention Ratio (%) | |
|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| | Basis <i>M (SD)</i> | SA <i>M (SD)</i> | Basis <i>M (SD)</i> | SA <i>M (SD)</i> |
| Sichtfeld - Nah | 71.34 (14.54) | 57.48 (52.73) | 28.66 (6.78) | 21.44 (17.46) |
| Sichtfeld - Weit | 30.56 (22.60) | 30.02 (31.45) | 10.93 (7.81) | 11.21 (12.10) |
| Display 1 (Basis) | 26.91 (18.44) | 15.11 (11.96) | 11.05 (7.96) | 5.68 (4.33) |
| Display 2 (SA) | - | 51.66 (32.44) | - | 19.96 (12.81) |
| Innenspiegel | 4.28 (4.28) | 3.52 (5.48) | 2.77 (6.06) | 1.32 (2.08) |
| Lenkrad | 3.73 (3.98) | 2.08 (3.10) | 1.49 (1.62) | 0.77 (1.14) |

Blickübergangswahrscheinlichkeit

Die Blickübergangswahrscheinlichkeiten zeigen an, in wie viel Prozent der Fälle die jeweiligen Areas of Interest aufeinanderfolgend betrachtet werden. Die Blickübergangswahrscheinlichkeiten beider Konzeptvarianten sind in Abbildung 10-12 gegenübergestellt. Teilnehmende, die das Basis-Konzept erleben, blicken in 40.70 % der Fälle vom Display auf das nahe Sichtfeld und führen somit häufig Verifizierungsblicke aus. Zwischen dem nahen und dem fernen Sichtfeld wird in 34.99 % der Fälle gewechselt.

Bei Teilnehmenden, die das SA-Konzept mit zwei Displays erleben, finden zu 40.95 % der Fälle Blickwechsel zwischen der Darstellung der Objekterkennung (Display SA) und dem nahen Sichtfeld statt. Auch hier ist davon auszugehen, dass es sich um Verifizierungsblicke handelt. Zu 8.96 % findet auch eine Blickfolge zwischen „Display SA“ und dem weiten Sichtfeld statt. Zwischen beiden Displays wird in 11.22 % der Fälle geblickt. Die Blicke zwischen dem Display des Basis-Konzeptes (Display Basis) und dem nahen Sichtfeld liegen bei 4.35 % der Fälle.

Vergleicht man die Blickübergangswahrscheinlichkeiten, zeigt sich, dass beim Basis-Konzept deutlich häufiger zwischen Display 1 und dem nahen Sichtfeld gewechselt wird ($t = 7.254$, $p = .000$, $d = 1.917$). Auch zwischen Display 1 und dem weiten Sichtfeld wird signifikant häufiger gewechselt, wenn nur das Basis-Konzept präsentiert wird ($t = 2.485$, $p = .016$, $d = .627$). Auch die Blickwechsel zwischen nahem und weitem Sichtfeld sind beim Basis-Konzept signifikant höher als beim SA-Konzept ($t = 2.654$, $p = .010$, $d = .670$). Weitere Blickübergänge unterscheiden sich nicht signifikant. Die vollständigen Ergebnisse der Vergleichsanalyse sind im Anhang G-4 einzusehen.

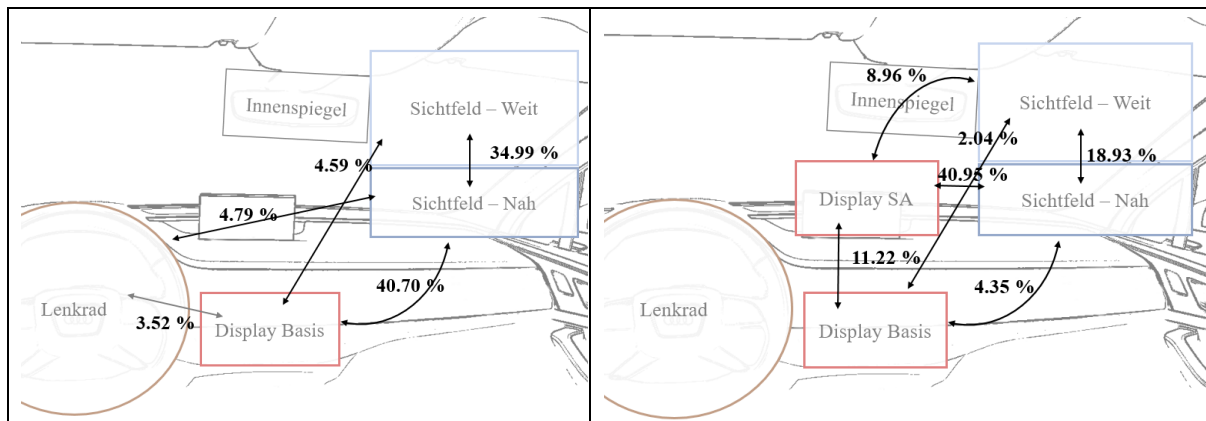


Abbildung 10-12 Darstellung der gemittelten Blickübergangswahrscheinlichkeiten der drei Fahrten im Vergleich der Konzepte (links: Basis-Konzept; rechts: SA-Konzept; R-4).

Veränderungen über die Zeit

Die Beachtungsrate und die Fixationsdauer werden für die Aois nahes Sichtfeld, weites Sichtfeld, Lenkrad und die beiden Displays varianzanalytisch auf Veränderungen über die drei Messzeitpunkte hinweg untersucht. Die Werte sind in Abbildung 10-13 dargestellt.

Das nahe Sichtfeld wird über die Zeit hinweg etwa gleich häufig beachtet ($F(2,40) = 0.401$, $p = .672$, $\eta_p^2 = .020$). Auch die Fixationsdauer verändert sich nicht ($F(2,40) = 0.110$, $p = .896$, $\eta_p^2 = .005$).

Die Beachtung des weiten Sichtfeldes bleibt in dieser Studie weitestgehend stabil (Attention Ratio: $F(2,36) = 0.991$, $p = .381$, $\eta_p^2 = .052$; Fixationsdauer $F(2,36) = 0.660$, $p = .523$, $\eta_p^2 = .035$).

Die Beachtung des Lenkrades nimmt ebenso wie in vorhergehenden Studien über die Zeit signifikant ab ($F(2,20) = 6.927$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .409$). Die Fixationsdauer ($F(2,20) = 0.830$, $p = .450$, $\eta_p^2 = .077$) verändert sich nicht signifikant.

Dem Display 1 bzw. dem Basisdisplay wird im Zeitverlauf marginal weniger Aufmerksamkeit geschenkt ($F(2,36) = 2.632$, $p = .086$, $\eta_p^2 = .128$). Die Fixationsdauer ($F(2,36) = 1.365$, $p = .268$, $\eta_p^2 = .070$) reduzieren sich statistisch nicht signifikant.

Die Beachtung des Display 2 bzw. des SA-Displays verändert sich über die Zeit nicht signifikant ($F(2,22) = 2.155$, $p = .140$, $\eta_p^2 = .164$). Dem Display wird in der zweiten Fahrt mehr Aufmerksamkeit geschenkt als zuvor, allerdings ist der Effekt nicht statistisch signifikant ($p_{MZPlzu2} = .280$). Die Fixationsdauer ($F(2,22) = 0.783$, $p = .469$, $\eta_p^2 = .066$) verändert sich über die drei Fahrten hinweg nicht signifikant.

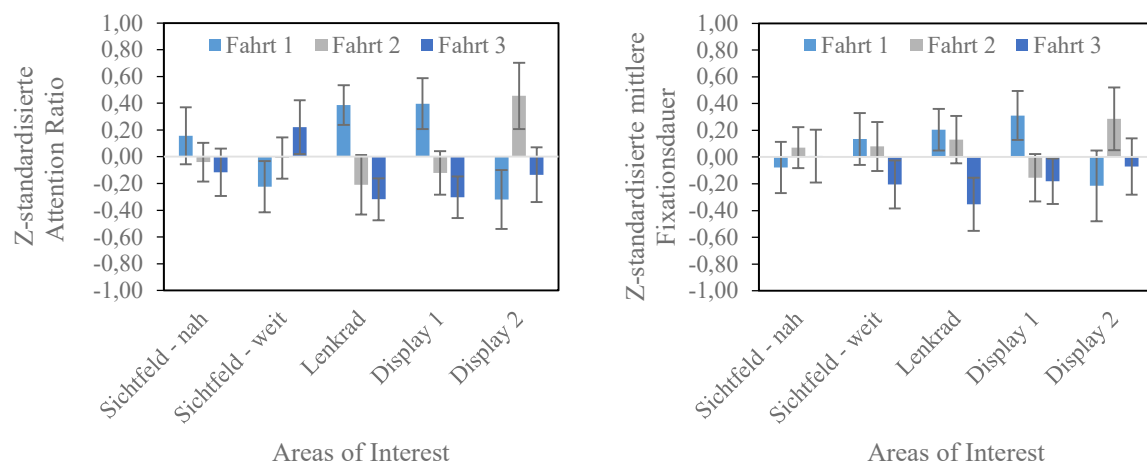


Abbildung 10-13 Darstellung der mittleren Attention Ratio (links) und Fixationsdauer (rechts) in Studie R-4. Abgebildet sind z-Standardisierte Mittelwerte und Standardfehler über drei Fahrten und Areas of Interest.

Auf Basis der Ergebnisse kann gesagt werden, dass sich das Blickverhalten über die drei Fahrten nicht eindeutig verändert. Die H_0 wird somit beibehalten.

Im Hinblick auf Unterschiede zwischen den Konzepten kann die H_0 für die Blickbewegung verworfen werden. Insbesondere die Blickübergangswahrscheinlichkeiten zeigen, dass sich das Blickverhalten zwischen den beiden Konzeptausprägungen deutlich unterscheidet.

10.3.3 Explorative Betrachtung der Ergebnisse

Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen

Für die Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen kann Tabelle 10-11 eingesehen werden. Auf der interpersonellen Ebene haben Komfort und Diskomfort auch in dieser Studie einen starken negativen Zusammenhang ($r^2 = .285$). Auch die hedonische Qualität steht mit Attraktivität in einen starken Zusammenhang ($r^2 = .316$) zu haben, ebenso wie die pragmatische Qualität und Vertrauen ($r^2 = .272$), weitere Zusammenhangswerte sind in Tabelle 10-11 abgebildet. Auf intrapersoneller Ebene stehen alle abhängigen Variablen mit Ausnahme der hedonischen Qualität in einem starken Zusammenhang zueinander.

Tabelle 10-11 Pearson-Korrelationen für die Erlebensdimensionen (Zwischen-Subjekt und Innersubjekt-Korrelationen) in Studie R-4.

| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>ICC</i> | V | Dis | K | Un | HQ | PQ | ATT |
|-----|----------|-----------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V | 4.83 | 0.97 | 0.82 | 1 | -.816** | .698** | -.681** | .522** | .713** | .690** |
| Dis | 2.35 | 0.63 | 0.79 | -.330** | 1 | -.823** | .765** | -.340 | -.780** | -.641** |
| K | 3.73 | 0.85 | 0.78 | .341** | -.534** | 1 | -.780** | .553** | .733** | .776** |
| Un | 3.61 | 0.71 | 0.65 | -.141 | .304** | -.400** | 1 | -.450** | -.774** | -.661** |
| HQ | 5.13 | 0.78 | 0.74 | .060 | .005 | -.173 | -.035 | 1 | .358* | .628** |
| PQ | 5.28 | 0.98 | 0.82 | .522** | -.134 | .377** | -.193 | .254* | 1 | .755** |
| ATT | 6.64 | 1.01 | 0.84 | .232 | -.122 | .054 | -.041 | .562** | .254* | 1 |

Anmerkung: V = Vertrauen; Dis = Diskomfort; K = Komfort; Un = Wahrgenommene Unheimlichkeit; HQ = Hedonische Qualität; PQ = Pragmatische Qualität; ATT = Attraktivität.

Extremgruppenanalyse

Der Vergleich von Extremgruppen der Fahrerfahrung, dem initialen Vertrauen und der Technikaffinität sind in Tabelle 10-12 dargestellt. Liegt das Konfidenzintervall oberhalb oder unterhalb der Nulllinie, so ist von einem signifikanten Unterschied auszugehen.

Besonders fahrerfahrene Teilnehmende unterscheiden sich weder hinsichtlich des Vertrauens noch der Unheimlichkeit von fahrnerfahrenen Teilnehmenden. Sowohl die Extremgruppen des initialen Vertrauens als auch die Extremgruppen der Technikaffinität unterscheiden sich im Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren und der wahrgenommenen Unheimlichkeit deutlich voneinander. Teilnehmende, die vor der Erhebung bereits sagen, dass sie dem vollautomatisierten Fahren vertrauen, vertrauen auch während der Fahrten eher ($M_{Diff} = -1.40$) und erleben das vollautomatisierte Fahren als weniger unheimlich ($M_{Diff} = 0.87$). Ebenso ergeht es den Teilnehmenden, die sich als technisch sehr affin einstuften.

Tabelle 10-12 Ergebnisse der explorativen Extremgruppenanalyse (R-4).

| Extremgruppen | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|------------------------------|-----------|---------------|-------------------------|----------------|------------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | <i>n</i> | <i>M (SD)</i> | <i>M_{Diff}</i> | 95 % KI | <i>n</i> | <i>M (SD)</i> | <i>M_{Diff}</i> | 95 % KI |
| Q ₂₅ FE | 7 | 5 (0.66) | 0.10 | [-1.01, 1.20] | 7 | 3.71 (0.54) | 0.18 | [-0.35, 0.72] |
| Q ₇₅ FE | 7 | 4.9 (1.17) | | | 7 | 3.53 (0.36) | | |
| Q ₂₅ Initiales V. | 11 | 4.02 (0.81) | -1.40 | [-2.06, -0.74] | 11 | 4.16 (0.69) | 0.87 | [0.40, 1.34] |
| Q ₇₅ Initiales V. | 10 | 5.42 (0.6) | | | 10 | 3.29 (0.17) | | |
| Q ₂₅ TA | 8 | 4.48 (0.81) | -0.94 | [-1.69, -0.18] | 8 | 3.81 (0.49) | 0.70 | [0.24, 1.15] |
| Q ₇₅ TA | 8 | 5.42 (0.58) | | | 8 | 3.11 (0.34) | | |

Anmerkung: FE: Fahrerfahrung; Initiales V.: Initiales Vertrauen; TA: Technikaffinität.

Q₂₅ entspricht dem unteren Quartil; Q₇₅ entspricht dem oberen Quartil.

Bei **Fett**-gedruckten Werten schneidet das KI die 0-Linie nicht.

10.3.4 Konzeptbewertung

Akzeptanz der Konzepte im Fahrzeug

Nach der Fahrstudie wurden die Anzeigeconzepte hinsichtlich ihrer Akzeptanz durch die Teilnehmenden bewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10-14 dargestellt. Die Ergebnisse der 2x2 ANOVA sind in Tabelle 10-13 einzusehen.

Die beiden Konzepte unterscheiden sich hinsichtlich der Zufriedenheit, die sie auslösen. Das SA-Konzept ($M_{Zu,SA} = -0.41$; $SE = 0.16$) löst signifikant mehr Zufriedenheit aus, als das Basis-Konzept ($M_{Zu,Basis} = -0.68$; $SE = 0.14$; $p = .000$).

Hinsichtlich Nützlichkeit wird das SA-Konzept ($M_{Nu,SA} = 0.37$; $SE = 0.16$) signifikant besser bewertet, als das Basis-Konzept ($M_{Nu,Basis} = -0.37$; $SE = 0.15$). Beachtet werden muss aber, dass bei der Nutzbarkeit („Nu“, graue Linie) die Reihenfolge der Konzeptpräsentation einen Einfluss auf die Konzeptbewertung hat ($p = .005$; disordinale Wechselwirkung). Wurde zunächst das Basis-Konzept erlebt, dann wird die Nützlichkeit des SA-Konzeptes deutlich höher bewertet. Wird erst das SA-Konzept bewertet, wird das Basis-Konzept als ebenso nützlich bewertet wie das davor erlebte SA-Konzept.

Die Nützlichkeit ($M_{Nu} = -0.03$; $SE = 0.13$) der Konzepte wird höher eingeschätzt als die Zufriedenstellung ($M_{Zu} = -0.55$; $SE = 0.11$) des Konzeptes, darauf weist die ordinale Interaktion zwischen Zufriedenheit und Nützlichkeit hin ($p = .000$).

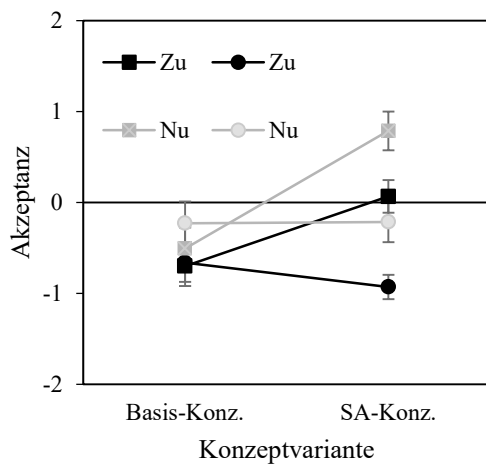


Abbildung 10-14 Bewertung der Akzeptanz der Konzeptvarianten. Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler der Bewertung von SA- und Basis-Konzept.

Tabelle 10-13 Ergebnisse der 2x2 ANOVA mit Messwiederholung zur Akzeptanz der Konzeptvarianten.

| Faktor | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
|------------------------|-----------|----------|-------------------|------------|
| Zufriedenstellung (Zu) | 1, 27 | 69.272 | .000** | .720 |
| Nützlichkei (Nu) | 1, 27 | 5.695 | .024* | .174 |
| Reihenfolge (Rf) | 1, 27 | 3.744 | .064 ^m | .122 |
| Zu x Rf | 1, 27 | 0.887 | .355 | .032 |
| Nu x Rf | 1, 27 | 9.342 | .005* | .257 |
| Zu x Nu | 1, 27 | 20.959 | .000** | .437 |
| Zu x Nu x Rf | 1, 27 | 1.916 | .178 | .066 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$.

Auf Basis dieser Ergebnisse kann die Null-Hypothese, die besagt, dass sich die Konzepte hinsichtlich ihrer Akzeptanz nicht unterscheiden, verworfen werden. Das SA-Konzept wird als zufriedenstellender bewertet, als das Basis-Konzept. Hinsichtlich Nutzbarkeit ist entscheidend, welches Konzept zuerst bewertet wird.

Die Zusammengefassten Äußerungen der Teilnehmenden zur Bewertung der Konzepte sind ergänzend im Anhang G-5 einzusehen.

Konzept als interaktiven Prototypen bewerten

Neben den Konzepten, die die Teilnehmenden im Fahrzeug erleben konnten, wurde ihnen auch der interaktive Design-Prototyp (Klickprototyp) vorgestellt. Die Teilnehmenden bewerten diesen mit einer durchschnittlichen Schulnote von 1,62. Das entspricht einer „sehr guten“ bis „guten“ Bewertung.

Zusätzliche Bewertungen des interaktiven Prototyps, die Erkennung der Konzeptelemente, Bewertung des Minimalkonzepts und der Einstellung des Abstraktionsgrades aus der Nachbefragung sind im Anhang G-5 einzusehen.

User Experience

Das hier diskutierte Anzeigekonzept wurde hinsichtlich der User Experience bewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10-15 dargestellt. Dabei wird das Konzept hinsichtlich Attraktivität, Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit und Stimulation als exzellent und damit unter den besten 10 % im Vergleich zu anderen Produkten bewertet. Hinsichtlich Originalität wird das Konzept als gut bewertet. Die Effizienz des Konzeptes wird als oberhalb des Durchschnitts eingestuft.

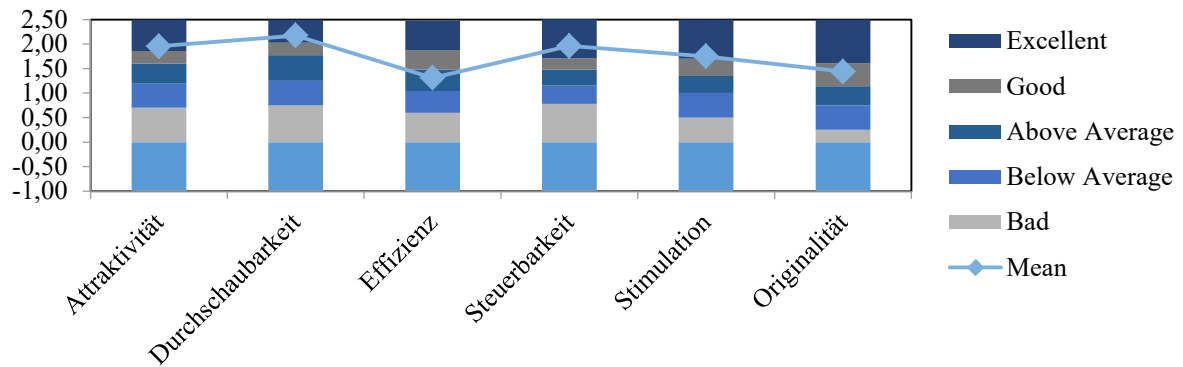


Abbildung 10-15 Ergebnisse des User Experience Questionnaire und deren Einordnung in Vergleichswerte (Studie R-4).

Da in Studie Q-2 bereits dasselbe Erhebungsinstrument verwendet wurde, werden die Ergebnisse dieser Studie mit den Ergebnissen aus der vorhergehenden Studie anhand des Einstichproben-t-Tests verglichen. Dabei kann gezeigt werden, dass sich die Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit und Stimulation im Vergleich zur vorhergehenden Studie und somit dem vorherigen Konzeptentwurf verbessert haben (vgl. Tabelle 3-1). Attraktivität, Effizienz und Steuerbarkeit unterschieden sich nicht signifikant.

Tabelle 10-14 Ergebnisse der Bewertung der User Experience des Anzeigekonzeptes im Vergleich mit den Ergebnissen der Studie Q-2.

| Skala | Prototyp Studie R-4 | | Prototyp Studie Q-2 | | <i>t</i> -Wert |
|-------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|----------------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | |
| Attraktivität | 1.95 | 0.62 | 1.71 | 0.70 | 2.217 |
| Durchschaubarkeit | 2.17 | 0.74 | 1.76 | 0.81 | 3.100* |
| Effizienz | 1.31 | 0.72 | 1.61 | 0.80 | -2.275 |
| Steuerbarkeit | 1.96 | 0.62 | 1.57 | 0.72 | 3.521** |
| Stimulation | 1.75 | 0.60 | 1.29 | 1.09 | 4.340** |
| Originalität | 1.44 | 0.96 | 1.21 | 1.13 | 1.299 |

Anmerkung: Vergleich durch Einstichproben-t-Test. $Df = 30$; $t_{crit} = 2.042$.

* $p < .05$; ** $p < .001$. α -Fehler-Korrektur nach Bonferroni.

Visuelle Anmutung

Die visuelle Anmutung des Anzeigekonzeptes wird in dieser Studie mit einem Gesamtwert von $M = 5.95$ ($SD = 0.68$) bewertet. Die Kennwerte der einzelnen Skalen sind in Tabelle 10-15 einzusehen. Im Vergleich zum Benchmark anderer Informationssysteme wird das Anzeigekonzept anhand des Einstichproben-T-Tests deutlich besser bewertet. Auch im Vergleich zu dem Anzeigekonzept aus Studie Q-2 wird das überarbeitete Konzept hinsichtlich der Einfachheit, Vielseitigkeit, Farbigkeit und der Gesamtbewertung besser bewertet (vgl. die Ergebnisse in Tabelle 10-15). Hinsichtlich der Kunstfertigkeit werden beide Konzepte ähnlich bewertet.

Tabelle 10-15 Ergebnisse der Bewertung der visuellen Gestaltung des Anzeigeconzeptes im Vergleich mit Benchmark-Ergebnissen und den Ergebnissen der Studie Q-2.

| Skala | Prototyp R-4 | | Benchmark | | | Prototyp Q-2 | | |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|-----------|---------------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>t-Wert</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>t-Wert</i> |
| Einfachheit | 5.93 | 0.63 | 4.33 | 1.41 | 14.278** | 5.59 | 0.78 | 2.999* |
| Vielseitigkeit | 5.79 | 0.93 | 3.35 | 1.35 | 14.835** | 5.05 | 1.30 | 4.515** |
| Farbigkeit | 5.90 | 0.89 | 4.28 | 1.61 | 10.977** | 5.04 | 1.17 | 6.142** |
| Kunstfertigkeit | 6.16 | 0.81 | 4.34 | 1.47 | 13.420** | 5.89 | 0.88 | 2.547 |
| Gesamtwert | 5.95 | 0.68 | 4.08 | 1.26 | 15.591** | 5.41 | 0.77 | 4.559** |

Anmerkung: Vergleich mit Einstichproben-t-Test. $Df = 31$; $t_{crit} = 2.040$.

* $p < .05$; ** $p < .001$, α -Fehler Korrektur nach Bonferroni.

10.3.5 Informationsbewertung

Kano-Methode

Nach dem Erleben der vollautomatisierten Fahrt und der Auseinandersetzung mit dem System wurden die Einzelinformationen auf ihren Beitrag zum Wohlbefinden während des Erstkontaktes durch die Teilnehmenden bewertet. Dabei gelten die CS-Werte als Indikator für hohe oder niedrige Zufriedenheit.

Die Ergebnisse der Merkmalszuordnung sind in Tabelle 10-16 abgetragen und zeigen, dass die *eigene Geschwindigkeit*, *Uhrzeit*, der *Kraftstoffstand* und die *Zeit und Distanz bis zum Ziel* von der Befragten als wichtige Basismerkmale klassifiziert werden (Totale Stärke: < 85 %). Als Begeisterungsmerkmal werden *die Möglichkeit, einzelne Informationen auszuwählen* und *Möglichkeit, die Informationsmenge über einen Slider anpassen zu können*, klassifiziert. Begeisterungsmerkmale sind diejenigen Eigenschaften eines Produkts, die vom Nutzer nicht unbedingt erwartet werden. Sind sie vorhanden und werden die Erwartungen der Nutzer im Hinblick auf diese Eigenschaften übertroffen.

Hinsichtlich der Zufriedenheit ist festzustellen, dass der Wegfall der *eigenen Geschwindigkeit* ($CS^- = -0.86$), des *Kraftstoffstandes* ($CS^- = -0.83$), der *aktuellen Uhrzeit* ($CS^- = -0.86$), der *Zeit und Distanz bis zum Ziel* ($CS^- = -0.90$) und des *Blinkers* ($CS^- = -0.81$) besonders zur Unzufriedenheit beitragen. Die *Möglichkeit, einzelne Informationen* ($CS^+ = 0.59$) auszuwählen hingegen trägt zur Zufriedenheit der Nutzer bei.

Tabelle 10-16 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (Studie R-4).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitsstiftung | |
|---|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke (%) | Totale Stärke (%) | CS- | CS+ |
| Eigener Position auf der Route | M | 34.48 | 75.86 | 0.17 | -0.76 |
| Übersicht der geplanten Route | M | 37.93 | 82.76 | 0.24 | -0.79 |
| Geschwindigkeit | M | 58.62 | 86.21 | 0.14 | -0.86 |
| Warnungen | M | 3.45 | 75.86 | 0.39 | -0.75 |
| Fahrweg | M ^a | 0.00 | 58.62 | 0.26 | -0.56 |
| Geschwindigkeitsbegrenzung | M | 24.14 | 68.97 | 0.14 | -0.66 |
| Kraftstoffstand | M | 48.28 | 86.21 | 0.21 | -0.83 |
| Möglichkeit, Routenansicht zu ändern | M | 13.79 | 68.97 | 0.29 | -0.61 |
| Aktuelle Uhrzeit | M | 62.07 | 86.21 | 0.10 | -0.86 |
| Erkannten Verkehrszeichen und -regeln | M | 17.24 | 68.97 | 0.25 | -0.54 |
| Nächster Navigations-schritt | M | 34.48 | 72.41 | 0.10 | -0.72 |
| Darstellung Fußgänger | M ^a | 3.45 | 62.07 | 0.25 | -0.64 |
| Zeit und Distanz zum Ziel | M | 55.17 | 89.66 | 0.17 | -0.90 |
| Darstellung anderer Verkehrsteilnehmender | M | 10.34 | 65.52 | 0.21 | -0.55 |
| Systemstatus (On /Off) | M | 34.48 | 72.41 | 0.10 | -0.72 |
| Entertainment-Bereich | M | 10.34 | 65.52 | 0.25 | -0.64 |
| Blinker | M | 48.28 | 72.41 | 0.08 | -0.81 |
| Erläuterung zum Manöver | M | 13.79 | 65.52 | 0.21 | -0.64 |
| Nächstes Manöver | M | 24.14 | 72.41 | 0.25 | -0.64 |
| Möglichkeit, Informationsmenge anzupassen | A ^a | 13.79 | 55.17 | 0.43 | -0.29 |
| Möglichkeit, einzelne Informationen auszuwählen | A | 3.45 | 86.21 | 0.59 | -0.55 |

Anmerkung: M = Basismerkmal, O = Leistungsmerkmal, A = Begeisterungsmerkmal

^a= Anwendung der ersten Entscheidungsregel bei nicht eindeutiger Zuordnung: Wenn $(M + A + O) > (I + Q + R)$, dann wähle das Maximum von M, A oder O.

^b= Anwendung der zweiten Entscheidungsregel bei geringfügigen Unterschieden zwischen Zuordnungen: $M > O > A > I$.

Konzeptelemente für Erstkontakt und Experten auswählen

Wie in der Studie Q-2 wurden die Teilnehmenden auch in dieser Befragung gebeten, ihr persönliches Anzeige-konzept zusammenzustellen. Der Anteil der ausgewählten Informati-

onen für die erste Fahrt und für eine Fahrt mit mehr automatisierter Fahrerfahrung („Experte“) ist in Abbildung 10-16 dargestellt. Über 50 % der Teilnehmenden lassen sich für die erste Fahrt alle Informationen anzeigen. Insbesondere *andere Fahrzeuge* (90.63 %), *Verkehrszeichen* (90.63 %), *Personen* (87.50 %) und der eigene *Fahrweg* (87.50 %). Bei der Einstellung des Anzeigekonzeptes für eine Fahrt mit automatisierter Erfahrung („Experte“) reduziert sich der Informationsbedarf deutlich.

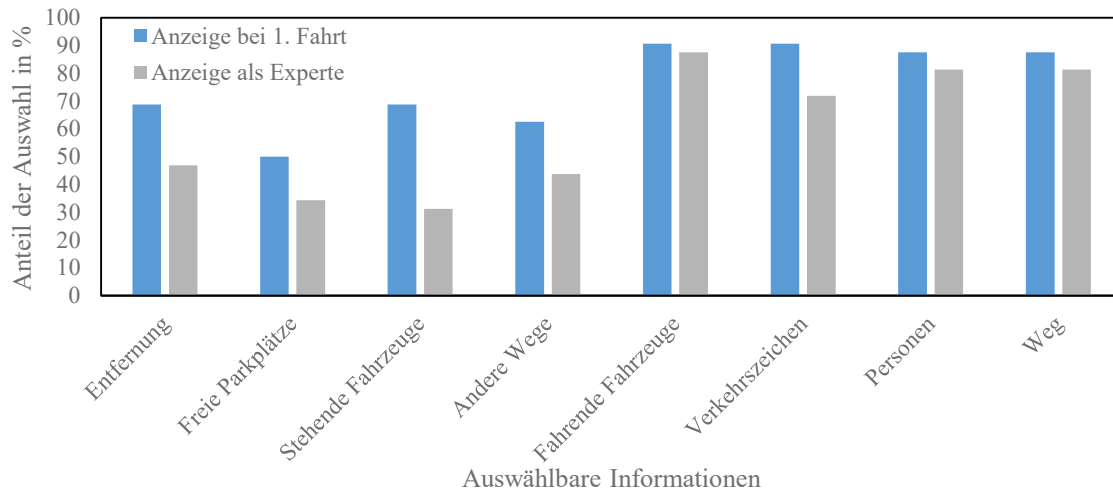


Abbildung 10-16 Anteil der ausgewählten Informationen am interaktiven-Prototypen. Vergleich der Anzeige für die erste vollautomatisierte Fahrt und eine Fahrt mit mehr Erfahrung (als Experte).

10.4 Diskussion & Ableitung

Ziel dieser Studie war es, das entwickelte und in der Interviewstudie (Q-2) validierte Anzeigekonzept auch während einer Realfahrt zu erproben und dessen Einfluss auf das Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren zu überprüfen. Zudem sollen so weitere Punkte in der Umsetzung des Konzeptes identifiziert werden, die Verbesserungen bedürfen. Dazu werden die gefundenen Ergebnisse zunächst zusammengefasst (vgl. Kap. 10.4.1), kritisch betrachtet (vgl. Kap. 10.4.2) und Anforderungen für das Anzeigekonzept abgeleitet (vgl. Kap. 10.4.3).

10.4.1 Zusammenfassung & Interpretation der Ergebnisse

Das Erleben der vollautomatisierten Fahrt

Die Erfahrung mit dem System trägt dazu bei, dass sich das Erleben der vollautomatisierten Fahrt veränderte. Unheimlichkeit und Diskomfort reduzieren sich durch wachsende Erfahrung deutlich, Komfort erhöhte sich eindeutig. Diese Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse aus den vorhergehenden Studien. Das Vertrauen sowie die User Experience-Komponenten verändern sich über die drei Fahrten jedoch nicht signifikant.

Da Vertrauen ein zuverlässiger Indikator für das Erleben des Erstkontaktes und ein Ansteigen zu erwarten war (vgl. R-1, R-2, R-3; u. a. Gold et al., 2015) könnte der ausbleibende Effekt auf die Implementierung der Anzeigekonzepte zurückzuführen sein. Insbesondere das Fehlverhalten eines Systems (bzw. der Anzeige) kann zu einem rapiden Einbruch des

Vertrauens (Lee & See, 2004) und einem deutlich langsameren Wiederaufbau führen (vgl. Flemisch et al., 2017). Da die Anzeige einige Fehlerkennungen hatte (z. B. Detektion einer Pylone als Mensch), ist das eine mögliche Erklärung für den ausbleibenden Effekt. Auf eine absolut fehlerrobuste Anzeige muss demnach unbedingt geachtet werden.

Ob die Effekte auf das Vorhandensein des Anzeigeconzeptes zurückzuführen sind, ist nicht eindeutig belegt und müsste in weiteren Studien untersucht werden.

Zusammenhänge der Variablen

Auf interpersoneller Ebene steht Vertrauen im Zusammenhang mit Diskomfort, Komfort und pragmatischer Qualität. Der Zusammenhang von Vertrauen und pragmatischer Qualität wurde bereits durch Frison et al. (2019) aufgedeckt. Auch der Zusammenhang zwischen Vertrauen und Diskomfort bzw. Komforterleben wurde bereits gezeigt (vgl. Mühl et al., 2020) und kann durch diese Ergebnisse bestätigt werden. Der Zusammenhang zwischen Diskomfort und Komfort wurde bereits in den vorhergehenden Studien eingehend diskutiert. Dass Komfort und pragmatische Qualität, also die Entlastung, die das Fahren mit sich bringt und die Nützlichkeit der Automation zusammenhängen (vgl. Bubb, 2015b; Müller et al., 2017), kann hier ebenfalls bestätigt werden. Zusammenhänge zwischen hedonischer und pragmatischer Qualität sowie Attraktivität liegen bereits in der Bildung des Konstruktes vor (vgl. Hassenzahl, 2004, 2005) und finden durch die hier vorgelegten Daten Bestätigung.

Vergleich der Konzepte

Die Konzeptvarianten unterscheiden sich zwar nicht in ihrem Einfluss auf das Erleben, dennoch werden sie unterschiedlich gut akzeptiert. Das SA-Konzept wird grundsätzlich als zufriedenstellender angenommen als das Basis-Konzept. In Bezug auf die wahrgenommene Nützlichkeit muss die Reihenfolge der Präsentation der Konzepte beachtet werden. Wird erst das Basis-Konzept erlebt, wird das SA-Konzept als nützlicher empfunden, da nun zusätzlich zu den Erläuterungen der Handlungen auch das Situationsbewusstsein des Fahrzeugs vermittelt wird. Wird zunächst das SA-Konzept erlebt, wird dieses als vergleichbar zum Basis-Konzept bewertet. Die Darstellung der Objekterkennung bzw. des Situationsbewusstseins scheint somit gerade für den Erstkontakt hilfreich zu sein, um ein adäquates mentales Modell aufzubauen (vgl. Koo et al., 2015; Wiegand et al., 2019). Durch das Erfahren des Fahrverhaltens lernen die Teilnehmenden, dass auf die richtige Erkennung auch die richtige Handlung des Fahrzeugs folgt. Die augmentierte Darstellung (SA-Konzept) wird der basisinformations-orientierten Anzeige vorgezogen. Insgesamt ist die Zufriedenstellung für beide Konzepte in der Fahrzeugumsetzung aber noch deutlich ausbaubar.

Blickdaten

Die Blickdaten geben Aufschluss darüber, wie sich das Verhalten der Teilnehmenden in den Fahrsituationen abbildet. Die Teilnehmenden fokussieren auch in dieser Studie häufig fahrrelevante Informationen, dazu zählen insbesondere das frontale Blickfeld und das

Lenkrad sowie in dieser Studie die vorhandenen Displays. Haben die Nutzer nur ein Display mit Basis-Informationen zur Verfügung, wird dieses beachtet, haben die Nutzer beide Displays zur Verfügung, wird dem Display mit Objekterkennung (Display SA) deutlich mehr Aufmerksamkeit geschenkt als dem Display mit Basis-Informationen (wie z. B. Geschwindigkeit).

Über die Zeit verändert sich das Blickverhalten auf die AoIs nicht eindeutig. Auch der Fokus der Teilnehmenden verschiebt sich nicht wie in Studie R-2 und R-3 gezeigt wurde, in das weitere Sichtfeld. Dafür gibt es mehrere mögliche Erklärungen. Körber et al. (2018) zeigten, dass Vertrauen und Blickverhalten korrelieren. Da das Vertrauen sich in dieser Studie nicht verändert, könnte das das nicht veränderte Blickverhalten erklären. Auch die Einführung der Displays, auf die sich die Blicke nun stark fokussieren, könnte das Blickverhalten beeinflusst haben.

Über die Zeit wird dem Basis-Display marginal seltener Beachtung geschenkt. Die Ergebnisse geben somit einen Hinweis darauf, dass die Erfahrung mit dem System zu einer Abnahme des Informationsbedarfs führen könnte (vgl. Q-1 Kap. 4, Beggiato, Hartwich et al., 2015; Diels & Thompson, 2017; Wiegand et al., 2019).

Wird Display 2 zusätzlich angeboten, wird dieses besonders in Fahrt 2 genutzt. Die Ergebnisse sind auf Basis geringer Stichproben nicht signifikant, zeigen sich aber in allen verwendeten Maßen und sollten daher in weiteren Studien Beachtung finden. Möglicherweise werden die Informationen der Objekterkennung besonders genutzt, wenn bereits erste Erfahrungen mit dem System gemacht wurden und das mentale Modell unter Zuhilfenahme der Objekterkennung verifiziert werden kann. Ist dies in Fahrt zwei ausreichend geschehen und konnten sich die Nutzer davon überzeugen, dass das Fahrzeug alle relevanten Informationen aus der Umwelt wahrnimmt, wird ihm wieder weniger Beachtung geschenkt (vgl. Diels & Thompson, 2017; Hergeth et al., 2016; Körber et al., 2018; Wiegand et al., 2019).

Bewertung des interaktiven Designprototypen

Der Design-Prototyp steht für die optimale Umsetzung des Anzeigekonzeptes und bietet die Möglichkeit, das finale Konzept mit verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten, ohne die Schwierigkeiten der tatsächlichen technischen Umsetzung, zu überprüfen. Die Teilnehmenden bewerten den Design-Prototypen in dieser Studie mit einer „sehr guten“ bis „guten“ Schulnote. Auch hinsichtlich der User Experience wird der Prototyp überdurchschnittlich gut bewertet. Die Durchschaubarkeit und Steuerbarkeit liegen im Vergleich mit anderen Konzepten im exzellenten Bereich (vgl. Laugwitz et al., 2008). Das Konzept wird zudem hinsichtlich Durchschaubarkeit, Stimulation und Steuerbarkeit besser bewertet als in der vorhergehenden Interviewstudie.

In Bezug auf die visuelle Gestaltung der Konzepte wird das Konzept ebenfalls besser als vergleichbare Informationskonzepte bewertet. Auch im Vergleich zur vorherigen Studie verbessert sich das Konzept in allen Bereichen bis auf die Kunstfertigkeit. Die Anpassungen der Konzeptumsetzung nach Studie Q-2 waren somit notwendig und sinnvoll. Insgesamt

samt bietet das Konzept in seiner Design-Ausprägung einen guten Anhaltspunkt für ein nutzerzentriertes Anzeige-Konzept für den Erstkontakt.

Informationsgestaltung und Konzeptelemente

Wie bereits in der Interviewstudie Q-2 werden die Interaktionsmöglichkeiten wieder als besonders positiv hervorgehoben. So werden die Möglichkeiten zur individuellen Anpassung der Informationen als Begeisterungsmerkmale klassifiziert.

Es werden darüber hinaus diverse fahrrelevante Informationen als Basismerkmale klassifiziert, die dem Situations-, Verhaltens- oder Modusbewusstsein (vgl. Diels & Thompson, 2017) zuzuordnen werden können (u. a. Übersicht der *geplanten Route*, *eigene Geschwindigkeit*, *eigener Fahrweg*, *nächster Navigationsschritt auf Route*, *Blinker*, *nächstes Manöver und Erläuterungen zum Manöver*, vgl. Kap.10.3.5). Zudem wird das zur Verfügung stellen eines *Entertainmentbereichs* als Basis-Merkmal bewertet. Das weist darauf hin, dass die Rolle des Beifahrers, der sich mit nicht fahrrelevanten Tätigkeiten beschäftigen kann, verinnerlicht wird (vgl. Perterer et al., 2013).

Die Teilnehmenden vermuten entsprechend der Literatur (vgl. Kap. 2.3.5), dass mit wachsender Erfahrung weniger Informationen benötigt werden. Für eine Fahrt als Experte sind daher lediglich *andere Fahrzeuge*, *andere Personen*, *Verkehrszeichen* und der *Fahrweg* notwendig. Außerdem äußert ein Drittel der Teilnehmenden, dass das *Minimalkonzept* als Anzeige ausreichen könnte und ein weiteres Drittel, dass der Wechsel zwischen Minimalkonzept und Anzeige des Realverkehrs möglich sein sollte. Die folgenden Ausprägungen sollte somit vorgehalten werden (vgl. Abbildung 10-17) und durch individuelle Anpassungsmöglichkeiten ergänzt werden.



Abbildung 10-17 Umsetzung der letzten Anzeige-Iteration. Vollständige Hervorhebung der Informationen (links), Expertenansicht (ausgewählte Informationen; Mitte), Minimalanzeige (rechts).

10.4.2 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Als Kritikpunkt muss die Implementierung der Konzepte genannt werden. Das entwickelte Anzeige-Konzept fasst alle Informationen auf einem Bildschirm zusammen (umgesetzt im Design-Prototyp, beschrieben in Kap. 8). Da die Implementierung eines augmentierten Ansatzes im Fahrzeug bislang noch große Herausforderungen und Kosten verursachen würde, musste sich mit einer prototypischen Umsetzung beholfen werden. Diese beinhaltet die Aufteilung der Informationen auf zwei Bildschirme, die in der Mittelkonsole angebracht wurden. Dadurch musste insbesondere für das Basis-Konzept der Blick deutlich von

der Straße abgewendet werden, was für den Fahrerkontext untypisch und nicht ergonomisch ist und die Bewertung bzw. Nutzung beeinflusst haben könnte.

Für die Objekterkennung (SA-Konzept) wurde ein Bilderkennungsalgorithmus verwendet, der zwar auf den Straßenverkehrskontext angepasst war und daher relativ robust funktionierte, dennoch traten Fehler im „Situationsbewusstsein des Fahrzeugs“ auf. Es traten sowohl Fehler auf Ebene 1 des Situationsbewusstseins „Wahrnehmung“ auf (z. B. Stoppschild nicht, oder zu spät erkannt) als auch auf Ebene 2 „Verständnis“ auf (Pylone wird als Mensch klassifiziert; vgl. Endsley, 1995). In weiteren Studien müsste überprüft werden, wie sich die Fehler auf unterschiedlichen Ebenen auswirken. Darüber hinaus muss eine Darstellung des Situationsbewusstseins gefunden werden, die robust gegenüber Fehlern ist, bzw. diese weniger deutlich herausstellt (z. B. nur eindeutig erkannte, relevante und klassifizierte Objekte hervorheben).

Das im Fahrzeug erlebbare Konzept bot darüber hinaus nur einen geringen Teil des tatsächlichen Konzeptumfangs an. Eine Implementierung (evtl. sogar als augmentierte Frontscheibe) und Untersuchung des gesamten Konzeptumfangs könnte möglicherweise auch das Erleben des Erstkontaktes stärker unterstützen.

10.4.3 Ableitung von Anforderungen an ein Anzeigekonzept

Es lässt sich zusammenfassen, dass sich auch hier das Erleben des Erstkontaktes durch die Erfahrung mit dem System positiv verändert. Die Akzeptanz für ein Anzeigekonzept, dass das Situationsbewusstsein unterstützt, ist höher, als wenn nur die reinen Basisinformationen vermittelt werden. Darauf muss bei der Umsetzung eines Anzeigekonzeptes geachtet werden.

Folgende Anforderungen konnten im Rahmen dieser Studie an das Anzeigekonzept gestellt werden:

- Ein Anzeigekonzept hat das Potenzial, den Erstkontakt zu unterstützen.
- Das Anzeigekonzept muss den Aufbau eines mentalen Modells des Fahrzeugs unterstützen.
- Das Anzeigekonzept muss absolut fehlerrobust sein. Darstellungen sollten so ausgewählt werden, dass sie fehlertolerant sind.
- Die Nutzer sollten die Möglichkeit haben, Informationen individuell auszuwählen/anzupassen.
- Die reale Darstellung der Außenwelt ist einer abstrakten vorzuziehen.
- Eine minimalistische Anzeige (Minimalanzeige) sollte gerade für erfahrene Nutzer vorgehalten werden.
- Das Anzeigekonzept sollte visuell ansprechend sein und die User Experience unterstützen.

-
- Das Anzeigekonzept sollte folgenden Informationen enthalten: eigener Position auf der Route, Übersicht der geplanten Route, eigene Geschwindigkeit, eigener Fahrweg, Geschwindigkeitsbegrenzung, Kraftstoffstand, Möglichkeit die Routenansicht zu ändern, aktuelle Uhrzeit, erkannte Verkehrszeichen und Verkehrsregeln, nächster Navigationsschritt auf Route, Darstellung erkannter Fußgänger, Zeit und Distanz bis zum Ziel, andere Verkehrsteilnehmende, Systemstatus (On / Off), Entertainment-Bereich, Blinker, Erläuterung zum Manöver, nächstes Manöver, Warnungen.
 - Mit steigender Erfahrung müssen nur noch fahrende Fahrzeuge, Verkehrszeichen, erkannte Personen und der eigene Fahrweg angezeigt werden.

11 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zur übergreifenden Betrachtung der Erlebensdimensionen Vertrauen (V), Diskomfort (Dis), Komfort (Ko), Unheimlichkeit (Un) und User Experience (hedonische Produktqualität (HQ), pragmatische Produktqualität (PQ) und Attraktivität (ATT)) werden die Ergebnisse aus jeder Realfahrtstudie (R-1 bis R-4) hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit der Effekte zusammengestellt. Als Effektstärkemaß wird das partielle η^2 verwendet (vgl. Bortz & Weber, 2005). Zur Einordnung der Effekte werden die folgenden Grenzwerte von Cohen (1988) herangezogen: großer Effekt ($\eta^2 > .140$), mittlerer Effekt ($.060 < \eta^2 < .140$), kleiner Effekt ($.010 < \eta^2 < .060$). Zur besseren Übersicht der Ergebnisse werden die Effekte farblich markiert, die jeweiligen Richtungen der Effekte aufgeführt und statistisch signifikante Einzel-Ergebnisse gekennzeichnet. Die Ergebnisse der übergreifenden Betrachtung der Messwiederholung sind Tabelle 11-1 dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass Vertrauen bei starken bis mittleren Effekten über die meisten Studien hinweg ansteigt. Die wahrgenommene Unheimlichkeit sinkt über alle Studien hinweg stetig statistisch und praktisch bedeutsam ab. Diskomfort und Komfort verändern sich in jeweils zwei Studien mit bedeutsamen Effekten. Für die Dimensionen Attraktivität und pragmatische Qualität sind in Einzelstudien mittlere Effekte zu erkennen. Die hedonische Qualität verändert sich in keiner der Studien über drei Messzeitpunkte hinweg bedeutsam.

Tabelle 11-1 Zusammenstellung der Effektstärken des Messwiederholungsfaktors für Studie R-1 bis R-4.

| Dimen- sionen | Studie R-1 | | | Studie R-2 | | | Studie R-3 | | | Studie R-4 | | |
|------------------|------------|---------------|----------|------------|---------------|--------------|------------|---------------|--------------|------------|---------------|----------|
| | η_p^2 | Rich- tung | <i>p</i> | η_p^2 | Rich- tung | <i>p</i> | η_p^2 | Rich- tung | <i>p</i> | η_p^2 | Rich- tung | <i>p</i> |
| V | .196 | ↗ | * | .097 | ↗ | ^m | .126 | ↗ | * | .006 | → | |
| Un | .159 | ↘ | * | .171 | ↘ | * | .091 | ↘ | ^m | .194 | ↘ | * |
| Dis | .075 | ↘ | | .035 | ↘ | | .167 | ↘ | * | .134 | ↘ | * |
| Ko | | | | .024 | ↗ | | .105 | ↗ | ^m | .193 | ↗ | * |
| ATT | .022 | → | | .100 | ↘ | ^m | .073 | → | | .039 | → | |
| PQ | .073 | ↗ | | .060 | → | | .103 | ↗ | * | .023 | → | |
| HQ | .007 | → | | .020 | → | | .022 | → | | .051 | → | |

Anmerkung: grün = starker Effekt ($\eta_p^2 > .140$), gelb = mittlerer Effekt ($.060 < \eta_p^2 < .140$), orange = kleiner Effekt ($.010 < \eta_p^2 < .060$).

* $p < .05$; ^m $p < .10$.

Lerneffekt

Eine Stichprobe von $n = 19$ Teilnehmenden erlebte sowohl in Studie R-2 als auch in Studie R-3 jeweils drei Fahrten und konnte somit über 6 Messzeitpunkte hinweg in ihrem Erleben beobachtet werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11-2 abgebildet. Dabei zeigt sich, dass die Veränderungen über jeweils drei Fahrten in Vertrauen, Unheimlichkeit und Diskomfort reproduziert werden können. Von Fahrt 1 bis Fahrt 6 reduziert sich die wahrgenommene Unheimlichkeit stetig. Vertrauen, pragmatische Qualität und Attraktivität werden durch die Pause zwischen den Erhebungswellen beeinflusst. Die Entwicklungen der Attraktivität und

hedonischen Qualität unterscheiden sich zwischen den Erhebungswellen. Beide Dimensionen entwickeln sich erst in der zweiten Erhebungswelle positiv.

Tabelle 11-2 Zusammenstellung der Ergebnisse der Lernfragestellung (Studie R-3).

| Dimension | Messwiederholung | | | Interaktion FxW | | Einzelvergleiche | |
|-----------|------------------|----------|--------------|-----------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| | η_p^2 | Richtung | p | η_p^2 | p | MZP _{3zu4} p | MZP _{1zu6} p |
| V | .249 | ↗ | * | .000 | | * | ^m |
| Un | .306 | ↘ | * | .087 | | | * |
| Dis | .194 | ↘ | * | .023 | | | |
| Ko | .131 | → | ^m | .129 | ^m | | |
| ATT | .066 | → | | .200 | * | ^m | |
| PQ | .181 | → | ^m | .084 | | * | |
| HQ | .020 | → | | .269 | * | | |

Anmerkung: grün= starker Effekt ($\eta_p^2 > .140$), gelb = mittlerer Effekt ($.060 < \eta_p^2 < .140$), orange = kleiner Effekt ($.010 < \eta_p^2 < .060$).

Messwiederholung entspricht 2x3 Fahrten (Messwiederholungsfaktor).

F x W entspricht der Interaktion MZP (Fahrten) x Erhebungswelle.

MZP_{3zu4} entspricht dem Einzelvergleich zwischen MZP 3 und 4 (Pause zwischen den Erhebungswellen).

MZP_{1zu6} entspricht dem Einzelvergleich zwischen MZP 1 und 6 (Veränderung von Erhebungsbeginn zu Erhebungsende).

* $p < .05$; ^m $p < .10$.

Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen

Um herauszufinden, ob die erhobenen Dimensionen miteinander korrelieren, wurden die explorativ durchgeführten Zusammenhangsanalysen miteinander kombiniert. Die Ergebnisse der Pearson-Korrelationen auf Basis der intraindividuellen Ergebnisse (jeweils gemittelt über die drei Messzeitpunkte) werden zusammengefasst. Dafür werden die Korrelationskoeffizienten Fishers Z-transformiert und über alle Studien gemittelt in Tabelle 11-3 aufgeführt. Auf Basis des Korrelationskoeffizienten sind die Effekte farblich hervorgehoben. Es werden die folgenden Werte für die Einordnung der Effekte herangezogen (vgl. Cohen, 1988): starker Effekt ($r > .50$), mittlerer Effekt ($r > .30$), schwacher Effekt ($r > .10$), grau = kein Effekt ($r < .10$).

Es zeigt sich ein starker negativer Zusammenhang zwischen Diskomfort und Komfort. Mittlere Zusammenhänge können zwischen Vertrauen und Diskomfort (negativer Zusammenhang) und zwischen Vertrauen und Komfort aufgezeigt werden. Ebenso korrelieren die pragmatische Qualität und Komfort positiv miteinander. Auch Attraktivität steht bei mittleren Effekten mit hedonischer und pragmatischer Qualität in Zusammenhang. Die wahrgenommene Unheimlichkeit zeigt lediglich schwache Zusammenhänge mit Vertrauen (negativer Zusammenhang) und Diskomfort auf.

Tabelle 11-3 Ergebnisse der intraindividuellen Pearson Korrelationen der Erlebensdimensionen aller Realfahrtstudien (R-1 bis R-4).

| Dimension | V | Dis | Ko | Un | HQ | PQ |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| V | 1 | | | | | |
| Dis | -.348 | 1 | | | | |
| Ko | .333 | -.625 | 1 | | | |
| Un | -.213 | .223 | -.292 | 1 | | |
| HQ | .007 | -.029 | -.060 | .003 | 1 | |
| PQ | .288 | -.281 | .341 | -.216 | .218 | 1 |
| ATT | .246 | -.171 | .293 | -.214 | .342 | .303 |

Anmerkung: Grün = starker Effekt ($r > .50$), gelb = mittlerer Effekt ($r > .30$), orange = schwacher Effekt ($r > .10$), grau = kein Effekt ($r < .10$).

Einflussfaktoren auf das vollautomatisierte Fahren

Es wurde erfasst, welche Faktoren das Erleben der vollautomatisierten Fahrt beeinflussen können. Dabei wurde das instruierte Wissen über die Funktion in zwei Studien (R-1, R-2) variiert (technische vs. einfache Instruktion). Der Einfluss einer Coverstory über den Sicherheitsfahrer wurde in einer Studie (R-2) erhoben (Sicherheitsfahrer vs. Praktikant). Auch die Sitzposition und die damit verbundene Rollenidentifikation war Gegenstand einer Untersuchung (R-3; Fahrer- vs. Beifahrersitz), ebenso wie die Automationserfahrung, also die Häufigkeit/Dauer, in der die Teilnehmenden die Automation erlebten (R-3; Experte vs. Novize). Außerdem wurde der Einfluss des Anzeigekonzepts erhoben (R-4; Basis-Konzept vs. SA-Konzept). Die Effektstärken aller Zwischensubjekt-Effekte sind in Tabelle 11-4 abgebildet.

Es zeigt sich, dass das Funktionswissen einen Einfluss auf das Erleben der Fahrten haben kann. Dieser Effekt konnte in R-2 nicht repliziert werden. Eine Coverstory hat nur marginale Effekte auf das Erleben. Die Sitzposition kann das Vertrauen in ein vollautomatisiertes Fahrzeug und die Attraktivitätsbewertung insbesondere von Novizen beeinflussen. Die Erfahrung mit dem System wirkt sich auf Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit aus. Die Konzeptvariationen hatten keinen Einfluss auf das Erleben der vollautomatisierten Fahrten.

Tabelle 11-4 Zusammenstellung der Effektstärken für die Zwischensubjektfaktoren der Studien R-1 bis R-4.

| AV | Funktionswissen (R-1) | | Funktionswissen (R-2) | | Coverstory (R-2) | | Sitzposition (R-3) | | Erfahrung (R-3) | | Konzept (R-4) | |
|-----|-----------------------|----------------|-----------------------|-----|------------------|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|---------------|------|
| | η_p^2 | p | η_p^2 | p | η_p^2 | p | η_p^2 | p | η_p^2 | p | η_p^2 | p |
| V | .178 | * | .040 | | .013 | | .169 | * | .146 | * | | .001 |
| Un | .152 | * | .010 | I | .001 | | .059 | | .167 | I | | .003 |
| Dis | .071 | I ^m | .009 | | .073 | | .036 | | .022 | | | .001 |
| Ko | n.a. | | .032 | | .043 | | .058 | | .020 | | | .004 |
| ATT | .042 | | .031 | | .106 | m | .084 | I | .054 | I | | .042 |
| PQ | .110 | m | .020 | | .031 | | .046 | | .009 | | | .001 |
| HQ | .030 | | .001 | | .063 | | .041 | | .022 | | | .041 |

Anmerkung: AV = Dimensionen; I = Interaktion; n.a.: nicht erhoben.

Grün = starker Effekt ($\eta_p^2 > .14$), gelb = mittlerer Effekt ($.06 \leq \eta_p^2 \leq .14$), orange = schwacher Effekt ($.010 \leq \eta_p^2 \leq .06$).

* $p < .05$; ^m $p < .10$.

Extremgruppen

Zusätzlich wurden in jeder Studie Extremgruppen gebildet. Dafür wurden Teilnehmende, die keine Bereitschaft vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, Teilnehmenden gegenübergestellt, die diese Bereitschaft äußerten (Nutzung). Zudem wurden aus den jeweiligen Stichproben das obere und untere Quantil (Q_{25} und Q_{75}) bezüglich Fahrerfahrung (längste Fahrerfahrung, niedrigste Fahrerfahrung; FE), initialem Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren (Initiales V.) und Technikaffinität (TA) gezogen und deren Einfluss auf Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit betrachtet. Wenn Unterschiede zwischen den gebildeten Extremgruppen beobachtet wurden, werden diese gezählt. Die Summen sind in Tabelle 11-5 abgebildet.

Es zeigt sich, dass sich die Nutzungsbereitschaft (nur in zwei Studien als Extremgruppe betrachtet) auf das Vertrauen auswirkt. Teilnehmende, die keine Nutzungsbereitschaft äußerten vertrauten dem System weniger. Hohes initiales Vertrauen wirkt sich in drei Studien ebenfalls positiv auf Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit aus. Der Einfluss von Technikaffinität auf wahrgenommene Unheimlichkeit kann in drei Studien berichtet werden. Die Fahrerfahrung hat nur in jeweils einer von vier Studien zu einem Unterschied im Erleben beigetragen.

Tabelle 11-5 Summe der beobachteten Unterschiede zwischen den gebildeten Extremgruppen.

| Dimension | Nutzung | FE | Initiales V. | TA |
|----------------|---------|----|--------------|----|
| Vertrauen | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Unheimlichkeit | 1 | 1 | 3 | 3 |

Anmerkung: Nutzung = Nutzungsbereitschaft; FE = Fahrerfahrung; initiales V. = initiales Vertrauen; TA = Technikaffinität.

Nutzungsbereitschaft wurde nur in 2 Studien erfasst (R-1, R-2).

Blickdaten des vollautomatisierten Fahrens

Als Ergänzung zum subjektiven Erleben der vollautomatisierten Fahrt diente die Erfassung des Blickverhaltens. Als Maß für die Beachtung einzelner Areas of Interest wird die Attention Ratio verwendet. Die zusammengefassten prozentualen Beachtungshäufigkeiten sind in Tabelle 11-6 für alle Studien zusammengefasst.

Tabelle 11-6 Zusammenstellung der Attention Ratio der Areas of Interest in Studie R-2 bis R-4.

| Area of Interest | Studie R-2 | | Studie R-3 | | Studie R-4 | |
|---------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Sichtfeld - Nah | 24.19 | 14.08 | 40.54 | 22.90 | 24.53 | 14.12 |
| Sichtfeld - Weit | 9.52 | 7.13 | 14.09 | 19.80 | 11.10 | 10.35 |
| Lenkrad | 6.91 | 4.69 | 3.18 | 5.28 | 1.10 | 1.34 |
| Außenspiegel links | 2.77 | 2.39 | 1.08 | 1.18 | - | - |
| Außenspiegel rechts | 1.00 | 1.11 | 0.89 | 0.88 | - | - |
| Innenspiegel | 1.27 | 1.54 | 2.77 | 6.24 | 2.01 | 4.39 |
| Basis-Display | | | | | | |
| Ohne SA-Display | - | - | - | - | 11.05 | 7.96 |
| Mit SA-Display | - | - | - | - | 5.68 | 4.33 |
| SA-Display | - | - | - | - | 19.96 | 12.81 |

Insgesamt fällt die Hälfte der erfassten Blicke auf fahrbezogene Bereiche, so wird das nahe Sichtfeld häufig beachtet, aber auch das weite Sichtfeld findet Aufmerksamkeit. Die Verschiebung des Fokus vom nahen ins weite Sichtfeld konnte in R-2 gezeigt werden (Reduktion der Attention Ratio ins nahe Sichtfeld $\eta_p^2 = .545$ und Erhöhung ins weite Sichtfeld $\eta_p^2 = .301$).

Auch das Lenkrad wurde in den Studien beachtet. Es fällt auf, dass das Lenkrad, als direkte Stellgröße, zunächst lange und häufig fixiert wird, um zu sehen, wie sich das Fahrzeug verhält. Häufig wechselt daher der Blick zwischen Lenkrad und nahem Sichtfeld (vgl. Blickübergangswahrscheinlichkeiten R-2 und R-3; Strauch et al., 2019). Der Fokus auf das Lenkrad nimmt sowohl in Studie R-2 als auch in R-4 praktisch und statistisch bedeutsam (R-2: $\eta_p^2 = .590$ und R-4: $\eta_p^2 = .409$) über drei Fahrten hinweg ab.

Sind Informationsdisplays im Fahrzeug vorgehalten, werden diese ebenfalls häufig beachtet. Dabei wechseln die Blicke zwischen nahem Sichtfeld und den Displays, um auch hier das reale Verhalten mit den angezeigten Informationen zu überprüfen (vgl. Blickübergangswahrscheinlichkeiten R-4).

Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren

Fasst man die Ergebnisse der Informationsabfrage auf Basis der Kano-Methode zusammen (vgl. Tabelle 11-7) finden sich einige Basis-Informationen in allen Studien wieder.

Tabelle 11-7 Zusammenstellung der für den Erstkontakt relevanten Informationen.

| Informationen | R-1 | R-2 | R-3 | Q-2 | R-4 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Geschwindigkeit | M | M | M | M | M |
| Position | I | I | I | M | M |
| Darstellung anderer Verkehrsteilnehmer | I | I | I | M | M |
| Warnungen | I | I | I | M | M |
| Erkannte Verkehrszeichen | I | I | I | M | M |
| Beachtete Geschwindigkeitsbegrenzung | n.a. | n.a. | n.a. | M | M |
| Richtgeschwindigkeit | n.a. | n.a. | n.a. | M | I |
| Zeit und Distanz Ziel | M | M | O | M | M |
| Kraftstoffstand | M | M | M | M | M |
| Aktuelle Uhrzeit | n.a. | n.a. | n.a. | M | M |
| Bevorstehenden Verkehrsstauung | O | M | I | n.a. | n.a. |
| Freie Parkplätze | n.a. | n.a. | n.a. | O | I |
| Eigener Fahrweg | M | M | M | M | M |
| Nächstes Manöver | n.a. | n.a. | n.a. | M | I |
| Blinker | M | M | M | n.a. | M |
| Erläuterung zum Manöver | I | I | I | n.a. | M |
| Navigations-Ziel | n.a. | n.a. | n.a. | M | I |
| Nächster Navigationsschritt | I | I | I | O | M |
| Systemstatus | M | M | M | M | M |
| Möglichkeit, Routenansicht zu ändern | n.a. | n.a. | n.a. | M | M |
| Möglichkeit, Informationen auszuwählen | n.a. | n.a. | n.a. | O | A |
| Möglichkeit, Infomenge anzupassen | n.a. | n.a. | n.a. | O | A |
| PoIs an der Strecke | I | O | I | I | I |
| Entertainment-Bereich | n.a. | M | M | n.a. | M |

Anmerkung: n.a.: Nicht erhobene Merkmale. M = Basismerkmal, O = Leistungsmerkmal, A = Begeisterungsmerkmal, I = indifferentes Merkmal.

Fett markierte Merkmale hatten einen CS - Wert > .70.

Über alle Studien hinweg zeigt sich, dass den folgenden Informationen, die höchste Aufmerksamkeit geschenkt wird: die *eigene Geschwindigkeit*, *Kraftstoffstand*, *Richtungsänderungen* (Blinker), *Zeit und Distanz bis zum Ziel*, *der eigene Fahrweg* und der *Systemstatus* (vgl. R-1, R-2, R-3, Q-2 und R-4). Darüber hinaus sollten *andere Verkehrsteilnehmende*, *Warnungen*, *erkannte Verkehrszeichen*, *beachtete Geschwindigkeitsbegrenzungen* und die *eigene Position* auf der Route dargestellt werden (vgl. Q-2 und R-4). Begeisterung lösen Interaktions- und Individualisierungsmöglichkeiten aus.

12 Diskussion & Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte geklärt werden, wie der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren so gestaltet werden kann, dass Nutzer bereit sind, das automatisierte Fahren zu nutzen und Begeisterung für die neue Art der Mobilität zu entwickeln. Dafür sollten die folgenden Fragestellungen geklärt werden:

1. Wie erleben die Nutzer den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
2. Welche Faktoren beeinflussen das Erleben des vollautomatisierten Fahrens während des Erstkontaktes?
3. Welche Informationen unterstützen den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren?
4. Welche Methoden eignen sich zur Erfassung des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren?

Dafür wurde zunächst in einer Fokusgruppenerhebung das Informationsbedürfnis für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren erfasst (Q-1). In drei Realfahrtstudien wurde das Erleben der vollautomatisierten Fahrten beobachtet (R-1, R-2, R-3). Auf Basis dessen wurde ein prototypisches Anzeigekonzept entwickelt, das im Rahmen einer Interview-Studie (Q-2) und einer weiteren Realfahrtstudie (R-4) validiert wurde.

Die Ergebnisse der Einzelstudien werden nun übergreifend diskutiert. Es wird zunächst das Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren beschrieben (Kap. 12.1). Anschließend werden die Faktoren, die das Erleben beeinflussen (Kap. 12.2) betrachtet, die erfassten Informationen zusammengeführt und das entwickelte Anzeigekonzept bewertet (Kap. 12.3). Daraufhin wird auf das methodische Vorgehen eingegangen (Kap. 12.4). Abschließend wird ein Ausblick für weiteren Forschungsbedarf gegeben (Kap. 12.5).

12.1 Das Erleben der vollautomatisierten Fahrt

Das Erleben der vollautomatisierten Fahrt wurde durch die Variablen Vertrauen, wahrgenommene Unheimlichkeit, Diskomfort und Komfort sowie die User Experience (hedonische Produktqualität, pragmatische Produktqualität und Attraktivität) erfasst.

12.1.1 Das Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren

Im Folgenden wird das Erleben der ersten vollautomatisierten Fahrten beschrieben.

- **Vertrauen** in das vollautomatisierte Fahren entsteht durch die Erfahrung mit dem System. Es entwickelt sich durch das Erleben einiger Fahrten mit dem System stetig positiv (vgl. R-1, R-2, R-3 und Dai et al., 2020; Gold et al., 2015). Die Nutzer lernen während des Erstkontaktes durch die Auseinandersetzung mit dem System dessen Verhaltensweisen besser kennen. Dadurch entsteht Vertrauen in das System (vgl. Beggiato, Pereira et al., 2015).

- **Wahrgenommene Unheimlichkeit** resultiert aus einer Diskrepanz zwischen Erwartungen und Handlungen eines Systems, die keinem bekannten mentalen Modell zugeordnet werden können (Yamada et al., 2013). Durch die Auseinandersetzung mit dem vollautomatisierten System fällt es den Nutzern leichter, das Verhalten des Systems in einem Modell einzuordnen. Es konnte gezeigt werden, dass sich wahrgenommene Unheimlichkeit durch die Auseinandersetzung mit einem vollautomatisierten System deutlich reduziert (vgl. R-1, R-2, R-3 und R-4).
- **Diskomfort** kann mit dem „Erleiden“ einer Situation gleichgesetzt werden (Bubb, 2015b; Zhang et al., 1996). Es reduziert sich durch die Erfahrung mit dem System (vgl. R-3 und R-4). Die Nutzer haben mit der Zeit weniger das Gefühl eine Fahrt tatsächlich „erleiden“ zu müssen, sondern können diese durch die Erfahrung, dass das System sicher funktioniert, genießen.
- **Komfort** ist eine Kombination aus physischen und psychologischen Aspekten, die Entspannung und Entlastung implizieren (Bubb, 2015b; Diels et al., 2017; Müller et al., 2017; Zhang et al., 1996). Die Ergebnisse geben erste Hinweise darauf, dass beim vollautomatisierten Fahren durch die Erfahrung mit dem System der Komfort gesteigert wird (vgl. R-3 und R-4).
- **User Experience** beeinflusst die Produktbewertung. Dabei interferieren pragmatische und hedonische Qualität sowie Attraktivität miteinander. Die User Experience ist bereits bei den ersten vollautomatisierten Fahrten sehr hoch ausgeprägt (vgl. R-1 bis R-4). Es konnte gezeigt werden, dass der wahrgenommene Produktnutzen (**pragmatische Qualität**) durch die Auseinandersetzung mit dem System ansteigt (vgl. R-3). Das begünstigt Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft (vgl. Ghazizadeh et al., 2012). Die pragmatische Qualität ist gegenüber Veränderungen sensitiver als die hedonische Qualität (vgl. Hassenzahl, 2004). Die **hedonische Qualität** und **Attraktivität** verändern sich im Zeitverlauf über drei Fahrten kaum. Erst bei einer längeren Nutzungsphase (R-3 Experten) zeigen sich Veränderungen.

12.1.2 Zusammenhänge zwischen den Erlebensdimensionen

Die explorativen Zusammenhangsanalysen zeigen, dass das Erleben des Erstkontaktes mit vollautomatisiertem Fahren ein multidimensionales Konstrukt ist.

Das Vertrauen steht in negativem Zusammenhang mit Diskomfort und korreliert positiv mit Komfort. Das äußern auch Teilnehmende in Q-1 und Q-2. Die Voraussetzung, um ein vollautomatisiertes Fahrzeug zu nutzen wäre, dass sie dem System vertrauen würden und es in einer Probefahrt von der Sicherheit und den Fähigkeiten überzeugt hätten (vgl. Q-1 und Q-2).

Die wahrgenommene Unheimlichkeit steht mit den vorliegenden Variablen nur in schwachem Zusammenhängen. Da sie aber stabile Veränderungen mit der Auseinandersetzung des Systems aufweist (vgl. 12.1.1), sollte sie unbedingt als Dimension des Erlebens einer vollautomatisierten Fahrt mitbeachtet werden.

Es können starke negative Zusammenhänge zwischen Diskomfort- und Komfort-Entwicklung gefunden werden. Nutzer die weniger Diskomfort empfinden, erleben mehr Komfort beim vollautomatisierten Fahren. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die beiden Dimensionen gegenseitig bedingen (vgl. dazu auch Bubb, 2015b). Dennoch sollten sie unabhängig voneinander betrachtet werden (vgl. Looze et al., 2003). Das zeigt sich auch in den Ergebnissen, da Komforterleben zudem positiv mit pragmatischer Qualität korreliert. Der Produktnutzen des vollautomatisierten Fahrens wird demnach insbesondere bei hohem wahrgenommenem Komfort wahrgenommen (vgl. dazu auch Frison et al., 2019).

Die gefundenen Ergebnisse zeigen zudem auf, dass pragmatische Produktqualität mit den weiteren Konstrukten der User Experience, der hedonischen Qualität sowie der Attraktivität, in engem Zusammenhang steht. Durch eine Steigerung der pragmatischen Qualität des Produktes steigt auch die Begeisterung für das vollautomatisierte Fahren, operationalisiert als hedonische Qualität und Attraktivität (vgl. Hassenzahl, 2004).

12.1.3 Blickverhalten während des Erstkontaktes

Insgesamt konzentrieren sich die Nutzer während des Erstkontaktes überwiegend auf die Fahrzeugumgebung und das direkte Sichtfeld vor dem Fahrzeug (vgl. R-2, R-3 und R-4; vgl. dazu auch Strauch et al., 2019). Vergleichbar mit Fahranfängern verschiebt sich der Fokus durch die Kennenlernphase vom nahen Sichtfeld in das weite Sichtfeld (vgl. Underwood et al., 2003). Feldhütter et al. (2019) konnten im statischen Fahrsimulator zeigen, dass beim manuellen Fahren die mittlere anteilige Beachtung (Attention Ratio) der Straßenmitte bei 89 % lag. Sie reduzierte sich signifikant auf 51 % in einer ersten und auf 15 % in der zweiten teilautomatisierten Fahrt. Die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigen, dass die Beachtung der Straßenmitte auch beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren deutlich niedriger ist als bei einer manuellen Fahrt. Es zeigt sich demnach, dass die Rollentransition zum Nutzer eines vollautomatisierten Fahrzeugs bereits stattfindet. Dies wird durch die Beobachtung des Lenkrades unterstützt. Gerade zu Beginn werden die Bewegungen des Lenkrads verwendet, um das Verhalten des Fahrzeugs mit der Fahrumgebung abzugleichen.

12.2 Einflussfaktoren auf das automatisierte Fahren

Einfluss des Funktionswissens. Im Rahmen der vorliegenden Studien konnte gezeigt werden, dass die Vermittlung von technischen Informationen das Vertrauen in die vollautomatisierte Fahrt erhöhen kann (R-1; vgl. dazu auch Feldhütter et al., 2016; Gold et al., 2015; Körber, 2018). Es führt ebenfalls dazu, dass das vollautomatisierte System als weniger unheimlich wahrgenommen wird (R-1; vgl. Mara & Appel, 2015) und kann den wahrgenommenen Nutzen beeinflussen (PQ in R-1; vgl. auch Ghazizadeh et al., 2012). Dabei muss aber beachtet werden, dass genügend und die richtigen Informationen vermittelt werden. Es konnte gezeigt werden, dass in einem Niedergeschwindigkeitsbereich (bis 12 km/h) eine kurze technische Instruktion ausreicht, um das Erleben zu beeinflussen. Die gleiche Instruktion war in einem höheren Geschwindigkeitsbereich (R-2) und damit höhere

Kritikalität von Fahrsituationen (Cahour, 2008) nicht mehr effektiv. Eine höhere Kritikalität der Situation geht demnach auch mit einem höheren Informationsbedürfnis einher. Ausführlichere Erläuterungen der Funktionsweise und des Fahrverhaltens sind notwendig.

Einfluss der Nutzungshäufigkeit/Expertise. Eine Gruppe von Nutzern erlebt sechs vollautomatisierte Fahrten. Da die Nutzung neuer Systeme mit der Adaption des Verhaltens verbunden ist (vgl. Weller & Schlag, 2004), ist davon auszugehen, dass vollautomatisiertes Fahren ebenso wie Assistenzsysteme über einen längeren Zeitraum gelernt werden muss (vgl. Beggiato, Pereira et al., 2015; Körber, 2018). Es konnte gezeigt werden, dass die wahrgenommene Unheimlichkeit stetig abnimmt. Ein Anstieg hinsichtlich Vertrauen und eine Reduktion des Diskomfort können repliziert werden. Allerdings führt eine halbjährige Pause dazu, dass Vertrauen wieder neu aufgebaut werden muss. Auch die pragmatische Qualitätsbewertung fällt nach der Pause niedriger aus als zuvor. Es zeigt sich also, dass der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren nach einer ersten kurzen Erprobung nicht abgeschlossen ist, sondern eine kontinuierliche Nutzung notwendig ist, um es kennenzulernen. Die Ergebnisse geben zudem Hinweise darauf, dass sich durch vermehrte Nutzung die Begeisterung für ein System (Attraktivität und hedonische Qualität) einstellt. Das Kennenlernen des vollautomatisierten Systems könnte demnach prozessual vergleichbar ablaufen, wie die Auseinandersetzung mit der ACC-Nutzung (vgl. Winner et al., 2003). Der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren ist demnach nicht nach einer kurzen Testphase abgeschlossen, sondern muss kontinuierlich begleitet werden, um die Nutzungsbereitschaft sicherzustellen, und der Nutzer die Vorteile erkennen kann.

Einfluss des Sitzplatzes. Der Sitzplatz, den ein Nutzer im Fahrzeug einnimmt, ist mit einer Rolle im Fahrer-Fahrzeug-Kontext assoziiert. Auf dem Fahrersitz hat der Nutzer die Rolle eines aktiven Akteurs inne, während er auf dem Beifahrersitz keine aktive Aufgabe im Fahrzeug erfüllt (vgl. 2.2.2), sondern sich auf den Fahrer oder das Fahrzeug verlassen muss. Es konnte gezeigt werden, dass Nutzer auf dem Beifahrersitz einem vollautomatisierten System eher vertrauen (vgl. R-3). Durch das Fehlen von Eingriffsmöglichkeiten müssen sich die Nutzer auf das System verlassen und können erkennen, dass das System tatsächlich selbstständig agiert. Die Attraktivität wird von Nutzern auf dem Fahrersitz nach der ersten Fahrt niedriger bewertet als auf Beifahrersitz. Schaefer et al. (2017) wiesen darauf hin, dass das zur Verfügung stehen von herkömmlichen Bedienelementen eher zum Eingreifen verleitet, als wenn diese nicht vorhanden sind. Aus den Ergebnissen sollte aber nicht kausal geschlossen werden, dass dem Passagier nun Lenkrad, Gas- und Bremspedal genommen werden, vielmehr ist es wichtig, dem Nutzer deutlich zu vermitteln, dass das Fahrzeug vollautomatisiert und selbstständig fährt und der Nutzer bedenkenlos die Beifahrerrolle einnehmen kann.

Einfluss interindividueller Unterschiede. Nicht nur externale, auch internale Faktoren haben einen Einfluss darauf, wie das vollautomatisierte Fahren erlebt wird. So begünstigt die Bereitschaft, vollautomatisiertes Fahren zu nutzen, das tatsächliche Erleben der Fahrt (vgl. R-1, R-2; vgl. dazu auch Hoff & Bashir, 2015). Auch initiales Vertrauen in vollauto-

matisiertes Fahren (vgl. R-1, R-3 und R-4; vgl. dazu auch Lyons & Guznov, 2019) und die Technikaffinität führen dazu, dass das Fahren positiver erlebt und angenommen wird (vgl. R-2, R-3 und R-4; vgl. dazu auch Kyriakidis et al., 2017; Schoettle & Sivak, 2014). Ein Einfluss der (manuellen) Fahrerfahrung auf das Vertrauen (vgl. R-1; Hartwich et al., 2020) kann nicht eindeutig betätigt werden.

Nutzer erleben je nach initialem Vertrauenslevel und Technikaffinität die vollautomatisierte Fahrt unterschiedliche und bedürfen daher auch unterschiedliche Informationen. In Q-1 konnten drei unterschiedliche prototypische Nutzergruppen identifiziert werden:

- **Die Skeptiker** haben wenig Vertrauen in das vollautomatisierte System und erwarten sehr viele Informationen, durch die nachvollzogen werden kann, dass alles für die Fahrt Relevante erkannt wird und das Fahren sicher ist.
- **Die Abgeklärten** möchten durch Informationen nicht überfordert werden. Ausschließlich Basisinformationen (z. B.: Geschwindigkeit, ETA) die zur Orientierung notwendig sind, werden gefordert.
- **Die Technikaffinen** sind begeistert vom System. Für sie sind Informationen zur Funktionsweise nicht für den Vertrauensaufbau notwendig, sondern um die Begeisterung für das System zu schaffen.

Unterschiedliche Nutzergruppen haben demnach unterschiedliche Motive für und Anforderungen an die Informationsgestaltung. Das sollte für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren beachtet werden, um die Nutzer adäquat an das neue System heranzuführen.

12.3 Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren

12.3.1 Anforderungen an ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren

Die Vermittlung von Informationen bezüglich des automatisierten Fahrens kann den Erstkontakt unterstützen und das Erleben beeinflussen. Es konnte gezeigt werden, dass ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt die folgenden sechs Kategorien umfassen muss: Umfeld und Verkehrsteilnehmende, Manöver (-planung), Navigation und POIs, Interaktionsmöglichkeiten, Status und Wartung, Funktionsverständnis (vgl. Q-1). Es muss Transparenz, Vorhersagbarkeit und Vergleichbarkeit ermöglicht werden (Beggiato, Hartwich et al., 2015; Diels & Thompson, 2017; Wiegand et al., 2019). Dabei sind die folgenden Aspekte zentral.

- Erläuterungen, dass das Fahrzeug alles Relevante aus der Umgebung erkennt und richtig einordnen kann (**Situationsbewusstsein**).
- Vermittlung, dass das Fahrzeug alle Situationen selbstständig bewältigen kann und der Passagier nicht in das Fahrzeuggeschehen eingreifen muss (**Modusbewusstsein**).

- Erklärung, was das Fahrzeug als Nächstes tun wird, um den Passagier sicher an sein Ziel zu bringen (**Verhaltensbewusstsein**).

Dafür müssen grundlegend die eigene Geschwindigkeit, Zeit und Distanz bis zum Ziel, Kraftstoffstand, Darstellung anderer Verkehrsteilnehmender, der eigene Fahrtweg, Fahr- richtungsindikator (Blinker), das nächste Manöver bzw. nächster Navigationsschritt und der Systemstatus angezeigt werden.

Die Möglichkeit, selbst Informationen auszuwählen und anzupassen, ist elementar für die Zufriedenheit und Begeisterung der Nutzer (vgl. Q-2 und R-4). Durch den Wegfall der Fahraufgabe erhalten die Nutzer die Möglichkeit, sich intensiv mit ihrer Anzeige auseinanderzusetzen. Sie stellt die einzige noch mögliche Interaktionsplattform zwischen Fahrer und Fahrzeug dar und muss dem Nutzer demnach den Wunsch zur Kontrolle und Interaktion bieten.

Ein Anzeigekonzept sollte darüber hinaus situationsadaptiv sein (vgl. Q-1, Q-2; vgl. dazu auch Diels & Thompson, 2017). So wurde aufgezeigt, dass sich die Informationsbedürfnisse zwischen Stadt- und Autobahnfahrt unterscheiden. Auch die Ziele, die Nutzer (und Fahrzeug) verfolgen müssen mit einbezogen werden. Wird ein Parkplatz gesucht, sollten freie Parklücken angezeigt werden, ist man nicht am Ziel angekommen, ist die Anzeige eines Parkplatzes unnötig.

Bezüglich der Darstellungsform sollte eine reale Abbildung der Umgebung der schematischen Darstellung vorgezogen werden (vgl. R-3, Q-2, R-4). Kennzahlen auf der Anzeige sind möglich aber nicht unbedingt notwendig (vgl. R-3).

Es konnte bereits gezeigt werden, dass sich durch zunehmende Erfahrung das Erleben während der ersten vollautomatisierten Fahrten verändert. Dadurch reduziert sich der Informationsbedarf (vgl. Q-1, Q-2, R-4). So wird die Auswahl der möglichen Anzeigen mit zunehmender Erfahrung reduziert und eine Minimalanzeige in Erwägung gezogen (vgl. Q-2 und R-4). Das Anzeigekonzept muss an den Erfahrungsstand des Nutzers anpassbar sein.

12.3.2 Validierung des Anzeigekonzeptes

Auf Basis der Erkenntnisse aus den Fokusgruppen und den Studien R-1 bis R-3 wurde iterativ ein Anzeigekonzept für den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren entwickelt (vgl. Kap. 8). Dieses soll durch die Abbildung des Fahraufgabenmodells von Donges (2009) und die Darstellung der „Holy Trinity“ aus Situationsbewusstsein, Verhaltensbewusstsein und Modusbewusstsein (Diels & Thompson, 2017) den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren unterstützen. Das entwickelte Konzept wurde in Q-2 und R-4 validiert.

Das entwickelte Konzept wird in seiner prototypischen Design-Ausprägung insgesamt gut bewertet. Hinsichtlich der visuellen Gestaltung und der User Experience schneidet es im Vergleich zu anderen Informationssystemen überdurchschnittlich ab (Q-2, R-4). Insbeson-

dere die Möglichkeiten, sich die Anzeige individuell anpassen zu können werden als besonders positiv hervorgehoben.

Eine prototypische Implementierung im Fahrzeug ermöglicht die Untersuchung der Konzepte auch in einer Realfahrt (R-4). In der Studie wurden zwei Konzeptvarianten und deren Einfluss auf das Erleben untersucht. Beide Konzeptvarianten sind an Aspekte des entwickelten Konzeptes angelehnt. Das Basis-Konzept beinhaltet eine textuelle Erläuterung der Situation (z. B. „Engstelle“) sowie die Anzeige der Basisfaktoren Geschwindigkeit, Tankfüllstand, Zeit und Distanz bis zum Ziel und den Systemstatus. Das SA-Konzept (Situation Awareness-Konzept) wurde ergänzt durch eine reale Außendarstellung, die erkannte Objekte in der Umgebung hervorhebt.

Die Nutzer blicken häufig auf die angebotenen Konzepte und nutzen sie, um das Fahrverhalten und die Anzeige mit der Außenwelt zu vergleichen. Das Erleben der vollautomatisierten Fahrt unterscheidet sich in Abhängigkeit der Konzeptumsetzung nicht. Dennoch wird das Konzept mit Objekterkennung dem Basis-Konzept hinsichtlich Zufriedenstellung bevorzugt. Das Konzept mit Objekterkennung (SA) wird als besonders nützlich empfunden, wenn zuvor das Basis-Konzept erlebt wird. Das lässt darauf schließen, dass gerade zu Beginn eine detaillierte Darstellung der Situationserkennung wichtig ist, um ein mentales Modell und so Akzeptanz aufzubauen. Wird das System einmal verstanden, bietet diese detaillierte Anzeige keinen deutlichen Mehrwert mehr.

In der Studie, in der die Konzepte implementiert wurden, war das Ausbleiben des Vertrauensanstiegs zu berichten (vgl. R-4). Dieser Effekt widerspricht den Erkenntnissen der vorhergehenden Studien und der Literatur (Studie R-1, R-2, R-3; u. a. Gold et al., 2015). Das Ausbleiben einer Vertrauensentwicklung könnte auf Fehler in der Objekterkennung oder Klassifizierung im Rahmen der Konzepte zurückzuführen sein. So geben die Ergebnisse Hinweise darauf, dass bei der Umsetzung eines Anzeigeconzeptes eine Darstellung zur Fehlervermeidung gewählt werden muss. Es empfiehlt sich eine generische Darbietung von Informationen gegenüber exakten Objektklassifizierungen.

12.4 Methodische Einordnung

Die hier vorgestellte Arbeit nutzt verschiedene Methoden, um den Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren zu untersuchen. Dabei zeigt sich, dass die Kombination quantitativer und qualitativer Methoden sinnvoll ist, um die explorative Fragestellung zu beleuchten.

Methodenkombination. In der hier vorgestellten Arbeit wurde ein Mixed Methode Ansatz gewählt. Dafür fanden zwei qualitative Datenerhebungen statt: Fokusgruppen (vgl. Kap. 4) und Interviews (vgl. Kap. 9). Diese wurden ergänzt durch vier konzeptionell vergleichbare Realfahrtstudien (vgl. Kap. 5, 6, 7 und 10). Das Vorgehen hat sich als sinnvoll erwiesen, um sich dem noch sehr offenen Feld des vollautomatisierten Fahrens zu nähern. So konnten zunächst Fragestellungen und Informationen erhoben werden, die für den Erstkontakt mit Vollautomation relevant sind, um diese dann im Rahmen der Realfahrtstudien zu validieren (vgl. dazu auch Kuckartz, 2014a). So ergab sich zudem die Möglichkeit, das Anzei-

gekonzept iterativ weiterzuentwickeln. Die Erkenntnisse aus jeder Studie konnten direkt in einem Konzept implementiert und kurzfristig validiert werden.

Methodenbogenbatterie zur Erfassung des Erlebens vollautomatisierter Fahrten. In allen Realfahrtstudien wurde die gleiche Fragebogenbatterie, aus verschiedenen validierten und etablierten Fragebogeninventaren, verwendet. Dadurch konnte eine große Datenbasis bei einer verhältnismäßig kleinen Stichprobe pro Studie generiert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kombination der verschiedenen Konstrukte sinnvoll ist. Die Erhebung der Blickbewegung als Ergänzung zur subjektiven Datenerhebung kann hilfreiche Hinweise auf den Erfahrungsstand des Nutzers geben und auf das Verhalten bzw. den Informationsbedarf des Nutzers während des Erstkontaktes hinweisen (vgl. auch Körber et al., 2018; Strauch et al., 2019).

Wizard of Oz-Methodik. Zur Umsetzung der automatisierten Fahrt wurde im Zusammenhang mit dieser Arbeit die Wizard of Oz-Methodik herangezogen. Die Wizard of Oz-Methodik hat sich bereits in der Forschung intelligenter Sprach-Dialogsysteme bewährt (Kelley, 1983). Es konnte gezeigt werden, dass sich die Methode auch für das vollautomatisierte Fahren anbietet, um größtmögliche Immersion zu erzeugen und dennoch ein kontrollierbares und sicheres Versuchssetting anzubieten. Mühl et al. (2020) weisen darauf hin, dass das Erleben vollautomatisierter Fahrten besonders im Realverkehr stattfinden müsse, um adäquate Risiko- und Situationswahrnehmung sicherstellen zu können. Das Wizard of Oz Fahrzeug in der vorliegenden Arbeit bot die Möglichkeit unterschiedliche Positionen des Wizards und der Teilnehmenden zu variieren. Das führte aber zu einer Einschränkung der Straßenverkehrstauglichkeit. Daher wurden diese Studien auf einem abgesperrten Gelände durchgeführt. So wurden Fahrer, Versuchsteilnehmende und andere Verkehrsteilnehmende nicht in Gefahr gebracht. Durch das Abbilden eines realitätsnahen Fahrparcours mit anderen Fahrzeugen, Fußgängen etc. konnte dennoch ein realitätsnahes Szenario geschaffen werden, das den Vorteil hatte, reproduzierbar zu sein und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

Coverstory des Wizards. Ist der Wizard wie in dieser Studie sichtbar, muss auf eine geeignete Coverstory geachtet werden. Wie in Studie R-2 beschrieben, haben die Teilnehmenden geäußert, dass sie sich mit einem Sicherheitsfahrer sicherer fühlten. Die Äußerungen ließen sich nicht eindeutig objektivieren (vgl. R-2), ihnen sollte dennoch Beachtung geschenkt werden. Wichtig für die Coverstory ist es, eine Erklärung für den Wizard zu finden, die das beabsichtigte Studienziel nicht beeinflusst. Im Kontext der vorliegenden Studien hat es sich als hilfreich erwiesen, den Wizard als Mitarbeitenden vorzustellen, welcher die Datenaufzeichnung im Fahrzeug überwacht. Der Wizard wurde zudem weniger wahrgenommen, wenn er die Lenkung von der Rückbank ausgeführt hat.

Fahrverhalten eines Wizards. Um vergleichbare Ergebnisse generieren zu können, ist es notwendig, einen Fahrer/Wizard so zu trainieren, dass er das Fahrverhalten eines vollautomatisierten Fahrzeugs replizieren kann. Es gibt einige Forschung dazu, wie das optimale Fahrverhalten eines vollautomatisierten Fahrzeugs auszusehen hat (Manstetten et al., 2019)

aber wenig Wissen dazu, wie dieses von einem Wizard-Fahrer für alle Teilnehmenden vergleichbar reproduziert werden kann (Müller et al., 2019). Ein vergleichbarer Fahrstil muss insbesondere bei der Berücksichtigung von subjektiven Parametern wie Diskomfort beachtet werden (vgl. Mühl et al., 2020).

Aufklärung der Teilnehmenden. Abschließend ist ein nicht zu vernachlässigender ethischer Gesichtspunkt die Aufklärung der Teilnehmenden. Insbesondere in Verbindung mit der Täuschung, ein selbstfahrendes Fahrzeug genutzt zu haben, muss sichergestellt werden, dass Teilnehmende nicht mit falschen Erwartungen aus dem Versuchssetting entlassen werden. Es empfiehlt sich dazu, eine standardisierte Aufklärung (z. B. in Video- oder Textform) vorzubereiten. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, das System vorzuführen. Das erleichtert es den Teilnehmenden das Wizard-System zu verstehen und die Akzeptanz der Teilnehmenden aufrecht zu erhalten.

12.5 Ausblick

Um ein Anzeigekonzept, wie es in der hier vorgestellten Arbeit entwickelt wurde, nutzen zu können, muss vollautomatisiertes Fahren zuverlässig funktionieren. Daran wird international und interdisziplinär mit Hochdruck gearbeitet. Das bietet die Möglichkeit, Nutzer frühzeitig in den Entwicklungsprozess mit einzubeziehen. Die vorliegende Arbeit hat diesen Schritt gemacht und den initialen Kontakt mit Vollautomation fokussiert.

In folgenden Arbeiten sollte nicht nur der Erstkontakt, sondern auch der Prozess hin zur Regelnutzung genauer betrachtet werden. Dafür sollte das Kennenlernen des vollautomatisierten Systems über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. So können Lerneffekte abgebildet und Anforderung an die Gestaltung des Nutzererlebens beim vollautomatisierten Fahren abgeleitet werden.

In den hier vorgestellten Studien wurde das Erleben der vollautomatisierten Fahrten in einzelne Dimensionen unterteilt. Ausgehend von den Ergebnissen, können weitergehend die Abhängigkeit zwischen den Variablen und deren konkrete Struktur untersucht werden. Darüber hinaus sollten weitere Aspekte des Erlebens untersucht und aufgedeckt werden. Auch der Einbezug weiterer objektiver Maße und psychophysische Metriken, wie Hautleitfähigkeit und Herzvariabilität (vgl. dazu Merritt et al., 2015; Mühl et al., 2020; Sauer, 2020) bieten Ansatzpunkte für weitere Forschungsvorhaben.

Einige Faktoren, die das Erleben des Erstkontaktes beeinflussen, konnten in dieser Arbeit aufgedeckt werden. Allerdings sollten hier noch weitere Aspekte, wie beispielsweise kulturelle Einflüsse, Generationsunterschiede, uvm. betrachtet werden, damit die Nutzer das vollautomatisierte Fahren, sobald es für die breite Öffentlichkeit zur Verfügung steht, tatsächlich akzeptieren und nutzen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde als Möglichkeit, um den Erstkontakt zu unterstützen, ein visuelles Informations- und Anzeigekonzept vorgestellt, das sich in den ersten Tests bewährt hat. Es sind auch diverse andere Interaktionskonzepte denkbar. Dazu zählen z. B. Tutorialansätze (Schlierf, 2019; Simon, 2005). Schlierf (2019) konnte zeigen, dass kurze

Videotutorials das Wissen über die Automation und den Aufbau des mentalen Modells begünstigen können. Auch konversative Interaktionen mit einem Assistenten oder Gamification-Ansätze können durch den Wegfall der Fahraufgabe neue Interaktionen ermöglichen und Begeisterung für die vollautomatisierte Fahrt schaffen.

Methodisch wurde das Wizard of Oz-Setting genutzt, um realitätsnah vollautomatisiertes Fahren für den Laien erlebbar zu machen. Der Versuchsaufbau bietet sich für viele Fragestellungen an, ist aber anfällig gegenüber Störfaktoren. Auch Feldversuche im Realverkehr sind durch diese Methodik möglich. Dafür fehlen bisher allerdings standardisierte und etablierte Verfahren, die die Fahrperformanz eines Wizards evaluieren und optimieren (vgl. Bengler et al., 2019). Die Standardisierung der Wizard of Oz-Methodik für vollautomatisiertes Fahren bietet viele offene Forschungsfragen.

Neben der Nutzung der Wizard of Oz-Methodik können auch hochautomatisierte Systeme (Level 3, z. B. Autobahnpilot), die sich in naher Zukunft etablieren, genutzt werden, um unter Realfahrbedingungen Unterstützungsbedarfe für das vollautomatisierte Fahren abzuleiten.

Es gibt im Kontext der Nutzer-Fahrzeugschnittstelle beim vollautomatisierten Fahren also noch viel zu entdecken. Die Fahrzeugindustrie steht vor einem grundlegenden Wandel. Durch die Einführung autonom fahrender Fahrzeuge muss sie sich vollkommen neu erfinden. Die vorliegende Arbeit hat einen Schritt dazu beigetragen, dass der Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren erleichtert wird, damit das vollautomatisierte Fahren keine Zukunftsvision einiger Fahrzeugentwickler oder Tech-Unternehmer bleibt, sondern bei den Nutzern ankommt und sie – wenn es so weit ist – sagen können:

*„Manuelle Fahrzeuge? Da bekommen mich keine zehn Pferde mehr rein.
Ich fahre lieber vollautomatisiert!“*

Literaturverzeichnis

- Abendroth, B. & Bruder, R. (2009). Die Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung. In H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme* (Bd. 32, S. 4–14). Vieweg+Teubner. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9977-4_2
- Abendroth, B. & Bruder, R. (2015). Die Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung. In H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz & C. Singer (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (3. Aufl., 3-15). Springer Verlag.
- Abendroth, B., Bruder, R., Fuchs, K. & Schramm, T. (2009). Beurteilung von Systemen im Fahrzeug - welche Messmethoden sind geeignet? *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*(3), 223–231. <http://tubiblio.ulb.tu-darmstadt.de/42993/>
- Ahmadpour, N., Lindgaard, G., Robert, J.-M. & Pownall, B. (2014). The thematic structure of passenger comfort experience and its relationship to context features in the aircraft cabin. *Ergonomics*(57 (6), 801–815.
- Albert, M., Lange, A., Schmidt, A., Wimmer, M. & Bengler, K. (2015). Automated Driving – Assessment of Interaction Concepts Under Real Driving Conditions. *Procedia Manufacturing*, 3, 2832–2839. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2015.07.767>
- Andreassi, J. L. (2013). *Psychophysiology: Human behavior & physiological response*. Psychology Press.
- Arndt, S. (2011). *Evaluierung der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93197-5>
- Banks, V. A. & Stanton, N. A. (2016). Keep the driver in control: Automating automobiles of the future. *Applied ergonomics*, 53, 389–395. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.06.020>
- Banks, V. A., Stanton, N. A. & Harvey, C. (2014). Sub-systems on the road to vehicle automation: Hands and feet free but not ‘mind’ free driving. *Safety Science*, 62, 505–514. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.014>
- Basu, C., Yang, Q., Hungerman, D., Singhal, M. & Dragan, A. D. (2017). Do You Want Your Autonomous Car To Drive Like You? In B. Mutlu, M. Tscheligi, A. Weiss & J. E. Young (Hrsg.), *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (S. 417–425). ACM. <https://doi.org/10.1145/2909824.3020250>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bauerfeind, K., Stephan, A., Hartwich, F., Othersen, I., Hinzmann, S., Bendewald, L. & Aktiengesellschaft, V. (2019). Analysis of potentials of an HMI-concept concerning conditional automated driving for system-inexperienced vs. system-experienced users. In D. Waard, A. Toffetti, L. Pietrantoni, T. Franke, P. François, C. Dumas, A. Botzer, L. Onnasch, I. Milleville-Pennel & F. Mars (Hrsg.), *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2019 Annual Conference*.
- Becker, J., Colas, M.-B. A., Nordbruch, S. & Fausten, M. (2014). Bosch’s Vision and Roadmap Toward Fully Autonomous Driving. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Lecture Notes in Mobility. Road Vehicle Automation* (S. 49–59). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7_5
- Beggiato, M., Hartwich, F. & Krems, J. (2019). Physiological correlates of discomfort in automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 66, 445–458. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.09.018>
- Beggiato, M., Hartwich, F., Schleinitz, K., Krems, J., Othersen, I. & Petermann-Stock, I. (2015). What would drivers like to know during automated driving? Information needs at different levels of automation. *7. Tagung Fahrerassistenz, München, 25.-26.11.2015*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2462.6007>

- Beggiato, M. & Krems, J. (2013). The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. *Transportation Research Part F*, 47–57.
- Beggiato, M., Pereira, M., Petzoldt, T. & Krems, J. (2015). Learning and development of trust, acceptance and the mental model of ACC. A longitudinal on-road study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 35, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.10.005>
- Bellem, H., Schönenberg, T., Krems, J. F. & Schrauf, M. (2016). Objective metrics of comfort: Developing a driving style for highly automated vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 41, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.05.005>
- Bellem, H., Thiel, B., Schrauf, M. & Krems, J. F. (2018). Comfort in automated driving: An analysis of preferences for different automated driving styles and their dependence on personality traits. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 55, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.02.036>
- Bengler, K. (2017). Driver and Driving Experience in Cars. In G. Meixner & C. Müller (Hrsg.), *Human-Computer Interaction Series. Automotive user interfaces: Creating interactive experiences in the car*. Springer International Publishing.
- Bengler, K., Bubb, H., Totzke, I., Schumann, J. & Flemisch, F. (2012). Automotive. In M. Stein & P. Sandl (Hrsg.), *Information Ergonomics* (S. 99–134). Springer-Verlag.
- Bengler, K., Omozik, K. & Scheiter, A. (2019). The Renaissance of Wizard of Oz (WoOz) - Using the WoOz methodology to prototype automated vehicles. In.
- Bernsen, N. O., Dybkjær, L. & Dybkjær, H. (1998). Wizard of Oz Simulation. In N. O. Bernsen, L. Dybkjær & H. Dybkjær (Hrsg.), *Designing Interactive Speech Systems* (S. 127–160). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0897-9_5
- Bohnsack, R. (1999). *Rekonstruktive Sozialforschung: Einführung in Methodologie und Praxis qualitativer Forschung* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-01190-3> <https://doi.org/10.1007/978-3-663-01190-3>
- Boll, S., Maaß, S. & Malaka, R. (Hrsg.) (2013). *Mensch & Computer 2013 – Tagungsband: 13. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien. Mensch & Computer – Tagungsbände / Proceedings: v.2013*. Oldenbourg. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/subhh/detail.action?docID=1377124>
- Borst, C. (2016). Shared Mental Models in Human-Machine Systems. *IFAC-PapersOnLine*, 49(19), 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.517>
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-33306-7>
- Bortz, J., Lienert, G. A. & Boehnke, K. (2008). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik* (3. Aufl.). Springer Medizin Verlag.
- Bortz, J. & Weber, R. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: Mit 242 Tabellen* (6. Aufl.). Springer-Lehrbuch. Springer Medizin.
- Bosetti, P., Da Lio, M. & Saroldi, A. (2014). On the human control of vehicles: an experimental study of acceleration. *European Transport Research Review*, 6(2), 157–170. <https://doi.org/10.1007/s12544-013-0120-2>
- Brandstätter, E. & Kepler, J. (1999). Konfidenzintervalle als Alternative zu Signifikanztests. *Methods of Psychological Research Online*, 4(2).
- Brell, T., Philipsen, R. & Ziefle, M. (2019). sCARY! Risk Perceptions in Autonomous Driving: The Influence of Experience on Perceived Benefits and Barriers. *Risk analysis: an official publication of the Society for Risk Analysis*, 39(2), 342–357. <https://doi.org/10.1111/risa.13190>
- Brookhuis, K. A. & Waard, D. de (2011). Measuring physiology in simulators.
- Bubb, H. (2015a). Das Regelkreisparadigma der Ergonomie. In H. Bubb, K. Bengler, R. E. Grünen & M. Vollrath (Hrsg.), *Automobilergonomie* (S. 27–66). Springer Vieweg.

- Bubb, H. (2015b). Der Mensch als Fahrer. In H. Bubb, K. Bengler, R. E. Grünen & M. Vollrath (Hrsg.), *Automobilergonomie* (S. 67–162). Springer Vieweg.
- Bubb, H., Bengler, K., Grünen, R. E. & Vollrath, M. (Hrsg.). (2015). *Automobilergonomie*. Springer Vieweg.
- Buckley, L., Kaye, S.-A. & Pradhan, A. K. (2018). Psychosocial factors associated with intended use of automated vehicles: A simulated driving study. *Accident; analysis and prevention*, 115, 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.021>
- Fahrschüler-Ausbildung, BGBl. I 2012, 1322 - 1323 (2012 & i.d.F.v. 16.11.2020).
- Burnett, G. (2009). Designing and Evaluating In-Car User-Interfaces. In C. S. Ang & P. Zaphiris (Hrsg.), *Human Computer Interaction: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (4. Aufl., S. 532–551).
- Cacciabue, P. C. (Hrsg.). (2007). *Modelling driver behaviour in automotive environments: Critical issues in driver interactions with intelligent transport systems*. Springer-Verlag London. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=571129> <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-618-6>
- Cahour, B. (2008). Discomfort, affects and coping strategies in driving activity. *ECCE 2008 (European Conference on Cognitive Ergonomics)*, 44–53.
- Calhoun, V. D., Pekar, J. J., McGinty, V. B., Adali, T., Watson, T. D. & Pearlson, G. D. (2002). Different activation dynamics in multiple neural systems during simulated driving. *Human brain mapping*, 16(3), 158–167. <https://doi.org/10.1002/hbm.10032>
- Carroll, J. M. & Olson, J. R. (1987). *Mental Models in Human-Computer Interaction: Research Issues about What the User of Software Knows*. National Academy Press.
- Charles, R. L. & Nixon, J. (2019). Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review. *Applied ergonomics*, 74, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.028>
- Choi, J. K. & Ji, Y. G. (2015). Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(10), 692–702. <https://doi.org/10.1080/10447318.2015.1070549>
- Cohen, A. (1976). Augenbewegungen des Autofahrers beim Vorbeifahren an unvorhersehbaren Hindernissen und auf freier Strecke. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 22, 68–76.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Erlbaum.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Taylor and Francis. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1192162>
- Cowley, B., Filetti, M., Lukander, K., Torniaainen, J., Henelius, A., Ahonen, L., Barral, O., Kosunen, I., Valtonen, T., Huotilainen, M., Ravaja, N. & Jacucci, G. (2015). The Psychophysiology Primer: A Guide to Methods and a Broad Review with a Focus on Human-Computer Interaction. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 9(3-4), 151–308. <https://doi.org/10.1561/11000000065>
- Creaser, J. I. & Fitch, G. M. (2015). Human Factors Considerations for the Design of Level 2 and Level 3 Automated Vehicle. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Lecture Notes in Mobility. Road Vehicle Automation 2* (S. 81–89). Springer International Publishing.
- Dai, J., Li, R. & Liu, Z. (2020). Does initial experience affect consumers' intention to use autonomous vehicles? Evidence from a field experiment in Beijing. *Accident; analysis and prevention*, 149, 105778. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105778>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Detjen, H., Pfleging, B. & Schneegass, S. (2020). A Wizard of Oz Field Study to Understand Non-Driving-Related Activities, Trust, and Acceptance of Automated Vehicles. In *12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (S. 19–29). ACM. <https://doi.org/10.1145/3409120.3410662>

- Didier, M. (2006). *Ein Verfahren zur Messung des Komforts von Abstandsregelsystemen (ACC-Systemen)*. Ergonomia-Verlag.
- Diels, C., Erol, T., Kukova, M., Wasser, J., Cieslak, M., Payre, W., Miglani, A., Mansfield, N., Hodder, S. & Bos, J. (2017). *Designing for Comfort in Shared and Automated Vehicles (SAV): a Conceptual Framework*. <http://www.icc2017.unisa.it/index>
- Diels, C. & Thompson, S. (2017). *Information Expectations in Highly and Fully Automated Vehicles*. Springer, Cham. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-60441-1_71.pdf
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2019). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO 9241-110:2019)*.
- Dittrich, M. (2017). *Welche Informationen wollen Nutzer beim voll-automatisierten Fahren? Entwicklung und Bewertung eines modularen Anzeigekonzeptes* [Masterarbeit]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Donges, E. (1982). Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. *Automobil-Industrie*, 2, 183–190.
- Donges, E. (2009). Fahrerhaltensmodelle. In H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme* (Bd. 78, S. 15–23). Vieweg+Teubner. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9977-4_3
- Dorantes Argandar, G., Tortosa Gil, F. & Ferrero Berlanga, J. (2016). Measuring situations that stress Mexicans while driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 37, 154–161. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.12.014>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer-Verlag.
- Dużmańska, N., Strojny, P. & Strojny, A. (2018). Can Simulator Sickness Be Avoided? A Review on Temporal Aspects of Simulator Sickness. *Frontiers in psychology*, 9, 2132. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02132>
- Eckoldt, K., Knobel, M., Hassenzahl, M. & Schumann, J. (2012). An Experiential Perspective on Advanced Driver Assistance Systems. *it - Information Technology*, 54(4), 165–171. <https://doi.org/10.1524/itit.2012.0678>
- Eden, G., Nanchen, B., Ramseyer, R. & Evéquo, F. (2017). Expectation and Experience: Passenger Acceptance of Autonomous Public Transportation Vehicles. In R. Bernhaupt, G. Dalvi, A. Joshi, D. K. Balkrishan, J. O’Neill & M. Winckler (Hrsg.), *Human-Computer Interaction - INTERACT 2017* (S. 360–363). Springer International Publishing.
- Ekman, F., Johansson, M. & Sochor, J. (2016). Creating Appropriate Trust for Autonomous Vehicle Systems: A Framework for HMI Design.
- Ellinghaus, D. & Schlag, B. (2001). Beifahrer. Eine Untersuchung über die psychologischen und soziologischen Aspekte des Zusammenspiels von Fahrer und Beifahrer. *UNIROYAL VERKEHR-SUNTERSUCHUNG*(26).
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 32–64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- Endsley, M. R. (2000). Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Hrsg.), *Situation Awareness Analysis and Measurement* (S. 3–32). Lawrence Erlbaum Associates.
- Engelbrecht, A. (2013). *Fahrkomfort und Fahrspaß bei Einsatz von Fahrerassistenzsystemen*. Disserta-Verlag.
- Ergoneers. (2013). *D-Lab 3.0 Benutzerhandbuch*.
- Faas, S. M., Mattes, S., Kao, A. C. & Baumann, M. (2020). Efficient Paradigm to Measure Street-Crossing Onset Time of Pedestrians in Video-Based Interactions with Vehicles. *Information*, 11(7), 360. <https://doi.org/10.3390/info11070360>

- Fagnant, D. J. & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167–181. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2015.04.003>
- Feldhütter, A., Gold, C., Hüger, A. & Bengler, K. (2016). Trust in Automation as a Matter of Media Influence and Experience of Automated Vehicles. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60(1), 2024–2028. <https://doi.org/10.1177/1541931213601460>
- Feldhütter, A., Härtwig, N., Kurpiers, C., Hernandez, J. M. & Bengler, K. (2019). Effect on Mode Awareness When Changing from Conditionally to Partially Automated Driving. In S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander & Y. Fujita (Hrsg.), *Advances in Intelligent Systems and Computing. Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (Bd. 823, S. 314–324). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96074-6_34
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll* (4. Aufl.). *MobileStudy*. Sage.
- Fischer-Klepsch, M., Münchau, N. & Hand, I. (2009). Misserfolge in der Verhaltenstherapie. In J. Margraf & S. Schneider (Hrsg.), *Lehrbuch der Verhaltenstherapie* (Bd. 18, S. 261–275). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-79541-4_16
- Fleiss, J. L. (1981). *Statistical methods for rates and proportions* (2. Aufl.). *Wiley series in probability and mathematical statistics Applied probability and statistics*. Wiley.
- Flemisch, F., Altendorf, E., Canpolat, Y., Weßel, G., Baltzer, M., Lopez, D., Herzberger, N. D., Voß, G. M. I., Schwalm, M. & Schutte, P. (2017). Uncanny and Unsafe Valley of Assistance and Automation: First Sketch and Application to Vehicle Automation. In C. M. Schlick, S. Duckwitz, F. Flemisch, M. Frenz, S. Kuz, A. Mertens & S. Mütze-Niewöhner (Hrsg.), *Advances in Ergonomic Design of Systems, Products and Processes* (Bd. 55, S. 319–334). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53305-5_23
- Fraszczyk, A., Brown, P. & Duan, S. (2015). Public Perception of Driverless Trains. *Urban Rail Transit*, 1(2), 78–86. <https://doi.org/10.1007/s40864-015-0019-4>
- Frison, A.-K., Wintersberger, P., Riener, A. & Schartmüller, C. (2017). Driving Hotzenplotz! In S. Boll, A. Löcken, R. Schroeter, M. Baumann, I. Alvarez, L. Chuang, S. Feuerstack, M. Jeon, N. Broy, H. H. van Huysduynen, S. Osswald, I. Politis & D. Large (Hrsg.), *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications Adjunct* (S. 247–248). ACM. <https://doi.org/10.1145/3131726.3131878>
- Frison, A.-K., Wintersberger, P., Riener, A., Schartmüller, C., Boyle, L. N., Miller, E. & Weigl, K. (2019). In UX We Trust. In S. Brewster, G. Fitzpatrick, A. Cox & V. Kostakos (Hrsg.), *CHI 2019* (S. 1–13). ACM. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300374>
- Fuest, T., Schmidt, E. & Bengler, K. (2020). Comparison of Methods to Evaluate the Influence of an Automated Vehicle's Driving Behavior on Pedestrians: Wizard of Oz, Virtual Reality, and Video. *Information*, 11(6), 291. <https://doi.org/10.3390/info11060291>
- Gasser, T. M. (Hrsg.). (2012). *Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. F, Fahrzeugtechnik: Heft F 83. Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe*. Wirtschaftsverlag NW.
- Gauer, L., Müller, J. & Totzke, I. (2018). Bewertung kritischer Fahrsituationen während einer vollautomatisierten Fahrt. In Alexander Schütz, Anna Schubö, Dominik Endres, Harald Lachnit (Hrsg.), *60. TeaP 2018. Abstracts of the 60th Conference of Experimental Psychologists*. Papst Science Publisher.
- Gerdes, J. C. (2015). Human and Machine - Preface. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren* (S. 38–39). Springer Berlin Heidelberg.
- Ghazizadeh, M., Lee, J. D. & Boyle, L. N. (2012). Extending the Technology Acceptance Model to assess automation. *Cognition, Technology & Work*, 14(1), 39–49. <https://doi.org/10.1007/s10111-011-0194-3>

- Gold, C., Körber, M., Hohenberger, C., Lechner, D. & Bengler, K. (2015). Trust in Automation – Before and After the Experience of Take-over Scenarios in a Highly Automated Vehicle. *Procedia Manufacturing*, 3, 3025–3032. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.847>
- Guenes, E. B., Hottelart, K. & Reilhac, P. (2018). The Digital Driver of the Future—User Experience Research on Generation Z in Germany. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Road Vehicle Automation 4* (S. 57–68). Springer International Publishing.
- Haboucha, C. J., Ishaq, R. & Shiftan, Y. (2017). User preferences regarding autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.010>
- Hartwich, F., Beggiato, M. & Krems, J. F. (2018). Driving comfort, enjoyment and acceptance of automated driving - effects of drivers' age and driving style familiarity. *Ergonomics*, 61(8), 1017–1032. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1441448>
- Hartwich, F., Schmidt, C., Gräfin, D. & Krems, J. F. (2020). In the Passenger Seat: Differences in the Perception of Human vs. Automated Vehicle Control and Resulting HMI Demands of Users. In H. Krömker (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science. HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Automated Driving and In-Vehicle Experience Design* (Bd. 12212, S. 31–45). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50523-3_3
- Hartwich, F., Witzlack, C., Beggiato, M. & Krems, J. F. (2019). The first impression counts – A combined driving simulator and test track study on the development of trust and acceptance of highly automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 522–535. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.012>
- Hassenzahl, M. (2004). The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products. *Human-Computer Interaction*, 19(4), 319–349. https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904_2
- Hassenzahl, M. (2005). The Thing and I: Understanding the Relationship Between User and Product. In J. Karat, J. Vanderdonck, G. Abowd, G. Calvary, J. Carroll, G. Cockton, M. Czerwinski, S. Feiner, E. Furtado, K. Höök, R. Jacob, R. Jeffries, P. Johnson, K. Nakakoji, P. Palanque, O. Pastor, F. Paternò, C. Pribeanu, M. Salzman, . . . P. C. Wright (Hrsg.), *Human-Computer Interaction Series. Funology* (Bd. 3, S. 31–42). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-2967-5_4
- Hassenzahl, M. (2008). User Experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. In É. Brangier, G. Michel, J. C. Bastien & N. Carbonell (Hrsg.), *Proceedings of the 20th Conference on l'Interaction Homme-Machine* (S. 11–15). ACM.
- Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In J. Ziegler & G. Szwillus (Hrsg.), *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung* (S. 187–196).
- Hassenzahl, M., Diefenbach, S. & Göritz, A. (2010). Needs, affect, and interactive products – Facets of user experience. *Interacting with Computers*, 22(5), 353–362. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.04.002>
- Hassenzahl, M. & Monk, A. (2010). The Inference of Perceived Usability From Beauty. *Human-Computer Interaction*, 25(3), 235–260. <https://doi.org/10.1080/07370024.2010.500139>
- Healey, J. A. & Picard, R. W. (2005). Detecting Stress During Real-World Driving Tasks Using Physiological Sensors. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 6(2), 156–166. <https://doi.org/10.1109/TITS.2005.848368>
- Hedlund, J. (2000). Risky business: safety regulations, risks compensation, and individual behavior. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 6(2), 82–90. <https://doi.org/10.1136/ip.6.2.82>
- Henseling, C., Hahn, T. & Nolting, K. (2006). *Die Fokusgruppen-Methode als Instrument in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung. Werkstattbericht / Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung: Nr. 82*. IZT.
- Hergeth, S., Lorenz, L., Vilimek, R. & Krems, J. F. (2016). Keep Your Scanners Peeled: Gaze Behavior as a Measure of Automation Trust During Highly Automated Driving. *Human Factors:*

- The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(3), 509–519.
<https://doi.org/10.1177/0018720815625744>
- Ho, C.-C. & MacDorman, K. F. (2010). Revisiting the uncanny valley theory: Developing and validating an alternative to the Godspeed indices. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1508–1518.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.015>
- Hoc, J.-M., Young, M. S. & Blosseville, J.-M. (2009). Cooperation between drivers and automation: implications for safety. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 10(2), 135–160.
<https://doi.org/10.1080/14639220802368856>
- Hoff, K. A. & Bashir, M. (2015). Trust in automation: integrating empirical evidence on factors that influence trust. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(3), 407–434. <https://doi.org/10.1177/0018720814547570>
- Hollnagel, E. & Woods, D. D. (2005). *Joint Cognitive Systems*. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420038194>
- Holm, S. (1979). A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65–70. <http://www.jstor.org/stable/4615733>
- Huisman, G., van Hout, M., van Dijk, E., van der Geest, T. & Heylen, D. (2013). LEMtool. In W. E. Mackay, S. Brewster & S. Bødker (Hrsg.), *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13* (S. 351). ACM Press.
<https://doi.org/10.1145/2470654.2470706>
- Hulse, L. M., Xie, H. & Galea, E. R. (2018). Perceptions of autonomous vehicles: Relationships with road users, risk, gender and age. *Safety Science*, 102, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.001>
- Inbar, O. & Tractinsky, N. (2011). Make a trip an experience: Sharing in-car information with passengers. In A. e. a. Tan (Vorsitz), *Proceedings of the 2011 annual HCI*.
- Ive, H. P., Sirkin, D., Miller, D., Li, J. & Ju, W. (2015). "Don't make me turn this seat around!". In G. Burnett, J. Gabbard, P. Green & S. Osswald (Hrsg.), *Adjunct Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '15* (S. 50–55). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2809730.2809752>
- Jamson, A. H., Merat, N., Carsten, O. M.J. & Lai, F. C.H. (2013). Behavioural changes in drivers experiencing highly-automated vehicle control in varying traffic conditions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 30, 116–125.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.02.008>
- Jian, J.-Y., Bisantz, A. M. & Drury, C. G. (2000). Foundations for an Empirically Determined Scale of Trust in Automated Systems. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(1), 53–71.
https://doi.org/10.1207/S15327566IJCE0401_04
- Johannsen, G. (2006). Fahrzeugführung und Assistenzsysteme. In Zimolong, B. & Konradt, U. (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie III: Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Band 2*. Hogrefe.
- Johnston, D., Bell, C., Jones, M., Farquharson, B., Allan, J., Schofield, P., Ricketts, I. & Johnston, M. (2016). Stressors, Appraisal of Stressors, Experienced Stress and Cardiac Response: A Real-Time, Real-Life Investigation of Work Stress in Nurses. *Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine*, 50(2), 187–197.
<https://doi.org/10.1007/s12160-015-9746-8>
- Kano, N., Seraku, N. Takahasi, F. & Tsuji, S. (1984). Attractive quality and must-be quality. *Journal of Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147–156.
- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C. & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfassen - der Fragebogen TA-EG. In A. Lichtenstein, C. Stöbel & C. Clemens (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*. (S. 196–201). VDI.
- Kelley, J. F. (1983). An empirical methodology for writing user-friendly natural language computer applications. In R. N. Smith, R. W. Pew & A. Janda (Hrsg.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '83* (S. 193–196). ACM Press.
<https://doi.org/10.1145/800045.801609>

- Kim, J., Lee, J. & Choi, D. (2003). Designing emotionally evocative homepages: an empirical study of the quantitative relations between design factors and emotional dimensions. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(6), 899–940. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2003.06.002>
- König, M. & Neumayr, L. (2017). Users' resistance towards radical innovations: The case of the self-driving car. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 44, 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.10.013>
- Konstantopoulos, P., Chapman, P. & Crundall, D. (2010). Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accident; analysis and prevention*, 42(3), 827–834. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.09.022>
- Koo, J., Kwac, J., Ju, W., Steinert, M., Leifer, L. & Nass, C. (2015). Why did my car just do that? Explaining semi-autonomous driving actions to improve driver understanding, trust, and performance. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 9(4), 269–275. <https://doi.org/10.1007/s12008-014-0227-2>
- Körber, M. (2018). *Individual Differences in Human-Automation Interaction* [Dissertation, Technische Universität München, München]. BibTeX.
- Körber, M., Baseler, E. & Bengler, K. (2018). Introduction matters: Manipulating trust in automation and reliance in automated driving. *Applied ergonomics*, 66, 18–31. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.07.006>
- Krems, J. & Baumann, M. (2009). Driving and Situation Awareness: A Cognitive Model of Memory-Update Processes. In.
- Krueger, R. A. & Casey, M. A. (2015). *Focus groups. A practical guide for applied research* (5th. ed). SAGE Publications.
- Krueger, R., Rashidi, T. H. & Rose, J. M. (2016). Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 343–355. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.06.015>
- Kuckartz, U. (2014a). Designs für die Mixed-Methods-Forschung. In U. Kuckartz (Hrsg.), *Mixed Methods* (Bd. 11, S. 57–98). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93267-5_3
- Kuckartz, U. (Hrsg.). (2014b). *Mixed Methods*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93267-5>
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779943860
- Kurpiers, C., Biebl, B., Mejia Hernandez, J. & Raisch, F. (2020). Mode Awareness and Automated Driving—What Is It and How Can It Be Measured? *Information*, 11(5), 277. <https://doi.org/10.3390/info11050277>
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B. & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13). <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Kyriakidis, M., de Winter, J.C.F., Stanton, N., Bellte, T., van Arem, B., Brookhuis, K., Martens, M. H., Bengler, K., Andersson, J., Merat, N., Reed, N., Flament, M., Hagenzieker, M. & Happee, R. (2017). A human factors perspective on automated driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, n.a. published online.
- Kyriakidis, M., Happee, R. & Winter, J.C.F. de (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.014>
- Laugwitz, B., Held, T. & Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In A. Holzinger (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science. HCI and Usability for Education and Work* (Bd. 5298, S. 63–76). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6

- Lee, J. D. & Moray, N. (1994). Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40(1), 153–184. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1994.1007>
- Lee, J. D. & See, K. A. (2004). Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. *Human Factors (Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society)*, 46(1), 50–80.
- Lenz, B. & Fraedrich, E. (2015). Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren* (S. 174–195). Springer Berlin Heidelberg.
- Li, X., Hess, T. J. & Valacich, J. S. (2008). Why do we trust new technology? A study of initial trust formation with organizational information systems. *The Journal of Strategic Information Systems*, 17(1), 39–71. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2008.01.001>
- Liljamo, T., Liimatainen, H. & Pöllänen, M. (2018). Attitudes and concerns on automated vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 59, 24–44. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.08.010>
- Lindberg, T. (2012). *Entwicklung einer ABK-Metapher für gruppierte Fahrerassistenzsysteme* [Dissertation, Technische Universität Berlin, Berlin]. BibTeX.
- Looze, M. P. de, Kuijt-Evers, L. F. M. & van Dieën, J. (2003). Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics*, 46(10), 985–997. <https://doi.org/10.1080/0014013031000121977>
- Louw, T. & Merat, N. (2017). Are you in the loop? Using gaze dispersion to understand driver visual attention during vehicle automation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 76, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.001>
- Lyons, J. B. & Guznov, S. Y. (2019). Individual differences in human–machine trust: A multi-study look at the perfect automation schema. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(4), 440–458. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2018.1491071>
- MacDorman, K. F. & Ishiguro, H. (2006). The uncanny advantage of using androids in cognitive and social science research. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 7(3), 297–337. <https://doi.org/10.1075/is.7.3.03mac>
- Maier, K., Sacher, H., Hellbrück, J., Meuerle, J. & Widmann, U. (2011). Multimodaler Warnbaukasten – eine neue Warnphilosophie für Fahrerassistenzsysteme. In *VDI-Berichte: Bd. 2134. Der Fahrer im 21. Jahrhundert: Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit ; 6. VDI-Tagung, Braunschweig, 8. und 9. November 2011*. VDI-Verl.
- Manstetten, D., Marberger, C. & Beruscha, F. (2019). Wizard-of-Oz experiments in real traffic - can they restart human factors? In R. Bruder & H. Winner (Vorsitz), *9. Darmstädter Kolloquium. Symposium im Rahmen der Tagung von Technische Universität Darmstadt, Darmstadt*.
- Mara, M. & Appel, M. (2015). Science fiction reduces the eeriness of android robots: A field experiment. *Computers in Human Behavior*, 48, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.007>
- Mayer, R. E. & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390–397. <https://doi.org/10.1037//0022-0663.93.2.390>
- Mayer, R. C., Davis, J. H. & Schoorman, F. D. (1995). An Integrative Model Of Organizational Trust. *Academy of Management Review*, 20(3), 709–734. <https://doi.org/10.5465/AMR.1995.9508080335>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Beltz Verlag.
- McKnight, D. H. & Chervany, N. L. (2006). Reflections on an Initial Trust-Building Model. In R. Bachmann & A. Zaheer (Hrsg.), *Handbook of Trust Research*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781847202819.00008>
- Mehler, B., Reimer, B. & Coughlin, J. F. (2012). Sensitivity of physiological measures for detecting systematic variations in cognitive demand from a working memory task: an on-road study across three age groups. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(3), 396–412. <https://doi.org/10.1177/0018720812442086>

- Mehta, R., Rice, S., Winter, S. R. & Oyman, K. (2014). Consumers' Perceptions About Autopilots and Remote-Controlled Commercial Aircraft. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 58(1), 1834–1838. <https://doi.org/10.1177/1541931214581384>
- Meng, A. & Siren, A. (2012). Cognitive problems, self-rated changes in driving skills, driving-related discomfort and self-regulation of driving in old drivers. *Accident; analysis and prevention*, 49, 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.01.023>
- Merat, N., A. Jamson, H., Lai, F. & Carsten, O. (2014). Human Factors of Highly Automated Driving: Results from the EASY and CityMobil Projects. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Lecture Notes in Mobility. Road Vehicle Automation* (Bd. 2110, S. 113–125). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7_11
- Merritt, S. M. (2011). Affective processes in human-automation interactions. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 53(4), 356–370. <https://doi.org/10.1177/0018720811411912>
- Merritt, S. M., Unnerstall, J. L., Lee, D. & Huber, K. (2015). Measuring Individual Differences in the Perfect Automation Schema. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(5), 740–753. <https://doi.org/10.1177/0018720815581247>
- Meschtscherjakov, A., Perterer, N., Trösterer, S., Krischkowsky, A. & Tscheligi, M. (2017). The Neglected Passenger--How Collaboration in the Car Fosters Driving Experience and Safety. In G. Meixner & C. Müller (Hrsg.), *Automotive User Interfaces: Creating Interactive Experiences in the Car* (S. 187–213). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49448-7_7
- Michon, J. A. (1985). A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do? In L. Evans & R. C. Schwing (Hrsg.), *Human Behavior and Traffic Safety* (S. 485–524). Springer US.
- Molnar, L. J., Ryan, L. H., Pradhan, A. K., Eby, D. W., St. Louis, R. M. & Zakrajsek, J. S. (2018). Understanding trust and acceptance of automated vehicles: An exploratory simulator study of transfer of control between automated and manual driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 319–328. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.004>
- Moray, N. (2000). Are Observers Ever Really Complacent When Monitoring Automated Systems? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(6), 592–595. <https://doi.org/10.1177/154193120004400613>
- Mori, M., MacDorman, K. & Kageki, N. (2012). The Uncanny Valley [From the Field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98–100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Morris, D. M., Erno, J. M. & Pilcher, J. J. (2017). Electrodermal Response and Automation Trust during Simulated Self-Driving Car Use. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 61(1), 1759–1762. <https://doi.org/10.1177/1541931213601921>
- Morse, J. M. (2008). Approach to qualitative-quantitative methodological triangulation. In V. L. Plano Clark & J. W. Creswell (Hrsg.), *The mixed methods reader* (S. 149–158). Sage Publ.
- Moshagen, M. & Thielsch, M. T. (2010). Facets of visual aesthetics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(10), 689–709. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2010.05.006>
- Mühl, K., Strauch, C., Grabmaier, C., Reithinger, S., Huckauf, A. & Baumann, M. (2020). Get Ready for Being Chauffeured : Passenger's Preferences and Trust While Being Driven by Human and Automation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 62(8), 1322–1338. <https://doi.org/10.1177/0018720819872893>
- Müller, A. I., Weinbeer, V. & Bengler, K. (2019). Using the wizard of Oz paradigm to prototype automated vehicles. In C. P. Janssen, S. F. Donker, L. L. Chuang & W. Ju (Hrsg.), *Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications: Adjunct Proceedings* (S. 181–186). ACM. <https://doi.org/10.1145/3349263.3351526>
- Müller, A., Stockinger, C., Walter, J., Heuser, T., Abendroth, B. & Bruder, R. (2017). Einflussfaktoren auf die Akzeptanz des automatisierten Fahrens aus der Sicht von Fahrerinnen und Fahrern. In

- H. Winner & R. Bruder (Vorsitz), *8. Darmstädter Kolloquium*, Technische Universität Darmstadt.
- Müller, J. (2018). *Bewertung von kritischen Situationen beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren.: Ableitung eines Fahrparcours für Realfahrzeugstudien* [Bachelorarbeit]. Technische Universität Chemnitz, Chemnitz.
- Naujoks, F., Hergeth, S., Keinath, A., Schömig, N. & Wiedemann, K. (Hrsg.). (2020). *Information. Test and evaluation methods for human-machine interfaces of automated vehicles*. MDPI.
- Nicolaides, D., Cebon, D. & Miles, J. (2017, 25.–26. Mai). An autonomous taxi service for sustainable urban transportation. In *2017 Smart City Symposium Prague (SCSP)* (S. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCSP.2017.7973353>
- Nordhoff, S., Winter, J. de, Madigan, R., Merat, N., van Arem, B. & Happee, R. (2018). User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: A questionnaire study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 843–854. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.024>
- Norman, D. A. (1990). The "Problem" of Automation: Inappropriate Feedback and Interaction, Not "Overautomation". In D. E. Broadbent, J. Reason & A. Baddeley (Hrsg.), *Human Factors in Hazardous Situations: Proceedings of a Royal Society Discussion Meeting held on 28 and 29 June 1989* (S. 585–593). Of.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded edition). Basic Books. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=658202>
- Norman, D. A. (2015). The Human Side of Automation. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Lecture Notes in Mobility. Road Vehicle Automation 2* (S. 73–79). Springer International Publishing.
- Othersen, I. (2016). *Vom Fahrer zum Denker und Teilzeitlenker*. AutoUni – Schriftenreihe: Bd. 90. Springer Fachmedien Wiesbaden. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4620114>
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39(2), 230–253. <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>
- Paul, R. D. (1997). Nurturing and Pampering Paradigm for Office Ergonomics. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting*.
- Paul, S. (2018). *Development of an HMI concept for the initial contact with highly and fully automated driving* [Masterarbeit]. University of Applied Sciences Technikum Wien, Wien.
- Payre, W., Cestac, J. & Delhomme, P. (2014). Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori acceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 252–263. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.04.009>
- Perterer, N., Sundström, P., Meschtscherjakov, A., Wilfinger, D. & Tscheligi, M. (2013). Come drive with me: An Ethnographic Study of Driver-Passenger Pairs to Inform Future In-Car Assistance. In A. Bruckman, S. Counts, C. Lampe & L. Terveen (Hrsg.), *Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work - CSCW '13* (S. 1539–1548). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2441776.2441952>
- Pop, V. L., Shrewsbury, A. & Durso, F. T. (2015). Individual differences in the calibration of trust in automation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(4), 545–556. <https://doi.org/10.1177/0018720814564422>
- Pöpping, U., Schlag, B. & Walter, A. (1992). Zur Situation des Beifahrers im Pkw. In B. Schlag (Hrsg.), *Empirische Verkehrspsychologie*. Pabst.
- Pöpping, U., Schlag, B. & Walter, A. (1999). Zur Situation des Beifahrers im Pkw. In B. Schlag (Hrsg.), *Empirische Verkehrspsychologie* (S. 133-144). Pabst Science Publ.
- Rahman, M. M., Lesch, M. F., Horrey, W. J. & Strawderman, L. (2017). Assessing the utility of TAM, TPB, and UTAUT for advanced driver assistance systems. *Accident; analysis and prevention*, 108, 361–373. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.09.011>

- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-13*(3), 257–266. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1983.6313160>
- Ratwani, R. M., McCurry, J. M. & Trafton, J. G. (2010). Single Operator, Multiple Robots: An Eye Movement Based Theoretic Model of Operator Situation Awareness. In *HRI '10, Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (S. 235–242). IEEE Press.
- Redmon, J. & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. *arXiv*.
- Reichart, G. (2000). *Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen: Möglichkeiten der Analyse und der Bewertung* [Dissertation, Technische Universität München, München]. BibTeX.
- Reilhac, P., Hottelart, K., Diederichs, F. & Nowakowski, C. (2017). User Experience with Increasing Levels of Vehicle Automation: Overview of the Challenges and Opportunities as Vehicles Progress from Partial to High Automation. In G. Meixner & C. Müller (Hrsg.), *Human–Computer Interaction Series. Automotive user interfaces: Creating interactive experiences in the car* (S. 457–482). Springer International Publishing.
- Rempel, J. K., Holmes, J. G. & Zanna, M. P. (1985). Trust in close relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, 49(1), 95–112. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.49.1.95>
- Rödel, C., Stadler, S., Meschtscherjakov, A. & Tscheligi, M. (2014). Towards Autonomous Cars. In L. N. Boyle (Hrsg.), *Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '14* (S. 1–8). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2667317.2667330>
- Ruijten, P., Terken, J. & Chandramouli, S. (2018). Enhancing trust in autonomous vehicles through intelligent user interfaces that mimic human behavior. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(4), 62. <https://doi.org/10.3390/mti2040062>
- SAE. (2016). *J3016 (TM) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. Society of Automotive Engineers International.
- Salonen, A. O. (2018). Passenger's subjective traffic safety, in-vehicle security and emergency management in the driverless shuttle bus in Finland. *Transport Policy*, 61, 106–110. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.10.011>
- Sarris, V. (1999). *Einführung in die experimentelle Psychologie*. Pabst.
- Sarter, N. B. & Woods, D. D. (1995). How in the World Did We Ever Get into That Mode? Mode Error and Awareness in Supervisory Control. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 5–19. <https://doi.org/10.1518/001872095779049516>
- Sauer, V. C. (2020). *Passenger well-being in highly automated vehicles = Wohlbefinden von Insassen hochautomatisierter Fahrzeuge* [Dissertation]. RWTH Aachen, Aachen.
- Schaefer, K. E., Straub, E. R., Chen, J. Y.C., Putney, J. & Evans, A. W. (2017). Communicating intent to develop shared situation awareness and engender trust in human-agent teams. *Cognitive Systems Research*(46), 26–39.
- Schlierf, M. (2019). *Konzeption und Evaluation einer Instruktionsmaßnahme für den Erstkontakt mit einem vollautomatisierten Fahrzeug* [Masterarbeit]. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt.
- Schmidt, G., Kiss, M., Babbel, E. & Galla, A. (2008). The wizard on wheels: Rapid prototyping and user testing of future driver assistance using wizard of oz technique in a vehicle. In *Proceedings of the FISITA 2008 World Automotive Congress, Munich*.
- Schmidt, H., Terwilliger, J., AlAdawy, D. & Fridman, L. (2019, 2. April). *Hacking Nonverbal Communication Between Pedestrians and Vehicles in Virtual Reality*. <http://arxiv.org/pdf/1904.01931v1>
- Schoettle, B. & Sivak, M. (2014). *Public opinion about self-driving vehicles in China, India, Japan, the U.S., the U.K., and Australia* (No. UMTRI-2014-30), The University of Michigan, Ann Arbor, MI. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/109433/103139.pdf>

- Schönhammer, R. (1995). *Das Leiden am Beifahren: Frauen und Männer auf dem Sitz rechts. Transparent: Bd. 21*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Schulz, M. (2012). Quick and easy!?! Fokusgruppen in der angewandten Sozialwissenschaft. In *Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft: Von der Konzeption bis zur Auswertung* (S. 9–22). Springer Fachmedien.
- Schweigert, M. (2003). *Fahrverhalten und Nebenaufgaben* [Dissertation]. Technische Universität München, München.
- Selkowitz, A. R., Lakhmani, S. G. & Chen, J. Y.C. (2017). Using agent transparency to support situation awareness of the Autonomous Squad Member. *Cognitive Systems Research*(46), 13–25.
- Sheridan, T. B. (1988). Trustworthiness of Command and Control Systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 21(5), 427–431. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)53945-2](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)53945-2)
- Siebert, F. W., Oehl, M., Höger, R. & Pfister, H.-R. (2013). Discomfort in Automated Driving – The Disco-Scale. In C. Stephanidis (Hrsg.), *Communications in Computer and Information Science: v.374. HCI International 2013 - Posters' Extended Abstracts, Part II: International Conference, HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, July 21-26, 2013, Proceedings, Part II* (Bd. 374, S. 337–341). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39476-8_69
- Siebert, F. W., Ruth, C., Mahlfeld, W., Oehl, M., Pfister, H. R. & Hoeger, R. (2012). Development of a Questionnaire Assessing Discomfort – The Disco-Scale. *International Journal of Psychology*(47), 343–344.
- Signorell, A. & mult. al. (2020). *DescTools: Tools for Descriptive Statistics*. <https://cran.r-project.org/package=DescTools>
- Simon, J. (2005). *Learning to drive with Advanced Driver Assistance Systems. Empirical studies of an online tutor and a personalised warning display on the effects of learnability and the acquisition of skill* [Dissertation]. Technische Hochschule Chemnitz, Chemnitz.
- Sivak, M. (1996). The information that drivers use: is it indeed 90% visual? *Perception*, 25(9), 1081–1089. <https://doi.org/10.1068/p251081>
- Slater, K. (1985). *Human comfort*. Thomas.
- Smolensky, M. W. (1993). Toward the physiological measurement of situation awareness: the case for eye movement measurements. *Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 37, 41.
- Stanton, N. A. & Young, M. S. (2000). A proposed psychological model of driving automation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1(4), 315–331. <https://doi.org/10.1080/14639220052399131>
- Strauch, C., Mühl, K., Patro, K., Grabmaier, C., Reithinger, S., Baumann, M. & Huckauf, A. (2019). Real autonomous driving from a passenger's perspective: Two experimental investigations using gaze behaviour and trust ratings in field and simulator. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 66, 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.08.013>
- Thielsch, M. T. (2008). *Ästhetik von Websites: Wahrnehmung von Ästhetik und deren Beziehung zu Inhalt, Usability und Persönlichkeitsmerkmalen*. Zugl.: Münster, Univ., Diss., 2008. Monsenstein und Vannerdat. http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3083746&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- Thorndike, E. L. (1920). A constant error in psychological rating. *Journal of Applied Psychology*, 4, 25–29.
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J. & Crundall, D. (2003). Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46(6), 629–646. <https://doi.org/10.1080/0014013031000090116>
- van den Beukel, A. P. & van der Voort, M. C. (2017). How to assess driver's interaction with partially automated driving systems - A framework for early concept assessment. *Applied ergonomics*, 59(Pt A), 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.09.005>

- van der Laan, J. D., Heino, A. & Waard, D. de (1997). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5, 1–10.
- van der Meulen, H., Kun, A. L. & Janssen, C. P. (2016). Switching Back to Manual Driving. In P. Green, S. Boll, G. Burnett, J. Gabbard & S. Osswald (Hrsg.), *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - Automotive'UI 16* (S. 229–236). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3003715.3005452>
- MAXQDA 2020 [Computer software]. (2019). VERBI Software. Berlin, Germany. maxqda.com
- Vogelpohl, T., Vollrath, M., Kühn, M., Hummel, T. & Gehlert, T. (2016). *Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung: Teil I. Review der Literatur und Studie zu Übernahmezeiten. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft [Tb1]: Forschungsbericht: Nr. 39. Unfallforschung der Versicherer, GDV.*
- Vollrath, M., Krems, J. F., Hasselhorn, M., Heuer, H. & Rösler, F. (2011). *Verkehrspsychologie: Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker* (1. Aufl.). Kohlhammer Verlag. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1930415>
- Walch, M., Mühl, K., Kraus, J., Stoll, T., Baumann, M. & Weber, M. (2017). From Car-Driver-Handovers to Cooperative Interfaces: Visions for Driver–Vehicle Interaction in Automated Driving. In G. Meixner & C. Müller (Hrsg.), *Human–Computer Interaction Series. Automotive user interfaces: Creating interactive experiences in the car* (S. 273–294). Springer International Publishing.
- Walker, F., Wang, J., Martens, M. H. & Verwey, W. B. (2019). Gaze behaviour and electrodermal activity: Objective measures of drivers' trust in automated vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 401–412. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.05.021>
- Walker, F., Verwey, W. & Martens, M. (2018). Gaze behaviour as a measure of trust in automated vehicles. In *Proceedings of the the 6th Humanist Conference (June 2018)*.
- Wang, P., Sibi, S., Mok, B. & Ju, W. (2017). Marionette. In B. Mutlu, M. Tscheligi, A. Weiss & J. E. Young (Hrsg.), *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (S. 234–243). ACM. <https://doi.org/10.1145/2909824.3020256>
- Wang, Y., Reimer, B., Dobres, J. & Mehler, B. (2014). The sensitivity of different methodologies for characterizing drivers' gaze concentration under increased cognitive demand. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 26, 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.08.003>
- Ward, C., Raue, M., Lee, C., D'Ambrosio, L. & Coughlin, J. F. (2017). Acceptance of Automated Driving Across Generations: The Role of Risk and Benefit Perception, Knowledge, and Trust. In M. Kurosu (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science. Human-Computer Interaction. User Interface Design, Development and Multimodality* (Bd. 10271, S. 254–266). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58071-5_20
- Weinberger, M. (2001). Adaptive cruise control field operational test – the learning phase. *JSAE Review*, 22(4), 487–494. [https://doi.org/10.1016/S0389-4304\(01\)00142-4](https://doi.org/10.1016/S0389-4304(01)00142-4)
- Weinberger, M. (2000). *Der Einfluss von Adaptive Cruise Control auf das Fahrverhalten* [Dissertation]. Technische Hochschule München, München.
- Weiß, T. (2009). *Computergestützte Medien und Fahrsimulatoren in Fahrausbildung, Fahrerweiterbildung und Fahrerlaubnisprüfung ; [Bericht zum Forschungsprojekt 89.174/2006]* (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M, Mensch und Sicherheit 89.174/2006). Bremerhaven.
- Weißgerber, T., Damböck, D., Kienle, M. & Bengler, K. (2012). *Erprobung einer kontaktanalogen Anzeige für Fahrerassistenzsysteme beim hochautomatisierten Fahren.*
- Weller, G. & Schlag, B. (2004). Verhaltensadaption nach Einführung von Fahrerassistenzsystemen: Vorstellung eines Modells und Ergebnis einer Expertenbefragung. In B. Schlag (Hrsg.), *Verkehrspsychologie: Mobilität - Sicherheit - Fahrerassistenz*. Pabst Science Publ.

- Westin, C., Borst, C. & Hilburn, B. (2016). Automation Transparency and Personalized Decision Support: Air Traffic Controller Interaction with a Resolution Advisory System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(19), 201–206.
- Wickens, C. D. (2004). *An introduction to human factors engineering* (2. ed.). Pearson/Prentice Hall.
- Wickens, C. D. (2006). Attention to Attention and Its Applications: A Concluding View. In A. F. Kramer, D. A. Wiegmann & A. Kirlik (Hrsg.), *Attention From Theory to Practice* (S. 239–250). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195305722.003.0017>
- Wickens, C. D., Helleberg, J., Goh, J., Xu, X. & Horrey, W. (2001). Pilot Task Management : Testing an Attentional Expected Value Model of Visual Scanning. In.
- Wiegand, G., Schmidmaier, M., Weber, T., Liu, Y. & Hussmann, H. (2019). I Drive - You Trust. In S. Brewster, G. Fitzpatrick, A. Cox & V. Kostakos (Hrsg.), *CHI 2019* (S. 1–6). ACM. <https://doi.org/10.1145/3290607.3312817>
- Wilfinger, D., Meschtscherjakov, A., Perterer, N., Osswald, S. & Tscheligi, M. (2013). Passagier-Computer-Interaktion. In S. Boll, S. Maaß & R. Malaka (Hrsg.), *Mensch & Computer – Tagungsbände / Proceedings: v.2013, Mensch & Computer 2013 – Tagungsband: 13. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien* (S. 313–316). Oldenbourg.
- Wilson, J. R. & Rutherford, A. (1989). Mental Models: Theory and Application in Human Factors. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 31(6), 617–634. <https://doi.org/10.1177/001872088903100601>
- Winner, H., Barthenheier, T., Fecher, N. & Luh, S. (2003). Fahrversuche mit Probanden zur Funktionsbewertung von aktuellen und zukünftigen Fahrerassistenzsystemen. *Darmstädter Kolloquium Mensch & Fahrzeug. Fortschrittsberichte, VDI Reihe, 12*.
- Winner, H. & Zöllner, C. (2019). Fahrsimulorkonzepte im Wandel. In R. Bruder & H. Winner (Vorsitz), *9. Darmstädter Kolloquium*. Symposium im Rahmen der Tagung von Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- Winter, J.C.F. de, Stanton, N. A., Price, J. S. & Mistry, H. (2016). The effects of driving with different levels of unreliable automation on self-reported workload and secondary task performance. *International Journal of Vehicle Design*, 70(4), Artikel 76736, 297. <https://doi.org/10.1504/IJVD.2016.076736>
- Wintersberger, P., Frison, A.-K. & Riener, A. (2018). Man vs. Machine. In Unknown (Hrsg.), *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '18* (S. 215–220). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3239092.3265969>
- Wolf, I. (2015). Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren* (Bd. 327, S. 103–125). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9_6
- Xu, Z., Zhang, K., Min, H., Wang, Z., Zhao, X. & Liu, P. (2018). What drives people to accept automated vehicles? Findings from a field experiment. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, 320–334. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.024>
- Yamada, Y., Kawabe, T. & Ihaya, K. (2013). Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the "uncanny valley" phenomenon. *Japanese Psychological Research*, 55(1), 20–32.
- Young, M. S. & Stanton, N. A. (2004). Taking the load off: investigations of how adaptive cruise control affects mental workload. *Ergonomics*, 47(9), 1014–1035. <https://doi.org/10.1080/00140130410001686348>
- Zeier, H. (1979). Concurrent physiological activity of driver and passenger when driving with and without automatic transmission in heavy city traffic. *Ergonomics*, 22(7), 799–810. <https://doi.org/10.1080/00140137908924658>
- Zhang, L., Helander, M. G. & Drury, C. G. (1996). Identifying Factors of Comfort and Discomfort in Sitting. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 38(3), 377–389. <https://doi.org/10.1518/001872096778701962>

-
- Zhang, T., Tao, D., Qu, X., Zhang, X., Zeng, J., Zhu, H. & Zhu, H. (2020). Automated vehicle acceptance in China: Social influence and initial trust are key determinants. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 112, 220–233.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.01.027>

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Abbildung 2-1 Systemmodell Fahrer-Fahrzeug-Umgebung. Eigene Darstellung nach Abendroth & Bruder, 2009..... | 6 |
| Abbildung 2-2 Modell des Situationsbewusstseins. Eigene Darstellung nach Endsley (1995). | 8 |
| Abbildung 2-3 Zusammenhang von mentalen Modellen und Zielen in Verbindung mit dem Situationsbewusstsein. Eigene Darstellung nach Endsley (2000)..... | 9 |
| Abbildung 2-4 Drei-Ebenen-Modell für zielgerichtete Tätigkeiten des Menschen nach Rasmussen (1983) und Drei-Ebenen-Hierarchie der Fahraufgabe nach Donges (1982). Eigene Darstellung nach Winner et al. (2015). | 12 |
| Abbildung 2-5 Typische Blicksequenz bei erfahrenen Fahrern (a) und Anfängern (b) (Underwood et al., 2003). Eigene Darstellung nach Bubb et al., 2015; S. 129..... | 13 |
| Abbildung 2-6 Zuordnung der Automationslevel. Eigene Darstellung nach SAE (2016)..... | 18 |
| Abbildung 2-7 Fahrer-System-Kontroll-Loop. Eigene Darstellung nach Banks et al. (2014). | 20 |
| Abbildung 2-8 Prozessmodell der Verhaltensanpassung. Eigene Darstellung nach Weller & Schlag (2004)..... | 21 |
| Abbildung 2-9 Das Verhältnis von Zufriedenheit und Zeit der Auseinandersetzung mit dem System. Eigene Darstellung nach Winner et al. (2003)..... | 26 |
| Abbildung 2-10 Darstellung des „Automation Acceptance Model“ (AAM). Eigene Darstellung nach Ghazizadeh et al. (2012)..... | 27 |
| Abbildung 2-11 Modell des Vertrauens in automatisierte Systeme. Eigene Darstellung nach Körber et al. (2018). | 29 |
| Abbildung 2-12 Komfortmodell. Eigene Darstellung nach Looze et al. (2003)..... | 32 |
| Abbildung 2-13 Darstellung des hypothetischen Zusammenhangs zwischen Menschlichkeit und Vertrautheit. Eigene Darstellung nach Mori et al. (2012). | 37 |
| Abbildung 3-1 Schematische Darstellung des empirischen Vorgehens dieser Arbeit. Q steht für qualitative Datenerhebung. R steht für Studien im Realfahrzeug. | 55 |
| Abbildung 4-1 Informationskategorien und die Häufigkeit der Nennungen ($N = 443$ Codings). | 75 |
| Abbildung 4-2 Ergebnisse der Clusteranalyse zur Einordnung der Teilnehmende zu Nutzergruppen (für nähere Erläuterungen siehe Beschreibung im Text)..... | 82 |
| Abbildung 5-1 Variante des Fahrparcours in Studie R-1 mit Beschreibung der Parcours-Elemente. | 90 |
| Abbildung 5-2 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs in Studie R-1..... | 91 |
| Abbildung 5-3 Bewertung des Vertrauens (R-1). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion. | 93 |
| Abbildung 5-4 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-1). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion..... | 93 |
| Abbildung 5-5 Bewertung des Diskomforts (R-1). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion. | 94 |
| Abbildung 6-1 Darstellung der Areas of Interest (AoI) für Studie R-2. | 106 |
| Abbildung 6-2 Variante des Prüfparcours in Studie R-2 mit Beschreibungen. | 107 |
| Abbildung 6-3 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs in Studie R-2..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 6-4 Bewertung des Vertrauens (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer..... | 110 |
| Abbildung 6-5 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer..... | 110 |
| Abbildung 6-6 Bewertung des Diskomfort (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer..... | 111 |
| Abbildung 6-7 Bewertung des Komforts (R-2). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen einfacher und technischer Instruktion sowie der Coverstory Praktikant und Sicherheitsfahrer. | 112 |
| Abbildung 6-8 Blickübergangswahrscheinlichkeiten zwischen den AoIs gemittelt über drei Fahrten (R-2). | 115 |
| Abbildung 6-9 Darstellung der mittleren Attention Ratio (links) und Fixationsdauer (rechts) in Studie R-2. Abgebildet sind z-Standardisierte Mittelwerte und Standardfehler über drei Fahrten und Areas of Interest. | 116 |
| Abbildung 6-10 Verhältnis der Wichtigkeit der Informationen und ihrer Rangordnung. Der höchste Wert entspricht dem niedrigsten Rang (links). Absteigende Werte entsprechen aufsteigenden Rängen..... | 118 |
| Abbildung 6-11 Verhältnis der Wichtigkeit der Darbietungsart der Informationen und ihrer Rangordnung. Der höchste Wert entspricht dem niedrigsten Rang (links). Absteigende Werte entsprechen aufsteigenden Rängen..... | 119 |
| Abbildung 7-1 Darstellung der Areas of Interest in Studie R-3..... | 128 |
| Abbildung 7-2 Variante des Prüfparcours in Studie R-3. | 129 |
| Abbildung 7-3 Schematischer Versuchsablauf in Studie R-3..... | 130 |
| Abbildung 7-4 Bewertung des Vertrauens (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen. | 131 |
| Abbildung 7-5 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen. | 132 |
| Abbildung 7-6 Bewertung des Diskomfort (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen. | 133 |
| Abbildung 7-7 Bewertung des Komforts (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen. | 134 |
| Abbildung 7-8 Bewertung der Attraktivität (R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler für die Wechselwirkung Sitzbelegung x Erfahrung (links) und Sitzbelegung x Fahrten (rechts)..... | 135 |
| Abbildung 7-9 Bewertung der pragmatischen (links) und hedonischen Qualität (rechts; R-3). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Fahrer- und Beifahrersitz sowie Experten und Novizen..... | 136 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 7-10 Darstellung der mittleren Fixationsdauer für die jeweiligen AoIs (R-3). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler aufgeteilt nach der Sitzposition des Teilnehmenden. | 137 |
| Abbildung 7-11 Blickübergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Areas of Interest (AoIs) gemittelt über drei Fahrten in Studie R-3. | 138 |
| Abbildung 7-12 Darstellung der mittleren Attention Ratio (links) und Fixationsdauer (rechts) in Studie R-3. Abgebildet sind z-standardisierte Mittelwerte und Standardfehler über drei Fahrten und Areas of Interest. | 138 |
| Abbildung 7-13 Bewertung des Vertrauens durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 141 |
| Abbildung 7-14 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 142 |
| Abbildung 7-15 Bewertung des Diskomfort durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 142 |
| Abbildung 7-16 Bewertung des Komforts durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 143 |
| Abbildung 7-17 Bewertung der Attraktivität durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 143 |
| Abbildung 7-18 Bewertung der pragmatischen Qualität durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 144 |
| Abbildung 7-19 Bewertung der hedonischen Qualität durch die Experten zu sechs Messzeitpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardfehler. | 144 |
| Abbildung 7-20 Nennungen der Informationen, die in einem Anzeigekonzept dargestellt werden sollten. Sortiert nach Szenario. | 146 |
| Abbildung 8-1 Umsetzung der Navigationsebene im Anzeigekonzept. (1) Ausgangsvariante, (2) erweiterte Ansicht, (3) nächster Navigationsschritt mit Anzeige der Points of Interest (PoIs). Die Einzelelemente (a-i) werden im Text beschrieben. | 152 |
| Abbildung 8-2 Umsetzung der Bahnführungsebene im Anzeigekonzept. Die Einzelelemente (j-u) sind im Text ausführlich beschrieben. | 153 |
| Abbildung 8-3 Darstellungsmöglichkeiten der Außensituation des Realbilds (links), Mischvariante (Mitte) und abstrakter Darstellung (rechts). | 154 |
| Abbildung 8-4 Interaktionsmöglichkeit für die Anpassung der Informationen. | 154 |
| Abbildung 8-5 Umsetzung der Stabilisierungsebene im Anzeigekonzept. Die Einzelelemente (v-z) sind im Text ausführlich beschrieben. | 155 |
| Abbildung 8-6 Umsetzung der Minimalanzeige. | 155 |
| Abbildung 9-1 Varianten des Anzeigekonzeptes als Video-Darstellung. (a) Simple-Konzept im Stadtszenario, (b) AR-Konzept im Stadtszenario, (c) Simple-Konzept im Autobahn-Szenario; (d) AR-Konzept im Autobahn-Szenario. | 158 |
| Abbildung 9-2 Bildausschnitt des Klickprototypen. Startkonfiguration (links) und Minimalanzeige (rechts). | 159 |
| Abbildung 9-3 Die acht Charaktere des LEMtools (Huisman et al., 2013). | 161 |
| Abbildung 9-4 Ergebnisse der Bewertung der emotionalen Reaktion bezüglich des vollautomatisierten Fahrens (LEMtool). Angabe des prozentualen Anteils der Nennungen der jeweiligen Emotion. | 166 |
| Abbildung 9-5 Ergebnisse der Bewertung emotionalen Reaktionen (LEMtool) auf die Anzeigekonzepte. Abgebildet ist der prozentuale Anteil der Nennungen der Emotion auf die jeweilige Konzeptvariante. | 167 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 9-6 Ergebnisse des User Experience Questionnaire und deren Einordnung in Vergleichswerte. | 168 |
| Abbildung 9-7 Darstellung der Erfüllung der Usability-Tasks. | 170 |
| Abbildung 9-8 Spontaner Informationsbedarf beim Erstkontakt mit vollautomatisiertem Fahren. | 171 |
| Abbildung 9-9 Anteil der ausgewählten Informationen am Klick-Prototypen. Vergleich der Anzeige für die erste vollautomatisierte Fahrt und eine Fahrt mit mehr Erfahrung (als Experte). | 172 |
| Abbildung 10-1 Umsetzung des Basis-Konzepts im Realfahrzeug (Studie R-4). Originalumsetzung (links) und schematische Darstellung (rechts). | 180 |
| Abbildung 10-2 Umsetzung des SA-Konzept im Realfahrzeug (R-4). | 181 |
| Abbildung 10-3 Darstellung der Areas of Interest in Studie R-4. | 183 |
| Abbildung 10-4 Angepasster Designprototyp für Studie R-4. | 183 |
| Abbildung 10-5 Übersicht Fahrparcours Studie R-4 mit Bereichen, in denen eine Manövererläuterung angezeigt wird und die jeweilige Manövererläuterung mit Icon. | 185 |
| Abbildung 10-6 Anordnung der Bildschirme für das Anzeigekonzept (R-4). | 186 |
| Abbildung 10-7 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs in Studie R-4. | 186 |
| Abbildung 10-8 Bewertung des Vertrauens (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept. | 188 |
| Abbildung 10-9 Bewertung der wahrgenommenen Unheimlichkeit (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept. | 189 |
| Abbildung 10-10 Bewertung des Diskomfort (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept. | 189 |
| Abbildung 10-11 Bewertung des Komfort (R-4). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler zu drei Messzeitpunkten sowie Gruppenunterschiede zwischen Basis- und SA-Konzept. | 190 |
| Abbildung 10-12 Darstellung der gemittelten Blickübergangswahrscheinlichkeiten der drei Fahrten im Vergleich der Konzepte (links: Basis-Konzept; rechts: SA-Konzept; R-4). | 192 |
| Abbildung 10-13 Darstellung der mittleren Attention Ratio (links) und Fixationsdauer (rechts) in Studie R-4. Abgebildet sind z-Standardisierte Mittelwerte und Standardfehler über drei Fahrten und Areas of Interest. | 193 |
| Abbildung 10-14 Bewertung der Akzeptanz der Konzeptvarianten. Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler der Bewertung von SA- und Basis-Konzept. | 196 |
| Abbildung 10-15 Ergebnisse des User Experience Questionnaire und deren Einordnung in Vergleichswerte (Studie R-4). | 197 |
| Abbildung 10-16 Anteil der ausgewählten Informationen am interaktiven-Prototypen. Vergleich der Anzeige für die erste vollautomatisierte Fahrt und eine Fahrt mit mehr Erfahrung (als Experte). | 200 |
| Abbildung 10-17 Umsetzung der letzten Anzeige-Iteration. Vollständige Hervorhebung der Informationen (links), Expertenansicht (ausgewählte Informationen; Mitte), Minimalanzeige (rechts). | 203 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Tabelle 2-1 Übersicht der für den Erstkontakt relevanten Informationen..... | 45 |
| Tabelle 3-1 Übersicht über Studien und deren Schwerpunkte..... | 57 |
| Tabelle 3-2 Beispielitem des Fragebogens zum Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren..... | 58 |
| Tabelle 3-3 Beispielitem des Fragebogens zur wahrgenommenen Unheimlichkeit..... | 58 |
| Tabelle 3-4 Beispielitem des Fragebogens zum Diskomforterleben (oben) und Komforterleben (unten)..... | 59 |
| Tabelle 3-5 Beispielitem des Fragebogens zur User Experience (AttrakDiff)..... | 60 |
| Tabelle 3-6 Beispielitem zum Informationsbedarf auf Basis der Kano-Methode (dysfunktionale Frage)..... | 61 |
| Tabelle 3-7 Beschreibung der gewählten Parameter zur Blickerfassung (übernommen aus Ergoneers, 2013)..... | 63 |
| Tabelle 3-8 Bewertungstabelle zur Klassifizierung von Eigenschaften anhand des Kano- Modells..... | 65 |
| Tabelle 4-1 Versuchsplan Studie Q-1..... | 68 |
| Tabelle 4-2 Tabellarischer Ablauf der Fokusgruppen..... | 69 |
| Tabelle 4-3 Beschreibung der diskutierten Szenarien..... | 71 |
| Tabelle 4-4 Demografische Daten der Fokusgruppenteilnehmenden sortiert nach Gruppen.. | 74 |
| Tabelle 4-5 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Umfeld- und Verkehrsteilnehmende“..... | 76 |
| Tabelle 4-6 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Manöver (-planung)“..... | 76 |
| Tabelle 4-7 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Navigation und PoIs“..... | 77 |
| Tabelle 4-8 Fälle und Häufigkeiten der Kategorie „Interaktionsmöglichkeiten“..... | 77 |
| Tabelle 4-9 Fälle und Häufigkeiten der Kategorien „Status und Wartung“ und „Funktionsverständnis“..... | 78 |
| Tabelle 4-10 Beobachtete Häufigkeit der Nennung von Informationen in einer Kategorie. ... | 79 |
| Tabelle 5-1 Versuchsplan der Studie R-1..... | 88 |
| Tabelle 5-2 Darstellung der Instruktionsvarianten (Zwischensubjektfaktor in Studie R-1).... | 88 |
| Tabelle 5-3 Übersicht der abhängigen Variablen der Studie R-1..... | 89 |
| Tabelle 5-4 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-1)..... | 93 |
| Tabelle 5-5 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-1)..... | 93 |
| Tabelle 5-6 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-1)..... | 94 |
| Tabelle 5-7 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience(R-1). 95 | |
| Tabelle 5-8 Pearson-Korrelationen der Erlebensdimensionen in Studie R-1..... | 96 |
| Tabelle 5-9 Ergebnisse der explorativen Extremgruppenanalyse in Studie R-1..... | 97 |
| Tabelle 5-10 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (R- 1)..... | 98 |
| Tabelle 6-1 Versuchsplan der Studie R-2..... | 104 |
| Tabelle 6-2 Abhängige Variablen der Studie R-2..... | 105 |
| Tabelle 6-3 Beispiele für den Dominanzpaarvergleich der Informationsdarstellung..... | 106 |
| Tabelle 6-4 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-2). ... | 110 |
| Tabelle 6-5 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-2)..... | 110 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 6-6 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-2).. | 111 |
| Tabelle 6-7 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort (R-2)..... | 112 |
| Tabelle 6-8 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience (R-2). | 113 |
| Tabelle 6-9 Gesamt-Blickdauer und Attention Ratio je AoI (R-2)..... | 114 |
| Tabelle 6-10 Pearson-Korrelationen für die Erlebensdimensionen in Studie R-2. | 116 |
| Tabelle 6-11 Ergebnisse der explorativen Extremgruppenanalyse in Studie R-2..... | 117 |
| Tabelle 6-12 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (R-2)..... | 118 |
| Tabelle 7-1 Studiendesign Studie R-3..... | 126 |
| Tabelle 7-2 Versuchsplan der Experten mit 2x3 Messzeitpunkten (R-3). | 126 |
| Tabelle 7-3 Abhängige Variablen der Studie R-3. | 127 |
| Tabelle 7-4 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-3). ... | 131 |
| Tabelle 7-5 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-3)..... | 132 |
| Tabelle 7-6 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-3).. | 133 |
| Tabelle 7-7 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort (R-3)..... | 134 |
| Tabelle 7-8 Ergebnisse der 3x2x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience (R-3). | 135 |
| Tabelle 7-9 Gesamtblickdauer und Attention Ratio je AoI in Studie R-3. | 137 |
| Tabelle 7-10 Pearson-Korrelationen für die Erlebensdimensionen in Studie R-3. | 139 |
| Tabelle 7-11 Ergebnisse der Extremgruppenanalyse in Studie R-3..... | 140 |
| Tabelle 7-12 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen der Experten. | 141 |
| Tabelle 7-13 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit der Experten..... | 142 |
| Tabelle 7-14 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort der Experten..... | 142 |
| Tabelle 7-15 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort der Experten. | 143 |
| Tabelle 7-16 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Attraktivität der Experten..... | 143 |
| Tabelle 7-17 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für pragmatische Qualität der Experten..... | 144 |
| Tabelle 7-18 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für hedonische Qualität der Experten..... | 144 |
| Tabelle 7-19 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (R-3)..... | 145 |
| Tabelle 8-1 Zusammenfassung der Informationen aus Studie R-1, R-2 und R-3. | 151 |
| Tabelle 9-1 Darstellung Mixed-Methods-Design der Konzeptvalidierung..... | 157 |
| Tabelle 9-2 Beschreibung der Methodik-Kombination im Interview zur Konzeptvalidierung (Q-2). | 159 |
| Tabelle 9-3 Beispielitems für den Fragebogen VisAWI..... | 162 |
| Tabelle 9-4 Beispielitems des User Experience Questionnaire. | 163 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 9-5 Häufigkeiten der Konzeptbewertungen, aufgeteilt in positive und negative Reaktionen auf das jeweilige Konzept. | 168 |
| Tabelle 9-6 Ergebnisse der Bewertung der visuellen Gestaltung des Anzeigeconzeptes im Vergleich zum Benchmark. | 169 |
| Tabelle 9-7 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (Q-2)..... | 173 |
| Tabelle 10-1 Versuchsplan Studie R-4..... | 180 |
| Tabelle 10-2 Abhängige Variablen der Studie R-4..... | 182 |
| Tabelle 10-3 Beschreibung der Methodik-Kombination in der Nachbefragung zur Konzeptvalidierung (R-4)..... | 184 |
| Tabelle 10-4 Beispielitems Akzeptanzskala (van der Laan et al., 1997). | 184 |
| Tabelle 10-5 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Vertrauen (R-4). | 188 |
| Tabelle 10-6 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für wahrgenommene Unheimlichkeit (R-4)..... | 189 |
| Tabelle 10-7 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Diskomfort (R-4)... | 189 |
| Tabelle 10-8 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für Komfort (R-4)..... | 190 |
| Tabelle 10-9 Ergebnisse der 3x2 ANOVA mit Messwiederholung für User Experience (R-4). | 190 |
| Tabelle 10-10 Gesamt Blickdauer und prozentualer Anteil je AoI in Studie R-4. | 191 |
| Tabelle 10-11 Pearson-Korrelationen für die Erlebensdimensionen (Zwischen-Subjekt und Innersubjekt-Korrelationen) in Studie R-4..... | 194 |
| Tabelle 10-12 Ergebnisse der explorativen Extremgruppenanalyse (R-4). | 195 |
| Tabelle 10-13 Ergebnisse der 2x2 ANOVA mit Messwiederholung zur Akzeptanz der Konzeptvarianten..... | 196 |
| Tabelle 10-14 Ergebnisse der Bewertung der User Experience des Anzeigeconzeptes im Vergleich mit den Ergebnissen der Studie Q-2. | 197 |
| Tabelle 10-15 Ergebnisse der Bewertung der visuellen Gestaltung des Anzeigeconzeptes im Vergleich mit Benchmark-Ergebnissen und den Ergebnissen der Studie Q-2..... | 198 |
| Tabelle 10-16 Für den Erstkontakt bedeutsame Informationen auf Basis der Kano-Methode (Studie R-4). | 199 |
| Tabelle 11-1 Zusammenstellung der Effektstärken des Messwiederholungsfaktors für Studie R-1 bis R-4. | 206 |
| Tabelle 11-2 Zusammenstellung der Ergebnisse der Lernfragestellung (Studie R-3). | 207 |
| Tabelle 11-3 Ergebnisse der intraindividuellen Pearson Korrelationen der Erlebensdimensionen aller Realfahrtstudien (R-1 bis R-4)..... | 208 |
| Tabelle 11-4 Zusammenstellung der Effektstärken für die Zwischensubjektfaktoren der Studien R-1 bis R-4. | 209 |
| Tabelle 11-5 Summe der beobachteten Unterschiede zwischen den gebildeten Extremgruppen. | 209 |
| Tabelle 11-6 Zusammenstellung der Attention Ratio der Areas of Interest in Studie R-2 bis R-4. | 210 |
| Tabelle 11-7 Zusammenstellung der für den Erstkontakt relevanten Informationen..... | 211 |

Anhang A Elektronischer Anhang

Der elektronische Anhang enthält die verwendeten Versuchsmaterialien sowie die Syntaxen der Datenauswertung.

Anhang A-1 Fragebogenbatterie zur Erfassung des Erlebens der vollautomatisierten Fahrt

Die Fragebogenbatterie zur Erfassung des Erlebens der vollautomatisierten Fahrt enthält die folgenden Fragebögen.

| Befragungsteil | Konstrukt | Operationalisierung |
|--------------------|---|--|
| Vorbefragung | Soziodemographie | Erfassung allgemeiner soziodemographischer Daten |
| | Erfahrung mit Fahrerassistenzsystemen | Allgemeine Erfassung der Erfahrung herkömmlicher Fahrerassistenzsysteme |
| | Technikaffinität | Fragebogen zur Erfassung der Technikaffinität (TA-EG) (Karrer et al., 2009) |
| | Initiales Vertrauen in vollautomatisiertes Fahren | Fragebogen zur Erfassung des initialen Vertrauens in vollautomatisiertes Fahren (nach Li et al., 2008) |
| Zwischenbefragung | Vertrauen in automatisierte Systeme | Scale of trust in automated systems (Jian et al., 2000) |
| | Diskomforterleben | Discomfort in automated driving (Siebert et al., 2013) |
| | Komforterleben | Subskala Komfort (Arndt, 2011) |
| | Wahrgenommene Unheimlichkeit | Eerinessscale (Ho & MacDorman, 2010) |
| | User Experience des vollautomatisierten Fahrens | AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003) |
| Abschlussbefragung | Informationsbewertung | Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) |

Anhang A-2 Fragebogenbatterie zur Konzeptvalidierung

Die Fragebogenbatterie zur Konzeptvalidierung (Q-2) enthält die folgenden Fragebögen.

| Konstrukt | Operationalisierung |
|--|---|
| Fragebogen zur User Experience | UEQ (Laugwitz et al., 2008) |
| Fragebogen zur visuellen Gestaltung der Konzepte | VisAWI (Moshagen & Thielsch, 2010) |
| Informationsbewertung | Kano-Modell der Kundenzufriedenheit (Kano et al., 1984) |
| Emotionale Reaktionen | Layered Emotion Measurement (LEM) tool (Huisman et al., 2013) |

Anhang A-3 Leitfaden Fokusgruppen zu Informationsbedürfnissen beim vollautomatisierten Fahren

In diesem Anhang ist der Moderationsleitfaden zur Durchführung der Fokusgruppen zum Informationsbedürfnis beim vollautomatisierten Fahren zu finden.

Anhang A-4 Interview-Leitfaden zur Bewertung des Anzeigekonzeptes

In diesem Anhang ist der Interview-Leitfaden zur Bewertung des Anzeigekonzeptes (Studie Q-2) zu finden.

Anhang A-5 Syntaxen der Datenauswertung (SPSS)

In diesem Anhang sind die SPSS Syntaxen zur Auswertung der varianzanalytischen Auswertungen zu finden.

Anhang A-6 Syntaxen der Mehrebenenanalyse

In diesem Anhang sind die Rmarkdown-Dateien für die Mehrebenenanalysen zu finden.

Anhang B Fokusgruppen Q-1

Anhang B-1 Kategorien, Ankerbeispiele und Häufigkeiten

Tabelle B-1 Fälle, Ankerbeispiele und Häufigkeiten der Kategorie „Umfeld und Verkehrsteilnehmende“.

| Fall | Ankerbeispiel | Häufigkeiten | |
|--|---|--|----|
| Verkehrszeichen | | 67 | |
| | | Abweichung der Fahrbahnmarkierung (z.B. Baustelle) | 10 |
| | | Ampel mit grünem Pfeil | 10 |
| | | Baustelle | 10 |
| | | erlaubte Höchstgeschwindigkeit | 9 |
| | | Fahrbahnmarkierung | 8 |
| | | Schranke (z.B. an Parkplatz) | 6 |
| | | Überholverbot | 5 |
| | | Ampel | 4 |
| | | Baken (an Baustelle) | 2 |
| | | Ampelersatz durch Verkehrsposten | 1 |
| | | Fußgängerampel | 1 |
| | | Tiefgarage | 1 |
| Manöver anderer Verkehrsteilnehmende | | 65 | |
| | | Manöver anderer Verkehrsteilnehmende | 63 |
| | Geplantes Manöver ist möglich | 2 | |
| Abstands- und Geschwindigkeitsinformationen anderer Verkehrs-TN | | 15 | |
| | | Überholvorgang möglich | 6 |
| | | Geschwindigkeit des überholten Fahrzeugs | 5 |
| | | Geschwindigkeit von Fahrzeugen in unmittelbarer Umgebung | 4 |
| Wetter | | 14 | |
| | | Witterungsbedingungen auf der Fahrtstrecke | 11 |
| | Außentemperatur | 3 | |
| Abstands- und Geschwindigkeitsinformationen zu umliegenden Verkehrs-TN | | 10 | |
| | | Abstand zu umliegenden Verkehrsteilnehmenden | 6 |
| | | Abstand zu umliegenden Fahrzeugen | 2 |
| | | Abstand zu überholten Fahrzeug | 2 |
| Abstandsinformationen | | 8 | |
| | | Abstand zur Fahrbahnbegrenzung | 7 |
| | Abstand zu Begrenzungen über dem Fahrzeug | 1 | |
| Totwinkelassistent | Anzeige beim Detektieren | 7 | |
| Straßentyp | | 5 | |
| | | Autobahn | 2 |
| | | Art der Fahrbahn | 1 |
| | | Landstraße | 1 |
| | Stadtstraße | 1 | |
| Beschaffenheit der Fahrbahn | Schlaglöcher | 4 | |

Tabelle B-2 Fälle, Ankerbeispiele und Häufigkeiten der Kategorie „Manöver (-planung)“.

| Fall | Ankerbeispiel | Häufigkeiten |
|------------------------------|---|--------------|
| Geschwindigkeit | aktuelle Geschwindigkeit | 38 |
| Nächstes Manöver | | 36 |
| | Richtungsanzeiger | 20 |
| | Spurwechsel/Überholen | 9 |
| | Ankündigung Auffahrt | 5 |
| | Ankündigung Abbiegen | 1 |
| | Unterfahrt Brücke | 1 |
| Vorwarnungen & Erläuterungen | | 34 |
| | unerwartetes Manöver (grüner Pfeil an der Ampel) | 11 |
| | Ankündigung Baustelle | 7 |
| | Ankündigung Übergabe Fahraufgabe an Passagier | 6 |
| | Nichtausführbarkeit Überholvorgang (mit Begründung) | 4 |
| | Ankündigung kritische Situation (mit Begründung) | 3 |
| | Vorwarnung kritische Situation (mit Begründung) | 3 |
| Aktuelles Manöver | | 27 |
| | Überholvorgang/Spurwechsel | 10 |
| | Visualisierung Manöver mit umliegenden Verkehrsteilnehmenden und Straßenverlauf | 8 |
| | Abbiegen | 5 |
| | Auffahrt | 4 |

Tabelle B-3 Fälle, Ankerbeispiele und Häufigkeiten der Kategorie „Navigation und POIs“.

| Fall | Ankerbeispiel | Häufigkeiten |
|----------------------------------|--|--------------|
| Fahrtroute | | 22 |
| | Fahrtroute zum Ziel mit kurz- & langfristigen Manövern | 16 |
| | Fahrtroute in Tiefragagen/Parkplätzen/Raststätten | 2 |
| | Fahrtroute zum Ziel | 2 |
| | Standort | 2 |
| Strecken-POIs | | 20 |
| | Baustelle | 5 |
| | Sehenswürdigkeiten | 5 |
| | nächste WC-Möglichkeit | 4 |
| | Nächster Rastplatz | 3 |
| | Länge Fahrstrecke durch Baustelle | 2 |
| | Baustelle (mit Datum, Beenden der Baustelle) | 1 |
| Verkehrsinformationen | | 8 |
| | Baustelle voraus | 4 |
| | Stau | 4 |
| Empfehlungen, Tipps (z.B. Pause) | | 5 |
| | Parkticket bezahlt | 2 |
| | Nutzung letztmögliche WC-Möglichkeit | 1 |
| | letztmögliche Tankgelegenheit | 1 |
| | bei Fernfahrt Hotelbuchung an Zwischenstopp | 1 |
| Estimated Time of Arrival (ETA) | | 5 |
| | Ankunftszeit | 2 |
| | Zeit bis Ziel | 1 |
| | Fahrziel | 1 |
| | Strecke bis Ziel | 1 |

Tabelle B -4 Fälle, Ankerbeispiele und Häufigkeiten der Kategorie „Interaktionsmöglichkeiten“.

| Fall | Ankerbeispiel | Häufigkeiten |
|--|--|--------------|
| Individualisierung Information | | 15 |
| | Novizen hoher Informationsgrad; Fortgeschrittene niedriger Informationsgrad | 11 |
| | beim Schlafen: Ton aus | 1 |
| | beim Schlafen: weniger Informationen | 1 |
| | beim Spielen: weniger/keine Informationen | 1 |
| | Informationseinstellung auf Basis individueller Präfe- renzen | 1 |
| Eingabe Manöverbe- fehl | | 5 |
| | Spurwechsel/Überholvorgang (mit Einstellung Min- destdistanz zu anderen Fahrzeugen) | 4 |
| | Haltewunsch an Rastplatz | 1 |
| Not-Knopf | sichtbare Möglichkeit zur Übernahme der Fahraufgabe | 4 |
| Geschwindigkeit | Geschwindigkeitsbegrenzung durch Nutzer vorgebar | 3 |
| Routenwahl | Auswahl Wunschroute | 3 |
| Empfehlungen | Belüftung umschalten nach Änderung Außenklima | 1 |
| Fahrstil (Einstel- lungsmöglichkeiten und Anzeige) | sportlich/umweltfreundlich | 1 |

Tabelle B -5 Fälle, Ankerbeispiele und Häufigkeiten der Kategorie „Status und Wartung“.

| Fall | Ankerbeispiel | Häufigkeiten |
|---------------------|---|--------------|
| Fahrzeugstatus i.O. | | 5 |
| | Sensoren funktionieren (Anzeige vor Fahrtbe- ginn) | 3 |
| | Anschnallzeichen | 2 |
| Wartungsankündigung | Zeitpunkt fälliger Wartung | 5 |
| Fahrstil | sportlich/umweltfreundlich | 3 |
| Licht | Anzeige Scheinwerfer An | 1 |
| Tankanzeige | Strecke bis fälliger Tankstopp | 1 |

Tabelle B -6 Fälle, Ankerbeispiele und Häufigkeiten der Kategorie „Funktionsverständnis“.

| Fall | Ankerbeispiel | Häufigkeiten |
|------------------------------------|---|--------------|
| Funktionsweise des Fahr- zeugs | | 5 |
| | Informationen zur Car-toCar-Communication | 2 |
| | Informationen zur Detektion des toten Winkels | 1 |
| | Informationen anderer Verkehrsteilnehmende über eigenes System | 1 |
| | Informationen zur Schilderererkennung | 1 |
| Gesetzesinformatio- nen/Haftung | Haftung bei Verstoß gegen Verkehrsregeln | 1 |

Anhang B-2 Mehr-Felder –Tafeln

Um Gruppenunterschiede aufzudecken, wurden die Nennungshäufigkeiten einzelner Kategorien verglichen und non-parametrisch analysiert. Es wurden sowohl Unterschiede zwischen den drei Fahrenden-Gruppen „Viel Fahrende“, „Junge Fahrende“ und „Technikferne Fahrende“ als auch die Gruppen mit und ohne Automationserfahrung (AE) gegenübergestellt. Auch Unterschiede in Abhängigkeit des jeweiligen Szenarios wurden nun inferenzstatistisch betrachtet. Die jeweiligen Mehr-Felder-Tafeln sind hier zu finden.

Die drei Fahrenden-Gruppen (Viel Fahrende, Junge Fahrende und Technikferne) und ihre Informationsbedürfnisse sind hinsichtlich der Kategorien ähnlich verteilt und unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\chi^2(10) = 8.842, p = .547, V = .099$). Im Verhältnis werden in jeder Gruppe (mit Ausnahme der Technikfernen ohne Automationserfahrung) die meisten Informationen für Umfeld- und Verkehrsteilnehmende gefordert, es folgen die Manöverplanungs- sowie Navigationsinformationen. Die Kategorienverteilung zwischen den Gruppen mit Automationserfahrung und ohne Automationserfahrung weichen jedoch voneinander ab ($\chi^2(5) = 54.783, p = .000, V = .401$). Die Gruppen der Vielfahrenden unterscheiden sich hinsichtlich ihres Informationsbedürfnisses in Abhängigkeit von der Automationserfahrung nicht voneinander. Die jungen Fahrenden mit Automationserfahrung fordern deutlich mehr Informationen als die jungen Fahrenden ohne Automationserfahrung. Dem steht entgegen, dass die Technikfernen ohne Automationserfahrung deutlich mehr Informationen erwarten als die Technikfernen mit Automationserfahrung.

Tabelle B-7 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Kategorie, Fahrendengruppen und Automationserfahrung.

| Kategorien | Viel Fahrende | | Junge Fahrende | | Technikferne | | Summe |
|---------------------------------|---------------|-----------|----------------|-----------|--------------|------------|------------|
| | Mit AE | Ohne AE | Mit AE | Ohne AE | Mit AE | Ohne AE | |
| Funktionsverständnis | 3 | | | 3 | | | 6 |
| Interaktionsmöglichkeiten | 5 | 6 | 2 | 5 | 8 | 6 | 32 |
| Manöver(-planung) | 24 | 22 | 16 | 15 | 21 | 37 | 135 |
| Navigation und POIs | 8 | 11 | 3 | 10 | 11 | 17 | 60 |
| Status und Wartung | 4 | | 4 | 1 | | 6 | 15 |
| Umfeld und Verkehrsteilnehmende | 29 | 36 | 45 | 14 | 7 | 64 | 195 |
| Summe | 73 | 75 | 70 | 48 | 47 | 130 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(25) = 68.345, p = .000, V = .176$.

AE = Automationserfahrung.

Tabelle B-8 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Kategorie und Automationserfahrung.

| Kategorien | Automationserfahrung (AE) | | Summe |
|---------------------------------|---------------------------|------------|------------|
| | Ohne AE | Mit AE | |
| Funktionsverständnis | 3 | 3 | 6 |
| Interaktionsmöglichkeiten | 17 | 15 | 32 |
| Manöver(-planung) | 74 | 61 | 135 |
| Navigation und POIs | 38 | 22 | 60 |
| Status und Wartung | 7 | 8 | 15 |
| Umfeld und Verkehrsteilnehmende | 114 | 81 | 195 |
| Summe | 253 | 190 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(5) = 54.738, p = .000, V = .401$

Tabelle B-9 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Kategorie und Fahrendengruppen.

| Kategorien | Fahrenden Gruppen | | | Summe |
|---------------------------------|-------------------|--------------|---------------|------------|
| | Junge Fahrende | Technikferne | Viel Fahrende | |
| Funktionsverständnis | 3 | | 3 | 6 |
| Interaktionsmöglichkeiten | 7 | 14 | 11 | 32 |
| Manöver(-planung) | 31 | 58 | 46 | 135 |
| Navigation und POIs | 13 | 28 | 19 | 60 |
| Status und Wartung | 5 | 6 | 4 | 15 |
| Umfeld und Verkehrsteilnehmende | 59 | 71 | 65 | 195 |
| Summe | 118 | 177 | 148 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(10) = 8.842, p = .547, V = .099$

Tabelle B-10 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Fahrendengruppen und Automationserfahrung.

| Kategorien | Fahrenden Gruppen | | | Summe |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|------------|
| | Junge Fahrende | Technikferne | Viel Fahrende | |
| Ohne AE | 48 | 130 | 75 | 253 |
| Mit AE | 70 | 47 | 73 | 190 |
| Summe | 118 | 177 | 148 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(2) = 34.794, p = .000, V = .280$

Unterschiede zwischen den Szenarien

In den Fokusgruppen wurden vier unterschiedliche Szenarien diskutiert. Die Summen der genannten Informationen sind mit ihren beobachteten Häufigkeiten in Tabelle B-11 abgebildet.

Die Verteilungen der einzelnen Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich der Szenarien (Autobahnauffahrt, Überholen, Baustelle, Stadt) signifikant voneinander ($\chi^2(15) = 36.853, p = .001, V = .167$). Da aber weder die Verteilungen zwischen den Automationserfahrungsgruppen ($\chi^2(3) = 1.213, p = .75, V = .052$) noch zwischen den Fahrenden-Gruppen

($\chi^2(6) = 9.869$, $p = .333$, $V = .088$) voneinander abweichen, wurden die Ergebnisse auf Einzelgruppenebene betrachtet.

Hier zeigt sich, dass sich die Verteilung der beobachteten Häufigkeiten der Technikfernen Gruppe ohne Automationserfahrung von der Gruppe mit Automationserfahrung abheben ($\chi^2(3) = 18.239$, $p = .000$, $V = .322$). Die technikfernen Teilnehmenden mit Automationserfahrung benötigen während des ersten Szenarios Autobahnauffahrt viele Informationen und in den darauffolgenden Fahrten deutlich weniger Informationen. Die Gruppe ohne Automationserfahrung hingegen nennt in allen vier Szenarien über 20 Informationen ohne eindeutige Häufigkeitsunterschiede zwischen den Szenarien.

Auch die Gruppen der Viel Fahrenden mit- und ohne Automationserfahrung unterscheiden sich in ihren Informationsverteilungen signifikant voneinander ($\chi^2(3) = 6.339$, $p = .001$, $V = .096$). Die Gruppe mit Automationserfahrung benötigt für die Autobahnfahrt wenig Informationen ($n = 9$) und fordert während der weiteren Szenarien deutlich mehr Informationen. Die Gruppe ohne Automationserfahrung hingegen benennt in Autobahn-, Überhol- und Baustellenszenarien deutlich mehr Informationen als im Stadtszenario.

Die Gruppen mit und ohne Automationserfahrung der jungen Fahrenden ($\chi^2(3) = 4.183$, $p = .242$, $V = .188$) unterscheiden sich in Hinblick auf ihre Verteilung zwischen den Szenarien nicht signifikant voneinander.

Tabelle B-11 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Kategorie und Szenario.

| Kategorien | Szenarien | | | | Summe |
|---------------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | Autobahn | Überholen | Baustelle | Stadt | |
| Funktionsverständnis | 1 | 3 | 2 | | 6 |
| Interaktionsmöglichkeiten | 12 | 8 | 7 | 5 | 32 |
| Manöver(-planung) | 43 | 35 | 34 | 23 | 135 |
| Navigation und POIs | 21 | 18 | 13 | 8 | 60 |
| Status und Wartung | 5 | 5 | 3 | 2 | 15 |
| Umfeld und Verkehrsteilnehmende | 37 | 66 | 48 | 44 | 195 |
| Summe | 119 | 135 | 107 | 82 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(15) = 16.661$, $p = .340$, $V = .112$

Tabelle B-12 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Fahrendengruppe, Automatisierungserfahrung und Szenario.

| Fokusgruppen | Szenarien | | | | Summe | Gruppenvergleich |
|----------------|------------|------------|------------|-----------|------------|--|
| | Autobahn | Überholen | Baustelle | Stadt | | |
| Viel Fahrende | | | | | | |
| Mit AE | 9 | 26 | 20 | 18 | 73 | $\chi^2(3) = 6.339,$ $p = .096,$ $V = .207$ |
| Ohne AE | 20 | 20 | 23 | 12 | 75 | |
| Junge Fahrende | | | | | | |
| Mit AE | 18 | 26 | 15 | 11 | 70 | $\chi^2(3) = 4.183,$ $p = .242,$ $V = .188$ |
| Ohne AE | 17 | 10 | 10 | 11 | 48 | |
| Technikferne | | | | | | |
| Mit AE | 26 | 8 | 6 | 7 | 47 | $\chi^2(3) = 18.329,$ $p = .000,$ $V = .322$ |
| Ohne AE | 29 | 45 | 33 | 23 | 130 | |
| Summe | 119 | 135 | 107 | 82 | 443 | |

Anmerkung: $\chi^2(15) = 36.853, p = .001, V = .167$

Tabelle B-13 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Automatisierungserfahrung und Szenario.

| Automatisierungserfahrung | Szenarien | | | | Summe |
|---------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | Autobahn | Überholen | Baustelle | Stadt | |
| Ohne AE | 66 | 75 | 66 | 46 | 253 |
| Mit AE | 53 | 60 | 41 | 36 | 190 |
| Summe | 119 | 135 | 107 | 82 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(3) = 1.213, p = .75, V = .052$

Tabelle B-14 Mehrfeldertafel der Häufigkeit der Informationen sortiert nach Fahrendengruppe und Szenario.

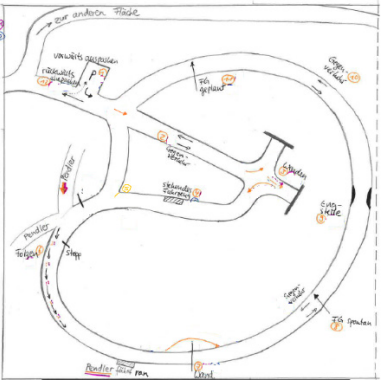
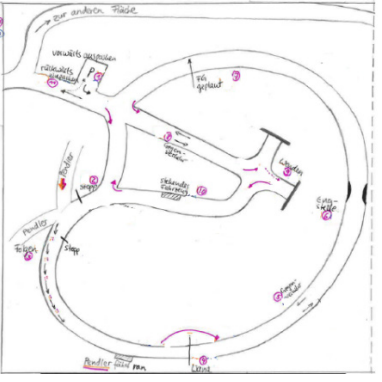
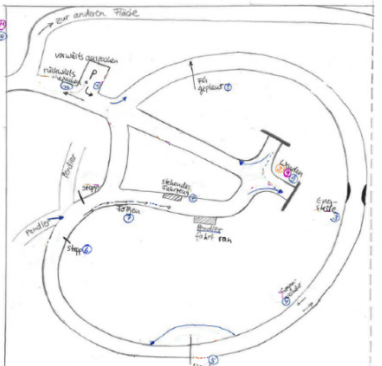
| Fahrenden Gruppen | Szenarien | | | | Summe |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | Autobahn | Überholen | Baustelle | Stadt | |
| Junge Fahrende | 35 | 36 | 25 | 22 | 118 |
| Technikferne | 55 | 53 | 39 | 30 | 177 |
| Viel Fahrende | 29 | 46 | 43 | 30 | 148 |
| Summe | 119 | 135 | 107 | 82 | 443 |

Anmerkung: $\chi^2(6) = 9.869, p = .333, V = .088$

Anhang C Realfahrtstudie R-1

Anhang C-1 Parcoursbeschreibung

Tabelle C-1 Liste der Parcourselemente in Studie R-1.

| Nr | Parcourselemente | Skizze |
|-----------------------|--|--|
| Fahrstrecke Fahrt A | | |
| 1 | Parklücke |  |
| 2 | Gegenverkehr | |
| 3 | Wende | |
| 4 | Stehendes Fahrzeug | |
| 5 | Rechts vor links | |
| 6 | Folgefahrt – Pendlar fährt an den Rand | |
| 7 | Wand | |
| 8 | Fußgänger Spontan | |
| 9 | Engstelle | |
| 10 | Gegenverkehr | |
| 11 | Fußgänger geplant | |
| 12 | Rückwärts einparken | |
| Fahrstrecke – Fahrt B | | |
| 1 | Parklücke |  |
| 2 | Stoppschild | |
| 3 | Folgefahrt – Pendlar fährt an den Rand | |
| 4 | Wand | |
| 5 | Gegenverkehr | |
| 6 | Engstelle | |
| 7 | Fußgänger geplant | |
| 8 | Gegenverkehr | |
| 9 | Wenden | |
| 10 | Stehendes Fahrzeug | |
| 11 | Rückwärts einparken | |
| Fahrstrecke – Fahrt C | | |
| 1 | Parklücke |  |
| 2 | Fußgänger geplant | |
| 3 | Engstelle | |
| 4 | Gegenverkehr | |
| 5 | Wand | |
| 6 | Stoppschild | |
| 7 | Folgefahrt | |
| 8 | Stehendes Fahrzeug | |
| 9 | Wenden | |
| 10 | Rückwärts einparken | |

Anhang C-2 Mehrebenenanalyse

Formel C-1 Modelle der Mehrebenenanalyse aus Studie R-1. Y entspricht der jeweiligen abhängigen Variablen. MZP entspricht den drei absolvierten Fahrten (Messwiederholungsfaktor).

$$\text{Modell}_0 = y \sim (1|\text{id})$$

$$\text{Modell}_1 = y \sim \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell}_2 = y \sim \text{Instruktion} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell}_3 = y \sim \text{Instruktion} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell}_4 = y \sim \text{Instruktion} + \text{MZP} + \text{Instruktion} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

Tabelle C-2 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit (R-1).

| Faktor | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|--|-----------|----------|--------------|-----------------|------------------------------|----------|--------------|-----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ |
| M _{0,1} : Fahrten | 1 | 11.897 | .000* | 7.36 | 1 | 10.053 | 002* | 5.56 |
| M _{0,2} : Instruktion | 1 | 6.0691 | .014* | 1.35 | 1 | 4.930 | .026* | 0.43 |
| M _{3,4} : Fahrten x Instruktion | 1 | 0.004 | .950 | -4.23 | 1 | 0.227 | .634 | -4.28 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle C-3 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Diskomfort (R-1).

| Faktor | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ |
|--|----|----------|--------------|-----------------|
| M ₁ : Fahrten | 1 | 4.333 | .037* | 0.20 |
| M ₂ : Instruktion | 1 | 2.280 | .131 | -2.25 |
| M _{3,4} : Fahrten x Instruktion | 1 | 5.805 | .016* | 0.91 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle C-4 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität (R-1).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Q | | | | Pragmatische Q | | | |
|--|---------------|----------|------|-----------------|--------------|----------|------|-----------------|----------------|----------|------|-----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ |
| M _{0,1} : Fahrten | 1 | 0 | .999 | -4.5 | 1 | 0.322 | .570 | -4,81 | 1 | 2.511 | .113 | -1.99 |
| M _{0,2} : Instruktion | 1 | 1.295 | .255 | -3.20 | 1 | 0.903 | .342 | -3.60 | 1 | 3.493 | .062 | -1.01 |
| M _{3,4} : Fahrten x Instruktion | 1 | 2.086 | .149 | -2.41 | 1 | 1.403 | .236 | -3.10 | 1 | 0.034 | .854 | -4.46 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Anhang C-3 Informationsbewertung**Tabelle C-5** Ergebnisse der Informationsbewertung mittels Kano-Methode (R-1).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitskoeffizient | |
|---|-------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke in % | Totale Stärke in % | CS+ | CS- |
| Bevorstehenden Verkehrsstauung | O | 9.68 | 61.29 | 0.52 | -0.60 |
| Eigenem Kraftstoffstand | M | 51.61 | 87.10 | 0.21 | -0.93 |
| Kritischem Zustand der Fahrbahn | I | 48.39 | 29.03 | 0.18 | -0.29 |
| Hindernissen | I | 25.81 | 29.03 | 0.13 | -0.35 |
| Anderen Verkehrsteilnehmenden | I | 41.94 | 16.13 | 0.04 | -0.17 |
| Übersicht vorhandener Fahrbahnen | I | 45.16 | 12.90 | 0.00 | -0.17 |
| Fahrbahnmarkierungen | I | 19.35 | 19.35 | 0.00 | -0.29 |
| Fahrtroute | M | 25.81 | 77.42 | 0.31 | -0.76 |
| Aktuellen Fahrmanövern | I | 25.81 | 32.26 | 0.22 | -0.30 |
| Eigener Geschwindigkeit | M | 29.03 | 83.87 | 0.32 | -0.89 |
| Kritischem Wetterzustand | I | 61.29 | 19.35 | 0.15 | -0.15 |
| Fahrmodus (ECO-Modus) | I | 54.84 | 6.45 | 0.04 | -0.08 |
| Blinker | M | 25.81 | 67.74 | 0.26 | -0.74 |
| Abstand zu Hindernissen | I | 51.61 | 22.58 | 0.23 | -0.15 |
| Aktueller Außentemperatur | I | 41.94 | 35.48 | 0.17 | -0.30 |
| Erläuterungen zu unerwarteten Fahrmanövern | I | 16.13 | 41.94 | 0.24 | -0.44 |
| Verkehrszeichen und -regeln | I | 58.06 | 19.35 | 0.11 | -0.19 |
| Systemstabilität | I | 3.23 | 48.39 | 0.12 | -0.54 |
| Eigene Position in Relation zu den Fahrbahnen | I | 45.16 | 9.68 | 0.09 | -0.04 |
| Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmender | I | 22.58 | 12.90 | 0.19 | -0.05 |
| Systemaktivität (ON bzw. OFF) | M | 32.26 | 74.19 | 0.26 | -0.81 |
| Routenbezogene Richtungs- und Abbiegehinweise | I | 6.45 | 45.16 | 0.20 | -0.56 |
| Zeit und Distanz bis zum Ziel | M | 12.90 | 64.52 | 0.24 | -0.69 |

Anhang D Realfahrtstudie R-2

Anhang D-1 Prüfparcours Studie R-2

Tabelle D-1 Liste der Parcourselemente in Studie R-2.

| Nr | Parcourselemente | Skizze |
|-------------------------------|---|--------|
| Fahrtstrecke Fahrt A | | |
| 1 | Parklücke | |
| 2 | Lange Gerade (ca. 50 km/h) | |
| 3 | Geschwindigkeit reduzieren (ca. 20 km/h) | |
| 4 | Hindernis umfahren | |
| 5 | Gegenverkehr | |
| 6 | Fußgänger überquert Fahrbahn | |
| 7 | Engstelle durchfahren | |
| 8 | Stoppschild | |
| 9 | Folgefahrt | |
| 10 | Wenden | |
| 11 | Einparken | |
| Fahrtstrecke – Fahrt B | | |
| 1 | Parklücke | |
| 2 | Lange Gerade | |
| 3 | Links abbiegen in Nordschleife | |
| 4 | Engstelle durchfahren | |
| 5 | Rechts vor links, Hasenfahrzeug quert, Versuchsfahrzeug folgt | |
| 6 | Hindernis umfahren | |
| 7 | Durchfahren der Südschleife | |
| 8 | Starke Bremsung | |
| 9 | Wenden | |
| 10 | Einparken | |
| Fahrtstrecke – Fahrt C | | |
| 1 | Parklücke | |
| 2 | Lange Gerade | |
| 3 | Rechts abbiegen auf Querung | |
| 4 | Links abbiegen auf Südseite | |
| 5 | Hindernis umfahren | |
| 6 | Hasenfahrzeug fährt in Fahrweg, Versuchsfahrzeug folgt - Folgefahrt | |
| 7 | Durchfahrt Engstelle | |
| 8 | Stoppschild | |
| 9 | Rechts abbiegen | |
| 10 | Gegenverkehr | |
| 11 | Einparken | |

Anhang D-2 Mehrerebenenanalyse

Formel D-1 Modelle der Mehrerebenenanalyse aus Studie R-2. Y entspricht der jeweiligen abhängigen Variablen. MZP entspricht den drei absolvierten Fahrten (Messwiederholungsfaktor).

$$\text{Modell0} = y \sim (1|\text{id})$$

$$\text{Modell1} = y \sim \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell2} = y \sim \text{Instruktion} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell3} = y \sim \text{Coverstory} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell4.1} = y \sim \text{Instruktion} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell4.2} = y \sim \text{Instruktion} + \text{MZP} + \text{Instruktion} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell5.1} = y \sim \text{Coverstory} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell5.2} = y \sim \text{Coverstory} + \text{MZP} + \text{Coverstory} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell6.1} = y \sim \text{Coverstory} + \text{Instruktion} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell6.2} = y \sim \text{Coverstory} + \text{Instruktion} + \text{Coverstory} * \text{Instruktion} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell7.1} = y \sim \text{Coverstory} + \text{Instruktion} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell7.2} = y \sim \text{Coverstory} + \text{Instruktion} + \text{MZP} + \text{Coverstory} * \text{Instruktion} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

Tabelle D-2 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit (R-2).

| Faktor | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|------------------------------------|-----------|----------|-------------------|----------------|------------------------------|----------|--------------|----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} |
| M _{0,1} : Fahrten (F) | 1 | 5.920 | .015* | 1.36 | 1 | 8.011 | .005* | 3.47 |
| M _{0,2} : Instruktion (I) | 1 | 1.045 | .307 | -3.25 | 1 | 0.102 | .749 | -4.44 |
| M _{0,3} : Covers. (C) | 1 | 0.246 | .620 | -4.31 | 1 | 0.001 | .989 | -4.55 |
| M _{4,1;4,2} : F x I | 1 | 1.910 | .167 | -2.65 | 1 | 6.878 | .009* | 2.34 |
| M _{5,1;5,2} : F x C | 1 | 2.818 | .093 ^m | -1.75 | 1 | 0.096 | .757 | -4.44 |
| M _{6,1;6,2} : C x I | 1 | 1.791 | .278 | -3.39 | 1 | 0.113 | .737 | -4.43 |
| M _{7,1;7,2} : F x C x I | 4 | 5.294 | .258 | -12.96 | 4 | 7.147 | .128 | -11.02 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle D-3 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Diskomfort und Komfort (R-2).

| Faktor | Diskomfort | | | | Komfort | | | |
|------------------------------------|------------|----------|------|----------------|---------|----------|------|----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} |
| M _{0,1} : Fahrten (F) | 1 | 2.578 | .108 | -1.98 | 1 | 1.698 | .193 | -2.87 |
| M _{0,2} : Instruktion (I) | 1 | 0.063 | .802 | -4.50 | 1 | 0.615 | .433 | -3.95 |
| M _{0,3} : Covers. (C) | 1 | 2.311 | .129 | -2.25 | 1 | 1.110 | .292 | -3.45 |
| M _{4,1;4,2} : F x I | 1 | 0.310 | .578 | -4.26 | 1 | 0.507 | .476 | -4.05 |
| M _{5,1;5,2} : F x C | 1 | 0.048 | .826 | -4.51 | 1 | 0.641 | .423 | -3.29 |
| M _{6,1;6,2} : C x I | 1 | 1.019 | .313 | -3.54 | 1 | 1.127 | .288 | -3.44 |
| M _{7,1;7,2} : F x C x I | 4 | 3.646 | .456 | -14.61 | 4 | 2.466 | .651 | -15.79 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle D-4 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität(R-2).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Qualität | | | | Pragmatische Qualität | | | |
|------------------------------------|---------------|----------|----------|------------------------|---------------------|----------|----------|------------------------|-----------------------|----------|----------|------------------------|
| | <i>df</i> | χ^2 | <i>p</i> | <i>BIC_Δ</i> | <i>df</i> | χ^2 | <i>p</i> | <i>BIC_Δ</i> | <i>df</i> | χ^2 | <i>p</i> | <i>BIC_Δ</i> |
| M _{0;1} : Fahrten (F) | 1 | 2.704 | .100 | -1.84 | 1 | 1.300 | .254 | -3.24 | 1 | 2.710 | .100 | -1.84 |
| M _{0;2} : Instruktion (I) | 1 | 0.295 | .587 | -4.25 | 1 | 0.003 | .954 | -4.54 | 1 | 0.164 | .685 | -4.38 |
| M _{0;3} : Co-vers. (C) | 1 | 3.164 | .075 | -1.38 | 1 | 1.363 | .243 | -3.18 | 1 | 1.176 | .278 | -3.37 |
| M _{4,1;4,2} : F x I | 1 | 2.394 | .121 | -2.15 | 1 | 0.702 | .402 | -3.64 | 1 | 1.153 | .283 | -3.39 |
| M _{5,1;5,2} : F x C | 1 | 0.048 | .826 | -4.50 | 1 | 0.759 | .384 | -3.78 | 1 | 0.449 | .503 | -3.39 |
| M _{6,1;6,2} : C x I | 1 | 0.259 | .611 | -4.50 | 1 | 1.196 | .274 | -3.34 | 1 | 0.110 | .741 | -4.43 |
| M _{7,1;7,2} : F x C x I | 4 | 3.286 | .511 | -14.89 | 4 | 6.980 | .137 | -11.19 | 4 | 2.282 | .684 | -15.89 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$

Anhang D-3 Informationsbewertung**Tabelle D-5** Ergebnisse der Informationsbewertung mittels Kano-Methode (R-2).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitskoeffizient | |
|---|-------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke in % | Totale Stärke in % | CS+ | CS- |
| Bevorstehenden Verkehrsstauung | M ^a | 16.13 | 51.61 | 0.28 | -0.45 |
| Eigenem Kraftstoffstand | M | 51.61 | 80.65 | 0.17 | -0.83 |
| Kritischem Zustand der Fahrbahn | I | 54.84 | 19.35 | 0.04 | -0.18 |
| Hindernissen | I | 0.00 | 38.71 | 0.00 | -0.50 |
| Anderen Verkehrsteilnehmenden | I | 22.58 | 32.26 | 0.13 | -0.29 |
| Übersicht vorhandener Fahrbahnen | I | 25.81 | 29.03 | 0.04 | -0.36 |
| Fahrbahnmarkierungen | I | 41.94 | 22.58 | 0.04 | -0.23 |
| Fahrtroute | M | 16.13 | 67.74 | 0.23 | -0.57 |
| Aktuellen Fahrmanövern | I | 61.29 | 12.90 | 0.00 | -0.15 |
| Eigener Geschwindigkeit | M | 25.81 | 87.10 | 0.33 | -0.87 |
| Kritischem Wetterzustand | I | 48.39 | 9.68 | 0.04 | -0.08 |
| Fahrmodus (ECO-Modus) | I | 61.29 | 9.68 | 0.00 | -0.12 |
| Blinker | M | 16.13 | 58.06 | 0.15 | -0.63 |
| Abstand zu Hindernissen | I | 38.71 | 29.03 | 0.11 | -0.33 |
| Aktueller Außentemperatur | I | 9.68 | 41.94 | 0.04 | -0.46 |
| Erläuterungen zu unerwarteten Fahrmanövern | I | 32.26 | 32.26 | 0.20 | -0.28 |
| Verkehrszeichen und -regeln | I | 9.68 | 45.16 | 0.24 | -0.48 |
| Systemstabilität | I | 48.39 | 22.58 | 0.07 | -0.26 |
| Eigene Position in Relation zu den Fahrbahnen | I | 61.29 | 9.68 | 0.00 | -0.12 |
| Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmender | I | 35.48 | 9.68 | 0.14 | 0.00 |
| Systemaktivität (ON/OFF) | M | 35.48 | 67.74 | 0.07 | -0.69 |
| Routenbezogene Richtungs- und Abbiegehinweise | I | 3.23 | 48.39 | 0.24 | -0.52 |
| Zeit und Distanz bis zum Ziel | M | 48.39 | 83.87 | 0.23 | -0.77 |
| Sehenswürdigkeiten an der Strecke | I | 54.84 | 22.58 | 0.18 | -0.11 |
| Dauer, bis sich die Straßenart ändert | I | 70.97 | 6.45 | 0.04 | -0.04 |
| Informationen zu Fähigkeiten des Systems | I | 38.71 | 29.03 | 0.11 | -0.26 |
| Eigene Position | I | 9.68 | 45.16 | 0.07 | -0.48 |
| Eingehende Nachrichten | I | 19.35 | 19.35 | 0.14 | -0.24 |
| Medienangeboten | I | 22.58 | 29.03 | 0.09 | -0.39 |
| Eingehende Anrufe | M | 25.81 | 64.52 | 0.19 | -0.70 |
| Kalenderfunktionen | I | 45.16 | 9.68 | 0.04 | -0.08 |
| Hinweise zur Umgebung (Name des Berges) | I | 45.16 | 22.58 | 0.19 | -0.08 |
| Hinweise zu PoI neben der Strecke | O ^a | 16.13 | 54.84 | 0.38 | -0.45 |

Anhang E Realfahrtstudie R-3

Anhang E-1 Prüfparcours Studie R-3

Tabelle E-1 Liste der Parcourselemente in Studie R-3.

| Nr | Parcourselemente | Skizze |
|------------------------|---------------------------------|--------|
| Fahrtstrecke Fahrt A | | |
| 1 | Parklücke/Fahrt startet | |
| 2 | Lange Gerade (ca. 50 km/h) | |
| 3 | Links abbiegen auf Nordschleife | |
| 4 | Durchfahren der Engstelle | |
| 5 | Stoppschild | |
| 6 | Wenden | |
| 7 | Parkendes Auto umfahren | |
| 8 | Folgefahrt | |
| 9 | Wenden | |
| 10 | Einparken | |
| Fahrtstrecke – Fahrt B | | |
| 1 | Parklücke/Fahrt startet | |
| 2 | Lange Gerade | |
| 3 | Links abbiegen auf Nordschleife | |
| 4 | Engstelle durchfahren | |
| 5 | Fußgänger quert die Fahrbahn | |
| 6 | Lange Gerade | |
| 7 | Wenden | |
| 8 | Rechts-vor Links | |
| 9 | Wenden | |
| 10 | Einparken | |
| Fahrtstrecke – Fahrt C | | |
| 1 | Parklücke/Fahrt startet | |
| 2 | Lange Gerade | |
| 3 | Links abbiegen auf Nordschleife | |
| 4 | Durchfahren der Engstelle | |
| 5 | Stopp-Schild | |
| 6 | Lange Gerade | |
| 7 | Wenden | |
| 8 | Lange Gerade | |
| 9 | Parkendes Fahrzeug umfahren | |
| 10 | Folgefahrt | |
| 11 | Einparken | |

Anhang E-2 Mehrebenenanalyse

Formel E-1 Modelle der Mehrebenenanalyse aus Studie R-3. Y entspricht der jeweiligen abhängigen Variablen. MZP entspricht den drei absolvierten Fahrten (Messwiederholungsfaktor).

$$\text{Modell0} = y \sim (1|\text{id})$$

$$\text{Modell1} = y \sim \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell2} = y \sim \text{Sitzplatz} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell3} = y \sim \text{Erfahrung} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell4.1} = y \sim \text{Sitzplatz} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell4.2} = y \sim \text{Sitzplatz} + \text{MZP} + \text{Sitzplatz} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell5.1} = y \sim \text{Erfahrung} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell5.2} = y \sim \text{Erfahrung} + \text{MZP} + \text{Erfahrung} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell6.1} = y \sim \text{Sitzplatz} + \text{Erfahrung} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell6.2} = y \sim \text{Sitzplatz} + \text{Erfahrung} + \text{Sitzplatz} * \text{Erfahrung} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell7.1} = y \sim \text{Sitzplatz} + \text{Erfahrung} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell7.2} = y \sim \text{Sitzplatz} + \text{Erfahrung} + \text{MZP} + \text{Sitzplatz} * \text{Erfahrung} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

Tabelle E-2 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit (R-3).

| Modell | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|----------------------------------|-----------|----------|--------------|----------------|------------------------------|----------|-------------------|----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} |
| M _{0,1} : Fahrten (F) | 1 | 5.803 | .016* | 1.21 | 1 | 6.636 | .010* | 2.06 |
| M _{0,2} : Sitzplatz (S) | 1 | 6.103 | .013* | 1.51 | 1 | 1.845 | .174 | -2.74 |
| M _{0,3} : Erfahrung (E) | 1 | 5.131 | .024* | 0.53 | 1 | 5.868 | .015* | 1.29 |
| M _{4,1;4,2} : F x S | 1 | 4.227 | .040* | -0.36 | 1 | 0.095 | .758 | -4.49 |
| M _{5,1;5,2} : F x E | 1 | 0.060 | .806 | -4.53 | 1 | 6.660 | .010* | 2.08 |
| M _{6,1;6,2} : S x E | 1 | 0.002 | .966 | -4.59 | 1 | 1.136 | .286 | -3.45 |
| M _{7,1;7,2} : F x E x S | 4 | 4.642 | .326 | -13.74 | 4 | 8.543 | .074 ^m | -9.79 |

* p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle E-3 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Diskomfort und Komfort (R-3).

| Modell | Diskomfort | | | | Komfort | | | |
|----------------------------------|------------|----------|-------------------|----------------|---------|----------|-------------------|----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} | df | χ^2 | p | BIC_{Δ} |
| M _{0,1} : Fahrten (F) | 1 | 10.177 | .001* | 5.58 | 1 | 3.780 | .052 ^m | -0.81 |
| M _{0,2} : Sitzplatz (S) | 1 | 1.470 | .225 | -3.13 | 1 | 2.059 | .151 | -2.53 |
| M _{0,3} : Erfahrung (E) | 1 | 0.904 | .342 | -3.69 | 1 | 0.786 | .375 | -3.81 |
| M _{4,1;4,2} : F x S | 1 | 6.601 | .010* | -2.01 | 1 | 2.202 | .138 | -2.39 |
| M _{5,1;5,2} : F x E | 1 | 0.463 | .496 | -4.14 | 1 | 1.389 | .239 | -3.21 |
| M _{6,1;6,2} : S x E | 1 | 0.126 | .722 | -4.47 | 1 | 0.060 | .808 | -4.53 |
| M _{7,1;7,2} : F x E x S | 4 | 7.830 | .098 ^m | -10.55 | 4 | 6.570 | .160 | -11.81 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle E-4 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität (R-3).

| Faktor | Attraktivität | | | | Hedonische Q | | | | Pragmatische Q. | | | |
|--|---------------|----------|-------------------|-----------------|--------------|----------|----------|-----------------|-----------------|----------|--------------|-----------------|
| | <i>df</i> | χ^2 | <i>p</i> | BIC $_{\Delta}$ | <i>df</i> | χ^2 | <i>p</i> | BIC $_{\Delta}$ | <i>df</i> | χ^2 | <i>p</i> | BIC $_{\Delta}$ |
| M _{0,1} : Fahrten (F) | 1 | 2.912 | .088 ^m | -1.67 | 1 | 0.784 | .376 | -3.80 | 1 | 4.704 | .030* | 0.12 |
| M _{0,2} : Sitzplatz (S) | 1 | 1.729 | .189 | -2.85 | 1 | .871 | .351 | -3.72 | 1 | 1.932 | .165 | -2.65 |
| M _{0,3} : Erfah- rung (E) | 1 | 1.323 | .250 | -3.26 | 1 | .571 | .450 | -4.02 | 1 | 0.469 | .494 | -4.12 |
| M _{4,1;4,2} : F x S | 1 | 9.103 | .003* | 4.52 | 1 | .144 | .705 | -4.44 | 1 | 0.872 | .351 | -3.71 |
| M _{5,1;5,2} : F x E | 1 | 0.496 | .481 | -1.50 | 1 | 2.856 | .091 | -1.73 | 1 | 1.492 | .222 | -3.09 |
| M _{6,1;6,2} : S x E | 1 | 6.694 | .010* | 2.10 | 1 | 3.383 | .066 | -1.20 | 1 | 0.374 | .541 | -4.21 |
| M _{7,1;7,2} : F x E x S | 4 | 17.625 | .001* | -0.71 | 4 | 6.402 | .171 | -1.20 | 4 | 3.055 | .549 | -15.28 |

Anmerkung: * $p < .05$; ^m $.05 < p < .10$

Anhang E-3 Informationsbewertung**Tabelle E-5** Ergebnisse der Informationsbewertung mittels Kano-Methode (R-3).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitskoeffizienten | |
|---|-------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke in % | Totale Stärke in % | CS+ | CS- |
| Bevorstehenden Verkehrsstauung | I | 9.09 | 36.36 | 0.35 | -0.35 |
| Eigenem Kraftstoffstand | M | 15.15 | 60.61 | 0.30 | -0.83 |
| Kritischem Zustand der Fahrbahn | I | 30.30 | 27.27 | 0.12 | -0.32 |
| Hindernissen | I | 30.30 | 39.39 | 0.16 | -0.32 |
| Anderen Verkehrsteilnehmenden | I | 12.12 | 36.36 | 0.17 | -0.33 |
| Übersicht vorhandener Fahrbahnen | I | 30.30 | 21.21 | 0.13 | -0.21 |
| Fahrbahnmarkierungen | I | 30.30 | 9.09 | 0.10 | -0.14 |
| Fahrtroute | M | 15.15 | 63.64 | 0.36 | -0.68 |
| Aktuellen Fahrmanövern | I | 39.39 | 24.24 | 0.27 | -0.12 |
| Eigener Geschwindigkeit | M | 15.15 | 75.76 | 0.37 | -0.93 |
| Kritischem Wetterzustand | I | 51.52 | 21.21 | 0.19 | -0.15 |
| Fahrmodus (ECO-Modus) | I | 54.55 | 12.12 | 0.04 | -0.15 |
| Blinker | M | 3.03 | 45.45 | 0.23 | -0.64 |
| Abstand zu Hindernissen | I | 27.27 | 27.27 | 0.35 | -0.17 |
| Aktueller Außentemperatur | I | 24.24 | 39.39 | 0.30 | -0.26 |
| Erläuterungen zu unerwarteten Fahrmanövern | I | 0.00 | 33.33 | 0.45 | -0.45 |
| Verkehrszeichen und -regeln | I | 3.03 | 45.45 | 0.35 | -0.39 |
| Systemstabilität | I | 18.18 | 39.39 | 0.19 | -0.41 |
| Eigene Position in Relation zu den Fahrbahnen | I | 36.36 | 12.12 | 0.00 | -0.17 |
| Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmender | I | 6.06 | 9.09 | 0.19 | 0.00 |
| Systemaktivität (ON bzw. OFF) | M | 3.03 | 57.58 | 0.28 | -0.55 |
| Routenbezogene Richtungs- und Abbiegehinweise | I | 18.18 | 39.39 | 0.14 | -0.39 |
| Zeit und Distanz bis zum Ziel | O | 21.21 | 63.64 | 0.57 | -0.68 |
| Sehenswürdigkeiten an der Strecke | I | 21.21 | 15.15 | 0.25 | 0.00 |
| Dauer, bis sich die Straßenart ändert | I | 48.48 | 6.06 | 0.04 | -0.04 |
| Informationen zu Fähigkeiten des Systems | I | 18.18 | 27.27 | 0.18 | -0.36 |
| Eigene Position | I | 6.06 | 45.45 | 0.28 | -0.48 |
| Eingehende Nachrichten | I | 18.18 | 33.33 | 0.35 | -0.35 |
| Medienangeboten | I | 21.21 | 27.27 | 0.36 | -0.23 |
| Eingehende Anrufe | O ^a | 6.06 | 51.52 | 0.37 | -0.56 |
| Kalenderfunktionen | I | 30.30 | 15.15 | 0.22 | -0.09 |
| Hinweise zur Umgebung (Name des Berges) | I | 33.33 | 15.15 | 0.22 | -0.04 |
| Hinweise zu PoI neben der Strecke | I | 21.21 | 39.39 | 0.38 | -0.35 |

Anhang F Validierungsstudie Q-2

Anhang F-1 Szenarienbeschreibung

Das *Stadtszenario* umfasst im Simple-Konzept (vgl. Abbildung (a)) die Auffahrt von einer Nebenstraße auf eine Vorfahrtsstraße sowie die Fahrt auf der Vorfahrtsstraße. Dabei folgt das Ego-Fahrzeug (eigenes Fahrzeug) einem vorausfahrenden Fahrzeug und gewährt dann einem aus einer Nebenstraße anfahrenen Fahrzeug Vorfahrt. Die Fahrt endete im Anschluss an diese Situation.

Im AR-Konzept umfasst das Stadtszenario (vgl. Abbildung (b)) eine zweispurige Anfahrt an eine rote Ampel mit einem bereits stehenden Fahrzeug. Dabei wird der Fahrweg des Ego-Fahrzeugs als Fahrschlauch hervorgehoben. Sowohl das Fahrzeug als auch die Ampel werden mit einem blauen Rahmen hervorgehoben. Nach dem zum Stehen kommen des Ego-Fahrzeugs überquert ein Fußgänger die Straße. Auch dieser wird mit einem blauen Rahmen hervorgehoben und seine Geh-Richtung durch Pfeile veranschaulicht. Nachdem die Ampel auf Grün wechselt, fährt das Ego-Fahrzeug wieder an und das Szenario endet.

Das *Autobahnszenario* zeigt im Simple-Konzept eine Fahrt auf einer zweispurigen Autobahn (vgl. Abbildung 9-1 (c)). Das Ego-Fahrzeug folgt hier zunächst dem Vorderfahrzeug und überholt dieses, sobald die linke Spur nicht mehr durch einen vorausfahrenden Bus belegt ist. Das Video endet, nachdem das Ego-Fahrzeug den Überholvorgang beendet hat. Im AR-Konzept (vgl. Abbildung 9-1 (d)) wird ein Autobahnabschnitt gezeigt, auf dem eine dritte Spur mit den beiden vorherigen Spuren zusammengeführt wird und weitere Fahrzeuge auffahren. Diese werden mit einem blauen Kasten umrahmt. Das Ego-Fahrzeug fährt auf der mittleren Spur, der Fahrweg wird dabei als türkise Fläche in der Fahrspur hervorgehoben. Das Ego-Fahrzeug wird links überholt. Dabei kündigen zunächst die Fahrtrichtungspfeile das überholende Fahrzeug an, bevor dieses in den Bildausschnitt einfährt. Die Fahrt endet nach einer kurzen Fahrt auf der Autobahn.



Abbildung F-1 Varianten des Anzeigekonzeptes als Video-Darstellung. (a) Simple-Konzept im Stadtszenario, (b) AR-Konzept im Stadtszenario, (c) Simple-Konzept im Autobahn-Szenario; (d) AR-Konzept im Autobahn-Szenario.

Anhang F-2 Benchmarking-Werte VisAWI

Tabelle F-1 Benchmarking-Werte des VisAWI: Gesamt- und Skalenmittelwerte der Kategorie Information und Gesamt (übernommen von Thielsch & Moshagen, 2014).

| Kategorie | Gesamtwert | | Einfachheit | | Vielseitigkeit | | Farbigkeit | | Kunstfertigkeit | |
|---|------------|-----------|-------------|-----------|----------------|-----------|------------|-----------|-----------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Informationen (<i>m</i> = 24; <i>n</i> = 628) | 4.08 | 1.26 | 4.33 | 1.41 | 3.35 | 1.35 | 4.28 | 1.61 | 4.34 | 1.47 |
| Gesamt (<i>m</i> = 162; <i>N</i> = 5766) | 4.51 | 1.22 | 4.58 | 1.42 | 4.00 | 1.41 | 4.64 | 1.41 | 4.81 | 1.33 |

Anmerkung: *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *m* = Anzahl der beurteilten Websites in der Kategorie, *n* = Anzahl der Beurteiler.

Anhang F-3 Bewertung der einzelnen Konzeptelemente

Die Bewertung der Konzeptelemente (*n* = 178 Codings) wird auf Basis der Anzeigeebenen (Bahnführungsebene, Navigationsebene, Stabilisierungsebene und Individualisierung) kategorisiert. Die Code-Übersicht ist im Anhang F-4 einzusehen. Mit dem Ziel der Verbesserung der Anzeige werden für jeden Bereich Äußerungen der Teilnehmenden protokolliert und codiert, welche die Konzeptelemente als negativ oder positiv hervorheben.

Auf **Bahnführungsebene** (*n* = 71) wird die *Ampelinfo* (*n* = 7), die anzeigt, wie lange die Ampel noch rot ist, als besonders positiv hervorgehoben. Die *Detektion der Fußgänger* wird (*n* = 16) ebenfalls als positiv bewertet. Dabei sei es notwendig, die Konsequenzen der Erkennung zu verstehen, d. h., ob das Fahrzeug beispielsweise wegen des erkannten Fußgängers bremse. Auch die *Detektion von Fahrzeugen* wird positiv bewertet (*n* = 5). Ein Teilnehmender äußert: „Das ist ja wie das Hirn des Computers“ (TN 20). Negative Äußerungen zur *Detektion* (*n* = 12) bemängeln die Darstellung der Detektion in Form der blauen Kästen. Diese seien zu klobig (vgl. TN 04).

Weitere Merkmale, die positiv hervorgehoben werden, sind die *Fahrtrichtung anderer Fahrzeuge* (*n* = 10) und des eigenen *Fahrschlauchs* (*n* = 7), die *Verkehrszeichenerkennung* (*n* = 6), sowie die *Anzeige der Distanz* zu anderen Fahrzeugen (*n* = 2). Die Anzeige von *freien Parkplätzen* (*n* = 3) wird ebenfalls hervorgehoben, allerdings nur für den Fall, dass auch ein Parkplatz gesucht wird.

Auf **Navigationsebene** (*n* = 18) wird die Anzeige der *Zeit und Distanz bis zum Ziel* (*n* = 8) explizit als positiv hervorgehoben. Auch die *Anzeige von PoIs* wird als besonders gut befunden (*n* = 7). In *n* = 3 Codings wird geäußert, dass die Navigationsanzeige keinen Mehrwert liefere.

Auf der **Stabilisierungsebene** (*n* = 53) werden die folgenden Elemente positiv bewertet: Die *Geschwindigkeitsanzeige* wird von *n* = 5 als positiv hervorgehoben, ebenso die Erkennung der *Geschwindigkeitsbegrenzung* (*n* = 3). Die Anzeige des *nächsten Manövers* bzw.

der Erläuterung des Manövers wird von $n = 10$ als positives Element genannt, für $n = 3$ Teilnehmende ist sie überflüssig. Es wird vorgeschlagen, nur „Hauptevents“, wie das Verlassen der Autobahn, explizit anzuzeigen. Auch das Beibehalten von *Tankanzeige*, *Temperatur und Uhrzeit* wird positiv hervorgehoben ($n = 11$). Negativ bewertet wird hauptsächlich die *Dynamikvisualisierung* ($n = 25$ Codings). $N = 17$ Teilnehmende verstehen die Visualisierung nicht oder bezeichnen sie als überflüssig. Lediglich $n = 3$ Teilnehmende haben sie direkt verstanden. Weitere $n = 3$ Teilnehmende bewerteten sie positiv, nachdem ihnen die Funktion erklärt wurde.

Auf **Individualisierungsebene** ($n = 7$) werden die *individuellen Einstellungsmöglichkeiten* der Informationen als besonders positiv hervorgehoben ($n = 6$) und von einem Teilnehmenden folgendermaßen in Worte gefasst „Ich fände es immer cool und witzig, wenn ich eigene Sachen mit aufnehmen oder rauswerfen kann – dann habe ich auch während der Fahrt etwas zu tun, wenn ich schon nicht selbst fahre.“ (TN 01).

Zusätzlich zu der Bewertung der einzelnen Ebenen werden auch **Verbesserungsvorschläge** der Teilnehmenden erfasst. Es sind insgesamt $n = 29$ Verbesserungsvorschläge protokolliert (vgl. Tabelle F-2; die Zitate sind vollständig im Anhang F-4 aufgeführt).

Tabelle F-2 Kategorien der Verbesserungsvorschläge mit Ankerbeispielen und Häufigkeiten.

| Kategorie | Ankerbeispiele | Häufigkeit |
|----------------------|--|------------|
| Navigationsebene | Favoriten für PoI-Kategorien festlegen | 7 |
| Bahnführungsebene | Hervorhebung anderer Verkehrsteilnehmender durch kurz aufleuchtende Umrahmung | 5 |
| Stabilisierungsebene | Ergänzende Informationen zu Fahrzeugen (z. B. Geschwindigkeit des anderen Fahrzeugs, Gefahrensymbol bei Lkw). | 3 |
| | Anzeige des aktuellen Verbrauchs Anzeige von Warnungen bei System-/ Sensorausfällen | |
| Individualisierung | Individuelle Farbanpassung | 6 |
| | Memory-Funktion (z. B. Speicherung persönlicher Anzeige-Einstellungen) App-gestützte Voreinstellung der Anzeige | |
| Services | Wetterinformationen, Wetter am Zielort | 8 |
| | Entertainmentangebote (Musik hören, Filme) | |
| | System-Bedienung per Sprachsteuerung | |

Anhang F-4 Code-Übersicht

Tabelle F-5 Übersicht der Codes zur Validierung des Anzeigeconzeptes.

| | | | |
|---|----|---|----|
| 1 Einstellung zu VAF | 0 | 2 Informationsbedarf | 0 |
| 1.1 Skepsis | 0 | 2.1 360° Rundumsicht | 3 |
| 1.1.1 Selbst fahren nicht aufgeben möchten | 6 | 2.1.1 Andere Fahrzeuge | 3 |
| 1.1.2 Skepsis ohne Lenkrad | 4 | 2.1.1.1 Abstand zu anderen Fahrzeugen | 4 |
| 1.1.3 Technik nicht ausgereift | 9 | 2.1.1.2 Rückwärtiger Verkehr | 2 |
| 1.1.4 Allgemeine Skepsis | 2 | 2.2 Blinken | 1 |
| 1.2 Neugierde/Interesse | 3 | 2.3 Eingriffsmöglichkeit | 1 |
| 1.3 Nutzungsbereitschaft vorhanden | 6 | 2.4 Fahrverhalten nachvollziehen können | 7 |
| 1.3.1 Voraussetzung: Lenkrad/Eingriffsmöglichkeit | 1 | 2.5 Geschwindigkeitsanzeige | 12 |
| 1.3.2 Voraussetzung: Vertrauen aufbauen | 13 | 2.6 Navigationsanzeige/ETA | 6 |
| 1.3.3 Nutzungsintention, wenn Fahren sicher | 3 | 2.7 Richtung/nächstes Manöver | 2 |
| 1.4 Positive Einstellung | 0 | 2.8 Verständnis der Technik | 2 |
| 1.4.1 Erleichterung im Alltag | 2 | | |
| 1.4.2 Sicherheitsgewinn im Verkehr | 2 | | |
| 3 Konzeptbewertungen | 0 | 4 Konzeptelemente | 0 |
| 3.1 Simple-Konzept | 0 | 4.1 Bahnführung | 0 |
| 3.1.1 Simple-Konzept negativ | 5 | 4.1.1 Distanz | 0 |
| 3.1.2 Simple-Konzept positiv | 9 | 4.1.1.1 Distanz nicht notwendig | 1 |
| 3.2 AR-Konzept | 0 | 4.1.1.2 Distanz positiv | 2 |
| 3.2.1 AR-Konzept negativ | 0 | 4.1.2 AIO positiv | 7 |
| 3.2.1.1 Zu viele Informationen | 6 | 4.1.3 Detektion | 0 |
| 3.2.2 AR-Konzept positiv | 11 | 4.1.3.1 Detektion positiv | 0 |
| 3.3 Gesamtbewertung | 0 | 4.1.3.1.1 Detektion Fußgänger | 16 |
| 3.3.1 Konzept trägt zur Nutzungsintention bei | 5 | 4.1.3.1.1.1 Konsequenz der Erkennung muss deutlich werden | 1 |
| 3.3.2 Konzept vermittelt vertrauen | 11 | 4.1.3.1.1.2 Fehlertoleranz sehr wichtig | 1 |
| 3.3.3 Konzeptbewertung positiv | 12 | 4.1.3.1.2 Detektion Fahrzeuge | 5 |
| 3.3.4 Mit Erfahrung keine/weniger Anzeige notwendig | 7 | 4.1.3.2 Detektion negativ | 12 |
| 3.4 Klickprototyp | 0 | 4.1.4 Fahrschlauch positiv | 7 |
| 3.4.1 Gesamteindruck positiv | 5 | 4.1.5 Fahrtrichtung Fahrzeuge positiv | 8 |
| 5 Usability-Aufgaben | 0 | 4.1.5.1 Richtungspfeile irritierend | 2 |
| 5.1 Ansicht auswählen | 0 | 4.1.6 Freie Parkplätze | 3 |
| 5.1.1 Mittelansicht präferiert | 1 | 4.1.7 Verkehrszeichenerkennung positiv | 6 |
| 5.1.2 Realbild | 16 | 4.2 Individualisierung | 0 |
| 5.2 Einstellungsmöglichkeiten | 3 | 4.2.1 Einstellungsmöglichkeit positiv | 6 |
| | | 4.2.1.1 Einstellmöglichkeiten nicht ver- | 1 |

| | | | |
|--|----|--|----|
| 5.2.1 Situationsabhängige Einstellung | 1 | ständig | |
| 5.3 Minimalanzeige | 0 | 4.2.2 "Rest" | 0 |
| 5.3.1 Ausreichend | 6 | 4.2.2.1 Tankanzeige positiv | 5 |
| 5.3.2 Minimalanzeige negativ | 11 | 4.2.2.2 Uhrzeit und Temperatur positiv | 6 |
| 5.3.3 Sollte kleiner sein | 2 | 4.3 Navigation | 0 |
| 5.4 Navigationsanzeige | 1 | 4.3.1 ETA/Abstand bis zum Ziel positiv | 8 |
| 5.4.1 Detailliertere Kartendarstellung | 3 | 4.3.2 Navigationsleise nicht nötig | 3 |
| 5.4.2 Navigationsanzeige ausklappen nicht intuitiv | 1 | 4.3.3 PoIs | 7 |
| 5.4.3 Tankstelle finden | 2 | 4.4 Stabilisierung | 0 |
| | | 4.4.1 Dynamikbalken | 0 |
| | | 4.4.1.1 Dynamikbalken nicht verstanden | 14 |
| | | 4.4.1.1.1 Dynamikbalken überflüssig | 11 |
| | | 4.4.1.2 Dynamikbalken positiv | 3 |
| | | 4.4.1.3 Dynamikbalken verstanden | 3 |
| | | 4.4.2 Geschwindigkeitsanzeige | 1 |
| | | 4.4.2.1 Geschwindigkeit nicht relevant | 1 |
| | | 4.4.2.2 Geschwindigkeit positiv | 5 |
| | | 4.4.2.3 Geschwindigkeitsbegrenzung positiv | 2 |
| | | 4.4.3 Manöveranzeige | 0 |
| | | 4.4.3.1 Manöveranzeige positiv | 7 |
| | | 4.4.3.1.1 Fußgänger auf der Fahrbahn positiv | 3 |
| | | 4.4.3.2 Manöveranzeige zu viel | 3 |

Anhang F-5 Verbesserungsvorschläge

Tabelle F-3 Liste der Verbesserungsvorschläge für den Anzeigekonzeptentwurf.

| |
|--|
| Verbesserungsvorschläge: Anpassungen |
| Dann wäre es gut, wenn ich mir die Infos die ich gerne hätte an die Stelle ziehen könnte, an die ich es gerne hätte. Vp2_ikln10: 29 - 29 (0) |
| Vielleicht könnte man auch einstellen, dass man bevorzugte Tankstellen hat Vp2_ikln10: 72 - 72 (0) |
| oder auch die Farben ändern. Ein paar Spielereien einbauen Vp14 cape09: 22 - 22 (0) |
| Cool wäre auch, wenn z.B. meine Freundin einen anderen Schlüssel hat und sie hat andere Einstellungen die für sie gespeichert werden (sie will z.B. weniger angezeigt bekommen) Vp1_elbe06: 70 - 70 (0) |
| Da fände ich auch eine Memory Funktion gut bei dem Auto. Auch cool wäre eine App dafür. Wo ich mein virtuelles Cockpit mir gestalten kann und egal in welches Modell ich dann einsteige (A8,7 3 was auch immer), das ich dann genau diese Anzeige habe, weil sich mein Telefon ja ohnehin mit dem Auto verbindet. Vp21_onur06: 83 - 83 (0) |
| Verbesserungsvorschläge: Bahnführung |

| |
|---|
| <p>Farbliche Markierung bei Vorfahrt auf dem eigenen Weg ist ok, aber bei Ampel, also dann wenn ich anhalten muss oder bei Vorfahrt gewähren sollte der Balken vorne rot sein, so dass es deutlicher, macht, dass er stehen bleiben muss, der Weg kann in der Farbe bleiben, nur den Balken vorne farblich deutlicher gestalten</p> <p>Vp7 : 34 - 34 (0)</p> |
| <p>Sie würde wollen, dass Autos, auf die man zufährt kurz weiß eingekachelt werden, aber nicht dauerhaft.</p> <p>Vp8_sado06: 35 - 35 (0)</p> |
| <p>Vogel-Perspektive, wäre super,</p> <p>Vp11_anne02: 25 - 25 (0)</p> |
| <p>wenn noch eine Info dabei steht bei den Kästen, wie schnell fährt der Vordermann, wie weit ist der von mir entfernt,</p> <p>Vp19_assa11: 26 - 26 (0)</p> |
| <p>Vielleicht, was nicht schlecht wäre, wenn z.B. so ein LKW als „Gefahrensymbol“ dargestellt würde, z.B. mit Ausrufezeichen. Oder wenn ein Auto dem anderen dicht auffährt, dass da auch ein Gefahrensymbol erscheint. Dass das Auto so eine Art vorausschauendes Fahren hat und mir potentielle Gefahrenquellen anzeigt</p> <p>Vp21_onur06: 35 - 35 (0)</p> |
| <p>Verbesserungsvorschläge: Navigation</p> |
| <p>wenn ich ohnehin nicht selbst fahren darf/kann/soll dann könnte ich mir ja auch noch Sehenswürdigkeiten einblenden lassen.</p> <p>Vp3_elma05: 79 - 79 (0)</p> |
| <p>Navi, besser detaillierter Darstellen, dass direkt die Märkte angezeigt werden und nicht nur mit Symbolen, [...] mit Topographie fände er es besser, [...].</p> <p>Vp11_anne02: 38 - 38 (0)</p> |
| <p>Die Navigationsleiste findet sie attraktiv, wenn ihr die Ladestationen angezeigt werden. [...], wenn sie angezeigt bekommt wo ein Supermarkt und eine Ladestation nah beieinanderliegen so dass sie die „Ladeweile“ zum Einkaufen nutzen kann.</p> <p>Vp15_kein02: 27 - 27 (0)</p> |
| <p>Es sollte auch Staus berechnen können.</p> <p>Vp20_nain01: 20 - 20 (0)</p> |
| <p>Vielleicht noch Zusatzinformationen/Sonderziele, z.B. Raststätte, wo kann ich Tanken bei einem Elektrofahrzeug.</p> <p>Vp21_onur06: 30 - 30 (0)</p> |
| <p>Tanken finde ich wichtig. Einkaufen auch – z.B. Apotheke. Suchfunktion wäre gut.</p> <p>Vp21_onur06: 60 - 60 (0)</p> |
| <p>Verbesserungsvorschläge Services</p> |
| <p>Wenn ich jetzt noch Musik hören würde, dann würde ich mir hier auch wünschen, welcher Interpret/welches Lied.</p> <p>Vp1_elbe06: 36 - 36 (0)</p> |
| <p>evtl Medieninformationen (z.B. Radio, oder Filmschauen)</p> <p>Vp3_elma05: 67 - 67 (0)</p> |
| <p>Interessanter als die <i>aktuelle</i> Außentemperatur wäre vielleicht noch das Wetter vom Zielort.</p> <p>Vp3_elma05: 77 - 77 (0)</p> |
| <p>Menü: es sollten mehr Interaktionsmöglichkeiten geben, [...]</p> <p>Vp11_anne02: 52 - 52 (0)</p> |

| |
|---|
| Erläuterung wenn das Auto das Wetter erkennt, warum wird die Geschwindigkeit reduziert Vp13_ascl12: 31 - 31 (0) |
| Bei der Wetteranzeige, wäre cool, wenn es so wie eine Wetter-App wäre. Dass man die Wetterausichten noch sehen kann, wenn man drauf klickt. Vp20_nain01: 44 - 44 (0) |
| Auto kommuniziert mit der Ladesäule und rechnet automatisch ab. Das würde eine Menge Zeit sparen. Vp21_onur06: 59 - 59 (0) |
| Verbesserungsvorschläge: Stabilisierung |
| . Oder wenn irgendetwas am Auto wäre (z.B. Servicemeldungen wie „Achtung Motor wird heiß“) dass die dann aufpoppen – halt nur wenn es wirklich relevant wäre (also keine Statusmeldung, sondern nur im relevanten Fall). Vp1_elbe06: 36 - 36 (0) |
| Mich interessiert z.B. auch Durchschnittsverbrauch etc. Wievielte kwh er jetzt verbraucht auf 100km. Vp2_ikln10: 26 - 26 (0) |
| Er braucht aber etwas was ggf. Störungen anzeigt. Warnung z.B. als Dreieck mit verschiedenen Farben, falls Störfall wäre, nicht dauerhaft in der Anzeige nur wenn was wäre, aber man hat die Sicherheit, dass das Auto eine Störung erkennt, und dementsprechend handelt. Die Störsituation sollte erklärt werden in der Anzeige. Vp13_ascl12: 19 - 19 (0) |
| Wenn ich aber wirklich so ein Auto habe. dann fände ich es auch schön, so etwas über Sprachsteuerung zu machen. Oder handheld mit einem Tablet. Oder halt mit Siri „Siri, zeig mir die nächste Tankstelle an“. Vp1_elbe06: 82 - 82 (0) |

Anhang F-6 Abschlussstatements

Tabelle F-4 Liste der Abschlussstatements aller Teilnehmenden in Q-2.

| | |
|------|---|
| VP03 | Wenn ich ohnehin nicht selbst fahren darf/kann/soll, dann könnte ich mir ja auch noch Sehenswürdigkeiten einblenden lassen. Z.B. auf der linken Seite über das Auswahlmnü (analog zu Parkplätzen und Co.), [...]Aber das ist nicht essenziell, das sind Spielereien. |
| VP04 | Was mich noch interessiert, ist inwiefern kann ich als Fahrer noch eingreifen. Grundsätzlich sollte schon die Möglichkeit bestehen, noch einzugreifen. Das würde mir eine Sicherheit geben. Wie z.B. in den USA, da hat man ja schon von Toten gehört. |
| VP06 | Man braucht Interaktionsmöglichkeiten, Vertrauen fehlt [mir noch]. Man muss erst Vertrauen aufbauen, also erst muss gesehen werden, dass es funktioniert, um sich darauf einlassen zu können. Besser man sieht was das Auto alles kann, was das Programm alles Anbietet, dann daraufhin anfangen [die Anzeige] zu reduzieren. |
| VP08 | Ganz cool generell, aber sehr männlich, wäre schön, wenn man die Farben auf sich selbst abgestimmt verändern könnte und ein Button zum Abdunkeln, wenn man in der Sonne fährt oder im Tunnel oder dass es sich automatisch abdunkelt. |
| VP09 | Was bleibt vom Konzept hängen? Spannung, das erste Mal so etwas im realen Verkehr auszuprobieren. Erstaunen darüber, was geht und alles möglich ist. Ich finde auch die Umsetzung toll. Ich finde die Ausgestaltung und Funktionen unglaublich gut gelungen. Ich finde das System fantastisch für den Anfang des automatisierten Fahrens, später würde ich es nicht mehr benötigen. Aber um sicher zu werden, finde ich es sehr sehr gut. Für alle, die anfangen automatisiert zu fahren, ist es sinnvoll mit so einer Anzeige zu starten, um Vertrauen aufzubauen. Später wenn ich es schon Jahre genutzt hat würde ihm auch eine einfache Geschwindigkeitsanzeige reichen |
| VP10 | Ich finde das Konzept nicht schlecht, es hat das Grobe, was man braucht, aber auch viel |

| | |
|------|--|
| | Schnickschnack. Aber insgesamt finde ich es nicht schlecht, nur ausbaufähig. Ich weiß nicht, ob ich mich jetzt sofort in ein voll automatisiertes Fahrzeug setzen würde. Ich bräuchte einen langsamen schrittweisen Übergang, um mich daran zu gewöhnen. |
| VP11 | Menüführung hat mich nicht so umgehauen, sie sollte kreativer sein. Aber die Technik, die dahintersteckt, begeistert mich und gibt mir Sicherheit. Das überzeugt mich sehr. Auf Dauer, wenn Vertrauen und Sicherheit da sind, dann würde ich mir weniger anzeigen lassen. Super spannend und genial, dass die Menschen erkannt werden, die Technik überzeugt. |
| VP12 | Dynamik und Kästchen stören mich Das brauche ich nicht. An sich ist das Menü so in Ordnung, so lange ich selbst innerhalb interagieren kann. [...] Ebenso, dass sie sich während der Fahrt sicher und wohl fühlt. Das Konzept vollautomatisiertes Fahren begeistert mich sehr. Sicherheit muss gewährleistet sein und die Angst müsste genommen werden. Das Konzept hier würde nicht so ganz helfen, die Angst zu nehmen. Dafür muss man es probiert haben. Vielleicht müsste man Testfahrten, Probefahrten durchführen. |
| VP13 | Ich mag das Konzept. Ich überlege schon, wie das Konzept dynamisch aussieht. was passiert, wenn wir viel Verkehr, viele Personen haben, wie viel schaue ich noch auf die Info? Am Anfang bestimmt noch viel, [da stellt man sich die Frage] kann ich mich auf die Technik verlassen, ja/nein? Man weiß genau, was die Infos hergeben - das ist wichtig. Die individuelle Anpassung im Menü ist gut. Wichtig ist auch, so viel wie möglich von der realen Situation zu sehen, nicht mit anzeigen vollladen, farblich einstimmig [soll es sein]. |
| VP14 | Es ist ein interessantes Konzept, dass man auch gerne mal ausprobieren will. Neugier. Ich finde, es ist etwas Neues und Innovatives. Derzeit ist mir automatisiertes Fahren noch zu unsicher. Da bin ich noch sehr skeptisch. |
| VP15 | Ich glaube, es ist schon noch ein weiter Weg bis ganz viele Menschen dem autonomen Fahren vertrauen. Ich glaube, ich bin da schon sehr offen [...], aber jemand der noch „ein unbeschriebenes Blatt“ ist, der hat schon sehr hohe Zweifel und Skepsis. Ich glaube, dass viele e-Auto Fahrer technisch angehaucht sind und das auch lieben und die werden eben auch eine Zielgruppe für autonomes Fahren sein. Aber die ältere Generation zu erreichen wird schwer. Ich fürchte, dass zu viele Menschen Angst haben werden, nicht eingreifen zu können. [...] Eine gewisse Skepsis bleibt. Zur Anzeige muss unbedingt bleiben, dass man viele Optionen hat und selbst entschieden kann, welche Datenmenge man sich anzeigen lassen kann. Umso mehr Optionen es gibt umso positiver [...]. |
| VP16 | Ich fahre eigentlich gerne selbst, weil es mir auch Spaß macht. Ich kann mir aber durchaus vorstellen mich überzeugen zu lassen, da bin ich zuversichtlich. |
| VP17 | „Ich bin gespannt was kommt und ich wünsche mir ein Lenkrad, auch wenn es nicht bewegt wird.“ |
| VP18 | Ich könnte mich mit dem System anfreunden. Aber ich würde jetzt nicht losrennen und mir ein automatisiertes Fahrzeug kaufen. |
| VP19 | Konzept ist entspannt, wäre schön, wenn es mal so kommen würde. Wenn es mal wirklich alle haben, wäre es super. Probefahren wäre toll. Ob das wohl alle Autos so bekommen oder nur die teuren, wäre eben eine Preisfrage? |
| VP20 | Ich freue mich [aufs automatisierte Fahren]. Ich hoffe, dass es bezahlbar wird, und so viele Menschen wie nur möglich es nutzen könnten. Das Konzept hilft sich auf das vollautomatisierte Fahren zu vertrauen. Wichtig und hilfreich für den Zwischenschritt gerade für unsere Generation. Für unsere Kinder, die werden bestimmt da reinwachsen. |
| VP21 | Es gibt so viel verschiedene Möglichkeiten, das individuell zu gestalten – das ist gut! Menschen unterscheiden sich da ja darin. Ich würde mir diese Einstellungen so machen wie ich es gerne hätte. |

Anhang F-7 Informationsbewertung

Tabelle F-6 Ergebnisse der Informationsbewertung mittels Kano-Methode (Q-2).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitskoeffizient | |
|---|-------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke in % | Totale Stärke in % | CS+ | CS- |
| Parkende Fahrzeuge | I | 10.00 | 20.00 | 0.25 | -0.33 |
| Dynamik | I | 45.00 | 20.00 | 0.13 | -0.25 |
| Schematische Übersicht | I | 35.00 | 45.00 | 0.25 | -0.30 |
| POIs | I | 15.00 | 50.00 | 0.47 | -0.37 |
| Erwartete Richtung anderer Fzg. | I | 30.00 | 50.00 | 0.30 | -0.40 |
| Möglichkeit switch Darstellung | I | 15.00 | 40.00 | 0.38 | -0.44 |
| Abstand Hindernis | I | 40.00 | 30.00 | 0.18 | -0.29 |
| Außentemperatur | I | 45.00 | 35.00 | 0.15 | -0.35 |
| Abstrakte geplante Route | I | 35.00 | 35.00 | 0.17 | -0.33 |
| Erwartete Richtung Fußgänger | I | 30.00 | 35.00 | 0.31 | -0.31 |
| Eigene Position | M | 35.00 | 70.00 | 0.17 | -0.72 |
| Eigene Geschwindigkeit | M | 30.00 | 100.00 | 0.35 | -1.00 |
| Warnungen | M | 15.00 | 85.00 | 0.40 | -0.75 |
| Eigener Fahrtweg | M | 10.00 | 80.00 | 0.40 | -0.70 |
| Beachtete Geschw.-begrenzung | M | 15.00 | 65.00 | 0.21 | -0.68 |
| Tankfüllstand | M | 40.00 | 80.00 | 0.20 | -0.80 |
| Nächstes Manöver | M | 20.00 | 75.00 | 0.30 | -0.65 |
| Aktuelle Uhrzeit | M | 0.00 | 60.00 | 0.20 | -0.60 |
| Erkannte Verkehrszeichen | M | 15.00 | 80.00 | 0.37 | -0.79 |
| Navigations-Ziel | M | 40.00 | 80.00 | 0.20 | -0.75 |
| Richtgeschwindigkeit | M | 20.00 | 75.00 | 0.32 | -0.74 |
| Zeit und Distanz Ziel | M | 40.00 | 90.00 | 0.25 | -0.90 |
| Darstellung anderer Verkehrsteilnehmer | M | 10.00 | 55.00 | 0.21 | -0.79 |
| Systemstatus | M | 15.00 | 65.00 | 0.28 | -0.67 |
| Möglichkeit, Routenansicht Änderung | O | 0.00 | 65.00 | 0.42 | -0.58 |
| Möglichkeit, Informationen auszuwählen | O | 20.00 | 80.00 | 0.70 | -0.55 |
| Freie Parkplätze Seitenrand | O | 0.00 | 55.00 | 0.50 | -0.50 |
| Möglichkeit, Informationsmenge anzupassen | O | 15.00 | 80.00 | 0.58 | -0.68 |
| Nächster Navigationsschritt auf der Route | O | 20.00 | 75.00 | 0.50 | -0.70 |

Anhang G Realfahrtstudie R-4

Anhang G-1 Instruktionen

Instruktion Studie VAffinal – SA -Konzept

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen.

Sie sitzen in einem Q7 e-tron. Dies ist ein Prototypenfahrzeug, das vollautomatisiert fahren kann. Wir haben hier einen Parcours aufgebaut, der an ein Stadtszenario erinnert. Diesen wird das Fahrzeug gleich drei Mal mit Ihnen durchfahren. Nach jeder Fahrt werden Sie gebeten, die Fahrt zu bewerten. Zusätzlich erheben wir Ihr Blickverhalten und Ihren Hautleitwert.

Es wurde eine prototypische Anzeige auf einem Bildschirm implementiert, die Sie bei der Fahrt unterstützen soll. Diese Anzeige stellt auf einem Bildschirm die Objekterkennung des Fahrzeugs dar, auf dem anderen Bildschirm zeigt es Ihnen die Geschwindigkeit an und erläutert verschiedene Manöver. Schauen Sie sich die Anzeige gerne während der Fahrt an, nach drei Fahrten werden Sie gebeten die Anzeige zu bewerten.

Danach fahren Sie eine weitere Fahrt mit einem reduzierten Konzept und werden gebeten, auch dieses zu bewerten.

Im Fahrzeug befindet sich eine Mitarbeiterin, die die Datenaufzeichnung überwacht. Lassen Sie sich nicht von ihr stören.

Instruktion Studie VAffinal – Basis-Konzept

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen.

Sie sitzen in einem Q7 e-tron. Dies ist ein Prototypenfahrzeug, das vollautomatisiert fahren kann. Wir haben hier einen Parcours aufgebaut, der an ein Stadtszenario erinnert. Diesen wird das Fahrzeug gleich drei Mal mit Ihnen durchfahren. Nach jeder Fahrt werden Sie gebeten, die Fahrt zu bewerten. Zusätzlich erheben wir Ihr Blickverhalten und Ihren Hautleitwert.

Es wurde eine prototypische Anzeige auf einem Bildschirm implementiert, die Sie bei der Fahrt unterstützen soll. Diese Anzeige stellt auf einem Bildschirm die Geschwindigkeit dar und erläutert verschiedene Manöver. Schauen Sie sich die Anzeige gerne während der Fahrt an, nach drei Fahrten werden Sie gebeten die Anzeige zu bewerten.

Danach fahren Sie eine weitere Fahrt mit einem angereicherten Konzept, welches die Objekterkennung des Fahrzeugs zeigt und werden gebeten, auch dieses zu bewerten.

Im Fahrzeug befindet sich eine Mitarbeiterin, die die Datenaufzeichnung überwacht. Lassen Sie sich nicht von ihr stören.

Anhang G-2 Prüfparcours R-4

Tabelle G-1 Liste der Parcourselemente in Studie R-4.

| Nr | Parcourselemente | Skizze |
|-------------------------------|---|--------|
| Fahrtstrecke Fahrt A | | |
| 1 | Parklücke | |
| 2 | Engstelle | |
| 3 | Stopp-Schild | |
| 4 | Folgefahrt | |
| 5 | Kreisverkehr | |
| 6 | Fußgänger überquert Fahrbahn | |
| 7 | Lange Gerade | |
| 8 | Wenden | |
| 9 | Hindernis umfahren | |
| 10 | Lange Gerade | |
| 11 | Einparken | |
| Fahrtstrecke – Fahrt B | | |
| 1 | Parklücke | |
| 2 | Engstelle | |
| 3 | Stopp-Schild | |
| 4 | Rechts-vor Links (Fehler eines anderen Fzgs.) | |
| 5 | Rechts vor links | |
| 6 | Folgefahrt | |
| 7 | Kreisverkehr | |
| 8 | Lange Gerade | |
| 9 | Wenden | |
| 10 | Hindernis umfahren | |
| 11 | Einparken | |
| Fahrtstrecke – Fahrt C | | |
| 1 | Parklücke | |
| 2 | Kreisverkehr | |
| 3 | Hindernis umfahren | |
| 4 | Wenden | |
| 5 | Engstelle umfahren | |
| 6 | Stopp-Schild | |
| 7 | Folgefahrt | |
| 8 | Rechts vor Links | |
| 9 | Lange Gerade | |
| 10 | Einparken | |

Anhang G-3 Mehrerebenenanalyse

Formel G-1 Modelle der Mehrerebenenanalyse aus Studie R-4. Y entspricht der jeweiligen abhängigen Variablen. MZP entspricht den drei absolvierten Fahrten (Messwiederholungsfaktor).

$$\text{Modell0} = y \sim (1|\text{id})$$

$$\text{Modell1} = y \sim \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell2} = y \sim \text{Konzept} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell3.1} = y \sim \text{Konzept} + \text{MZP} + (1|\text{id})$$

$$\text{Modell3.2} = y \sim \text{Konzept} + \text{MZP} + \text{Konzept} * \text{MZP} + (1|\text{id})$$

Tabelle G-2 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Vertrauen und wahrgenommene Unheimlichkeit (R-4).

| Modell | Vertrauen | | | | Wahrgenommene Unheimlichkeit | | | |
|--------------------------------------|-----------|----------|------|-----------------|------------------------------|----------|--------------|-----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ |
| M _{0,1} : Fahrten | 1 | 0.069 | .792 | -4.49 | 1 | 12.949 | .000* | 8.39 |
| M _{0,2} : Konzept | 1 | 0.008 | .930 | -4.55 | 1 | 0.089 | .765 | -4.47 |
| M _{3,4} : Fahrten x Konzept | 1 | 3.715 | .054 | -0.85 | 1 | 0.052 | .819 | -4.51 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle G-3 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Diskomfort und Komfort (R-4).

| Modell | Diskomfort | | | | Komfort | | | |
|--------------------------------------|------------|----------|--------------|-----------------|---------|----------|-------------|-----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ |
| M _{0,1} : Fahrten | 1 | 4.700 | .030* | 0.14 | 1 | 10.24 | .001 | 5.78 |
| M _{0,2} : Konzept | 1 | 0.074 | .786 | -4.48 | 1 | 0.057 | .811 | -4.50 |
| M _{3,4} : Fahrten x Konzept | 1 | 0.026 | .873 | -4.52 | 1 | 0.055 | .815 | -4.50 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10

Tabelle G-4 Ergebnisse der Mehrebenenanalyse für Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität (R-4).

| Modell | Attraktivität | | | | Hedonische Q | | | | Pragmatische Q. | | | |
|--------------------------------------|---------------|----------|------|-----------------|--------------|----------|------|-----------------|-----------------|----------|-------------------|-----------------|
| | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ | df | χ^2 | p | BIC $_{\Delta}$ |
| M _{0,1} : Fahrten | 1 | 0.608 | .436 | -3.95 | 1 | 2.024 | .155 | -2.54 | 1 | 1.854 | .173 | -2.71 |
| M _{0,2} : Konzept | 1 | 1.360 | .244 | -3.20 | 1 | 1.352 | .245 | -3.21 | 1 | 0.042 | .838 | -4.52 |
| M _{3,4} : Fahrten x Konzept | 1 | 0.477 | .490 | -4.09 | 1 | 0.033 | .857 | -4.53 | 1 | 2.852 | .091 ^m | -1.71 |

Anmerkung: * p < .05; ^m .05 < p < .10.

Anhang G-4 Ergebnisse der Analyse des Blickdaten**Tabelle G-5** Ergebnisse der Attention Ratio je AoI und Vergleich zwischen Basis- und SA-Konzept (R-4).

| AoI | Konzept | MW | SD | <i>df</i> | <i>T</i> | <i>p</i> |
|----------------|---------|-------|------|-----------|----------|----------|
| Sichtfeld Nah | Basis | 28.66 | 2.26 | 15.04 | 1.309 | .210 |
| | SA | 21.44 | 5.04 | | | |
| Sichtfeld Weit | Basis | 10.93 | 2.76 | 18 | -0.058 | .954 |
| | SA | 11.21 | 3.49 | | | |
| Lenkrad | Basis | 1.49 | 0.51 | 20 | 1.223 | .236 |
| | SA | 0.77 | 0.33 | | | |
| Innenspiegel | Basis | 2.77 | 1.92 | 19 | 0.751 | .462 |
| | SA | 1.32 | 0.63 | | | |
| Display 1 | Basis | 11.05 | 2.65 | 11.53 | 1.831 | .093 |
| | SA | 5.68 | 1.25 | | | |
| Display 2 | Basis | 19.96 | 3.70 | | | |
| | SA | | | | | |

Tabelle G-6 Ergebnisse der Blickfrequenz je AoI und Vergleich zwischen Basis- und SA-Konzept (R-4).

| AoI | Konzept | MW | SD | <i>df</i> | <i>T</i> | <i>p</i> |
|----------------|---------|------|------|-----------|----------|----------|
| Sichtfeld Nah | Basis | 0.29 | 0.05 | 16.91 | 2.259 | .037 |
| | SA | 0.22 | 0.09 | | | |
| Sichtfeld Weit | Basis | 0.14 | 0.10 | 18 | 0.359 | .724 |
| | SA | 0.13 | 0.08 | | | |
| Lenkrad | Basis | 0.02 | 0.01 | 20 | 0.848 | .406 |
| | SA | 0.02 | 0.02 | | | |
| Display 1 | Basis | 0.12 | 0.08 | 12.76 | 1.565 | .142 |
| | SA | 0.07 | 0.05 | | | |
| Display 2 | Basis | 0.24 | 0.11 | | | |
| | SA | | | | | |
| Innenspiegel | Basis | 0.02 | 0.02 | 19 | 0.743 | .432 |
| | SA | 0.02 | 0.02 | | | |

Tabelle G-7 Ergebnisse der Blickübergangswahrscheinlichkeiten zwischen ausgewählten AoI und Vergleich zwischen Basis- und SA-Konzept (R-4).

| AoI | Konzept | M | SD | T | df | p |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Display1- | Basis | 3.52 | 3.83 | 2.584 | 61.00 | 0.012 |
| Lenkrad | SA | 1.30 | 2.97 | | | |
| Display1- | Basis | 40.70 | 27.23 | 7.254 | 29.94 | 0.000 |
| Sichtfeld Nah | SA | 4.35 | 3.63 | | | |
| Display1- | Basis | 4.59 | 4.71 | 2.485 | 61.00 | 0.016 |
| Sichtfeld Weit | SA | 2.04 | 3.39 | | | |
| Lenkrad- | Basis | 4.80 | 5.88 | 3.273 | 34.31 | 0.002 |
| Sichtfeld Nah | SA | 1.12 | 1.87 | | | |
| Lenkrad- | Basis | 0.54 | 1.07 | 1.311 | 47.41 | 0.196 |
| Sichtfeld Weit | SA | 0.24 | 0.66 | | | |
| Sichtfeld Nah- | Basis | 34.99 | 26.48 | 2.654 | 61.00 | 0.010 |
| Sichtfeld Weit | SA | 18.93 | 21.47 | | | |

Anhang G-5 Ergebnisse der Konzeptbewertung

Konzept im Fahrzeug bewerten

Zusätzlich zur standardisierten Abfrage der Akzeptanz sollten die Teilnehmenden angeben, welches im Fahrzeug erlebte Konzept sie bevorzugen würden (vgl. Abbildung G-1). Dabei antworten $n = 13$ Teilnehmende, sie würden das Basis-Konzept bevorzugen, $n = 16$ favorisieren das SA-Konzept. Dabei ist wieder ein Reihenfolgeeffekt zu beachten. Die Teilnehmenden favorisieren das zuerst (und über drei Fahrten hinweg) erlebte Konzept ($\chi^2(2) = 7.74, p = .005$).

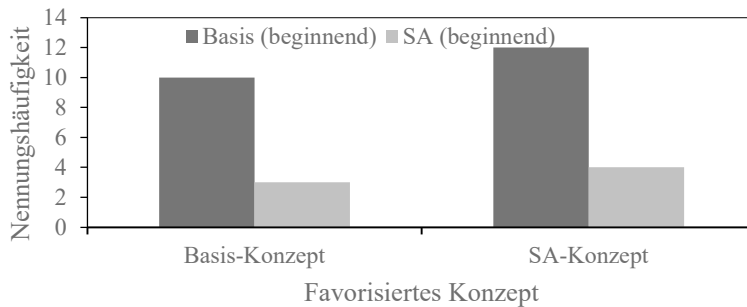


Abbildung G-1 Häufigkeit des favorisierten Konzeptes aufgeteilt nach dem Konzept, das zuerst erlebt wurde.

Die folgenden Aspekte werden von den Teilnehmenden zur Bewertung der Konzepte geäußert:

- Basis-Konzept - Negativ: Beinhaltet zu wenig Informationen ($n = 2$), Schrift zu klein ($n = 1$).
- Basis-Konzept – Positiv: unkompliziert ($n = 4$), angenehmer ($n = 3$), Erläuterungen der Manöver positiv ($n = 3$).
- SA-Konzept – Negativ: beinhaltet fehlerhafte Darstellungen ($n = 7$), zu viele ($n = 4$) und redundante Informationen ($n = 9$), die Unsicherheit (durch Fehler) fördern ($n = 9$); Konzept ist irritierend ($n = 3$) und zu zeitverzögert ($n = 1$).
- SA-Konzept – Positiv: es ermöglicht, die Übersicht zu behalten ($n = 12$), die Erkennung des Fahrzeugs wird nachvollziehbar ($n = 7$), fördert Verständnis ($n = 1$). Das Konzept ist ganzheitlicher ($n = 1$) und informativer ($n = 5$) und fördert dadurch das Sicherheitsempfinden ($n = 7$) und das Vertrauen ($n = 5$) sowie ein Gefühl der Kontrolle ($n = 1$).
- Informationen, die den Teilnehmenden bei der Umsetzung des Konzeptes im Fahrzeug fehlen: Blinker ($n = 7$), Navigation ($n = 7$), Anzeige des toten Winkels ($n = 3$), Infos zur Spurplanung bei Hindernissen ($n = 2$), andere Verkehrsteilnehmende ($n = 1$), Abstand ($n = 1$), Stauanzeige ($n = 1$), oder „erst mal nichts“ ($n = 3$).

- Als negative Aspekte nannten die Teilnehmenden zu viele Informationen ($n = 6$) und die Darstellung des Fahrschlauchs ($n = 4$) sowie, dass das Realbild keinen Mehrwert bringe ($n = 2$) und die Dynamikvisualisierung überflüssig sei ($n = 1$).
- Positiv bewertet wurden optische Aspekte ($n = 7$), die Konfigurierbarkeit ($n = 7$) und, dass viele Informationen vermittelt würden ($n = 6$). So vermittele das System Vertrauen und gebe Sicherheit ($n = 4$). Es sei durchdacht ($n = 3$) und übersichtlich ($n = 4$).

Konzeptelemente erkennen

Um zu überprüfen, ob die Darstellung der Konzeptelemente verständlich ist, wurden die Teilnehmenden gebeten, die einzelnen Elemente zu erklären. In Abbildung G-2 sind die prozentualen Anteile der erkannten Elemente abgebildet. Die *Erläuterung des aktuellen Manövers*, die *Geschwindigkeit*, die *Erkennung von Verkehrsschildern* und *Verkehrsteilnehmenden* und die *Navigationsanzeige* werden von 100 % der Teilnehmenden erkannt. Zwei Teilnehmende erkennen den *Systemstatus* nicht. Die Visualisierung der Dynamik wird von $n = 6$ Teilnehmenden nicht auf Anhieb erkannt, sondern nach der Betrachtung mehrere Szenarien. $N = 7$ sind auf Nachfrage darauf aufmerksam geworden und $n = 17$ erkennen die Bedeutung dessen nicht. Der Fahrschlauch wird nur von $n = 5$ Teilnehmenden erkannt. $N = 18$ erkennen ihn in einem Kurvenszenario und $n = 3$ auf Nachfrage. $N = 4$ Teilnehmende erkennen ihn nicht.

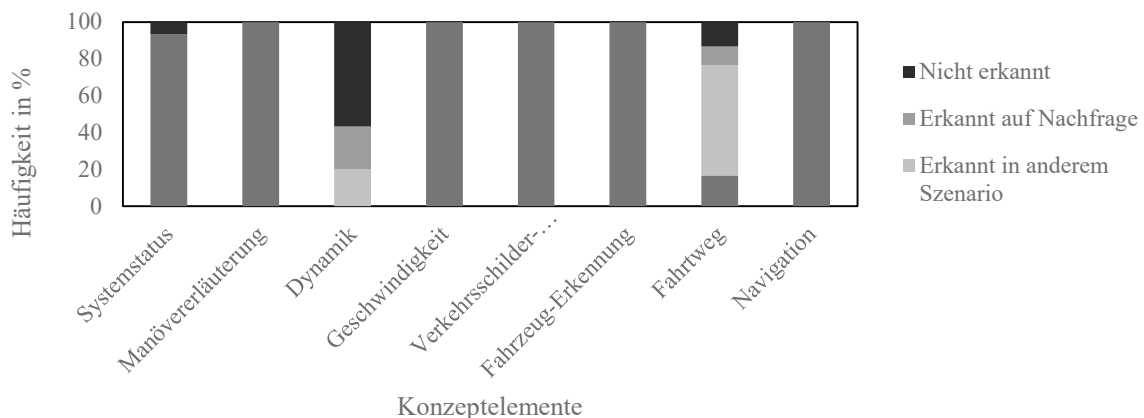


Abbildung G-2 Erkennungshäufigkeiten der Konzeptelemente.

Minimalkonzept

Teil der Diskussion war auch das Minimalkonzept, das dem Basis-Konzept sehr ähnlich ist. Zu diesem sagen $n = 11$ Teilnehmenden reichen dessen Informationen aus. $N = 4$ bewerten positiv, dass es weniger Informationen beinhalte und somit nicht überfordere. Auch die Möglichkeit zu wählen, wird positiv hervorgehoben. $N = 10$ bewerteten es hingegen negativ und als nicht notwendig.

Abstraktionsgrad einstellen

Auch der Abstraktionsgrad konnte von den Teilnehmenden eingestellt werden. Das Realbild präferieren $n = 15$ Teilnehmende, den Zwischengrad $n = 4$ Teilnehmende und $n = 4$ Teilnehmende die abstrakte Variante.

Anhang G-6 Informationsbewertung

Tabelle G-8 Ergebnisse der Informationsbewertung mittels Kano-Methode (R-4).

| Information | Merkmalszuordnung | | | Zufriedenheitskoeffizient | |
|--|-------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|-------|
| | Merkmal | Kategoriale Stärke (%) | Totale Stärke (%) | CS+ | CS- |
| Möglichkeit einzelne Informationen auszuwählen | A | 3.45 | 86.21 | 0.59 | -0.55 |
| Möglichkeit die Informationsmenge anzupassen | A ^a | 13.79 | 55.17 | 0.43 | -0.29 |
| Parkenden Fahrzeugen | I | 75.86 | 13.79 | 0.03 | -0.10 |
| Dynamik des Fahrzeugs | I | 27.59 | 37.93 | 0.15 | -0.38 |
| Points of Interests auf Route | I | 31.03 | 34.48 | 0.27 | -0.12 |
| Erwartete Richtung anderer Fahrzeuge | I | 48.28 | 24.14 | 0.24 | -0.12 |
| Möglichkeit zwischen realer und grafischer Darstellung zu wechseln | I | 10.34 | 48.28 | 0.44 | -0.15 |
| Abstand zu Hindernissen | I | 24.14 | 41.38 | 0.19 | -0.27 |
| Navigations-Ziel | I | 20.69 | 48.28 | 0.17 | -0.41 |
| Aktuelle Außentemperatur/ Wetter | I | 13.79 | 48.28 | 0.10 | -0.48 |
| Abstrakte Übersicht der geplanten Route | I | 34.48 | 37.93 | 0.19 | -0.30 |
| Richtgeschwindigkeit | I | 20.69 | 41.38 | 0.11 | -0.37 |
| Freie Parkplätze am Fahrbandrand | I | 17.24 | 48.28 | 0.38 | -0.27 |
| Eigener Position auf der Route | M | 34.48 | 75.86 | 0.17 | -0.76 |
| Übersicht der geplanten Route | M | 37.93 | 82.76 | 0.24 | -0.79 |
| Eigener Geschwindigkeit | M | 58.62 | 86.21 | 0.14 | -0.86 |
| Warnungen | M | 3.45 | 75.86 | 0.39 | -0.75 |
| Eigener Fahrtweg | M | 0.00 | 58.62 | 0.26 | -0.56 |
| Geschwindigkeitsbegrenzung | M | 24.14 | 68.97 | 0.14 | -0.66 |
| Tankfüllstand/Batteriestand | M | 48.28 | 86.21 | 0.21 | -0.83 |
| Möglichkeit die Routenansicht zu ändern | M | 13.79 | 68.97 | 0.29 | -0.61 |
| Aktuelle Uhrzeit | M | 62.07 | 86.21 | 0.10 | -0.86 |
| Erkannten Verkehrszeichen und Verkehrsregeln | M | 17.24 | 68.97 | 0.25 | -0.54 |
| Nächster Navigationsschritt auf Route | M | 34.48 | 72.41 | 0.10 | -0.72 |
| Darstellung erkannter Fußgänger | M | 3.45 | 62.07 | 0.25 | -0.64 |
| Zeit und Distanz bis zum Ziel | M | 55.17 | 89.66 | 0.17 | -0.90 |
| Darstellung anderer Verkehrsteiln. | M | 10.34 | 65.52 | 0.21 | -0.55 |
| Systemstatus (On / Off) | M | 34.48 | 72.41 | 0.10 | -0.72 |
| Entertainment-Bereich | M | 10.34 | 65.52 | 0.25 | -0.64 |
| Aktuelle Position | M | 48.28 | 72.41 | 0.08 | -0.81 |