

Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen

Eine qualitative Analyse und Konzeptualisierung von Probanden-Empfindungen

Tim Driesen-Micklitz[†]

Business Information Systems,
Institute of Computer Science
University of Rostock, Germany
tim@driesen-micklitz.com

Michael Fellmann

Business Information Systems,
Institute of Computer Science
University of Rostock, Germany
michael.fellmann@uni-rostock.de

Adrian Merker

Business Information Systems,
Institute of Computer Science
University of Rostock, Germany
adrianmerker@icloud.com

Alexander Stocker

Contextual Information Systems
Virtual Vehicle Research GmbH
Graz, Austria
alexander.stocker@v2c2.at

Carsten Röcker

Fraunhofer Application Center
Industrial Automation, Lemgo and
OWL University of Applied
Sciences, Lemgo, Germany
carsten.roecker@iosb-
ina.fraunhofer.de

ABSTRACT

Als Nutzer eines Fahrzeuges Teile der Fahraufgabe oder sogar die vollständige Kontrolle über ein Fahrzeug an Fahrerassistenzsysteme zu delegieren, ist technisch ein Meilenstein in der Automobilentwicklung. Gleichwohl ist es für Nutzer ungewohnt und erfordert ein hohes Maß an Vertrauen und Akzeptanz. Daher ist es von hohem Interesse für Wissenschaft und Praxis, wie Nutzer von Fahrerassistenzsysteme deren Funktionalitäten und Verhaltensweisen wahrnehmen. Nichtsdestotrotz existieren bisher vergleichbar wenig umfassende Studien, wie Nutzer solche Systeme unter Realbedingungen im öffentlichen Straßenverkehr wahrnehmen. Der vorliegende Beitrag analysiert die positiven und negativen Empfindungen von Probanden hinsichtlich Fahrerassistenzsystemen anhand eines umfassenden Forschungsdatensatzes realer Autofahrten mit 100 an einer Feldstudie teilnehmenden Personen. Die untersuchten Fahrerassistenzsysteme werden nach den Funktionalitäten *Automatic Cruise Control* und *Lenkassistent* differenziert. Werden beide Systeme gleichzeitig aktiviert, so vermitteln sie das Gefühl eines Automatisierten Fahrens. Positive durch die Probanden wahrgenommene Empfindungen waren u.a. Komfortgewinn, insb. gegenüber der adaptiven Abstandshaltung. Als negativ wurden die Aspekte Kontrollverlust, Beschleunigungsverhalten, Fahrer-Fahrzeug Interaktion, fehlende Zuverlässigkeit und hohe notwendige Konzentration empfunden. Beiträge zur Theorie bestehen einerseits in dem entwickelnden Kategorienschema für

positive bzw. negative Systemempfindungen sowie aus den konkreten Ergebnissen, d.h. den erhobenen positiven bzw. negativen Empfindungen. Andererseits sind diese Erkenntnisse auch für Praktiker wertvoll, da sie in Produktentwicklungsprozesse einfließen können.

CCS CONCEPTS

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

KEYWORDS

Fahrerassistenzsysteme, Nutzerakzeptanz, Nutzerempfindungen, empirische Studien

ACM Reference format:

Tim Driesen-Micklitz, Adrian Merker, Alexander Stocker, Michael Fellmann und Carsten Röcker. 2021. Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen – eine qualitative Analyse und Konzeptualisierung von Probanden-Empfindungen. In *Mensch und Computer 2021, Workshopband, 9th Workshop Automotive HMI: Natural and Adaptive UIs to Support Future Cars (MuC'21)*. ACM, New York, NY, USA, 9 pages.
<https://doi.org/10.18420/muc2021-mci-ws10-374>

1 Einleitung und Motivation

Die aktuellen digitalen Entwicklungen in unserer Gesellschaft betreffen viele Lebensbereiche, u.a. den Haushalt (Smart Home), die Arbeit (New Work), aber auch die Mobilität (Mobilität 4.0). In der Mobilität stehen Themen wie Autonomes Fahren, Car-to-Car Communication oder auch Multimodalität im Fokus. Bereits jetzt tragen Fahrerassistenzsysteme (FAS) zu einer erhöhten Sicherheit im Straßenverkehr und einem höheren Fahrkomfort bei. FAS sind Teil der insgesamt fünf Entwicklungsstufen (Level) hin zum autonomen Fahren. Ein *Lenkassistent (LA)* in Kombination mit einem *Automatic Cruise Control (ACC)* lässt sich in Level 2

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Mensch und Computer 2021, Workshopband, 9th Workshop Automotive HMI: Natural and Adaptive UIs to Support Future Cars.

© Copyright held by the owner/author(s)

<https://doi.org/10.18420/muc2021-mci-ws10-374>

(teilautomatisiertes Fahren) der Autonomiestufen nach SAE J3016 einordnen [6] [15].

Trotz des schnellen technologischen Fortschritts müssen sich autonome Fahrzeuge (engl. *Autonomous Vehicles*, AVs) noch das Vertrauen bei den Nutzern verdienen, teilweise wird sogar von einer „Vertrauenskrise“ gesprochen [3]. In einer Umfrage der American Automobile Association (AAA) aus dem Jahr 2019 gaben 60 bis 80 % der Befragten Vorbehalte gegenüber AV an [1] [12]. Dieses Vertrauensdefizit kann möglicherweise durch eine gute alltägliche Funktionsweise von ACC und LA (in ihrer Funktionalität der Längs- und Querverführung quasi Bestandteile oder Vorstufen von AV) gemindert werden. Umso wichtiger ist deshalb, auf die Herausforderungen der Nutzer mit FAS einzugehen und diese gezielt zu untersuchen.

Gerade der erste Eindruck sowie die anfängliche Akzeptanz einer Technologie können im Prozess der Technologieadoption wichtige Bestandteile sein, um eine kontinuierliche Nutzung zu bestimmen [19]. Mehrere Studien zeigen bereits die Bedeutung von Vertrauen für die Akzeptanz und Nutzung von Automatisierung und autonomen Fahrtechnologien [7] [2] [14] [13] [8]. Hartwich et al. untersuchten dazu in einer kombinierten Simulator- und Teststreckenstudie, wie sich Vertrauen und Akzeptanz im hochautomatisierten Fahren mit der Systemerfahrung entwickelt. Anfängliche Systemerfahrung erhöht beide Parameter signifikant, gleichzeitig bleiben diese danach auf einem hohen Niveau [5]. Auch Lu et al. nennen die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit im Zusammenhang mit dem ersten Eindruck. Personen, die die Schwierigkeiten der Bedienung nicht überwinden, können die Nützlichkeit nicht wahrnehmen und geben das System auf [9].

Ziel muss es sein, die anfängliche Nutzung und die Zeit während der Fahrt mit FAS möglichst angenehm zu gestalten, um eine möglichst hohe Kundenzufriedenheit und -akzeptanz zu erreichen [4]. Die Zusammenhänge bei erstmaliger bzw. früher Nutzung von FAS sind wissenschaftlich noch wenig erforscht. In bisherigen Studien fehlt eine „praktische Sicht“ auf diese Phänomene, in der mögliche Zusammenhänge empirisch im öffentlichen Straßenverkehr unter realen Fahrbedingungen identifiziert werden. Bisherige Studien zur Untersuchung von Reaktionen auf FAS, welche meist im Simulator durchgeführt wurden [3], sind von zahlreichen Unzulänglichkeiten betroffen. So lassen sich dort externe Einflussfaktoren überhaupt nicht oder nicht hinreichend abbilden. Gerade Studien im öffentlichen Straßenverkehr können die tatsächlichen Herausforderungen der Nutzung von Assistenzsystemen besser sichtbar machen als Studien unter Laborbedingungen im Simulator und sind daher für die Akzeptanzforschung besonders relevant.

An diesem Punkt setzt der vorliegende Beitrag an. Er zeigt die direkten Empfindungen der Probanden aus Think-Aloud-Protokollen während der Fahrt mit einem teilautomatisierten Fahrzeug auf der Autobahn, aber auch aus den vorgenommenen Vor- und Nachbefragungen. Somit wird zur Beantwortung der folgenden Forschungsfrage beigetragen:

„Wie nehmen Menschen FAS wahr, wenn sie diese kurz ausprobieren?“

Zur Beantwortung dieser Frage wird in Abschnitt 2 zunächst die Datengrundlage aus Vor- und Nachbefragung, sowie aus den Fahrten selbst beschrieben. Weiterhin wird die Methodik der Datenauswertung dargelegt. In Abschnitt 3 werden die Ergebnisse der Untersuchungen vorgestellt: Zunächst die positiven und negativen Systemempfindungen, bevor diese nach ACC und LA differenziert werden. In Abschnitt 4 findet eine Diskussion der Ergebnisse statt, bevor Abschnitt 5 mit einem Fazit und einem Ausblick schließt.

2 Datengrundlage und Methodik

2.1 Charakterisierung des Datensatzes

Diesem Artikel liegt ein umfangreicher Datensatz aus einer Feldstudie zugrunde, welche von Juli 2019 bis Oktober 2019 bei der Virtual Vehicle Research GmbH durchgeführt wurde. Im Rahmen dieser Feldstudie wurde ein umfangreicher Forschungsdatensatz erhoben. Dieser umfasst neben qualitativen Daten (im Fokus dieses Beitrags) auch über diverse Sensoren wie beispielsweise Eye-Tracking und Hautleitwert gesammelte quantitative Daten. Eine Beschreibung des Forschungsdatensatzes findet sich in Neuheuer et al. [20] und Kalaci et al. [21].



Abbildung 1: Fahrzeug-Dashboard mit Assistenzsystemen

Unter Experimentalbedingungen wurde in einer Feldstudie mit insgesamt 100 Probanden, soweit es die reale Verkehrssituation zuließ, eine ca. 25-minütige Experimentalfahrt im Großraum Graz auf einer österreichischen Autobahn mit einem VW Passat Variant Highline TDI SCR DSG, BJ 2018, durchgeführt, welcher über FAS in Form eines LA und eines ACC verfügte. Mit diesem SAE-Level-2-Fahrzeug war assistiertes bzw. teilautomatisiertes Fahren innerhalb der Systemgrenzen möglich. In der Feldstudie konnten Probanden die beiden Assistenzsysteme freiwillig — und ohne Verpflichtung — ausprobieren. Allfällige rechtliche und ethische Fragen wurden im Vorfeld abgeklärt. Im Zuge dieses Beitrags wird der Analysefokus ausschließlich auf die erfassten qualitativen Daten gelegt. Die Probanden wurden während der Fahrt durch eine Kamera gefilmt, eine Auswertung des beobachteten Verhaltens ist jedoch nicht Teil dieses Beitrags.

Das Alter der Probanden ($n=100$) lag zwischen 21 und 77 Jahren ($M=40.11$, $SD=13.74$). 49 % der Probanden wurden als männlich identifiziert, 50 % als weiblich und 1 % gab divers als Ge-

schlecht an. Bezüglich des Bildungshintergrunds gab ein Proband die Pflichtschule, 31 die Matura, 51 einen Hochschulabschluss und 17 eine Berufsausbildung als höchsten Bildungsabschluss an. Vor der Fahrt wurde von den Probanden ein Fragebogen ausgefüllt, welcher demografische Abfragen enthielt wie bspw. Informationen zum Alter oder Geschlecht, aber auch zu Fahrdaten, wie bspw. Dauer des Führerscheinbesitzes, Nutzungshäufigkeit eines Pkw und Vorerfahrungen mit FAS. Einzelne Probanden verfügten über Vorwissen mit klassischen Assistenzsystemen, wie beispielsweise einem (nicht adaptiven) Tempomat.

Um die Fahrt in Anbetracht der Risiken im realen Straßenverkehr durchführen zu können, mussten die Probanden vor der Testfahrt nach einer Einführung in die Studie sowie in die Studienziele eine kurze Anleitung lesen. Sie erhielten ebenso eine kurze mündliche Einführung und eine instruierte „Hands-on“-Fahrt in der erklärt wurde, wie die Assistenzsysteme ein- und auszuschalten sind [16].

Die Testfahrten über die österreichische Autobahn A2 fanden zu 52 % am Vormittag statt, die übrigen Fahrten nachmittags. Je nach Verkehrslage dauerten diese ca. 20–30 Minuten. Nach einer Einführung in das Fahrzeug führten die Probanden drei unterschiedliche Experimentalfahrten durch, eine Testfahrt, um das Fahrzeug und die Bedienung kennenzulernen, eine manuelle Fahrt ohne Nutzung der Assistenzsysteme und eine teilautomatisierte Fahrt mit freiwilliger Nutzung der Assistenzsysteme. Die manuelle Fahrt wurde unter anderem deshalb durchgeführt, um Unterschiede zur teilautomatisierten Fahrt zu untersuchen, was allerdings für den Inhalt dieses Beitrags keine Relevanz darstellt.

50 % der Probanden startete zunächst mit der manuellen Fahrt und fuhr den Rückweg nach Graz teilautomatisiert, während die andere Hälfte zuerst teilautomatisiert fuhr. Bei der teilautomatisierten Fahrt hatten die Probanden dann die Möglichkeit die beiden FAS einzuschalten und zu testen, es herrschte allerdings kein Zwang dazu. Während der Fahrt wurden die Probanden zum lauten Mitdenken (Think-Aloud) sowie zum Austesten der FAS animiert, gleichzeitig wurden vom Versuchsleiter nach ca. 5, 10 und 15 Minuten kurze Fragen zur Einschätzung des Vertrauens in LA und ACC gestellt, ebenso wurde eine Frage nach der mentalen Belastung gestellt.

Das Think-Aloud-Protokoll wurde mit einigen Fragen bzw. Rückfragen während der Fahrt angereichert, auch um den Think-Aloud-Prozess während der Fahrt zu unterstützen, bspw. bei Probanden mit wenig Wortmeldungen. Die Probanden wurden während der Fahrt vom Versuchsleiter daran erinnert, ihre Gedanken laut zu äußern. Nach der Fahrt führten die Probanden ein semi-strukturiertes Interview durch, welches bspw. Fragen zu Kaufabsichten, kritischen Situationen während der Fahrt, Vertrauen in die Assistenzsysteme und zukünftigen Nutzungsabsichten enthielt.

2.2 Methodik der Datenauswertung

Basierend auf der Forschungsfrage „Wie nehmen Menschen FAS wahr, wenn sie diese in einer Experimentalfahrt erproben?“ und dem vorliegenden Datensatz wird eine qualitative Inhaltsanalyse vorgenommen, deren charakteristisches Merkmal eine induktive

Kategoriengenerierung ist. Sie wird als zweckmäßig und sinnvoll erachtet, weil mit dieser Methode eine unvoreingenommene, gegenstandsnahe Betrachtung gewährleistet wird – das Material soll für sich selbst sprechen, ohne Verzerrungen durch Vorannahmen des Forschers [11]. Zur Bildung der Kategorien wurde konkreter dem Prozessmodell nach Mayring und Brunner gefolgt, das ein 11-stufiges Analyseverfahren vorsieht [10]. Die nach diesem Verfahren maßgeblichen Schritte zur Erstellung der Kategorien werden im Folgenden – dem iterativen Charakter der Analyse geschuldet – als Iterationsschritte bezeichnet und beschrieben.

Im *ersten Iterationsschritt* wurden zunächst nur Oberkategorien gebildet und dem Text zugeordnet. Diese bestehen aus *Ereignis*, *Systemwahrnehmung* und *Systemverständnis*. Somit wurden die wichtigen und inhaltstragenden Aussagen aus dem Think-Aloud-Protokoll (im Folgenden kurz: TA) herausgearbeitet und selektiert, wobei zunächst nah am Originalwortlaut der Aussagen codiert wurde. Bezüglich der im Rahmen dieses Beitrags betrachteten *Systemwahrnehmung* wurden nur solche Aussagen der Probanden codiert, bei denen diese ihre Wahrnehmung oder Empfindung von Systemreaktionen ausdrücklich formulierten, welche in eine Richtung zu stark ausgeprägt waren, wie etwa eine zu geringe oder eine zu starke Beschleunigung des ACC. Innerhalb der Oberkategorie Systemwahrnehmung ergaben sich im weiteren Verlauf verschiedene (Unter-) Kategorien, die sich vielfältig und ausführlich auf Wahrnehmungsaspekte, wie bspw. Vertrauen, Sicherheit, Vorerfahrung, Bedienung oder Funktion bezogen. Die Unterkategorien der Wahrnehmung wie „Sicherheitsbezogen“ oder „Bedienungsbezogen“ waren zunächst noch relativ wenig trennscharf. So konnte die Codierung „Selbst steuern ist dem Fahrer wichtig“ in beide Unterkategorien eingeordnet werden.

Zur weiteren Präzisierung der initialen Kategorien erfolgte im *zweiten Iterationsschritt* nach 25 % der durchgearbeiteten Protokolle eine Revision des Kategoriensystems. Dabei wird rücküberprüft, ob das Ziel der Analyse erfüllt ist und ob das Abstraktionsniveau und das Selektionskriterium korrekt gewählt wurden [11] [10]. Zur Reduzierung der Überschneidungen sowie zur Erhöhung der Trennschärfe zwischen den Kategorien wurden einige Zitate neu codiert, Codes gelöscht oder umbenannt, einige neue Zitate aufgenommen sowie sprachlich-terminologische Vereinheitlichungen vorgenommen. Zur Oberkategorie der Systemwahrnehmung wurden die Subkategorien *Anzeige*, *Funktion* und *Bedienung* erstellt, worin alle bisherigen Unterkategorien eingeordnet wurden. Ein Beispiel für eine funktionsbezogene Empfindung ist eine langsame Beschleunigung, für eine bedienungsbezogene eine unzureichende Lenkkontrolle bei LA-Nutzung. Leider erwies sich auch diese Kategorisierung nicht als trennscharf. So kann sich die Aussage „Ich halte den Fuß bremsbereit“ einerseits auf die Funktion beziehen, weil der Proband sich nicht sicher ist, ob das System selbst bremst oder nicht, aber auch auf die Bedienung, weil bei richtiger Einstellung ein bremsbereiter Fuß nicht notwendig wäre.

Im *dritten Iterationsschritt* wurden die im vorigen Iterationsschritt gebildeten Subkategorien dahingehend angepasst, dass das

Assistenzsystem nunmehr als Subkategorie gewählt wurde und dementsprechend die Subkategorien *ACC*, *LA* und *Allgemein* hinzugefügt wurden. Zur weiteren Präzisierung der Aussagen wurde eine weitere Unterscheidung eingeführt, die die Systemwahrnehmung in zwei Bereiche teilt: *Unklarheit/Klarheit bzgl. des Systemverständnisses* und *positive/negative Systemempfindung*. Dieser Beitrag fokussiert auf Letztere.

Im vierten Iterationsschritt wurden noch kleinere Anpassungen und Zusammenfassungen von sich überschneidenden Kategorien vorgenommen. Schließlich wurden alle Dokumente hinsichtlich des finalen Kategoriensystems rücküberprüft. Zur abschließenden Qualitätssicherung wurde eine Intracode-Reliabilitätsprüfung durchgeführt. Diese bestätigte die Anwendbarkeit des generierten Codesystems auf die Dokumente. Die qualitative Analyse wurde in technischer Hinsicht mit dem Programm MaxQDA unterstützt, aus dem auch die im Rahmen dieses Beitrags gezeigten Abbildungen resultieren.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der qualitativen Analyse vorgestellt.

3 Ergebnisse der Testfahrten unter Realbedingungen

3.1 Systemempfindungen

Die Systemwahrnehmung gliedert sich in *Verständnis- und Empfindungsaspekte*. Dieser Beitrag soll sich auf die *Empfindungen* beschränken. Bei diesen gründet sich die Metaebene auf die Unterteilung in *positive* und *negative Aspekte*. Innerhalb der *Empfindungsaspekte* wird weiterhin jeweils nach *Allgemein*, *ACC* und *LA* differenziert. Dies liegt darin begründet, dass die Probanden in ihren Äußerungen direkten Bezug zu einem der beiden FAS nehmen. Seltener beziehen sie sich auf die FAS allgemein.

In den Think-Aloud-Protokollen werden insgesamt 652 *Systemempfindungen* codiert. Die Probanden äußern ihre Empfindungen zu den FAS sehr umfangreich, nehmen aber seltener auf das objektive Geschehen in ihrer Umgebung Bezug. Die Übernahme der Fahraufgabe durch die Fahrer läuft eher intuitiv ab. So bremst ein Fahrer beispielsweise zusätzlich mit. Zum anderen sind, je nach Probanden, andere Umgebungskontexte möglich. Während der eine Proband bereits ein erhöhtes Verkehrsaufkommen erwähnenswert findet, erwähnt ein anderer Proband eher einen einsicherenden PKW. Eine Zuordnung zwischen dem Geschehen in der Umgebung und der Systemwahrnehmung ist damit nicht trennscharf möglich, gerade weil die Testfahrt bewusst im Feld durchgeführt wurde, Ereignisse also nicht kontrolliert auftraten.

Abbildung 2 zeigt eine Gesamtübersicht der Kategorien für positive und negative Systemempfindungen. Im Folgenden sollen

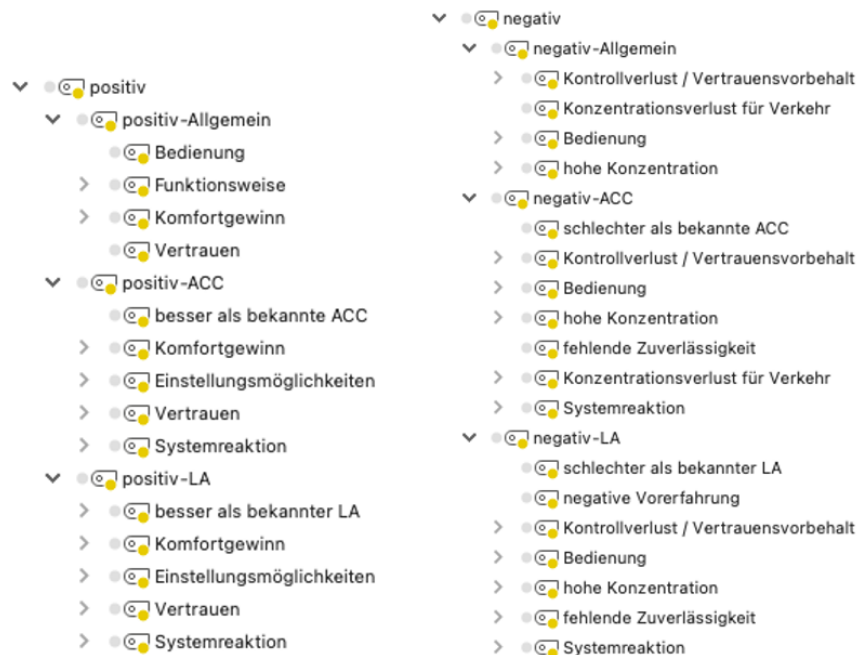


Abbildung 2: Kategorien positiver/negativer Systemwahrnehmungen

die häufigsten negativen bzw. positiven Systemempfindungen vorgestellt werden.

Das Ranking ergibt sich nach der Anzahl der Gesamtcodierungen über die Metaebene Allgemein/ACC/LA hinweg. Es wird dabei zunächst bewusst keine Differenzierung zwischen ACC und LA vorgenommen. Quellenangaben mit Buchstaben wie „[A]“ referenzieren jeweils Originalaussagen der Probanden während der Testfahrten.

Oberkategorie Negative Systemempfindungsaspekte (NE):

In dieser Oberkategorie haben sich während der Analyse die fünf nachfolgenden Kategorien herausgebildet.

NE1: Systemreaktion

Im Bereich der negativen Systemempfindungen teilt sich die Systemreaktion weiter auf, vor allem in explizite Funktionalitäten des jeweiligen FAS (siehe dazu Abschnitt 3.2).

NE2: Kontrollverlust / Vertrauensvorbehalt

Probanden haben gegenüber den FAS einen Vertrauensvorbehalt. Teilweise gründet sich das fehlende Vertrauen auf eine nicht ausreichende Testung der Systemreaktionen [A]. Einige Probanden wollen unter bestimmten Umgebungsumständen, wie bspw. Regen mit Aquaplaninggefahr, lieber selbst steuern [B]. Auch das Gefühl des Kontrollverlustes ist für einige Probanden gegenwärtig. Gerade der LA vermittelt ein Gefühl von „kontrolliert werden“ [C], ein Proband hat explizit geäußert, dass er die Kontrolle über den Pkw braucht [D]. Andere Probanden wiederum würden dem FAS allgemein nicht komplett die Kontrolle überlassen, wobei sie dann den Fuß entsprechend bremsbereit halten [E]. Laut Woisetschläger wirkt bereits ein wahrgenommener Kontrollverlust



Abbildung 3: Negative Empfindungen bzgl. ACC und LA

lust, durch eingeschränkte und indirekte menschliche Interaktion, negativ auf die Kundenakzeptanz [17] [18].

NE3: Hohe Konzentration

Die Probanden bemängeln teilweise eine hohe notwendige Konzentration während der Fahrt. Das hat einerseits mit der Konzentration beim Tätigen von Einstellungen zu tun, vor allem

bei hohem Verkehrsaufkommen [F], andererseits auch in der Nachkontrolle der Funktionalität der FAS [G].

NE4: fehlende Zuverlässigkeit

Eine fehlende Zuverlässigkeit wird bemängelt, bspw. wenn das FAS bei einem Müdigkeitsstadium des Fahrers die Linien nicht zuverlässig erkennt und sich abschaltet [H] oder wenn der LA bei fehlender Straßenmarkierung nicht funktioniert.

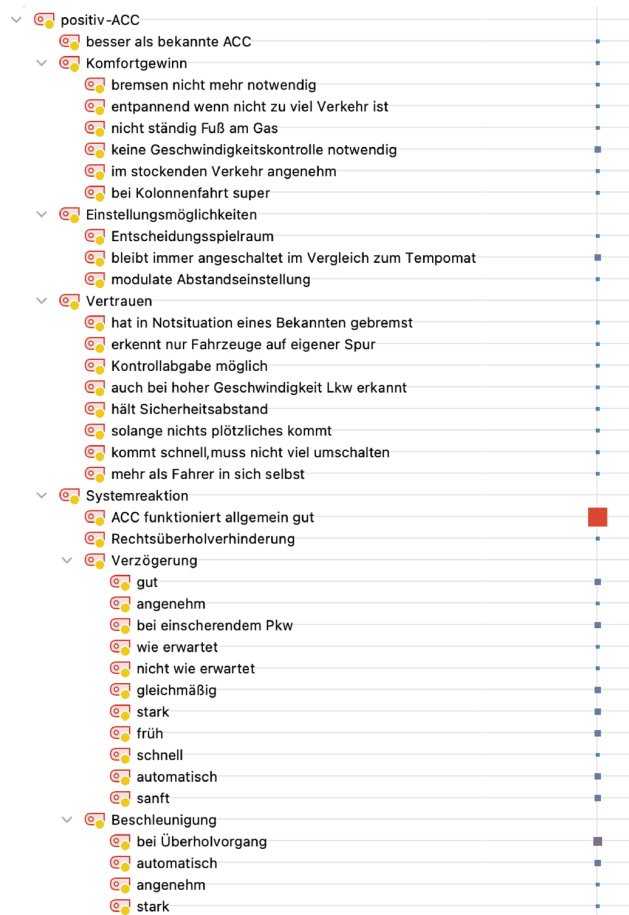
NE5: Bedienung

Hier bemängeln die Probanden „zu viele Knöpfe“ zum Einschalten [I] oder empfinden das Ein- und Ausschalten als lästig [J]. Während bei dem getesteten Fahrzeugmodell der ACC direkt über Funktionstasten am Lenkrad aktiviert und wieder deaktiviert werden kann, muss der Fahrer den LA über ein Menü im virtuellen Dashboard des Fahrzeugs aktivieren und deaktivieren.

Oberkategorie der Positiven Systemempfindungsaspekte (PE): In dieser Oberkategorie haben sich während der Analyse die fünf nachfolgenden Kategorien herausgebildet.

PE1: Systemreaktion

Eine weitere Kategorie stellte die 'Systemreaktion' dar. Viele Probanden äußerten bezogen auf die FAS ihre Empfindungen auf eine direkte oder vorangegangene Systemreaktion. Innerhalb



dieser Kategorie wurde in der Analyse eine weitere Abstufung deutlich: Die Probanden geben insgesamt ein positives Urteil zum jeweiligen FAS ab, beschreiben ihre Empfindungen mit Adjektiven (angenehm, nicht störend, schnell, früh, von allein etc.), oder äußern sich gehäuft positiv über ausgewählte Systemreaktionen (Spurzusammenführung, Kurvenfahrt, Rechtsüberholverhinderung etc.).

PE2: Komfortgewinn

Den Komfortgewinn bewerten die Probanden als positiv. Beispielsweise muss der Fahrer 'nicht ständig den Fuß am Gas' [K] haben oder es ist 'keine Geschwindigkeitskontrolle notwendig' [L].



Abbildung 4: Positive Empfindungen bzgl. ACC und LA

PE3: Vertrauen

Auch Aspekte des Vertrauens sind häufig Gegenstand der Äußerungen, sodass eine eigene Unterkategorie sinnvoll erschien. Es wurde bspw. positiv bewertet, dass auch Lkw bei hohen Geschwindigkeiten erkannt werden und das Fahrzeug zuverlässig abgebremst wird [M]. Eine erhöhte Verständlichkeit durch eine längere Nutzungsdauer führte bei einem Probanden zu einem gesteigerten Vertrauen in den LA [N]. Ebenso äußert ein Proband die Empfindung von Vertrauen, weil die FAS ihn bisher nicht im Stich gelassen haben und er den FAS mehr als sich selbst traut [O].

PE4: Einstellungsmöglichkeiten

Die FAS bieten weiterhin die Möglichkeit des eigenständigen Steuerns [P], oder auch modulare Einstellungsmöglichkeiten für den Abstand [Q]. Ebenso wird positiv betont, dass die FAS immer eingeschaltet bleiben können [R].

PE5: Besser als bekanntes System

Die Systeme sind teilweise besser als ein bereits bekanntes FAS. Die Probanden haben aufgrund ihrer Vorerfahrung also das in der Testfahrt genutzte FAS als besser bewertet. Gründe dafür liegen bspw. darin, dass das aktuell genutzte FAS eine bessere Systemreaktion durch aktive Lenkung zeigt [S].

3.2 Differenzierung nach FAS

In Abbildung 3 sind die Oberkategorien der negativen Systemempfindung von ACC und LA mit den zugehörigen Kategorien und den entsprechenden, untergeordneten Codierungen erkennbar. Die Visualisierung der Codehäufigkeiten, also die jeweilige Anzahl der Codes in der Codierung bezogen auf die Gesamtanzahl der Codes in negativ-ACC (n=86) bzw. negativ-LA (n=131), wird durch die verschiedenartigen Rechtecke auf der jeweiligen rechten Seite deutlich. Negativ herauszuheben sind beim ACC die zu geringe Beschleunigung und der zu kleine Abstand. Beim LA gilt dies vor allem im Rahmen der Spurhaltung und Gegenlenkung für ausbleibende Reaktionen, eigenständige Lenkradbewegung und das Fahren zu weit rechts in der Spur.

Abbildung 4 zeigt analog die Kategorien der positiven Systemempfindung, unterschieden nach ACC und LA. Bezüglich des ACC tritt eine allgemein gute Funktionalität hervor, beim LA die Kurvenfahrt und die Spurhaltung/Gegenlenkung.

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden Daten von durch 100 Laienfahrern absolvierten teilautomatisierten Fahrten eines SAE- Level-2-Fahrzeugs im Hinblick auf die Frage, „wie nehmen Menschen FAS wahr, wenn sie diese kurz ausprobieren“, ausgewertet. Die hier im Detail gezeigten Ergebnisse beziehen sich insbesondere auf die Systemwahrnehmung. Positive und negative Äußerungen können bzgl. der Empfindung unterschieden werden. Zusammenfassend werden *positive Empfindungen von Probanden über den Komfortgewinn insbesondere in Verbindung mit ACC, das Vertrauen, die Einstellungsmöglichkeiten und den Vergleich mit*

einem bekannten System geäußert. Negative Empfindungen betreffen hingegen einen Kontrollverlust bzw. Vertrauensvorbehalt, eine hohe notwendige Konzentration, fehlende Zuverlässigkeit und die Bedienung. Die Systemreaktionen werden sowohl als positiv, als auch als negativ empfunden.

Durch die induktive Erarbeitung von Empfindungskategorien auf Basis von real erlebten FAS leisten wir einen Beitrag zu Theorie und Praxis: Für die künftige Theoriebildung, wie Vertrauen, ein positives Bild von FAS und damit die Nutzungsabsicht von Menschen positiv beeinflusst werden kann, kann nun auf konkrete, beschriebene Erfahrungen der Probanden zurückgegriffen werden. Dadurch ist eine konkretere Voraussage möglich, wie bestimmte FAS mit ihren Funktionalitäten und Spezifikationen auf Nutzer wirken. Das Vertrauen in beide FAS wurde unterschiedlich bewertet: Dem ACC wurde ein höheres Level an Vertrauen entgegengebracht als dem LA. Das deckt sich auch mit Kidd et al. [22], welche das Vertrauen von Fahrern in unterschiedliche Assistenzsysteme untersucht haben.

Auf dieser Basis können Praktiker Schlussfolgerungen ableiten, die die Gestaltung von FAS betreffen. Die als positiv wahrgenommenen Verhaltensweisen der Systeme können ausgebaut werden, während man die als negativ empfundenen Eigenschaften reduziert. So könnte man die Akzeptanz der Technologie fördern, was ihre Diffusion im Markt und daher ihre wirtschaftliche Verwendung begünstigt. Bei einer längerfristigen Nutzung des Systems gehen wir davon aus, dass sich das Vertrauen der Probanden, welche die FAS benutzen, positiv entwickeln wird und auch ein Gewöhnungseffekt eintreten wird. Bei der Gestaltung zukünftiger FAS soll beachtet werden, dass Fahrer die Entscheidungen dieser Systeme besser nachvollziehen können, bspw. durch bessere Erklärungen, um die Akzeptanz zu steigern.

Die Limitationen unserer Forschung sind vor allem in der Datengrundlage zu sehen. So ist zwar aufgrund des großen Altersspektrum von 21 bis 77 Jahren wie auch der Ausgeglichenheit der Geschlechter in der Stichprobe (n=100) eine gewisse beschränkte Generalisierung auf ähnliche Personenkreise möglich, Repräsentativität für die Gesamtbevölkerung bzw. die PKW-Fahrenden in Gänze kann aber nicht angenommen werden. Weitere Bedrohungen der Validität resultieren aus einer hohen Quote von Hochschulabschlüssen unter den Probanden sowie durch die gefahrene Route, Tageszeit, Wetter und Witterung.

4 Fazit und Ausblick

Unsere Befunde werfen eine Reihe weiterer interessanter Fragen für die zukünftige Forschung auf. So stellt sich die Frage, ob das *Vertrauen und damit eine positive Systemwahrnehmung vor allem durch das Erleben von Situationen steigt, in denen eine Wirkung nicht erwartet wird*, die jedoch trotzdem von FAS gut bewältigt werden. Somit könnte z.B. das Erleben einer schnellen Kurvenfahrt, in der sich das FAS bewährt, als eine vertrauensbildende Maßnahme durchgeführt werden. Auch wäre die gezielte Herbeiführung von Extremsituationen förderlich, denn die Fahrer sind sich teilweise über die Wirkung des FAS in Extremsituationen unklar, bspw. bei einer Vollbremsung des vorausfahrenden Fahr-

zeugs. Vor dem Hintergrund unserer Befunde könnte zudem weiter untersucht werden, *ob die FAS weniger nach festen Regeln, also dynamischer funktionieren sollten*. Der ACC könnte früher und schneller beschleunigen, ebenso früher abbremsen. Hinsichtlich der gewählten Abstands- und Geschwindigkeitsgrenzen stellt sich ebenso die Frage, ob in definierten Situationen ein über- bzw. unterschreiten möglich werden sollte, ebenso wie das Wechseln der Spur ohne Blinker in definierten Situationen. Ob eine derartige *Anpassung der FAS an menschliche Verhaltensweisen allerdings die Systemwahrnehmung verbessert*, muss die zukünftige Forschung zeigen. Weiterhin bleibt das Ausrichten der Systeme an gesetzlichen Vorgaben und Zertifizierungsvorschriften notwendig.

Danksagung

Teile der Arbeit wurden vom Österreich. Bundesministerium für Klimaschutz im Rahmen des Programms „Mobilität der Zukunft“ (Projekt UT4AD, FFG-Vertragsnummer 884333) finanziert.

Referenzen

- [1] AAA: Three in four Americans remain afraid of fully self-driv. vehicles, 2019.
- [2] Choi, Jong Kyu und Yong Gu Ji: Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(10):692–702, Oct 2015.
- [3] Dillen, Nicole, Marko Ilievski, Edith Law, Lennart E. Nacke, Krzysztof Czarnecki und Oliver Schneider: Keep Calm and Ride Along: Passenger Comfort and Anxiety as Physiological Responses to Autonomous Driving Styles. In: *Conference on Human Factors in Comp. Systems — Proceedings*, 2020.
- [4] Festner, Michael, Alexandra Eicher und Dieter Schramm: Beeinflussung der Komfort- und Sicherheitswahrnehmung beim hochautomatisierten Fahren durch fahrfremde Tätigkeiten und Spurwechseldynamik. *Uni-DAS 11. Workshop Fahrerassistenzsysteme u. automatisiertes Fahren*, (March):63–73, 2017.
- [5] Hartwich, Franziska, Claudia Witzlack, Matthias Beggiato und Josef F. Krems: 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, Aug 2019.
- [6] Isenhardt, Ingrid, Alexia Fenollar Solvay, Thomas Otte, Christoph Henke und Max Haberstroh: *Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft*. Springer Verlag, 2020. S. 685
- [7] Koskinen, Kari M., Antti Lyyra, Niina Mallat und Virpi Tuunainen: Trust and risky technologies: Aligning and coping with Tesla Autopilot. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2019.
- [8] Lee, John D. und Katrina A. See: Trust in automation: Designing for appropriate reliance, 2004.
- [9] Lu, Hsi-Peng, Huei-Ju Yu und Simon S.K. Lu: The effects of cognitive style and model type on DSS acceptance: An empirical study. *European Journal of Operational Research*, 131(3):649–663, Jun 2001.
- [10] Mayring, Philipp und Thomas Fenzl: *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019. S. 550, 640
- [11] Mayring, Philipp: *Qualitative Inhaltsanalyse — Grundlagen und Techniken*. 2015. S. 86–87
- [12] Myklebust, Thor, Tor Stalhane, Gunnar D. Jenssen und Irene Waro: Autonomous Cars, Trust and Safety Case for the Public. In: *2020 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, Band 2020-Janua, Seiten 1–6. IEEE, Jan 2020.
- [13] Pavlou, Paul A.: Consumer Acceptance of Electronic Commerce: Integrating Trust and Risk with the Technology Acceptance Model. *International Journal of Electronic Commerce*, 7(3):101–134, Apr 2003.
- [14] Shariff, Azim, Jean-François Bonnefon und Iyad Rahwan: Psychological roadblocks to the adoption of self-driving vehicles. *Nature Human Behaviour*, 1(10):694–696, Oct 2017.
- [15] Shuttleworth, Jennifer: SAE Standards News: J3016 automated-driving graphic update, 2019.
- [16] Stocker, Alexander: E-Mail-Informationen oder telef. Rückfragen, 2020.
- [17] Woiseschläger, David M.: Marktauswirkungen des automatisierten Fahrens. In: *Autonomes Fahren*, Seiten 709–732. Springer Berlin Heidelberg, 2015.
- [18] Wunderlich, Nancy V., Florian V. Wangenheim und Mary Jo Bitner: High Tech and High Touch. *Journal of Service Research*, 16(1):3–20, Feb 2013.
- [19] ZHANG, Nan, Xun-hua GUO und Guo-qing CHEN: Extended Information Technology Initial Acceptance Model and Its Empirical Test. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 27(9):123–130, Sep 2007.
- [20] Neuhuber, Norah; Lechner, Gernot; Kalayci, Tahir Emre; Stocker, Alexander; Kubicek, Bettina. Age-related differences in the interaction with advanced driver assistance systems — a field study. In *International Conference on Human-Computer Interaction 2020 Jul 19* (pp. 363–378). Springer, Cham.
- [21] Kalayci, Tahir Emre; Kalayci, Elem Güzel; Lechner, Gernot; Neuhuber, Norah; Spitzer, Michael; Westermeier, Eva; Stocker, Alexander. Triangulated investigation of trust in automated driving: Challenges and solution approaches for data integration. *Journal of Industrial Information Integration*. 2021 Mar 1;21:100186.
- [22] Kidd, David G.; Cicchino, Jessica B.; Reagan, Ian J.; Kerfoot, Laura B. Driver trust in five driver assistance technologies following real-world use in four production vehicles. *Traffic injury prevention*. 2017 May 29;18(sup1): S. 44–50.

Anhang

- [A] vgl. subj52-TA, Pos. 10: “Participant (6:12): Noch nicht so. Weil ich noch nicht so dicht aufgefahre bin, dass ich es testen kann.”
- [B] vgl. subj25-TA, Pos. 26: “Momentan muss ich sagen nicht ganz so, weil ich da lieber händisch fahre oder selber Gas gebe. Nachdem ich überall Pflügen sehe und Aquaplaninggefahr und so, fange ich mit dem Tempomaten weniger an.”
- [C] vgl. subj76-TA, Pos. 94: “Es ist schon gewöhnungsbedürftig eben. Das da jemand oder etwas mitlenkt... und wenn ich jetzt ganz spitzfindig... würde ich sagen ‚Was ist mit dir?‘. Ich kann schon Autofahren. Aber wäre dann so auf der Kindheitebene“
- [D] vgl. subj55-TA, Pos. 8: “Ja ok. Ich habe das Gefühl es ist die Seitenlinie. Aber ich bin mir nicht sicher. Woah, ist das arg. Woah, ist das arg. Kann ich jetzt schon sagen, dass ich das nicht benutzen würde? Diesen Lane Assistant? Dass das für mich nicht geht. Weil ich absolut... Ich will die Kontrolle über mein Auto haben und ich habe da das Gefühl ich habe keine Kontrolle über mein Auto. Und das ist ganz schräg. Also ich probiere es nachher vielleicht nachher noch einmal, aber das...”
- [E] vgl. subj6-TA, Pos. 3: „Würde aber nicht dem Auto gerade komplett die Kontrolle überlassen. Also ich würde jetzt nicht den Fuß in eine zu entspannte Position setzen“
- [F] vgl. subj42-TA, Pos. 51: “Also der Spurhalteassistent ist eingeschaltet. Das merke ich. Aber der Tempomat ist nicht eingeschaltet. Und das verstehe ich eigentlich nicht wieso er nicht eingeschaltet... Achso ok habe ich... Aber jetzt ehrlich gestanden, ich mag den Tempomaten jetzt nicht einschalten. Mir ist einfach zu viel los. Ich möchte das jetzt manuell machen können.”
- [G] vgl. subj78-TA, Pos. 12: “Da geht meine Konzentration mehr dahin wann ich die Lenkung wieder übernehmen muss... als dass ich sage, es wäre mir irgendeine Hilfe oder es erleichtert mir das Fahren.”
- [H] vgl. subj47-TA, Pos. 20: “Jetzt erkennt er es, sagen wir jetzt mal ich bin müde und gehe langsam herum... Viel zu wenig. Er hat es schonwieder nicht erkannt.”
- [I] vgl. subj28-TA, Pos. 8: “Ok. Also schauen wir einmal. Schauen wir einmal ob ich das hinkriege. Einschalten. Der Spurhalte [...] Ah wie gesagt, drei Knöpfe sind zu viel.”
- [J] vgl. subj7-TA, Pos. 7: “Um den Tempomat einzuschalten muss ich, also auf meine jetzige Geschwindigkeit zu richten, muss ich ihn aus- und wieder einschalten und dann den (?) Knopf drücken. Also ich hab keinen anderen Weg gelesen mit dem das möglich ist. Das ist ein bisschen lästig.”
- [K] vgl. subj15-TA, Pos. 7: “Also in so einer Situation, wenn jetzt 70 oder 80 ist, finde ich es eigentlich ganz angenehm, wenn man nicht dauernd am Gas sein muss, mit dem Fuß. Hat schon seine Vorteile.”
- [L] vgl. subj56-TA, Pos. 12: “Ich finde das ist entspannteres Fahren, weil man die Geschwindigkeit nicht kontrollieren muss.”
- [M] vgl. subj57-TA, Pos. 52: “Ja ja ja. Jetzt bin ich gespannt. [...] Was mich fasziniert, ist, dass bei der hohen Geschwindigkeit, dass der wirklich einen LKW sieht und dann wirklich runterbremst. Das [...] schalte ich lieber aus.”
- [N] vgl. subj49-TA, Pos. 18: “Also jetzt kommt das Vertrauen immer mehr muss ich sagen in den Spurhalteassistent, weil ich merk, wie das funktioniert. Was war das jetzt?”
- [O] vgl. subj29-TA, Pos. 26: “Jetzt ist es eigentlich 5. Es hat uns bis jetzt nicht im Stich gelassen. Vorher war er einfach ausgeschaltet einmal, weil ich gebremst habe. Ich vertraue eher mir weniger. Dadurch, dass ich eine Fehleingabe mache. Es funktioniert glaube ich schon.”
- [P] vgl. subj50-TA, Pos. 18: “Also kann den Spurhalteassistenten eher nur mit den akustischen Warnungen vor Allem, und in dem Fall, dass er aktiv ins Lenkrad mehr eingreift... ich finds gut, und ich finds gut, dass man das selber trotzdem noch so steuern kann.”
- [Q] vgl. subj36-TA, Pos. 22: “Mir gefällt auch, dass man das Modulat einstellen kann. [...]“

- [R] vgl. subj67-TA, Pos. 11: “Hab ich gelesen, dass er das macht in der Anleitung. Ja so ist das bequem, bei meinem muss ich immer einschalten-ausschalten, einschalten-ausschalten.“
- [S] vgl. subj35-TA, Pos. 17: “Ich bin vor kurzem mit dem Fahrzeug eines Kollegen von mir gefahren, der macht überhaupt nur Rüttelbewegungen, wenn man über die Spur kommt, der lenkt aber nicht aktiv. Und das ist eigentlich völlig unbrauchbar.“