

Verbundprojekt:

UR:BAN – Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement

Teilprojekt Mensch-Maschine-Interaktion (MMI)

Abschlussbericht der MAN Truck & Bus AG

Beiträge der

Zuwendungsempfänger: MAN Truck & Bus AG
Dachauer Straße 667
80995 München

Autoren: Sonja Hofauer, Dr. Anna Karmann, Andreas Zimmermann

Laufzeit: 01.04.2012 – 31.03.2016

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen **19S12009K** gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren



Inhaltsverzeichnis

1	Motivation.....	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Einordnung in das UR:BAN Teilprojekt MMI.....	2
2	Stand der Forschung und Technik.....	4
3	Eingehende Darstellung (Vorgehen und erzielte Ergebnisse).....	5
3.1	AP1000 – Anforderungsdefinition	5
3.1.1	Zielsetzung und Vorgehen AP 1000	5
3.1.2	Ergebnisse AP 1000.....	6
3.2	AP2000 – Entwicklung von Konzeptentwürfen.....	10
3.2.1	Zielsetzung und Vorgehen AP 2000	10
3.2.2	Ergebnisse AP 2000.....	10
3.3	AP3000 – Formative Evaluation am Fahrsimulator	13
3.3.1	Zielsetzung und Vorgehen AP 3000	13
3.3.2	Ergebnisse AP 3000.....	13
3.4	AP4000 – Aufbau eines MMI-Demonstrators	23
3.4.1	Zielsetzung und Vorgehen AP 4000	23
3.4.2	Ergebnisse AP 4000.....	23
3.5	AP5000 – Gesamtevaluation des entwickelten MMI-Konzepts	25
3.5.1	Zielsetzung und Vorgehen AP 5000	26
3.5.2	Ergebnisse AP 5000.....	26
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	29
	Abbildungsverzeichnis.....	xxx
	Literaturverzeichnis.....	xxxii
	Anhang	xxxvi

1 Motivation

Kraftstoffkosten sind aus heutiger Sicht einer der Hauptkostenfaktoren der Gesamtbetriebskosten von schweren Nutzfahrzeugen [Bun15]. Die Fahrweise des Fahrers hat dabei nachgewiesenermaßen einen großen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch [Hil09; Wäh07]. Während für Fuhrunternehmer die Kostenreduktion und somit die Wettbewerbsfähigkeit von zentraler Bedeutung sind, steht aus umweltpolitischer Sicht die Reduktion von CO₂-Emissionen und die Ressourcenschonung im Vordergrund.

Zunehmende Vernetzung (Car2X) sowie Fortschritte in hochgenauer Umfeldwahrnehmung und -interpretation erlauben einen steigenden Funktionsumfang von Fahrerassistenzsystemen (FAS) [Ben14; Ber15].

Dies wird in naher Zukunft eine automatisierte, kraftstoffeffiziente Fahrzeuglängsführung im LKW technisch realisierbar machen. So kann zukünftig nicht nur auf Vorderfahrzeuge, sondern auch auf Streckengeometrie sowie statische und dynamische Infrastrukturelemente (wie z.B. Tempolimits, Baustellen, Kurven und Lichtsignalanlagen) vorausschauend und kraftstoffeffizient geregelt werden.

1.1 Problemstellung

Im Rahmen einer solchen automatisierten, kraftstoffeffizienten Fahrzeuglängsführung besteht die Aufgabe des Fahrers in der permanenten Überwachung des FAS sowie in der manuellen Regelung der Querführung. Folglich lässt sich das FAS nach der BaSt-Nomenklatur [Gas12] in die Stufe des assistierten Fahren einordnen.

Die vorausschauende Fahrstrategie der automatisierten Längsführung kann dabei auf Informationen basieren, die für den Fahrer zu Beginn des Manövers noch nicht sichtbar sind. Dies weist auf einen gewissen Informationsbedarf beim Fahrer hin.

Gleichzeitig müssen bei der Gestaltung der MMI-Konzepte Lkw-spezifische Besonderheiten berücksichtigt werden. So führt eine im Vergleich zum Pkw deutlich höhere Masse aufgrund der höheren kinetischen Energie zu längeren Ausrollwegen. Folglich befindet sich der Regelgrund (zum Beispiel ein Tempolimit) abhängig von Differenzgeschwindigkeit und Streckenverlauf meist nicht innerhalb des Sichtbereichs des Fahrers.

In Abbildung 1-1 ist die vorausschauende Regelung auf eine von Rot auf Grün wechselnde Lichtsignalanlage (LSA) im Vergleich zur manuellen Fahrt dargestellt. So ist in Phase 1 für den Fahrer die Geschwindigkeitsänderung durch das FAS wahrnehmbar, während sich die LSA noch nicht in seinem Sichtbereich befindet. In dieser Phase können unerwünschte Fahrereingriffe aufgrund von fehlendem Vertrauen hervorgerufen werden. Dies kann das Potential der Kraftstoffeffizienz reduzieren. Dieses Problem wird weiter verstärkt in Phase 2, in der der Fahrer die noch auf Rot stehende LSA wahrnehmen kann. Folglich ist es aufgrund des Informationsungleichgewichts zwischen FAS und Fahrer nötig, dem Fahrer die wahrnehmbare Geschwindigkeitsänderung zu erklären.

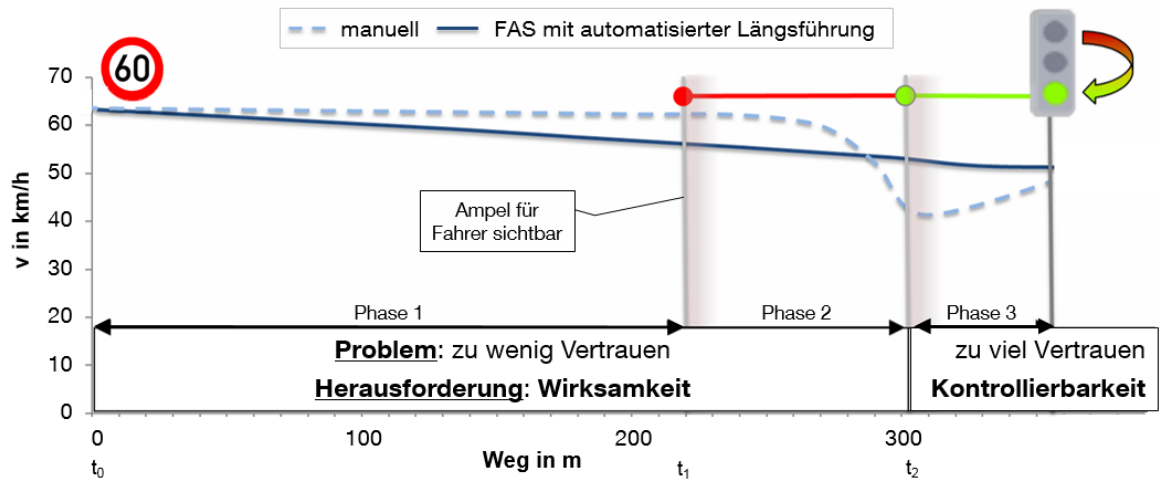


Abbildung 1-1: Annäherung an eine LSA mit Phasenwechsel von Rot auf Grün [Sto16b]

Erst in Phase 3 kann der überwachende Fahrer das Verhalten des FAS mit Informationen aus der Realität abgleichen. Diese Phase ist entscheidend für den sicheren Umgang mit dem FAS. Die Herausforderung der dritten Phase liegt in der Kontrollierbarkeit, sollte der Fahrer in Folge von zu hohem Vertrauen die Aufgabe der Überwachung vernachlässigen.

Folglich ist für die Wirksamkeit und den sicheren Umgang mit der automatisierten Längsführung die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle entscheidend.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung eines leicht verständlichen und intuitiven Anzeigekonzepts für die automatisierte, kraftstoffeffiziente Fahrzeuglängsführung im urbanen Raum. Hierzu müssen die essentiell nötigen Informationseinheiten aus Fahrersicht ermittelt und in Form eines Anzeigekonzepts umgesetzt, sowie im späteren Nutzungskontext evaluiert werden.

Die Herausforderung bei der Gestaltung des MMI-Konzepts ist, dass fehlende Informationen zu unerwünschten Systemeingriffen führen können, während zu viele oder zeitlich unpassende Informationen die Usability und Akzeptanz mindern.

1.3 Einordnung in das UR:BAN Teilprojekt MMI

Im Rahmen des Teilprojektes „Stadtgerechte Mensch-Maschine-Interaktion“ (MMI) soll ein funktionsübergreifender MMI-Baukasten entwickelt werden. Dieser wird in [Ben16] näher erläutert.

Das hier beschriebene Vorhaben lässt sich im MMI-Baukasten in die Strategie kontinuierliche Regelung mit dem Ziel „effizientes Fahren“ einordnen (siehe Abbildung 1-2).

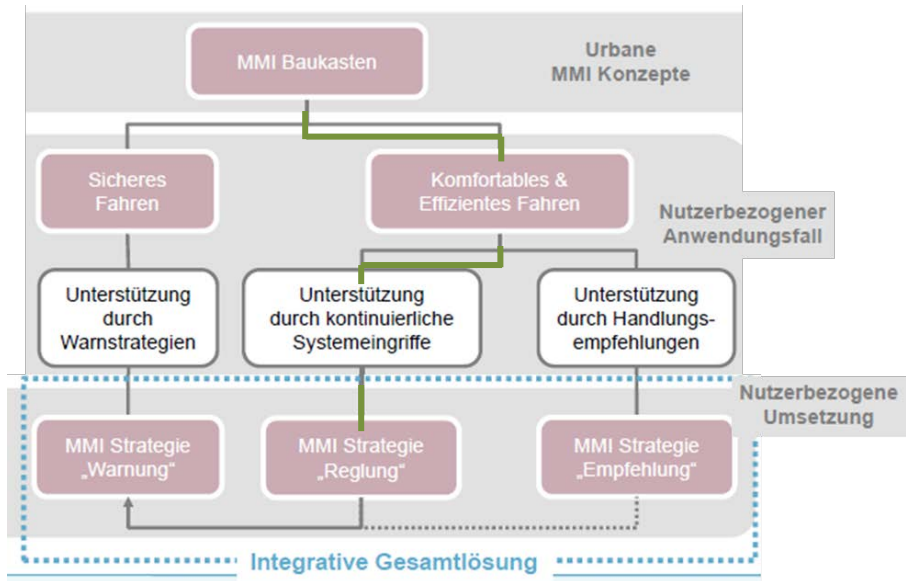


Abbildung 1-2: Einordnung in den im Teilprojekt MMI erarbeiteten Baukasten [Ben16]

2 Stand der Forschung und Technik

Wie in [Hof16, S. 2] aufgezeigt, existieren verschiedene Ansätze, den Kraftstoffverbrauch schwerer Lkw zu senken. Ein vielversprechender Ansatz über die Automatisierung der Längsführung wird im Rahmen dieses Projektvorhabens hinsichtlich der Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug Schnittstelle untersucht.

Bisherige Seriensysteme regeln im Nutzfahrzeug den eingestellten Abstand zum Vorderfahrzeug (abstandsgeregelter Tempomat, ACC ein). Des Weiteren existieren FAS, welche die vorausliegende Streckentopographie zur Wahl einer kraftstoffeffizienten Fahrstrategie berücksichtigen [Dai15; MAN16; Sca16].

Für eine detaillierte Klassifikation kraftstoffeffizienter FAS hinsichtlich des Funktionsumfangs sowie der automatisierten Stufen des menschlichen Informationsverarbeitungsprozesses wird auf [Hof16, S. 23ff] verwiesen.

Im Gegensatz zu bestehenden kontinuierlich regelnden FAS [Dai15; MAN16; Sca16] kommt der Vorschlag für die Geschwindigkeitswahl (Setzgeschwindigkeit) in der hier betrachteten Fahrzeuglängsführung vom System. Folglich ist die Übertragbarkeit bestehender MMI-Konzepte nicht bzw. nur sehr eingeschränkt möglich. Aufgrund entscheidender Unterschiede zum Pkw (Abschnitt 3.1.2.1) können zudem MMI-Konzepte aus diesem Bereich nur eingeschränkt angewandt werden. Für eine Analyse dieser wird auf [Hof16, S. 25ff] verwiesen.

Dieses Projektvorhaben basiert auf Erkenntnissen zur Wahl einer kraftstoffeffizienten Fahrstrategie von [Moh13] sowie dem Forschungsprojekt „Virtueller Fahrtrainer“ [Dau13; Hey14; Hey15]. Während die Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle in diesen Projekten dem Fahrer Handlungsanweisungen zum kraftstoffeffizienten Fahren gibt, soll in diesem Projekt eine intuitiv verständliche Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle für die automatisierte Längsführung entwickelt werden. Die Neuartigkeit des FAS für schwere Lkw zeigt den Bedarf eines nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses, der nachfolgend aufgezeigt wird.

3 Eingehende Darstellung (Vorgehen und erzielte Ergebnisse)

Das Teilprojekt Stadtgerechte Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) aus der Projektsäule Mensch im Verkehr ist in sechs Arbeitspakete unterteilt:

- **AP1000 – Anforderungsdefinition:** Ziel dieses Arbeitspakets ist die Analyse mensch-zentrierter Anforderungen im urbanen Raum. Hierzu soll ein Szenarien-katalog erarbeitet werden. Die enthaltenen Use Cases sollen hinsichtlich des Informationsbedarfs des Fahrers kategorisiert werden. Zudem sollen akzeptanz- und transparenzfördernde Parameter identifiziert werden.
- **AP2000 – Entwurf:** Auf Basis der zuvor definierten Anforderungen soll nutzerbezogene Konzeptentwürfe erarbeitet werden. Die Prototypen sollen iterativ weiterentwickelt werden und für den Fahrsimulator-Einsatz digital aufbereitet werden.
- **AP3000 – Test & Evaluation (1. Phase):** Die entstandenen Konzeptentwürfe sollen hinsichtlich Usability-Fragen (z.B. fahrerseitige Transparenz, Wirksamkeit) nutzerzentriert evaluiert werden.
- **AP4000 – Implementierung:** Hier soll die Soft- und Hardware für eine statischen Lkw-Demonstrator definiert und implementiert werden, sowie die Integration der MMI Konzepte umgesetzt werden.
- **AP5000 – Test & Evaluation (2. Phase):** Die in AP3000 formativ evaluierten und weiterentwickelten MMI Konzepte sollen abschließend bewertet und evaluiert werden. Die Ergebnisse fließen in die Gestaltungskriterien des MMI Baukastens ein.
- **AP6000 – Projektmanagement und Dokumentation:** Dieses Arbeitspaket umfasst die inhaltliche Abstimmung der Arbeiten sowie die Zusammenführung der Erkenntnisse.

Die spezifischen Inhalte des Projektpartners MAN Truck & Bus AG für die einzelnen Arbeitspakete innerhalb des Teilprojekts MMI werden in den nachfolgenden Kapiteln im Detail beschrieben. Neben dem jeweiligen Vorgehen werden die erzielten Ergebnisse aufgezeigt. Diese werden dabei den Zielen gegenübergestellt.

3.1 AP1000 – Anforderungsdefinition

Zunächst werden Zielsetzung und Vorgehen dieses Arbeitspakets skizziert. Anschließend werden die erzielten Ergebnisse aufgezeigt.

3.1.1 Zielsetzung und Vorgehen AP 1000

In diesem Arbeitspaket sollen die Anforderungen an das MMI-Konzept für eine automatisierte, kraftstoffeffiziente Fahrzeuglängsführung nutzerzentriert ermittelt werden. Für die Erfassung des Informationsbedarfs bei der Überwachungstätigkeit sollen die klassischen Fragen der Anzeige-gestaltung nach [Schm81, S. 352] untersucht werden: Welche Informationen? Wie? Wo? ergänzt um Wann?

Hierzu wird eine explorative Feldstudie auf Lkw-Mitfahrten sowie eine empirische Fahr- simulatorstudie mit Lkw-Fahrern eingesetzt werden. Zusätzlich wird eine Fokusgruppen- Studie mit Berufskraftfahrern durchgeführt. Dabei soll ein Szenarien-katalog erfasst, kate- goriert und bewertet, sowie die für den Fahrer essentiell nötigen Informationseinheiten ermittelt werden. Zudem sollen Transparenz- und Akzeptanzfördernde Parameter identi- fiziert werden.

3.1.2 Ergebnisse AP 1000

Zunächst wird der Nutzungskontext der automatisierten, kraftstoffeffizienten Längsführung skizziert und bisherige Erkenntnisse zu Transparenz- und Akzeptanzfördernden Parame- tern dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse der nutzerzentrierten Studien (Feld- studie, Fokusgruppe, Fahr- simulatorstudie) aufgezeigt.

3.1.2.1 Kurzdarstellung des Nutzungskontexts

Die hier angesprochenen, schweren Lkw unterscheiden sich von Pkw hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung, sowie der Fahrzeugtechnik [Dör15]. Der Lkw stellt aus wirt- schaftlicher Sicht ein Investitionsgut dar. Folglich muss die Anschaffung eines FAS aus Sicht der Transportunternehmer unternehmerisch sinnvoll sein, indem sich die Anschaf- fungskosten über verringerte Betriebskosten amortisieren lassen [Kit06, S. 1f].

Aus fahrzeugtechnischer Sicht betreffen entscheidende Unterschiede die Antriebs- und Bremstechnik sowie die Abmessungen und die Gesamtmasse [Dör15]. Fahrdynamisch ist die beladungsabhängige Masse und Schwerpunkthöhe für die Optimierung der Fahrstra- tegie zu beachten [Dör15].

Die Längsführung betreffende, häufige Unfallursachen sind Abstandsfehler (20,1%) sowie nicht angepasste Geschwindigkeiten (10,0%) [Bun15, S. 14]. Für weitere Informationen zum Nutzungskontext wird auf [Bun15; Eve09; Loh14] verwiesen.

3.1.2.2 Transparenz- und Akzeptanzfördernden Parameter

Eine mangelnde Systemtransparenz liegt vor, wenn unzureichende Informationen zur Verfügung stehen, anhand derer der Fahrer nachvollziehen kann, was das automatisierte System gerade macht oder wenn die Komplexität der Automation die kognitiven Fähigkei- ten (u.a. Informationsaufnahme und -verarbeitung) des Menschen überschreitet [Man08, S. 317].

Einer der wichtigsten Faktoren zur Förderung von Systemtransparenz ist das Prinzip der Rückmeldung [End96, S. 5; Gro00, S. 281; Man08, S. 319; Nor90, S. 8]. Mensch und Au- tomation repräsentieren nach [Sar97, S. 16] ein gemeinsames System und sollen folglich über die jeweiligen Ziele und Absichten informiert werden. So soll nach [End96, S. 5] der aktuelle Status der Automation in einer einfachen und verständlichen Art und Weise vi- sualisiert werden. Dies wird durch [Nor90, S. 2] ergänzt, mit der Forderung, dass das Feedback der Automation kontinuierlich in einer informativen und zugleich unaufdringli- chen Form dargeboten werden soll. Alle wichtigen Informationen sollten stets anwesend sein [End96, S. 5].

Die essentiell nötigen Informationseinheiten für den Fahrer im Kontext der hier untersuch- ten kraftstoffeffizienten, automatisierten Längsführung, werden durch Feldstudien, Fokus- gruppe und Fahr- simulator nutzerzentriert ermittelt und nachfolgend beschrieben. Eine

Übersicht über Gestaltungsrichtlinien und Normen im Kontext der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle gibt [Bra15, S. 26ff].

3.1.2.3 Vorgehen zur Erstellung des Szenarienkatalogs

Um die MMI-Konzepte szenariobasiert entwickeln und evaluieren zu können, wird ein Szenarienkatalog aufgebaut. Zentrale Fragestellung ist hierbei, in welchen Situationen eine automatisierte Fahrzeuglängsführung ein hohes Potential zur Kraftstoffeffizienz hat. Darauf aufbauend lassen sich die Anforderungen an das MMI-Konzept ableiten.

Zur Entwicklung des Szenarienkatalogs wird das in Abbildung 3-1 dargestellte Vorgehen in Anlehnung an [Hey12; Hey14, S. 13] eingesetzt.

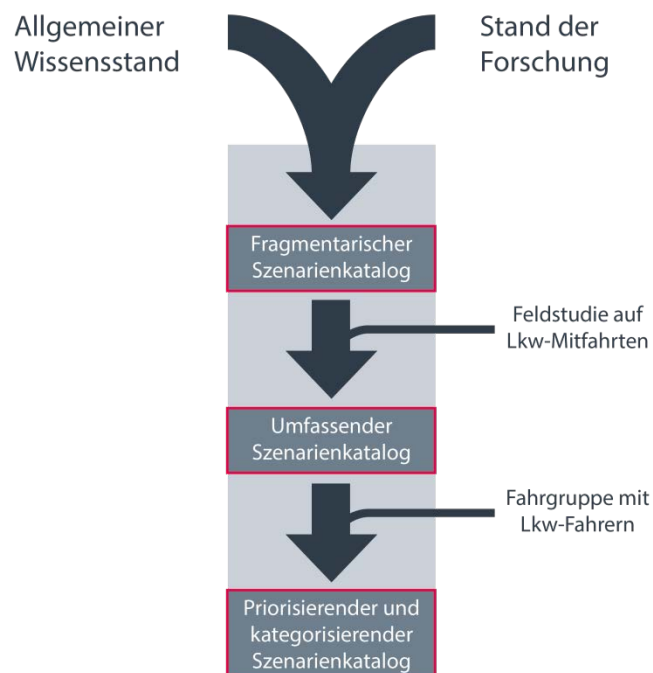


Abbildung 3-1: Vorgehen zur Entwicklung eines Szenarienkatalogs in Anlehnung an [Hey12; Hey14, S. 13]

Basierend auf einem Expertenworkshop erfolgt zunächst die Erstellung eines ersten Szenarienkatalogs. Die enthaltenen Szenarien werden im Rahmen der nachfolgend beschriebene Feldstudie auf Lkw-Mitfahrten (3.1.2.4) diskutiert und der Katalog wird erweitert. Daraufhin werden die Szenarien kategorisiert und im Rahmen der Fokusgruppe von den teilnehmenden Lkw-Fahrern bewertet. Abschließend werden exemplarische Szenarien ausgewählt, die in der MMI-Konzeptentwicklung sowie der -evaluation eingesetzt werden.

3.1.2.4 Feldstudie auf Lkw-Mitfahrten

Wie in [Sto15] beschrieben, werden Beobachtungs- und Interviewmethoden im Rahmen einer Feldstudie auf Lkw-Mitfahrten eingesetzt. Zwei Berufskraftfahrer im Verteilerverkehr werden dazu jeweils einen Tag begleitet. Zunächst werden sie rund eine Stunde beobachtet, und ihr Verhalten sowie die Häufigkeit und Eigenschaften der erlebten Szenarien notiert. Um im Verhalten der Probanden keinen Fokus auf Kraftstoffeffizienz zu erzeugen, wird ihnen für diesen ersten Teil der Studie noch nicht die kraftstoffeffiziente, automatisierte Längsführung erläutert.

Im zweiten Abschnitt, nach einer Erklärung zu Ziel und Funktionsweise der automatisierten Längsführung, werden kontextuelle Interviews unmittelbar nach den erlebten Szenarien aus dem Szenarienkatalog (3.1.2.3) geführt.

So können einerseits Erkenntnisse zum Nutzungskontext gewonnen werden. Andererseits wird der Szenarien katalog erweitert, der Detailgrad erhöht und Szenarien aus Fahrersicht unmittelbar nach dem Erleben hinsichtlich des Unterstützungsbedarfs und möglicher Probleme diskutiert. Für weitere Informationen wird auf [Sto15, S. 5] verwiesen.

3.1.2.5 Fokusgruppe mit Berufskraftfahrern

Ziel der Fokusgruppe ist die Erfassung von Nutzerinformationen sowie die Bewertung von Szenarien aus Fahrersicht. Sie dient der Vorbereitung der nachfolgend durchgeführten Fahrsimulatorstudie zur Anforderungsdefinition.

Die teilnehmenden Lkw-Fahrer werden über die Probandendatenbank der TU München ausgewählt und besitzen alle einen gültigen Führerschein der Klasse C oder CE. Die Studie dauert 2,5 Stunden und enthält eine 20 minütige Pause nach der Hälfte der Zeit.

Auf Basis des Diskussionsleitfadens (siehe Anhang A) leiten ein Moderator sowie ein Co-Moderator die Fokusgruppenstudie. Zudem sind zwei Protokollanten anwesend, die ein Beobachtungsprotokoll erstellen. Die Ergebnisse der Fokusgruppenstudie basieren auf einer Inhaltsanalyse, die auf Basis des Transkripts der Videoaufnahme sowie des Beobachtungsprotokolls durchgeführt wird.

Zunächst wird die Meinung und Einstellung der Probanden hinsichtlich kraftstoffeffizientem Fahren diskutiert. Im Anschluss folgt die Einweisung in die automatisierte, kraftstoffeffiziente Längsführung. Dazu wird das Verhalten des FAS in grafisch visualisierten Situationen erklärt. Zudem sind die zentralen Aspekte des FAS dauerhaft sichtbar an einer Stellwand notiert. Diese betreffen das Ziel des FAS, den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren sowie die zwei zentralen Punkte, dass das FAS vorausliegende Ereignisse (z.B. Tempolimits, Ampeln) kennt und daraufhin die Geschwindigkeit selbständig regelt.

Die aktuell diskutierte Fragestellung wird ebenfalls an der Stellwand für alle sichtbar visualisiert. Wie der Diskussionsleitfaden in Anhang A zeigt, werden zunächst Szenarien diskutiert und erweitert und anschließend der Informationsgehalt sowie Informationszeitpunkt besprochen. Nach einer Pause werden Aspekte der Akzeptanz diskutiert. Für detaillierte Ergebnisse wird auf [Sto15, S. 5ff] und [Hof16, S. 39ff] verwiesen.

Nach der rein theoretischen Darstellung der automatisierten Längsführung stehen – wie in [Hof16, S. 39] aufgezeigt – drei Probanden dem FAS skeptisch gegenüber. Sie besitzen langjährige Fahrerfahrung und empfinden es schwierig, dem System zu vertrauen. Deshalb würden sie eher Handlungsempfehlungen zum kraftstoffeffizienten Fahren bevorzugen. Drei weitere Probanden sind unschlüssig bezüglich des FAS. Ein Proband sieht das FAS als Unterstützung an und würde sich gerne Teile der Fahraufgabe abnehmen lassen.

3.1.2.6 Fahrsimulatorstudie zur Anforderungsdefinition

Die vorangegangene Feldstudie und Fokusgruppe dient der Einschränkung des Lösungsraums für die empirische Fahrsimulatorstudie zur Anforderungsdefinition.

Im Rahmen dieser Studie können die Lkw-Fahrer das FAS im späteren Nutzungskontext erleben. Ziel der Studie ist die Ermittlung der essentiell nötigen Informationseinheiten, des optimalen Informationszeitpunkts sowie des Ausgabeorts aus Fahrersicht.

Hierzu wird das FAS im dynamischen Lkw-Fahrsimulator des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik der TU München prototypisch implementiert.

Wie in [Ben16] aufgezeigt, nehmen 32 Lkw-Fahrer (31 männlich, 1 weiblich) mit einem gültigen Führerschein der Klasse C bzw. CE teil. Die Altersspanne liegt zwischen 21 und 66 Jahren (MW = 40,4). Vorerfahrung im Umgang mit einem Tempomaten im LKW haben 94% der Probanden. Dagegen besitzen nur 28% einen abstandsgeregelten Tempomaten in ihrem meistgenutzten Fahrzeug.

Für Details zum Versuchsdesign wird verwiesen auf [Hof16, S. 44ff]. Die aggregierten Ergebnisse hinsichtlich der essentiell nötigen Informationseinheiten sind in Abbildung 3-2 dargestellt. Zur Förderung von Nachvollziehbarkeit und Vertrauen benötigte die Mehrheit der befragten LKW-Fahrer Informationen zum Regelgrund und dessen Entfernung. Um zu wissen, ob das System korrekt funktioniert, waren Informationen zu Status und Regelgrund für die LKW-Fahrer essentiell.

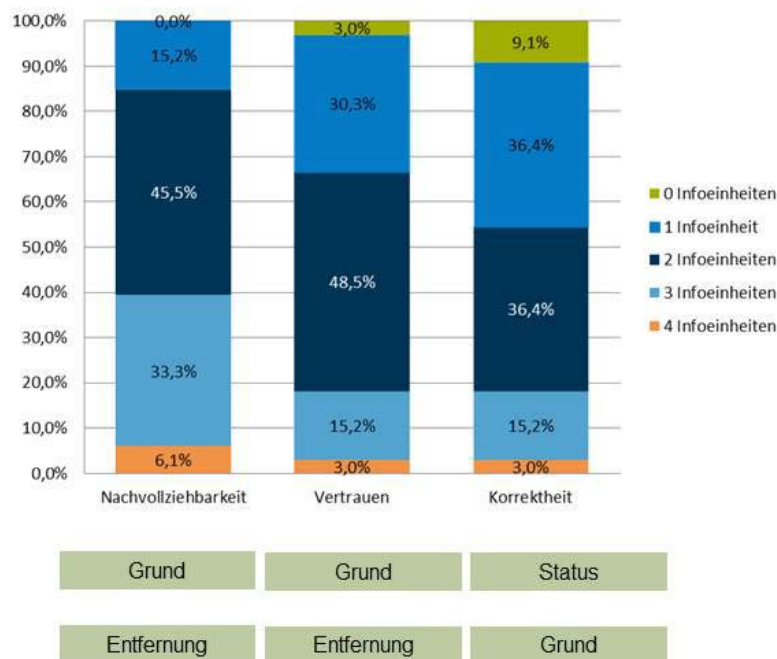


Abbildung 3-2: Aus LKW-Fahrersicht essentiell nötige Informationseinheiten hinsichtlich Nachvollziehbarkeit, Vertrauen und Korrektheit [Ben16]

Als Ausgabeort bevorzugten 55% der Fahrer das Kombidisplay, während 39% das Head-Up Display nannten (Abbildung 3-3).

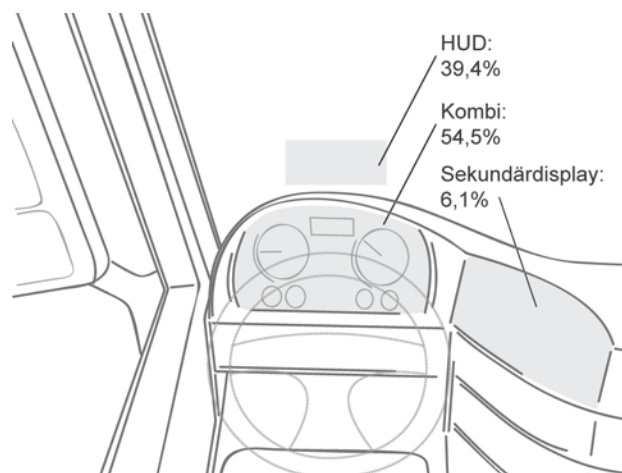


Abbildung 3-3: Aus LKW-Fahrersicht bevorzugter Ausgabeort [Ben16]

Als Informationszeitpunkt wurde der Beginn der Geschwindigkeitsänderung als ausreichend bewertet. Ein früherer Zeitpunkt war aufgrund der vorausschauenden Änderung der Geschwindigkeitstrajektorie nicht nötig.

3.2 AP2000 – Entwicklung von Konzeptentwürfen

Im ersten Unterkapitel werden Zielsetzung sowie das eingesetzte Vorgehen zur Entwicklung von Konzeptentwürfen erläutert. Anschließend werden die erzielten Ergebnisse dargestellt.

3.2.1 Zielsetzung und Vorgehen AP 2000

Zielsetzung dieses Arbeitspaketes ist die Entwicklung eines Spektrums von HMI-Anzeigevarianten, die sich inhaltlich sowie hinsichtlich der grafischen Umsetzung der Informationseinheiten unterscheiden. Zudem sollen im Rahmen eines Filterprozesses der Lösungsraum für die nachfolgende, formative Fahrstudie mit Lkw-Fahrern eingeschränkt werden. Für diesen Versuch soll eine Auswahl an HMI-Konzepten vorliegen, die prototypisch implementiert im Fahrstudie einsetzbar ist.

Zur Erreichung der Zielsetzung wird ein Vorgehen in Anlehnung an die ISO Norm 9241-210 [DIN11] zur nutzerzentrierten Gestaltung gewählt. Auf Basis der ermittelten Anforderungen aus Abschnitt 3.1 sowie der Erkenntnisse zum Nutzungskontext werden die HMI-Konzeptentwürfe iterativ entwickelt. Das eingesetzte Vorgehen ist in Abbildung 3-4 dargestellt.

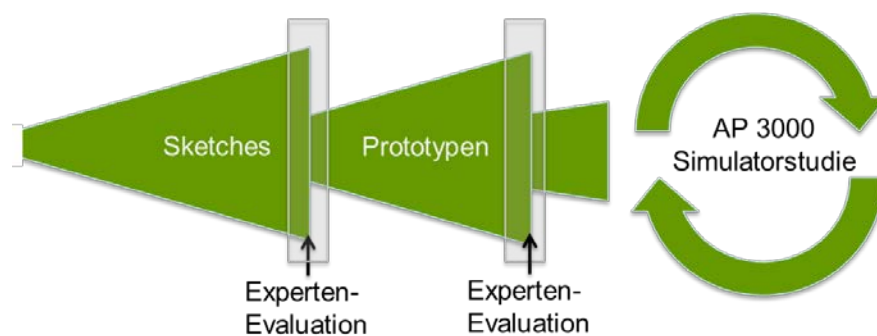


Abbildung 3-4: Vorgehen der Konzeptentwicklung mit Übergang zur formativen Fahrstudie aus AP 3000

Als Filterprozess werden zwei Expertenevaluationen eingesetzt, bevor die in Abschnitt 3.3 beschriebene nutzerzentrierte Fahrstudie zur formativen Evaluation durchgeführt wird. Als Expertenstudien werden die heuristische Walkthrough Analyse sowie eine Validierungsstudie mittels Videoprototypen gewählt.

3.2.2 Ergebnisse AP 2000

In den nächsten Abschnitten werden die eingesetzten Expertenstudien (heuristische Walkthrough Analyse, Validierungsstudie mittels Videoprototypen) erläutert.

3.2.2.1 Expertenstudie mittels heuristischer Walkthrough Analyse

Die heuristische Walkthrough Analyse mit Experten wird zur formativen Evaluation durchgeführt. Die eingesetzte Methodik wird in [Hof16, S. 53ff] diskutiert. Das Evaluationsteam ist multidisziplinär und setzt sich aus Designern, Human Factors Entwicklern und Funktionsentwicklern zusammen.

Zur Visualisierung der Informationseinheiten wird zunächst das Kombidisplay als Ausgabeart betrachtet (Präferenz aus Abschnitt 3.1.2.6). Als Zielsetzung dieser Studie lassen sich zwei Fragestellungen unterscheiden:

- Wie sollen die Informationseinheiten dargestellt werden?
- Wo innerhalb des Kombiinstrumentes sollen die Informationseinheiten angezeigt werden?

Um den Evaluatoren die wichtigsten Aspekte zum Funktionsprinzip der automatisierten, kraftstoffeffizienten Längsführung nochmals zu erläutern, findet zunächst eine Einweisung in die Funktion statt. Gleichzeitig wird die Zielsetzung der Untersuchung, Ablauf und die Aufgaben des Evaluators erklärt. Zudem werden die anzuwendenden Bewertungskriterien (Heuristiken) eingeführt. Die Evaluation findet szenariobasiert statt, um die Anzeigen im späteren Nutzungskontext darzustellen. Das jeweilige Szenario wird den Evaluatoren in Bild und Textform präsentiert.

Während für die Erkenntnisse zum Anordnungsschema auf [Hof16, S. 55ff] verwiesen wird, werden die Ergebnisse zur Visualisierung der Informationseinheiten nachfolgend erläutert.

Zur intuitiven Verständlichkeit werden die Informationseinheiten mittels bekannter Symbole visualisiert. Zudem werden generische Symbole eingesetzt, um die Anzahl der darzustellenden Symbole und somit die Anzeigekomplexität zu reduzieren. So wird beispielsweise das in Abbildung 3-5 (links) dargestellte, generische Verkehrszeichen mit Darstellung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit nicht nur für Tempolimits genutzt, sondern beispielsweise auch für Baustellen oder Ortseinfahrten eingesetzt.

Auch für die Visualisierung der Ampeln werden einfache, abstrakte und intuitiv verständliche Symbole genutzt. Zwei Darstellungsvarianten zeigt Abbildung 3-5 (Mitte). Dabei liegt die Herausforderung im dynamischen Charakter der Lichtsignalanlage. Zur Komplexitätsreduktion wird die Ampelphase angezeigt, auf die das FAS vorausschauend regelt. Der Übergang zwischen verschiedenen Phasen wird nicht visualisiert. Ob diese Information für die Lkw-Fahrer ausreichend ist, soll im Rahmen der nachfolgenden formativen Fahr-simulatorstudie (3.3) untersucht werden.



Abbildung 3-5: Visualisierung der Informationseinheiten mittels bekannter Symbole; Verkehrszeichen Tempolimit 50 (links); Ampelphasen (Mitte); neue Zielgeschwindigkeit (rechts)

Des Weiteren wird die Zahl der Informationseinheiten ergänzt um die zukünftige Zielgeschwindigkeit, auf die das FAS vorausschauend regelt. Dies soll die Systemtransparenz erhöhen und dem Fahrer Individualisierungsmöglichkeit durch eine Anpassung der Zielgeschwindigkeit geben. Die Zielgeschwindigkeit soll in räumlicher Nähe zur Ist-Geschwindigkeit in Form eines grünen Pfeils visualisiert werden Abbildung 3-5 (rechts).

Auf Basis der Erkenntnisse der heuristischen Walkthrough Analyse werden die Prototypen weiterentwickelt und stehen in Form von Videoprototypen für die nachfolgend beschriebene Validierungsstudie zur Verfügung.

3.2.2.2 Validierungsstudie mittels Videoprototypen

Die Validierungsstudie mittels Videoprototypen wird zur Vorbereitung der empirischen Fahrstudie (3.3) eingesetzt, um konzeptionelle Schwachstellen zu ermitteln. Durch den Einsatz der Videoprototypen können die iterativ entwickelten Anzeigekonzepte im zeitlichen Verlauf in unterschiedlichen Szenarien analysiert werden. Für die Diskussion der eingesetzten Methodik wird verwiesen auf [Hof16, S. 54].

Für die Videoprototypen werden Fahrsituationen mit mehreren Richtungsfahrstreifen auf reinen Kraftfahrzeugstraßen sowie im urbanen Raum mit Mischverkehr ausgewählt. Die für die Videoaufnahme gefahrene Strecke ist 32 Kilometer lang und befindet sich im Norden Münchens (Abbildung 3-6).

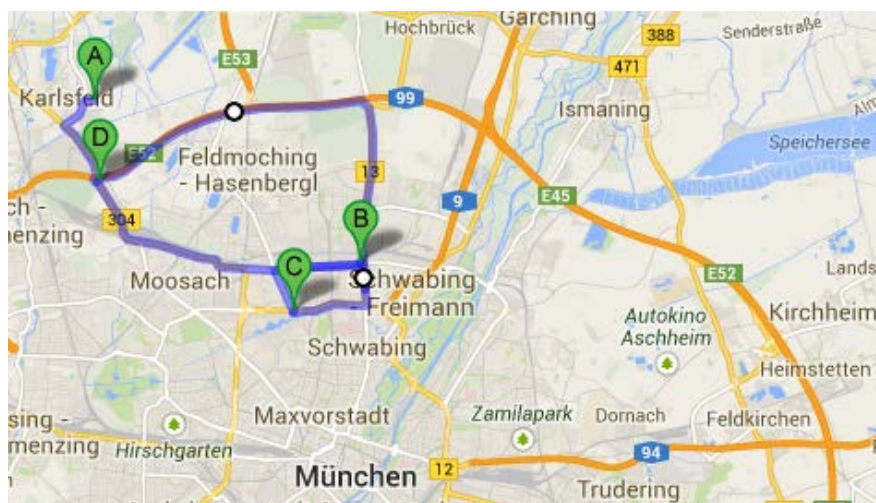


Abbildung 3-6: Streckenbasis für die Videoprototypen mit jeweils mehreren Richtungsfahrbahnen (Kartendaten Google Maps)

Die Videoaufnahme wird aus zwei Perspektiven (Kabinenperspektive und Frontsicht) durchgeführt, wie in Abbildung 3-7 dargestellt.

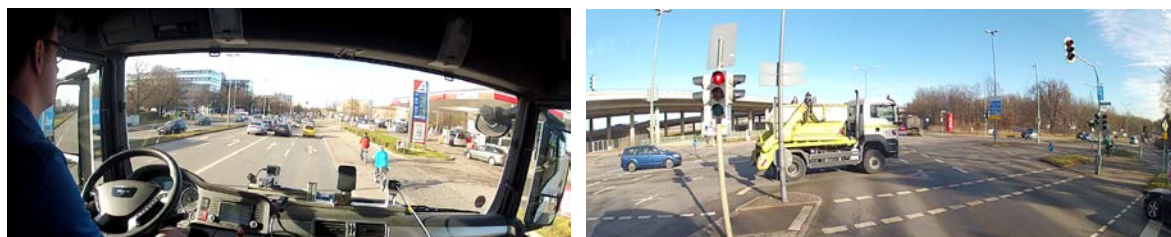


Abbildung 3-7: Videoaufnahme aus der Kabinenperspektive (links) sowie der Frontsicht (rechts)

Zur Umsetzung des Videoprototypen, werden die auf Basis der heuristischen Walkthrough Analyse weiterentwickelten Prototypen digitalisiert und situationsspezifisch animiert. Diese werden zeitsynchron mit Ausschnitten der aufgenommenen Videos integriert.

Die Validierungsstudie liefert Erkenntnisse zur Anwendbarkeit der HMI-Konzepte im zukünftigen Nutzungskontext sowie hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs. Die Kernergebnisse sind in [Hof16, S. 56] zusammenfassend dargestellt.

3.3 AP3000 – Formative Evaluation am Fahrsimulator

Dieser Abschnitt stellt zunächst die Zielsetzung und das eingesetzte Vorgehen zur formativen Evaluation der MMI-Konzepte mittels nutzerbasierter Fahrsimulatorstudie dar. Im Anschluss werden die erzielten Ergebnisse erläutert.

3.3.1 Zielsetzung und Vorgehen AP 3000

Die iterativ entwickelten und mittels Expertenstudien analytisch evaluierten MMI-Konzepte sollen, wie in Abschnitt 3.2.1 skizziert, mit späteren Nutzern formativ evaluiert werden.

Hierzu werden verschiedene Anzeigevarianten eingesetzt. Als Untersuchungsaspekte sollen die fahrerseitige Transparenz, die Wirksamkeit des FAS sowie das mögliche Auftreten von unerwünschten Systemeingriffen untersucht werden. Für die Diskussion der eingesetzten Methodik wird auf [Hof16, S. 54f] verwiesen.

3.3.2 Ergebnisse AP 3000

Nachfolgend wird die Fragestellung der formativen Evaluation aufgezeigt. Anschließend werden die eingesetzten MMI-Konzepte erläutert, Versuchsdesign und Messgrößen dargestellt und auf Apparatus und Szenarien eingegangen. Es folgt die Beschreibung der Stichprobe, die Darstellung der Ergebnisse sowie die anschließende Diskussion.

3.3.2.1 Fragestellung, Versuchsdesign und MMI-Konzepte

Diese empirische Studie soll offene Aspekte zur konzeptionellen Darstellungsform klären und folglich Antwort auf die klassische Frage zur Anzeigengestaltung nach [Schm81, S. 352], dem „Wie?“, geben.

Hierfür werden fünf verschiedene HMI-Konzeptvarianten in einem Innersubjekt-Versuchsdesign untersucht. Diese unterscheiden sich in

- (UV-1) der Darstellungsform der Informationseinheit Entfernung (metrisch, Balkendarstellung, sowie implizit in Relation zur Position des Ego-Fahrzeugs)
- (UV-2) dem Anzeigeort (nur Kombidisplay sowie Kombidisplay mit kontaktanalogem Head-Up Display, kHUD)
- (UV-3) der Detailtiefe der Informationseinheit Grund (nur Regelobjekt sowie Regelobjekt und vorausliegendes, nicht regelungsrelevantes Objekt)

Diese Unterscheidungskriterien (unabhängige Variablen, UV) verteilen sich auf die fünf MMI-Varianten. MMI-Konzept A (Abbildung 3-8) zeigt die Entfernung metrisch an, alle Informationseinheiten werden alleinig im Kombidisplay visualisiert und es wird lediglich das Regelobjekt, keine dazwischenliegenden nicht regelungsrelevanten Objekte angezeigt (geringe Detailtiefe der Informationseinheit Grund). Um den Fokus der Probanden auf die konzeptionelle Darstellung zu lenken, ist das restliche Kombidisplay abstrakt und einfach gehalten.

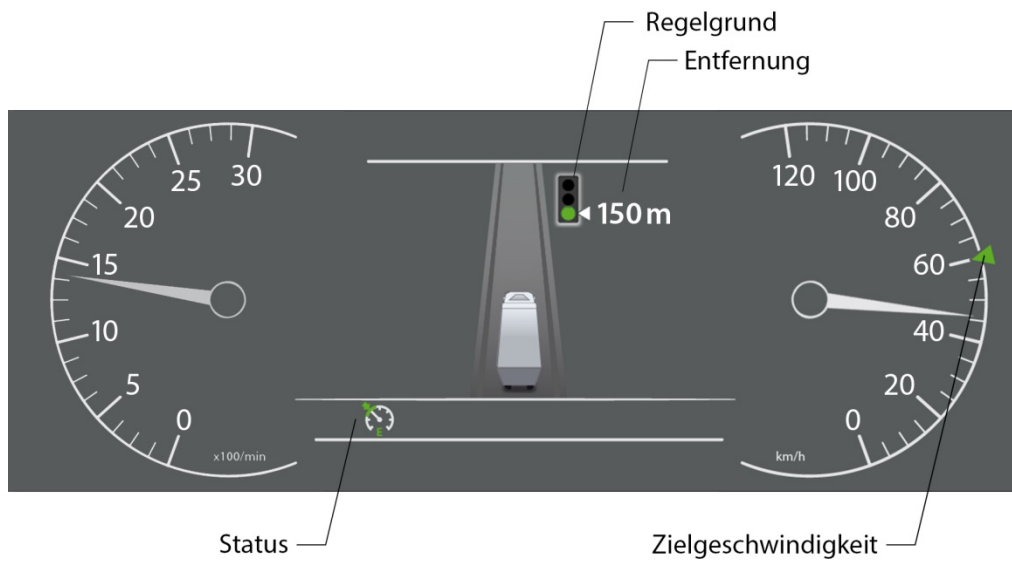


Abbildung 3-8: Konzept A: Darstellung der Entfernung textuell in Metern

Abbildung 3-9 zeigt MMI-Konzept B. Der Unterschied zu Konzept A liegt in der Darstellungsform der Informationseinheit Entfernung. Diese wird in Form eines sich leerenden Balkens visualisiert.

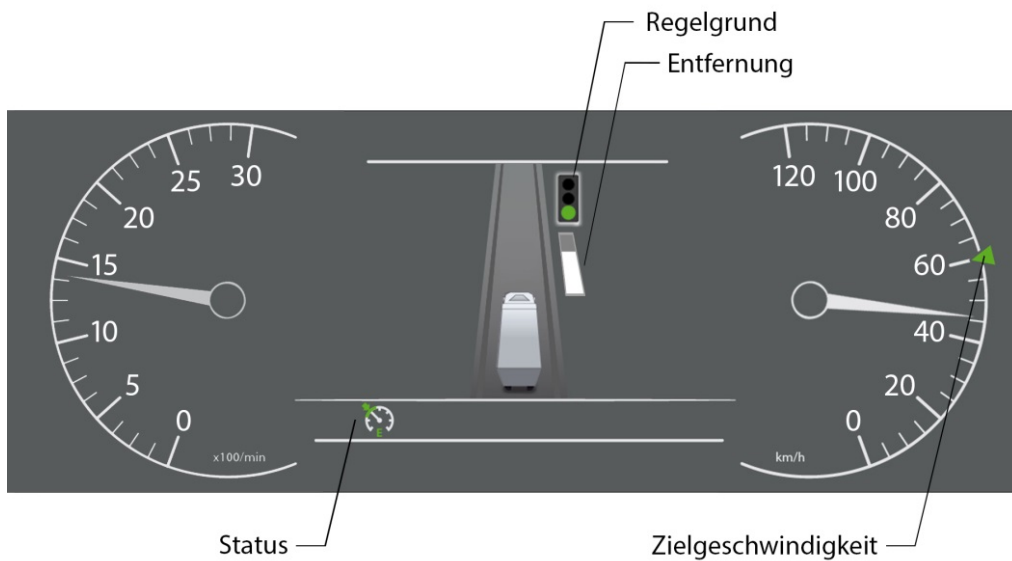


Abbildung 3-9: Konzept B: Darstellung der Entfernung als Balken

In Abbildung 3-10 ist MMI-Konzept C skizziert. Unterschied zu Konzept A und B betrifft ebenfalls nur die Darstellung der Entfernung. Diese ist implizit in Relation zur Position des Ego-Fahrzeugs visualisiert.

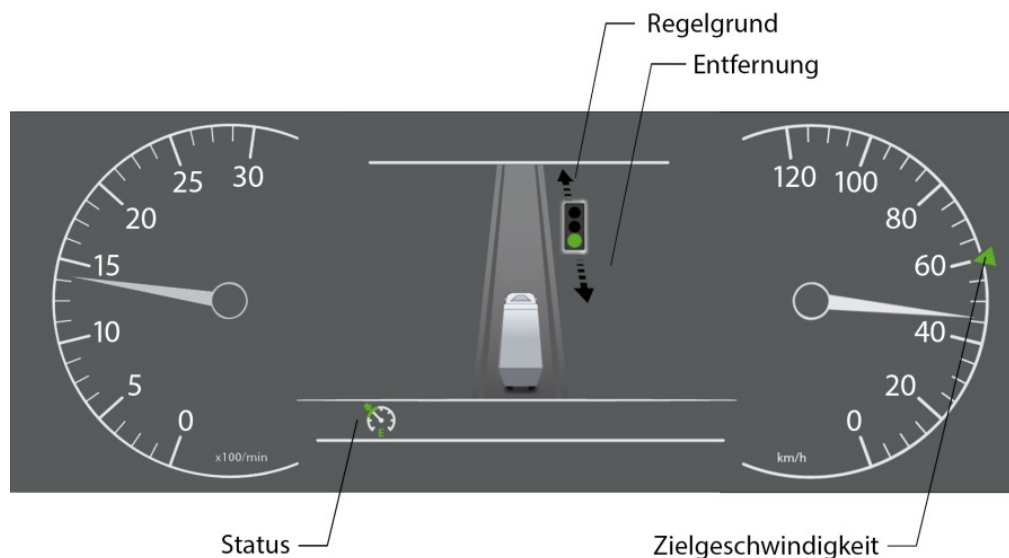


Abbildung 3-10: Konzept C: Darstellung der Entfernung relativ zur Position des Ego-Fahrzeugs

MMI-Konzept D unterscheidet sich von den vorangegangenen Konzepten darin, dass der Fahrer zusätzlich Informationen im kontaktanalogen Head-Up-Display (kHUD) erhält. In der Statuszeile des kHUDs werden, wie Abbildung 3-11 zeigt, Ist-Geschwindigkeit, Regelgrund, Entfernung (metrisch) und Zielgeschwindigkeit dargestellt. Zudem werden die erkannten Regelobjekte mit Ecken umrandet. Die teilweise redundante Anzeige im Kombidisplay entspricht Konzept C.

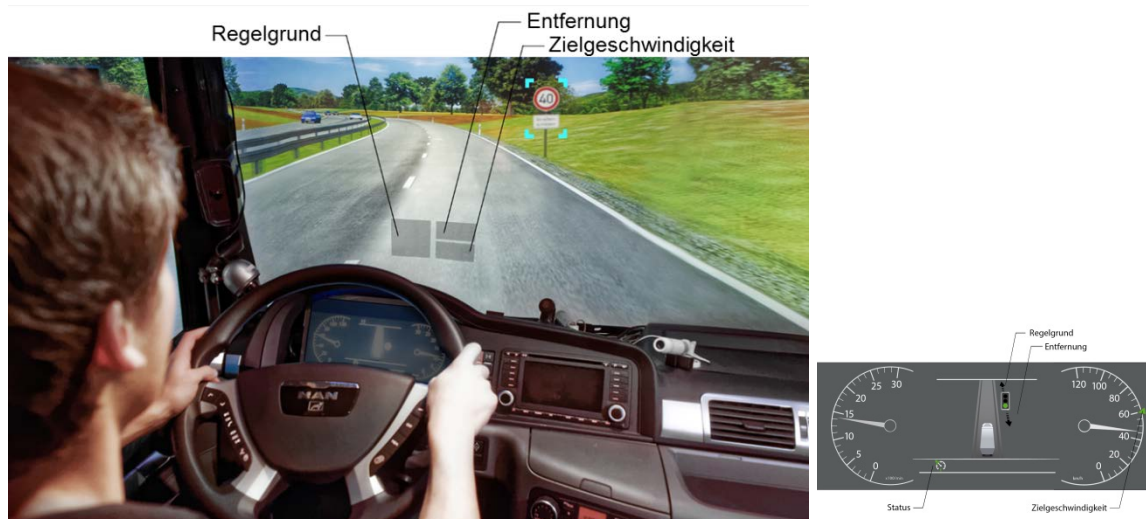


Abbildung 3-11: Konzept D: Redundante Darstellung der Informationseinheiten im kHUD und Kombidisplay (C)

MMI-Konzept E wiederum ist allein im Kombidisplay dargestellt. Es unterscheidet sich zu allen anderen Kombidisplay-Konzepten darin, dass eine hohe Detailtiefe der Informationseinheit Grund dargestellt wird. Folglich wird nicht nur das Regelobjekt visualisiert, sondern auch dazwischenliegende nicht regelungsrelevante Objekte wie die grüne Ampel vor der roten Ampel in Abbildung 3-12. Die Entfernung ist wie in Konzept C implizit in Relation zur Position des Ego-Fahrzeugs dargestellt.

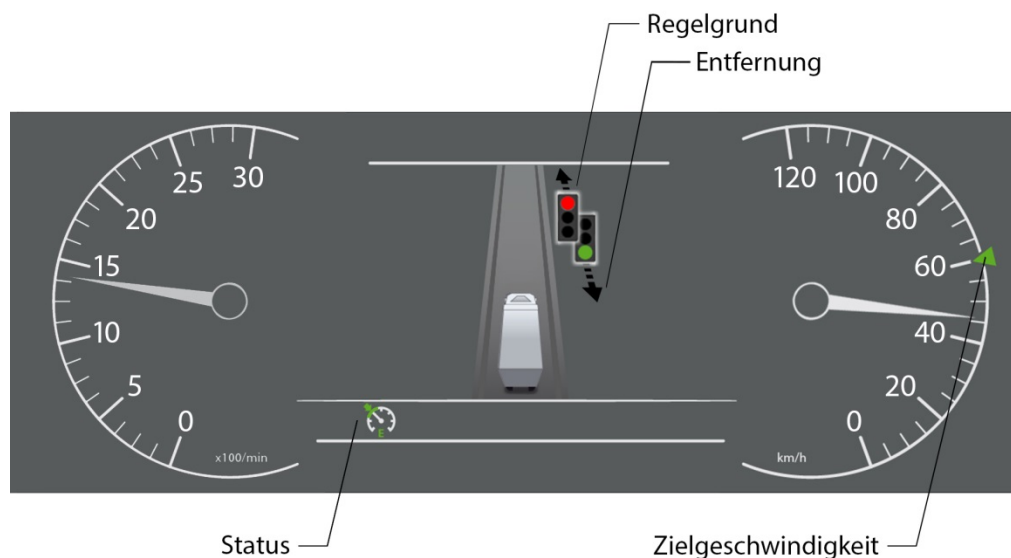


Abbildung 3-12: Konzept E: Hohe Detailtiefe Informationseinheit Grund (Darstellung von Regelobjekt und dazwischenliegenden nicht regelungsrelevanten Objekten)

Eine Übersicht, wie sich die drei Unterscheidungskriterien (unabhängige Variablen im Versuchsdesign, UV) auf die MMI-Konzepte verteilen, zeigt Abbildung 3-13.

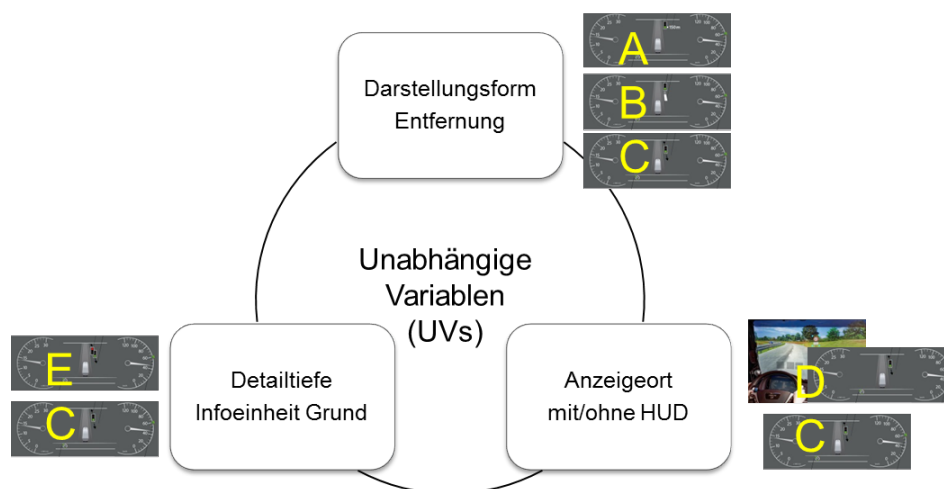


Abbildung 3-13: Unabhängige Variablen im Versuchsdesign

Die eingesetzten Messgrößen werden, wie in [Sto16b] beschrieben, von der Definition der Gebrauchstauglichkeit (engl. Usability) aus der ISO Norm 9241-210:2010 abgeleitet. Diese ist definiert als „Ausmaß, in dem ein System (...) durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um festgelegte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“ [DIN11].

Das Konzept Effektivität umfasst dabei die „(...) Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen“ [DIN11]. Die Anzeige soll dem Fahrer demnach ein genaues Systemverständnis vermitteln, d.h. er soll das Verhalten des FAS verstehen und zukünftiges Verhalten vorhersagen können. Als Messgrößen der Effektivität dienen zum einen Fahrdaten zu unerwünschten Nutzereingriffen (objektiv), sowie die Durschau-

barkeit (subjektiv; ermittelt durch den standardisierten Fragebogen „Usability Evaluation Questionnaire“ [Lau08]).

Effizienz beschreibt das „Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte[m] Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen“ [DIN11]. Dies wird in der vorliegenden Studie durch die Fahrerbeanspruchung ermittelt, welche subjektiv (NASA-RTLX [Har88]) und objektiv (Standardabweichung der lateralen Position [Kna09]) erfasst werden kann.

Abschließend erfolgt die Messung von Zufriedenheit, welche als „positive Einstellung gegenüber der Nutzung“ [DIN11] definiert wird, mithilfe von Fragebögen zu Vertrauen und Akzeptanz (in den Dimensionen Nützlichkeit und Zufriedenheit [Van97]).

Eine Übersicht der Messgrößen in Zusammenhang mit den Kriterien der Gebrauchstauglichkeit gibt Abbildung 3-14.

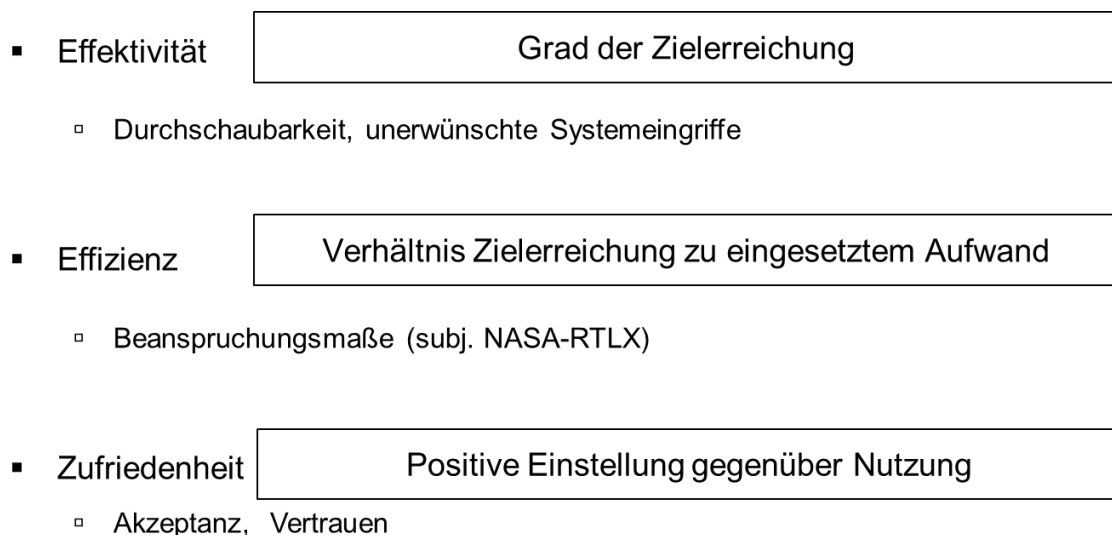


Abbildung 3-14: Zusammenhang zwischen Kriterien der Gebrauchstauglichkeit [DIN11, S. 7] und den ausgewählten Messgrößen

Im Anschluss an alle Messfahrten werden die Probanden gebeten, die Anzeigeconzepte in eine Rangreihenfolge zu bringen und hinsichtlich ihrer persönlichen Präferenz zu ordnen.

Als Versuchsdesign wird ein Innersubjektdesign verwendet, d.h. jeder Proband erlebt jede MMI-Konzeptvariante auf einer jeweils 6,3 km langen Versuchsstrecke im Fahrsimulator.

3.3.2.2 Apparat und Szenarien

Wie in [Sto16b] beschrieben, kommt in dieser Studie ein dynamischer Fahrsimulator zum Einsatz. Dies dient dem Zweck, den Probanden die Geschwindigkeitsveränderungen des FAS durch das Bewegungssystem erlebbar zu machen (siehe Abbildung 3-15). Der eingesetzte Fahrsimulator besteht aus einer MAN-TGS Serienfahrer kabine, die auf einem Hexapod mit 6 Freiheitsgraden montiert ist, sowie einer Sichtsimulation von 210°. Die Sattelzugmaschine ist auf eine Fahrzeugmasse von 40t und ein Automatikgetriebe mit 340kW parametrier t. Das FAS mit automatisierter, kraftstoffeffizienter Längsführung ist prototypisch implementiert und in die Fahrsimulatorsoftware integriert. Das Anzeigeconzept im Kombidisplay wird mithilfe eines 12,3 Zoll TFT-Displays dargestellt. Das kHUD ist durch eine direkte Projektion auf die Leinwand umgesetzt.



Abbildung 3-15: Dynamischer LKW-Fahrsimulator des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik, TU München

Die Versuchsstrecken beinhalten Szenarien wie Ortseinfahrten, Baustellen, enge Kurven und Ampeln mit Phasenwechsel in unterschiedlicher Reihenfolge (Rot auf Grün und umgekehrt). Als Straßentyp sind innerstädtische Arterien mit jeweils zwei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung, sowie rund eineinhalb Kilometer Landstraße enthalten. Um Reihenfolgeeffekten entgegenzuwirken, werden die Versuchsfahrten permutiert und die Gestaltung der Umgebung variiert. Die einzelnen Situationen sind auf der jeweils 6,3 km langen Versuchsfahrt vergleichbar.

3.3.2.3 Beschreibung der Stichprobe

Die teilnehmenden Berufskraftfahrer werden über die Probandendatenbank des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik (TUM) rekrutiert. An der Studie nehmen 36 LKW-Fahrer (33 männlich, 3 weiblich) teil. Die Altersspanne liegt zwischen 23 und 73 ($MW = 19,0$; $SD = 10,7$).

Vorerfahrung mit einem Tempomaten haben alle Probanden. Dagegen haben nur 16 Probanden (44,4 %) zuvor einen abstandsgeregelten Tempomaten (ACC) in einem LKW oder PKW benutzt.

3.3.2.4 Ergebnisse des MMI-Konzeptvergleichs

Die Ergebnisse der persönlichen Rangreihenfolge der MMI Konzepte werden mittels Punktesystem (erster Platz bekommt sechs Punkte, der fünfte Platz einen Punkt) transformiert (Abbildung 3-16)

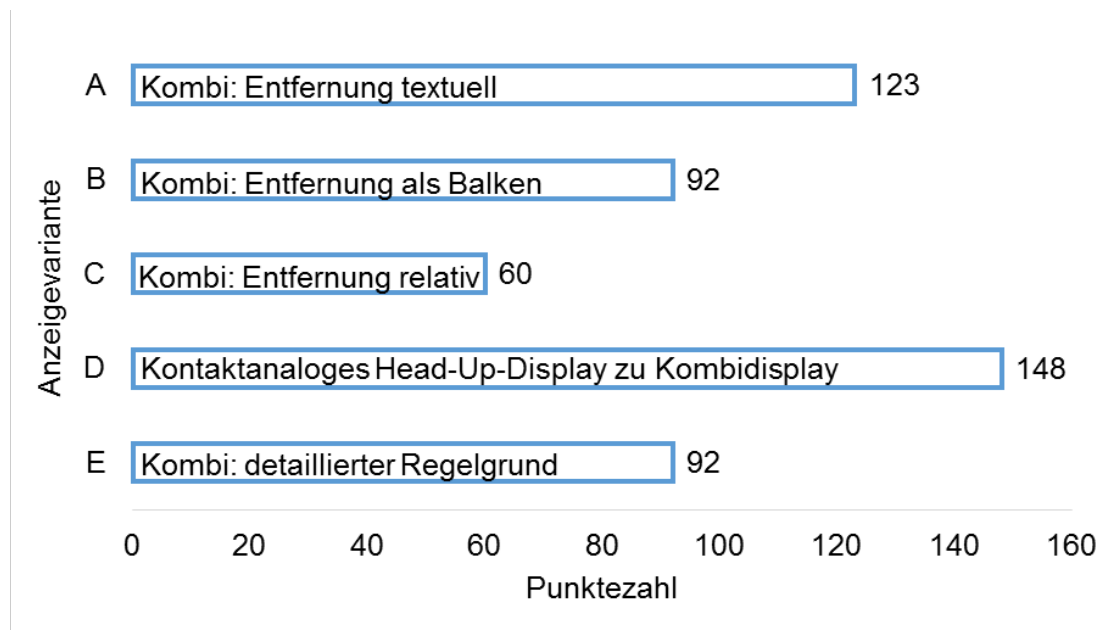


Abbildung 3-16: Rangreihenfolge der Anzeigevarianten A-E nach der persönlichen Präferenz der LKW-Fahrer mittels Punktesystem

Auf Basis der Rangreihenfolge der persönlichen Präferenz der Probanden wird MMI-Konzept D mit kHUD am besten bewertet. Das am höchsten bewertete Anzeigekonzept im Kombidisplay ist MMI-Konzept A mit metrischer Entfernungsangabe. Konzept B und E teilen sich den vorletzten Platz während Konzept C am niedrigsten bewertet wird.

Nachfolgend werden die explorativen Forschungsfragen aus Abschnitt 3.3.2.1 analysiert.

UV-1: Darstellung der Informationseinheit Entfernung

Aufgrund der Ergebnisse zur persönlichen Präferenz werden zur Analyse der Entfernungsdarstellung die Konzepte A mit B sowie A mit C verglichen.

Beim Vergleich der Konzepte A (textuelle Entfernungsdarstellung) mit Konzept B (Balkendarstellung) ergeben sich folgende Ergebnisse. Hinsichtlich der Nützlichkeit wird Konzept A von den LKW-Fahrern signifikant besser bewertet als die Konzept B mit mittlerem bis großem Effekt ($z = -2.66, p = .008, r = -.46$). Ein vergleichbarer Unterschied zwischen A und B zeigt sich in der Zufriedenheit ($z = -2.44, p = .015, r = -.42$). Dies veranschaulicht Abbildung 3-17.

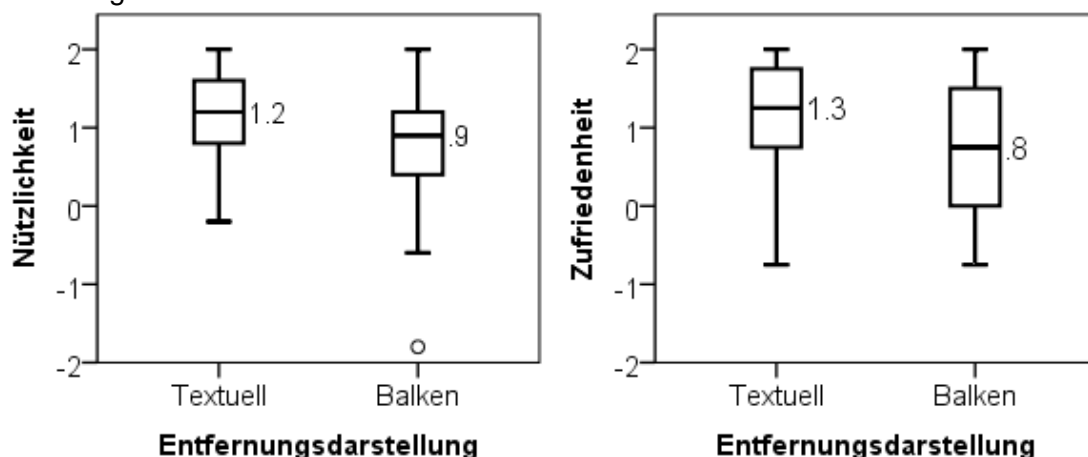


Abbildung 3-17 Bewertung der Entfernungsdarstellung (textuell vs. Balken) hinsichtlich Nützlichkeit (links) und Zufriedenheit (rechts)

Hinsichtlich der Nützlichkeit wird im Vergleich zwischen MMI-Konzept A und C ebenfalls die textuelle Darstellungsform der Entfernung (A) signifikant besser bewertet als die Darstellung relativ zur Position des Ego-Fahrzeugs (C) (mittlerer Effekt ($z = -2.07, p = .039, r = -.36$)). Kein Unterschied zeigt sich hingegen bezüglich der Zufriedenheit (siehe Abbildung 3-18).

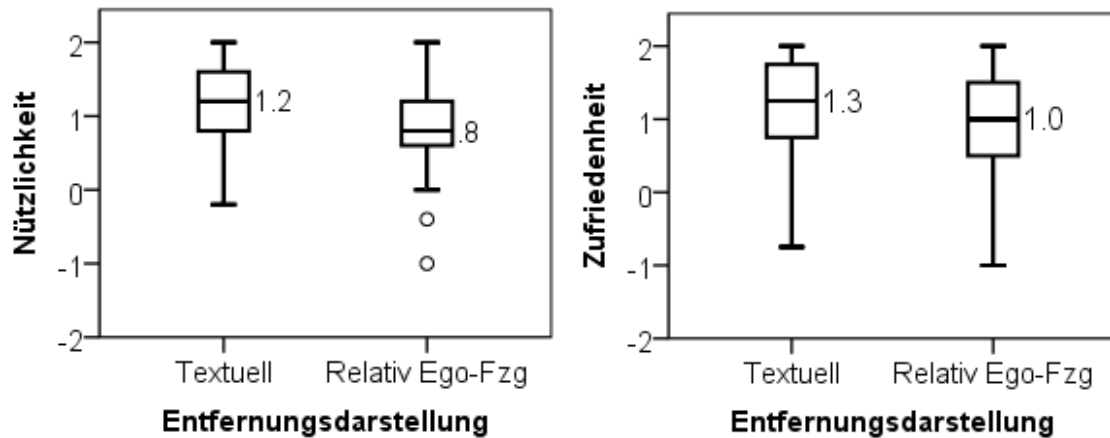


Abbildung 3-18 Bewertung der Entfernungsdarstellung (textuell vs. Relativ zu Ego-Fahrzeug) hinsichtlich Nützlichkeit (links) und Zufriedenheit (rechts)

Hinsichtlich Vertrauen, Beanspruchung und Durchschaubarkeit ergeben sich weder signifikanten Unterschiede zwischen der textuellen (A) und der Balkendarstellung (B) ($z = [-1.664, -1.269], p = [.096, .204]$) noch zwischen der textuellen (A) und der Darstellung relativ zur Position des Ego-Fahrzeugs (C) ($z = [-1.365, -.607], p = [.172, .544]$). Dies ist anhand des Vertrauens beispielhaft in Abbildung 3-19 veranschaulicht.

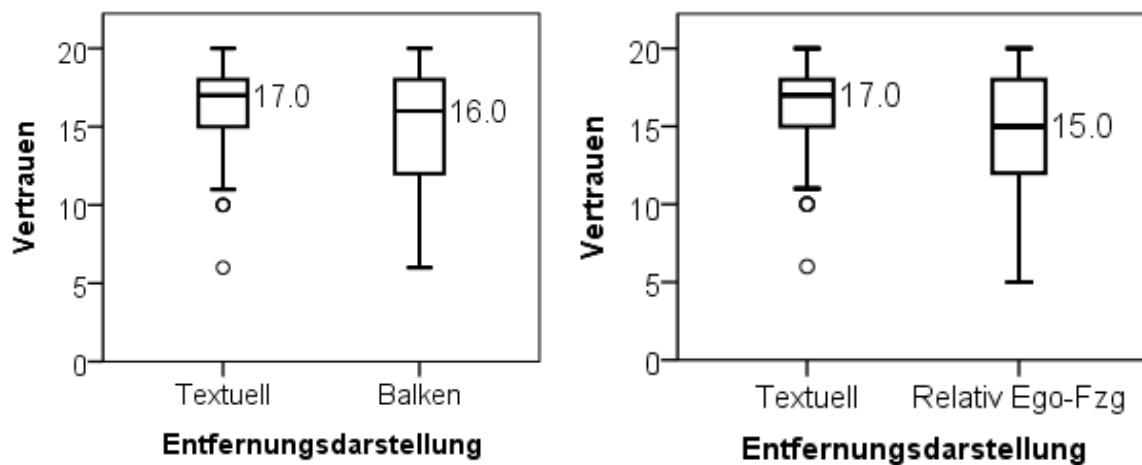


Abbildung 3-19 Bewertung der Entfernungsdarstellung hinsichtlich Vertrauen zwischen (Links: Textuell vs. Balken; Rechts: Textuell vs. Relativ zu Ego-Fahrzeug)

UV-2: Ausgabeort

Bei der Untersuchung des Ausgabeortes wird die Anzeige im kHUD mit zusätzlichem Kombidisplay (Konzept C) hinsichtlich Vertrauen ($z = -2.84, p = .004, r = -.49$) und Nützlichkeit ($z = -1.62, p = .024, r = -.39$) signifikant höher bewertet als die alleinige Kombidisplaydarstellung (Abbildung 3-20 links und Abbildung 3-21). Kein Unterschied zeigt sich hingegen bezüglich der Zufriedenheit (siehe Abbildung 3-20 rechts).

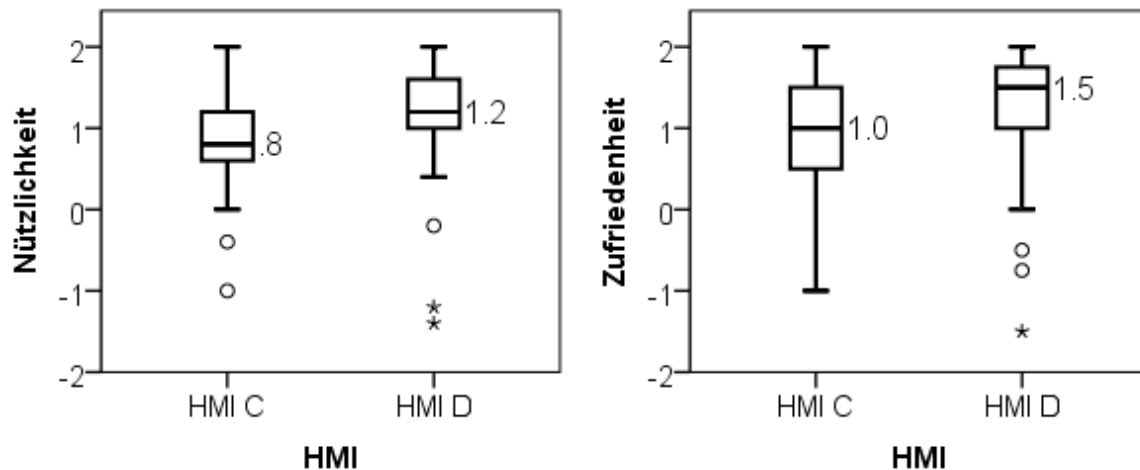


Abbildung 3-20: Bewertung der Ausgabeortes hinsichtlich Nützlichkeit (links) und Zufriedenheit (rechts)

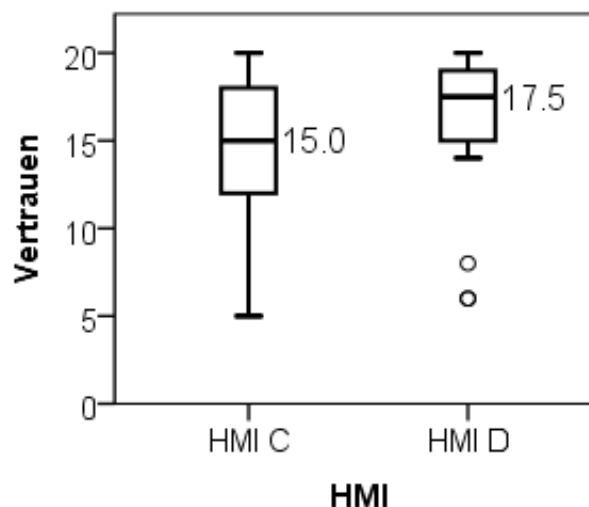


Abbildung 3-21: Bewertung der Ausgabeortes hinsichtlich Vertrauen

Da sich bei diesem Vergleich auch die Darstellungsform der Entfernung zwischen kHUD (D) und Kombidisplay (C) unterscheidet, wird die Bewertung der Rangreihenfolge hinzugezogen. So bewerten 28 der 34 Probanden die Darstellung mit kHUD besser als Konzept C. Davon wiederum bewerten 27 der 28 Probanden die kHUD-Variante besser als Konzept A. Daraus lässt sich ableiten, dass das kHUD von den Probanden bevorzugt wird. Zudem ist der Ausgabeort für die Bewertung einflussreicher als die Darstellungsform der Entfernung.

Im Direktvergleich zwischen der alleinigen Kombidarstellung mit textueller Entfernungsangabe (Konzept A) und zusätzlichem kHUD lassen sich für die betrachteten Messgrößen keine signifikanten Unterschiede mit jeweils kleinem bzw. mittlerem (Vertrauen) Effekt nachweisen.

UV-3: Detailtiefe der Informationseinheit Grund

Bei der Analyse der Detailtiefe der Informationseinheit Grund sind zwischen Konzept E und C keine signifikanten Unterschiede anhand der definierten Messgrößen nachweisbar. Dies könnte durch die negativ bewertete Entfernungsdarstellung beeinflusst sein. In der Rangreihenfolge (Abbildung 3-16) aller Anzeigevarianten befinden sich die Konzepte auf den letzten beiden Plätzen.

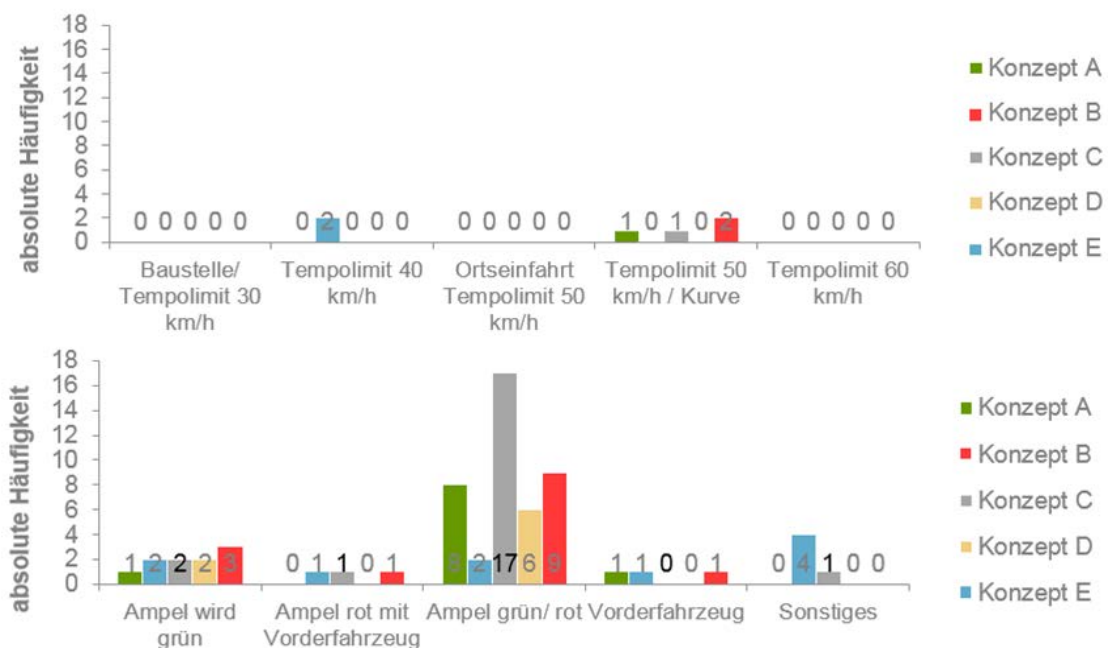
3.3.2.5 Diskussion und Zusammenfassung

Hinsichtlich der Darstellungsform der Informationseinheit Entfernung bevorzugen die Probanden die metrische Angabe.

Das kHUD als Ausgehort wird von einer großen Mehrheit der Probanden sehr positiv bewertet. Einige wenige Probanden haben jedoch Bedenken, dass die Anzeige gerade im Stadtverkehr überladen wirken könnte. Diese Fahrer sind älter als der Durchschnitt. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf, inwieweit redundante Informationen in Kombidisplay und kHUD nicht essentiell nötig sind und nach dem Prinzip des Minimalismus nicht angezeigt werden müssen.

Die Frage zur Detailtiefe der Informationseinheit Grund kann nicht abschließend geklärt werden. Gerade in komplexen Ampelsituationen, in denen sich eine Grün werdende Ampel unmittelbar vor einer noch nicht einsehbaren roten Ampel befindet, fühlen sich die Probanden unzureichend informiert. Dies ist in Abbildung 3-22 veranschaulicht. Obwohl MMI-Konzept E in der Rangreihenfolge der persönlichen Präferenz (Abbildung 3-16) deutlich schlechter als MMI-Konzept A abschneidet, fühlen sich weniger Probanden in der komplexen Ampelsituation (Ampel grün/ rot, Abbildung 3-16

unzureichend informiert. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, wie eine hohe Detailtiefe der Informationseinheit Grund in das MMI-Konzept A für komplexe Ampelsituationen integriert werden könnte.



Frage: „Gibt es eine oder mehrere Situationen auf der letzten Fahrt, in der Sie sich durch den Intelligenten Tempomaten nicht ausreichend informiert gefühlt haben? [n=34]“

Abbildung 3-22: Übersicht der Situationen, in denen sich die Probanden unzureichend informiert gefühlt haben

Keine Unterschiede zeigen sich zwischen den Anzeigevarianten hinsichtlich der Fahrerbeanspruchung, der Spurhaltequalität, sowie der Eingriffe in das System. So wird in 4,1 % aller Fahrten eingegriffen. Dabei verteilen sich die Eingriffe auf die Konzepte B bis E. Daraus kann geschlossen werden, dass die Anzeigevarianten das Systemverständnis fördern und keine bzw. eine geringe Anzahl unerwünschter Systemeingriffe hervorrufen, die das Potential der Kraftstoffeffizienz verringern. Eine Gefahr besteht jedoch in zu hohem Vertrauen, was sich bei nicht situationsgerechtem Verhalten negativ auf die Kontrollierbarkeit und damit auf die Sicherheit auswirken könnte. Dies ist Fokus der Fahrsimulatorstudie aus AP5000.

3.4 AP4000 – Aufbau eines MMI-Demonstrators

Nachfolgend werden Zielsetzung und Vorgehen zum Aufbau eines statischen MMI-Demonstrators aufgezeigt, sowie die Ergebnisse erläutert.

3.4.1 Zielsetzung und Vorgehen AP 4000

Auf Basis der Erkenntnisse der formativen Fahrsimulatorstudie (3.3) soll ein MMI-Konzept abgeleitet und prototypisch realisiert werden.

Weiterhin soll zur Veranschaulichung dieses MMI-Konzepts für die automatisierte, kraftstoffeffiziente Fahrzeuglängsführung ein stehender MMI-Demonstrator aufgebaut werden. Hierzu soll entsprechende Hardware ausgewählt und Software implementiert werden.

Der MMI-Demonstrator wird auch genutzt, um auf der UR:BAN Abschlussveranstaltung die MMI-Konzepte erlebbar zu machen.

3.4.2 Ergebnisse AP 4000

Nach der Erläuterung des weiterentwickelten MMI-Konzepts wird der Aufbau des MMI-Demonstrators aufgezeigt.

3.4.2.1 Optimierte MMI-Konzept im Kombidisplay

Es wird der Fokus auf die Optimierung der Kombidisplay-Darstellung gelegt, weil ein kHUD lediglich eine Zusatzausstattung darstellen könnte. Die Ergebnisse aus Abschnitt 3.3.2 zeigen, dass die Herausforderung größer sein könnte, das gleiche Systemverständnis auf Basis der alleinigen Kombidisplayanzeige aufzubauen.

Das bestbewertete Kombidisplaykonzept, MMI-Konzept A, wird auf Basis der Ergebnisse der formativen Fahrsimulatorstudie weiterentwickelt. Das optimierte MMI-Konzept zeigt Abbildung 3-23. Die Entfernungsdarstellung ist wie bei MMI-Konzept A metrisch. Zudem wird bei dynamischen Infrastrukturelementen eine nicht regelungsrelevante grüne Ampel vor der roten Ampel als Regelobjekt dem Fahrer visualisiert. Weiterhin wird die abstrakte Darstellung in eine realitätsnähere Darstellung überführt. Für eine detaillierte Erläuterung wird auf [Ben16] verwiesen.

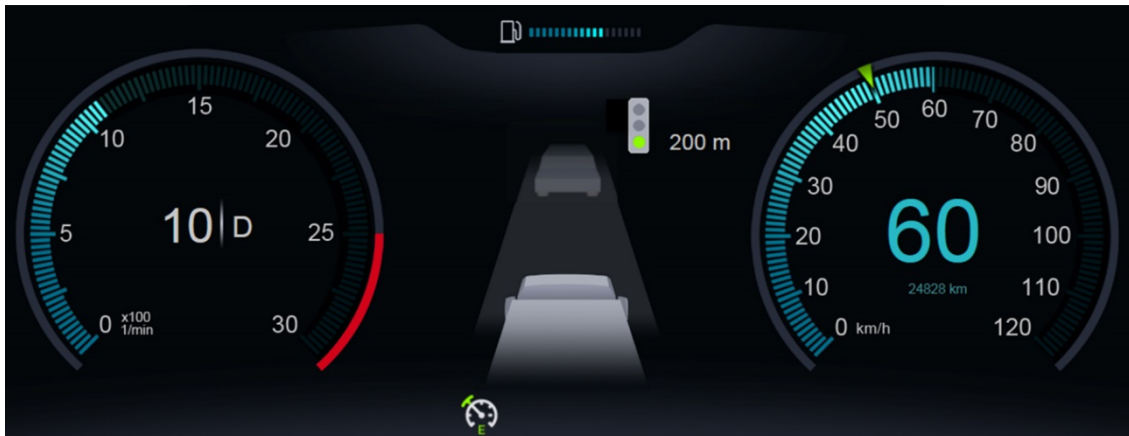


Abbildung 3-23: Optimiertes Anzeigeconcept im Kombidisplay [Ben16]

3.4.2.2 Aufbau des MMI-Demonstratorfahrzeugs

Für das stehende Demonstratorfahrzeug wurde ein in der Mitte geöffnetes und über eine Rampe betretbares MAN TGX Fahrerhaus als Hardwareaufbau eingesetzt (Abbildung 3-24). Über einen Projektor (Abbildung 3-25), der über dem Fahrersitz angebracht ist, wird ein Video der Fahrszene auf die Frontscheibe projiziert. Um die MMI-Konzepte zu visualisieren, wird ein 12,3 Zoll Display anstelle des analogen Serienkombis in das Fahrerhaus integriert.



Abbildung 3-24: (A): Außenansicht des Demonstrators; (B) Innenansicht mit Projektion der Fahrszene; (C) Kombidisplay mit MMI-Konzept

Ein Softwareprogramm auf Basis von C# und XAML wird implementiert und steuert die synchrone Wiedergabe der zwei Videos im Kombidisplay (MMI Konzept) und auf der Frontscheibe (Fahrsituation). Zudem wird eine Client-Server Architektur aufgebaut, um die Videos mit einem Tablet auswählen und steuern zu können (vgl. Abbildung 3-25).

Dem Szenarienatalog werden typische Szenarien im urbanen Raum (3.1.2.3) entnommen und im realen Verkehr aufgenommen. Die ausgewählten Videomittschnitte beinhalten folgende Szenarien:

- Ortseinfahrt hinter einer Kurve
- Grüne Ampel hinter einer Kurve
- Ampel wechselt von Rot auf Grün mit Vorderfahrzeugen
- Ampel wird Rot mit Vorderfahrzeug
- Komplexe Ampelsituation: Rote Ampel direkt hinter einer grünen Ampel (es wird bereits vor der grünen Ampel auf die rote Ampel kraftstoffeffizient ausgerollt)
- Baustelle (Interaktion zwischen Längs- und Querverführung nötig)
- Enge Kurve

Um für Besucher der UR:BAN Abschlussveranstaltung ohne Lkw-Fahrerfahrung die LKW-spezifischen MMI Konzepte zu erläutern, werden in einzelnen Fahrszenen Animationen in Form von Augmented Reality eingeblendet. Diese erläutern das Informationsungleichgewicht zwischen System und Fahrer und veranschaulichen die Veränderungen im MMI-Konzept, wenn auf ein neues Objekt geregelt wird.



Abbildung 3-25: Innenansicht des Demonstrators: a) Projektion auf Frontscheibe; b) Kombidisplay mit MMI Konzept; c) Steuerung über Tablet

3.5 AP5000 – Gesamtevaluation des entwickelten MMI-Konzepts

In diesem Abschnitt werden zunächst Zielsetzung und Vorgehen der Gesamtevaluation des entwickelten MMI-Konzepts aufgezeigt. Es folgt die Darstellung ausgewählter Ergebnisse.

3.5.1 Zielsetzung und Vorgehen AP 5000

In diesem Arbeitspaket soll das iterativ entwickelte und formativ evaluierte MMI-Konzept abschließend evaluiert werden. Hierzu sollen wiederum Lkw-Fahrer als spätere Nutzer des Systems eingesetzt werden.

Die aus der Gebrauchstauglichkeits-Definition abgeleiteten Messgrößen, wie in Abschnitt 3.3.2.1 beschrieben, werden für die Fragestellung dieser Studie angepasst. Die eingesetzte Methodik dieser Studie wird in [Hof16, S. 68ff] diskutiert.

3.5.2 Ergebnisse AP 5000

Die Studie findet am dynamischen Lkw-Fahrsimulator des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik (3.3.2.2) der TU München statt. Die Streckengestaltung ist mit der formativen Evaluation vergleichbar (3.3.2.2). Zudem werden in sechs Szenarien Systemfehler implementiert, sodass auf manchen Strecken die automatisierte, kraftstoffeffiziente Längsführung nicht situationsgerecht regelt. Neben der Kontrollierbarkeitsbewertung wird der Einfluss des erstmaligen Erlebens von Systemfehlern auf die Gesamtbewertung des FAS untersucht.

Für die detaillierte Darstellung zur Ableitung der Untersuchungshypothesen sowie des eingesetzten Versuchsdesigns wird auf [Hof16, S. 67ff] verwiesen.

Nach einer manuellen Baseline-Fahrt, mit dem Appell zum kraftstoffeffizienten Fahren, folgen fünf Messfahrten mit automatisierter, kraftstoffeffizienter Längsführung. Die Situationen in jeder Versuchsstrecke sind jeweils vergleichbar. Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, werden die Reihenfolge der Szenarien sowie die Gestaltung der Strecke variiert. Die fünf Messfahrten mit FAS unterscheiden sich hinsichtlich der Systemzuverlässigkeit. Während auf der ersten Messfahrten das FAS immer situationsgerecht regelt, treten auf der zweiten Messfahrt in zwei Szenarien Systemfehler auf. So wird einmal ein Tempolimit (30 km/ h) für eine temporäre Baustelle nicht erkannt, das Fahrzeug fährt – falls kein Fahrereingriff erfolgt – mit 50 km/ h durch die Baustelle. Zudem wird in einer anderen Situation auf der Landstraße ein Verkehrszeichen mit Tempolimit aufgehoben und vom FAS nicht erkannt.

Auf der dritten Messfahrt mit FAS regelt das FAS wiederum in allen Szenarien situationsgerecht. Auf Fahrt 4 und 5 treten in sechs Szenarien Systemfehler auf. Diese betreffen die Regelung auf statische und dynamische Infrastrukturelemente sowie auf Umgebungsverkehr (parkendes Fahrzeug, abbiegender Lkw). Für eine detaillierte Szenariobeschreibung wird auf [Hof16, S. 72ff] verwiesen.

An der Studie nehmen 36 Lkw-Fahrer (33 männlich, 3 weiblich) im Alter von 22 bis 65 Jahren teil ($MW = 42,6$; $SD = 10,5$) teil. Vorerfahrung mit einem abstandsgeregelten Tempomaten (ACC) besitzen 40 % der Probanden.

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse aufgezeigt, für eine ausführliche Darstellung wird auf [Hof16, S. 77ff] verwiesen.

Als zentraler Faktor für die Wirksamkeit und die Kontrollierbarkeit der automatisierten, kraftstoffeffizienten Längsführung wird das Vertrauen des Fahrers in das FAS identifiziert (Abschnitt 1.1). Das Vertrauen wird auf einer Skala von 0 bis 20 eindimensional vor und nach jeder Fahrt ermittelt. Die Vertrauensbewertung im Verlauf der Fahrten ist in Abbildung 3-26 dargestellt.

Es zeigt sich, dass das Vertrauen des Fahrers mit positiver Systemerfahrung steigt und mit negativer Systemerfahrung sinkt. Diese Erkenntnisse gehen einer mit [Ant05, S. 10; Lee04; Mui87, S. 532].

Nach [Mui87, S. 535] kann einmal verlorenes Vertrauen in ein System schwer wieder aufzubauen sein. Jedoch hat in dieser Untersuchung die negative Systemerfahrung keinen länger anhaltenden Effekt. Nach der Fahrt 2 mit zwei Systemfehlern steigt das Vertrauen des Fahrers auf der unmittelbar nachfolgenden Fahrt drei signifikant an.

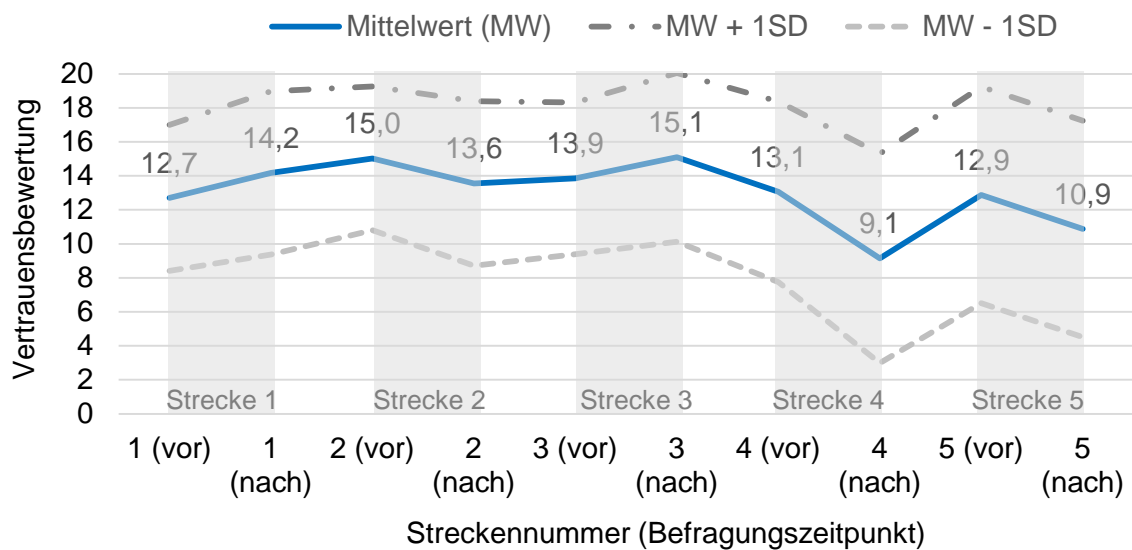


Abbildung 3-26: Vertrauensbewertung jeweils vor und nach jeder Fahrt nach [Hof16, S. 89]

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Automatisierung der Längsführung ist die Fahrerbeanspruchung. Die mittels NASA-RTLX ermittelte, subjektive Beanspruchung nach jeder Strecke zeigt Abbildung 3-27.

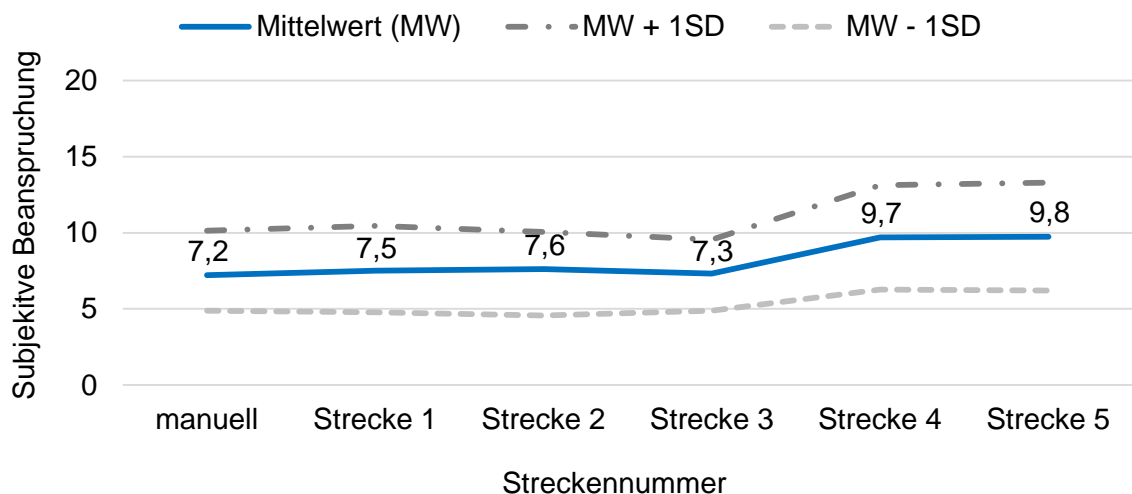


Abbildung 3-27: Bewertung der subjektiven Beanspruchung über alle Strecken

Hier ist beim Vergleich mit der manuellen Baseline-Fahrt festzustellen, dass die Automatisierung der Längsführung in den Strecken 1 bis 3 keinen signifikanten Effekt auf die Fahrerbeanspruchung hat. Folglich senkt die Automatisierung die Fahrerbeanspruchung nicht.

Auch erhöhen die zwei Systemfehler in Strecke 2 die Fahrerbeanspruchung nicht signifikant im Vergleich zu Strecke 1 bzw. 3, in denen das FAS immer situationsgerecht regelt.

Erst in den Strecken 4 und 5 ist die Beanspruchung aufgrund der sechs auftretenden Systemfehler in einer knapp zehnminütigen Fahrt erwartungsgemäß erhöht.

Einschränkung im Versuchsdesign ist hier jedoch, dass im Rahmen dieser Studie nur Kurzzeit-Effekte betrachtet werden können. Für Langzeit- und Gewöhnungseffekte im Umgang mit der automatisierten Längsführung besteht weiterer Untersuchungsbedarf.

In der Abschlussbefragung nach allen Messfahrten, nennen 94 % (32/34) der Probanden, dass sie das FAS in ihrem Lkw nutzen würden [Hof16, S. 94]. Auf Nachfragen antworten die zwei verbleibenden Probanden, dass fehlendes Vertrauen vor allem bei der Regelung auf dynamische Infrastrukturelemente (Ampeln) der Grund für die Nichtnutzung wäre.

Festzuhalten ist, dass die auftretenden Systemfehler keinen länger anhaltenden negativen Effekt auf die Gesamtbewertung der automatisierten Längsführung haben. Zudem verringert die automatisierte Längsführung die Fahrerbeanspruchung nicht.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Um die Kraftstoffkosten als einer der Hauptkostenfaktoren bei schweren Lkw zu reduzieren, kann eine automatisierte Fahrzeuglängsführung eingesetzt werden. Das hier untersuchte FAS regelt auf Vorderfahrzeuge sowie statische und dynamische Infrastrukturelemente wie Tempolimits und Ampeln. Wie in [Sto16a] gezeigt, kann mithilfe einer solchen automatisierten, kraftstoffeffizienten Längsführung der Kraftstoffverbrauch im urbanen Raum gesenkt werden.

Das mitunter hohe Informationsgleichgewicht zwischen FAS und Fahrer zeigt den Bedarf an darzustellenden Informationen. Folglich ist die Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle essentiell. Um angemessenes Vertrauen zu fördern und die Wirksamkeit und Kontrollierbarkeit sicherzustellen, wird das MMI-Konzept nutzerzentriert entwickelt. Der Input der Nutzer wird während des gesamten MMI-Konzeptentwicklungsprozesses berücksichtigt. Zunächst finden verschiedene qualitative und empirische Studien zur Ermittlung der Anforderung statt. Die daraufhin iterativ entwickelten MMI-Konzepte werden mittels analytischer und einer empirischen Studie formativ evaluiert.

Um die MMI-Konzepte im späteren Nutzungskontext erlebbar zu machen, wird ein stehendes MMI-Demonstratorfahrzeug aufgebaut.

Die abschließende Gesamtevaluation zeigt, dass nicht situationsgerechtes Verhalten des FAS keinen länger anhaltenden negativen Effekt auf das Vertrauen hat. Zudem hat, zumindest bei kurzzeitiger Betrachtung, die Automatisierung der Längsführung keinen negativen Effekt auf die Fahrerbeanspruchung.

Während in der Fokusgruppenstudie viele Probanden nach der theoretischen Erläuterung dem FAS noch skeptisch bis ablehnend gegenüberstanden, zeigt die Abschlussbefragung der Fahrsimulatorstudie aus AP5000 das 94,1 % der Probanden das FAS in ihrem Lkw nutzen würden. Folglich lässt sich die Validität des gewählten, nutzerzentrierten Entwicklungsansatz der MMI-Konzepte bestätigen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich Langzeit- bzw. Gewöhnungseffekte. Hier sind sowohl die Auswirkung der Längsführung auf die Fahrerbeanspruchung als auch die Kontrollierbarkeit bei nicht situationsgerechtem Verhalten entscheidende Untersuchungsaspekte.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Annäherung an eine LSA mit Phasenwechsel von Rot auf Grün [Sto16b].....	2
Abbildung 1-2: Einordnung in den im Teilprojekt MMI erarbeiteten Baukasten [Ben16].....	3
Abbildung 3-1: Vorgehen zur Entwicklung eines Szenarienkatalogs in Anlehnung an [Hey12; Hey14, S. 13]	7
Abbildung 3-2: Aus LKW-Fahrersicht essentiell nötige Informationseinheiten hinsichtlich Nachvollziehbarkeit, Vertrauen und Korrektheit [Ben16] ...	9
Abbildung 3-3: Aus LKW-Fahrersicht bevorzugter Ausgabeort [Ben16]	9
Abbildung 3-4: Vorgehen der Konzeptentwicklung mit Übergang zur formativen Fahrsimulatorstudie aus AP 3000.....	10
Abbildung 3-5: Visualisierung der Informationseinheiten mittels bekannter Symbole; Verkehrszeichen Tempolimit 50 (links); Ampelphasen (Mitte); neue Zielgeschwindigkeit (rechts)	11
Abbildung 3-6: Streckenbasis für die Videoprototypen mit jeweils mehreren Richtungsfahrbahnen (Kartendaten Google Maps).....	12
Abbildung 3-7: Videoaufnahme aus der Kabinenperspektive (links) sowie der Frontsicht (rechts)	12
Abbildung 3-8: Konzept A: Darstellung der Entfernung textuell in Metern	14
Abbildung 3-9: Konzept B: Darstellung der Entfernung als Balken	14
Abbildung 3-10: Konzept C: Darstellung der Entfernung relativ zur Position des Ego-Fahrzeugs	15
Abbildung 3-11: Konzept D: Redundante Darstellung der Informationseinheiten im kHUD und Kombidisplay (C).....	15
Abbildung 3-12: Konzept E: Hohe Detailtiefe Informationseinheit Grund (Darstellung von Regelobjekt und dazwischenliegenden nicht regelungsrelevanten Objekten.....	16
Abbildung 3-13: Unabhängige Variablen im Versuchsdesign	16
Abbildung 3-14: Zusammenhang zwischen Kriterien der Gebrauchstauglichkeit [DIN11, S. 7] und den ausgewählten Messgrößen	17
Abbildung 3-15: Dynamischer LKW-Fahrsimulator des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik, TU München.....	18
Abbildung 3-16: Rangreihenfolge der Anzeigevarianten A-E nach der persönlichen Präferenz der LKW-Fahrer mittels Punktesystem	19
Abbildung 3-17 Bewertung der Entfernungsdarstellung (textuell vs. Balken) hinsichtlich Nützlichkeit (links) und Zufriedenheit (rechts)	20
Abbildung 3-18 Bewertung der Entfernungsdarstellung (textuell vs. Relativ zu Ego-Fahrzeug) hinsichtlich Nützlichkeit (links) und Zufriedenheit (rechts)..	20

Abbildung 3-19 Bewertung der Entfernungsdarstellung hinsichtlich Vertrauen zwischen (Links: Textuell vs. Balken; Rechts: Textuell vs. Relativ zu Ego- Fahrzeug).....	20
Abbildung 3-20: Bewertung der Ausgabeortes hinsichtlich Nützlichkeit (links) und Zufriedenheit (rechts)	21
Abbildung 3-21: Bewertung der Ausgabeortes hinsichtlich Vertrauen	21
Abbildung 3-22: Übersicht der Situationen, in denen sich die Probanden unzureichend informiert gefühlt haben.....	22
Abbildung 3-23: Optimiertes Anzeigeconcept im Kombidisplay [Ben16].....	24
Abbildung 3-24: (A): Außenansicht des Demonstrators; (B) Innenansicht mit Projektion der Fahrszene; (C) Kombidisplay mit MMI-Konzept.....	24
Abbildung 3-25: Innenansicht des Demonstrators: a) Projektion auf Frontscheibe; b) Kombidisplay mit MMI Konzept; c) Steuerung über Tablet	25
Abbildung 3-26: Vertrauensbewertung jeweils vor und nach jeder Fahrt nach [Hof16, S. 89]	27
Abbildung 3-27: Bewertung der subjektiven Beanspruchung über alle Strecken.....	27

- [End96]: ENDSLEY, Mica R.: *Automation and situation awareness*. In: *Automation and human performance: Theory and applications*. Mahwah, New Jersey : Lawrence Erlbaum, 1996, S. 163–181
- [Eve09]: EVERS, Claudia: *Auswirkungen von Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern*. Bonn, Friedrich-Wilhelms-Universität, Philosophische Fakultät. Dissertation (2009). URL <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2009/1843/1843.pdf> – Überprüfungsdatum 2016-02-17
- [Gas12]: GASSER, Tom M.: *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung : Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe*. Bremerhaven, 2012 (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen : F, Fahrzeugtechnik)
- [Gro00]: GROTE, G. ; RYSER, C. WAFLE, T. ; WINDISCHER, A. ; WEIK, S.: *KOMPASS: a method for complementary function allocation in automated work systems*. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 52 (2000), S. 267–287
- [Har88]: HART, Sandra G. ; STAVELAND, Lowell E.: *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research*, Bd. 52. In: HANCOCK, Peter A.; MESHKATI, Najmedin (Hrsg.): *Human mental workload*. Amsterdam, New York, New York, N.Y., U.S.A. : North-Holland; Sole distributors for the U.S.A. and Canada, Elsevier Science Pub. Co, 1988 (Advances in Psychology, 52), S. 139–183
- [Hey12]: HEYES, Daniel ; HIPPE, Eberhard ; ZIMMERMANN, Andreas ; RAUDSZUS, Dominik ; RÖMERSPERGER, Xaver ; LIENKAMP, Markus: *Systematische Bewertung des Fahrerinflusses auf die Transporteffizienz von Nutzfahrzeugen : Vortrag 5. Tagung Fahrerassistenz : Schwerpunkt Vernetzung. – Aktualisierungsdatum: 2012*
- [Hey14]: HEYES, Daniel ; DAUN, Thomas J. ; ZIMMERMANN, Andreas ; LIENKAMP, Markus: *Verbundprojekt: ViFa – Virtueller Fahrtrainer Entwicklung eines virtuellen Fahrtrainers zur Unterstützung einer verbrauchs- und verschleißoptimierten Fahrweise : Schlussbericht – Überprüfungsdatum 2014*
- [Hey15]: HEYES, Daniel ; DAUN, Thomas J. ; ZIMMERMANN, Andreas ; LIENKAMP, Markus: *The Virtual Driving Coach - design and preliminary testing of a predictive eco-driving assistance system for heavy-duty vehicles*. In: *European Transport Research Review* 7 (2015), Nr. 3
- [Hil09]: HILLESHEIM, Daniel ; SCHYGULLA, Michael ; BERG, Uwe ; ZÖBEL, Dieter: *Fahrerinformations- und assistenzsystem zur energieeffizienten Planung und Durchführung von Gütertransporten mit Nutzfahrzeugen*, VDI-Berichte, 2068. In: VDI (Hrsg.): *10. Internationale Fachtagung Nutzfahrzeuge: Mit Fachausstellung und Omnibusforum*. Neu-Ulm, 27. und 28. Mai 2009 Düsseldorf, 2009, S. 97–107
- [Hof16]: HOFER, Sonja: *Fahrer-Fahrzeug-Interaktion für eine automatisierte, kraftstoffeffiziente Fahrzeuglängsführung*. München, TU München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Dissertation (in press) (vsl. 2016)
- [Kit06]: KITTERER, Hartmut: *Längsdynamische Fahrerassistenz im Nutzfahrzeug*. Aachen : Ika, 2006 (IKA-Schriftenreihe Automobiltechnik 80)
- [Kna09]: Knappe, G., Keinath, A. & Meinecke, C.: *Empfehlungen für die Bestimmung der Spurhaltegüte im Kontext der Fahrsimulation – Überprüfungsdatum 2014-05-06*
- [Lau08]: LAUGWITZ, Bettina ; HELD, Theo ; SCHREPP, Martin: *Construction and evaluation of a user experience questionnaire* : Springer, 2008

- [Lee04]: LEE, John D. ; SEE, Katrina A.: *Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance*. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 46 (2004), Nr. 1, S. 50–80
- [Loh14]: LOHRE, Dirk ; BERNECKER, Tobias ; STOCK, Wilfried ; DÜSSELDORFF, Karl: *ZF-Zukunftsstudie Fernfahrer 2.0 : Der Mensch im Transport- und Logistikmarkt*. URL <http://www.zf-zukunftsstudie.de/downloads/downloads-2014/> – Überprüfungsdatum 2015-06-10
- [Man08]: MANZEY, Dietrich: Systemgestaltung und Automatisierung. In: BADKE-SCHAUB, Petra; HOFINGER, Gesine; LAUCHE, Kristina (Hrsg.): *Human Factors*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2008, S. 307–324
- [MAN16]: MAN Truck & Bus: *GPS-gesteuerter Tempomat*. URL <http://www.truck.man.eu/ch/de/faszination-und-technik/technologie-und-kompetenz/technik/gps-gesteuerter-tempomat/GPS-gesteuerter-Tempomat.html> – Überprüfungsdatum 2016-02-04
- [Moh13]: MOHRA, Holger: *Fahrerassistenzsystem zur Unterstützung einer energieeffizienten Fahrweise*. München, TU München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Dissertation (2013)
- [Mui87]: MUIR, Bonnie M.: *Trust between humans and machines, and the design of decision aids*. In: *International Journal of Man-Machine Studies* 27 (1987), 5-6, S. 527–539
- [Nor90]: NORMAN, D. A.: *The 'Problem' with Automation: Inappropriate Feedback and Interaction, not 'Over-Automation'*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 327 (1990), Nr. 1241, S. 585–593
- [Sar97]: SARTER, N. B. ; WOODS, D. D. ; BILLINGS, C. E.: Automation Surprises. In: SALVENDY, Gavriel (Hrsg.): *Handbook of human factors and ergonomics*. 2nd ed. New York : Wiley, 1997, S. 1–25
- [Sca16]: Scania: *Scania Active Prediction*. URL <http://www.scania.de/trucks/safety-driver-support/driver-support-systems/active-prediction/> – Überprüfungsdatum 2016-02-04
- [Schm81]: SCHMIDTKE, Heinz: *Lehrbuch der Ergonomie*. 2. bearbeitete und ergänzte Auflage, 1981
- [Sto15]: STOCKERT, Sonja ; WEISE, Sigrun ; MICHEL, Britta ; ZIMMERMANN, Andreas ; LIENKAMP, Markus: Automated fuel efficient longitudinal control for commercial vehicles - Requirements for the Human-Machine-Interface. In: ATZlive Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH (Hrsg.): *1st International ATZ-Conference on Driver Assistance Systems*, 2015
- [Sto16a]: STOCKERT, Sonja: *Driver's information needs while supervising an automated longitudinal vehicle control* (Applied Human Factors in Transportation (AHFE)). Orlando, Florida, 31.08.2016
- [Sto16b]: STOCKERT, Sonja; ZIMMERMANN, Andreas; LIENKAMP, Markus: *Mensch-Maschine-Interaktion für eine kraftstoffeffiziente, automatisierte Fahrzeuglängsführung* In ATZ Extra (2016) 21: 16.
- [Van97]: Van Der Laan, Jinke D. ; HEINO, Adriaan ; WAARD, Dick de: *A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics*. In: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 5 (1997), Nr. 1, S. 1–10

[Wâh07]: WÂHLBERG, Anders E.: Fuel Wasting Behaviors of Truck Drivers. In: *Industrial psychology research trends*, 2007, S. 73–87

Anhang

Anhang A: Diskussionsleitfaden Fokusgruppe (AP1000)	xxxvii
Anhang B: Fragebogen Fahrsimulatorstudie zur Anforderungsdefintion (AP1000).....	xli
Anhang C: Fragebogen formative Evaluation (AP3000).....	xliv
Anhang D: Fragebogen Gesamtevaluation (AP5000)	xlix

Anhang A: Diskussionsleitfaden Fokusgruppe (AP1000)

Inhalt Organisation	Wortlaut Organisation
Teilnehmer begrüßen	
Namensschilder verteilen	
Begrüßung / Vorstellung der Moderatoren	<p>Ein herzliches Willkommen an alle Anwesenden zur heutigen Fokusgruppe. Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, um an unserer Diskussion zum Thema „Fahrerassistenzsysteme“ teilzunehmen.</p> <p>Vorstellung der Moderatoren..</p> <p>Wir haben Sie alle heute als Experten zum Thema eingeladen und möchten, dass Sie Ihre Gedanken und Eindrücken mit uns teilen. Wir haben Sie eingeladen, weil Sie wertvolles Wissen zum Thema haben Wir sind im Besonderen an Ihren Ansichten interessiert, da Sie viel Erfahrung mit Fahrerassistenzsystemen haben.</p> <p>Da wir an Ihren eigenen Meinungen, Ansichten und Erfahrungen interessiert sind, gibt es innerhalb der heutigen Diskussion keine richtigen oder falschen Antworten, sondern nur unterschiedliche Perspektiven. Bitte zögern Sie nicht Ihren Standpunkt mitzuteilen, auch wenn jener von den übrigen abweicht. Vergessen Sie dabei nicht, dass wir an negativen Eindrücken ebenso interessiert sind, wie an positiven und manchmal sind vor allem die negativen Eindrücke am hilfreichsten.</p>
Diskussionsregeln / Formalien	<p>Bevor wir starten, würde ich gerne ein paar Punkte erwähnen, die uns die heutige Diskussion erleichtern werden. Bitte nutzen Sie die Chance und ergreifen Sie das Wort, achten Sie aber darauf, dass immer nur eine Person spricht. Jede Meinung ist wichtig und sollte daher respektvoll behandelt werden. (Zur Erinnerung sind die einzelnen Punkte auf einer Flipchart festgehalten, welche während der Diskussion dort drüber an der Wand hänge wird.) (Du oder Sie?) Diese Sitzung wird aufgezeichnet, jedoch werden in keiner späteren Evaluation Namen genannt, sodass Sie sich Ihrer Anonymität versichert sein können.</p>
Rolle des Moderators	<p>Meine Aufgabe heute wird es sein Fragen zu stellen und Ihnen zu zuhören. Ich selbst werde mich an der Diskussion nicht beteiligen, aber ich lade Sie herzlich dazu ein, sich untereinander auszutauschen. Ich werde Ihnen im weiteren Verlauf etwas Input liefern und eine Reihe von Fragen stellen und die Diskussion moderieren. Jede Person hat eine individuelle Tendenz etwas mehr oder weniger zu erzählen, dabei ist es ganz wichtig, dass jeder einzelne von Ihnen heute gehört wird. Unsere Diskussion wird nicht länger als drei Stunden dauern und anschließend laden wir Sie gerne auf ein Abendessen ein. Für Ihre Teilnahme erhalten Sie ein XY im Anschluss an die Veranstaltung.</p> <p>Ist es ok für Sie, wenn wir Sie zu gewissen Fragen direkt ansprechen?</p>
Vorstellung der Teilnehmer	<p>Sie alle haben bereits Ihre Namensschilder, sodass wir uns gegenseitig persönlich adressieren können. Um die Diskussion zu starten möchte ich Sie bitten... Einstiegsfrage</p>

Konzept Fokusgruppe

Einstiegsfrage	5 min
Reihum ein FAS nennen, welches sehr hilfreich im Alltag ist/wäre und warum (kurze Begründung)	
Einstellung bzgl. Verbrauchsreduktion	10 min
Wie wichtig ist euch das Sparen von Kraftstoff? Ist das Sparen von Kraftstoff eine zusätzliche Belastung (3 Fotos an Stellwand -> gleiche Basis)	Beispielfotos
In der Stadt (Arterie mehrspurig, Ampel)	

Anhang

<p>Landstraßen Autobahn Wie wichtig ist Kraftstoffsparen dem Chef?/ Spedition allg. Prämien?</p>	
<p>Einweisung</p>	<p>10 min</p>
<p>Wir möchten über ein zukünftiges Fahrerassistenzsystem zur vorausschauenden Fahrzeugsteuerung sprechen. Ihr kennt alle das Fahrerassistenzsystem Tempomat. Ist der Tempomat an, so hält das Fahrzeug die gewünschte Geschwindigkeit.</p> <p>Wer von euch hat einen Tempomaten im Fahrzeug?</p> <p>Wir möchten nachfolgend über einen intelligenten Tempomaten sprechen. Ähnlich wie beim euch bekannten Tempomaten, wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs vom Fahrzeug selbst gesteuert. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird jedoch intelligent geregelt.</p> <p>Das Fahrzeug kennt aufgrund von Kartendaten, über Kommunikationswege oder weil es die Strecke schon einmal gefahren ist, vorausliegende Ereignisse.</p> <p>Beispiel Ampel kommuniziert mit Fahrzeug.</p> <p>Das Fahrzeug kann auf diese vorausliegenden Ereignisse frühzeitig reagieren, noch bevor der Fahrer das Ereignis sehen kann. So kann durch vorausschauende, automatische Fahrzeugsteuerung Kraftstoff gespart werden. Der Fahrer hat weiterhin die Aufgabe der Lenkung und kann auch zu jederzeit durch z.B. Bremsen eingreifen und das System übersteuern.</p> <p>Wichtig ist, dass wir heute nicht über das System an sich sondern über die Anzeigen (was ihr seht, vom Fahrzeug mitgeteilt bekommt, z.B. im Kombidisplay) des Systems diskutieren möchten.</p> <p>Wichtig ist (siehe Stellwand):</p> <p>Ziel: Kraftstoff Sparen</p> <p>Fahrzeug steuert die Geschwindigkeit selbständig</p> <p>Fahrzeug kennt vorausliegende Ereignisse</p> <p>Wir möchten euch nun verschiedene Szenarien vorstellen, die die generellen Anwendungsmöglichkeiten eines solchen Systems beschreiben. Diese Szenarien bieten Potentiale zum Sparen von Kraftstoff und zeigen euch ein möglichst umfassendes Bild von den Möglichkeiten des FAS. Ich möchte euch bitten, euch Gedanken zu machen in welchen Szenarien das FAS für euch hilfreich und sinnvoll erscheint zum Sparen von Kraftstoff. Diese Szenarien stellen lediglich eine Auswahl dar.</p> <p>Im Anschluss bitte ich euch, drei Szenarien auszuwählen die eurer Meinung nach am wichtigsten sind um Kraftstoff zu sparen. Es geht um eure persönliche Einschätzung. Ihr könnt im Anschluss an die Vorstellung der Szenarien die drei für euch wichtigsten Szenarien auf der Stellwand mit einem Kreuz markieren.</p>	<p>Kernpunkte System</p>
<p>Vorstellung Szenarien</p>	<p>15 min</p>
<p>An diesen Stellwänden seht ihr eine Auflistung wichtiger Szenarien. Die Szenarien sind in 4 Gruppen unterteilt. Ich werde euch nun die vier Gruppen mit beispielhaften Szenarien vorstellen.</p> <p>Gruppe: Ausrollen auf neue Zielgeschwindigkeit</p> <p>Hier geht es darum, dass das Fahrzeug aufgrund von Karteninformationen, weil es die Strecke bereits schon einmal gefahren ist, oder über Kommunikationswege sehr frühzeitig Informationen über vorausliegende Ereignisse hat. Aufgrund der vorausliegenden Ereignisse ist es nötig, dass die derzeitige Geschwindigkeit des Fahrzeugs verringert werden muss. Das FAS veranlasst, dass das Fahrzeug selbständig ausrollt um die Geschwindigkeit auf die neue Zielgeschwindigkeit zu reduzieren. Durch den Ausrollvorgang kann der Kraftstoffverbrauch reduziert werden.</p> <p><i>Beispiele: Tempolimit, Kurve</i></p> <p>Gruppe: Ausrollen um später zum Stillstand zu kommen</p> <p>Im Gegensatz zur ersten Gruppe sind hier Szenarien enthalten, wo vorausliegende Ereignisse ein verzögern des Fahrzeugs bis zum Stillstand erfordern. Das Fahrzeug rollt vorausschauend aus, um Schwung zu nutzen und den nötigen Bremsvorgang zu reduzieren.</p> <p><i>Beispiele: Rotphase LSA, Stop-Schild, Geplanter Halt</i></p>	<p>Szenarienschaubilder</p>

<p>Gruppe: Minimales Beschleunigen</p> <p>Fährt das Fahrzeug unter der erlaubten Geschwindigkeit, so kann es abhängig von vorausliegenden Ereignissen sinnvoll sein, das Fahrzeug auf die erlaubte und noch sichere Geschwindigkeit zu beschleunigen.</p> <p><i>Beispiele: Grünphase LSA, Geschwindigkeitsaufbau vor Steigung</i></p> <p>Gruppe: Abstand zum Vorderfahrzeug vergrößern</p> <p>Aufgrund von vorausliegenden Ereignissen kann es sinnvoll sein, den Abstand zum Vorderfahrzeug zu vergrößern, um kraftstoffeffizient zu fahren.</p> <p><i>Beispiele: Vor Senke, LSA Nachsetzen, Intelligentes Fahren im Stau</i></p> <p>Nun möchte ich euch bitten, wie vorher erwähnt die drei Szenarien mit einem Kreuz an der Stellwand hier vorne zu markieren, die eurer Meinung nach am sinnvollsten und am wichtigsten sind um Kraftstoff zu sparen. Hinweis auf Leinwand!</p>	
<p>Diskussion Szenarien/ Erweiterung Szenarien</p>	<p>15 min</p>
<p>Wer hat Szenarien 1-2-3 gewählt – in wenigen Sätzen erklären warum</p> <p>Gibt es eine Gruppe, die ihr generell am sinnvollsten findet? In wenigen Sätzen erklären wieso.</p> <p>Was sind die Gründe, wieso ihr skeptisch gegenüber Gruppen XY seit?</p> <p>Können ihr euch noch Szenarien vorstellen, in denen ihr das System sehr hilfreich einschätzt um Kraftstoff zu sparen, die hier aber nicht aufgeführt sind?</p>	
<p>Diskussion Informationsgehalt und Zeitpunkt</p>	<p>40 min</p>
<p>Jetzt ist eure Meinung gefragt. Das System ist technisch machbar, wir wollen nun über die Anzeigen sprechen. Auch wenn das System die Fahrzeugsteuerung vorausschauend und automatisch übernimmt, wollen wir nun über Anzeigen sprechen.</p> <p>Fragen:</p> <p>Möchtet ihr Informationen über den Zustand des Systems angezeigt bekommen?</p> <p>Welche Informationen sind euch als Fahrer wichtig, damit ihr <u>nachvollziehen</u> könnt, was das System gerade macht und was der Zustand des Systems ist. Beginnen wir mit Szenario 1: (erklären anhand von Szenario 1). Welche Informationen wünscht ihr während...</p> <p>Normalfahrt</p> <p>Vorausliegendes Ereignis</p> <p>Nach vorausliegendem Ereignis</p> <p>Angenommen ihr habt ein solches System im Fahrzeug. Welche Informationen möchtet ihr bekommen, damit ihr dem System <u>vertraut</u>? Welche Informationen sind euch wichtig? Beginnen wir mit Szenario 1? Anschließend besprechen wir 2 und 3.</p> <p><i>Trigger: Beispiele Informationseinheiten</i></p> <p>[Auf welche Art und Weise möchtet ihr die Informationen bekommen?</p> <p>Visuell/ Haptisch/ Akustisch und Symbol/ Text / Gong / Sprachansage etc.]</p> <p>Wann möchtet ihr die Informationen zu einem vorausliegenden Ereignis bekommen? Zu welchem <u>Zeitpunkt</u>?</p>	<p>Beispiele Infoeinheiten</p>
<p>- Kurze Pause -</p>	
<p>Diskussion Akzeptanz</p>	<p>40 min</p>
<p>Was sind für euch ausschlaggebende Punkte, damit die Handhabung des Systems <u>einfach und intuitiv</u> ist? Hinweis, es geht um Anzeige, nicht um System</p> <p>Was sind für euch ausschlaggebende Punkte, dass das System für euch <u>nützlich</u> ist? Hinweis, es geht um Anzeige, nicht um System</p> <p>Angenommen, ihr habt solch ein System im Fahrzeug. Was ist für euch ausschlaggebend, damit ihr solch ein System <u>akzeptiert</u>? Wie soll die Anzeige sein, damit ihr das System akzeptiert? Hinweis, es geht um Anzeige, nicht um System</p> <p><i>Trigger:</i></p>	

Anhang

Es muss mich bei der Erfüllung meiner Fahraufgabe unterstützen

Die Meinung meiner Kollegen ist mir wichtig, sie sollten das System befürworten.

Das System muss für mich nachvollziehbar sein

Das System soll so arbeiten, wie ich es erwarte

Das Image des Systems ist mir wichtig

[Angenommen ihr habt ein solches System im Fahrzeug. Wo seht ihr Probleme in der Benutzung des Systems? Hinweis, es geht um Anzeige, nicht um System

Trigger:

Kontrolle über Fahrzeug

Ich schalte ab, bin nicht mehr so aufmerksam

Anhang B: Fragebogen Fahrstudie zur Anforderungsdefinition (AP1000)

Der Fragebogen liegt elektronisch in einer Fragebogensoftware vor und wird im Interviewstil ausgefüllt.

Block A: Versuchsspezifika	
1. Probandennummer	
2. Permutation	
Block B: Demographie	
1. Welches Geschlecht haben Sie?	<input type="radio"/> weiblich/ <input type="radio"/> männlich
2. Wie alt sind Sie?	_____
3. Seit wie vielen Jahren sind Sie im Besitz Ihres LKW-Führerscheins?	_____
4. Wie häufig sind Sie mit dem LKW unterwegs?	<input type="radio"/> nebenberuflich <input type="radio"/> aktuell hauptberuflich <input type="radio"/> früher hauptberuflich <input type="radio"/> sonstiges _____
5. An wie vielen Tagen pro Woche sind Sie mit dem LKW unterwegs?	<input type="radio"/> 5-7 Tage pro Woche <input type="radio"/> 3-4 Tage pro Woche <input type="radio"/> 1-2 Tage pro Woche <input type="radio"/> weniger als 1 Tag pro Woche
6. Wie viele Kilometer fahren Sie durchschnittlich im Jahr?	<input type="radio"/> über 100.000 km <input type="radio"/> 50.000 bis 100.000 km <input type="radio"/> 10.000 – 50.000 km <input type="radio"/> Weniger als 10.000 km
7. Welche Strecken fahren Sie?	<input type="checkbox"/> Fernverkehr <input type="checkbox"/> Verteilerverkehr <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
Block C: Vorerfahrung	
1. Haben Sie das Fahrerassistenzsystem Tempomat in Ihrem Fahrzeug bzw. in dem Fahrzeug, das Sie am häufigsten nutzen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> weiß nicht
2. [Falls 1. Tempomat ja] Wie häufig nutzen Sie den Tempomat?	<input type="checkbox"/> nie <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> sehr häufig
3. Haben Sie das Fahrerassistenzsystem abstandsgeregelter Tempomat (ACC) in Ihrem Fahrzeug bzw. in dem Fahrzeug, das Sie am häufigsten nutzen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> weiß nicht
4. Bedingung [Falls 3. ACC ja] Wie häufig nutzen Sie den abstandsgeregelten Tempomat (ACC)?	<input type="radio"/> nie <input type="radio"/> selten <input type="radio"/> manchmal <input type="radio"/> häufig <input type="radio"/> sehr häufig
Block D: Persönliche Voraussetzungen	
1. Benutzen Sie eine Sehhilfe, wenn Sie LKW fahren?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> k. A.
2. Bedingung [wenn 1. Ja] Welche Sehschwäche haben Sie?	<input type="checkbox"/> Kurzsichtigkeit <input type="checkbox"/> Weitsichtigkeit <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
3. Ist bei Ihnen eine Sehbeeinträchtigung wie Rot-Grün-Blindheit bekannt?	<input type="checkbox"/> Rot-Grün-Blindheit <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
4. Wie müde sind Sie im Moment?	<input type="radio"/> sehr wach <input type="radio"/> wach <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> müde <input type="radio"/> sehr müde
5. Wie aufgeregt sind Sie im Moment?	<input type="radio"/> sehr aufgeregt <input type="radio"/> aufgeregt

Anhang

	<input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> ruhig <input type="radio"/> sehr ruhig
Block E: Problembewusstsein	
1. Wie wichtig ist Ihnen kraftstoffsparendes Fahren?	<input type="radio"/> Sehr unwichtig <input type="radio"/> Unwichtig <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Wichtig <input type="radio"/> Sehr Wichtig
2. Was glauben Sie, wie wichtig ist kraftstoffsparendes Fahren für die Mehrheit der LKW-Fahrer?	<input type="radio"/> Sehr unwichtig <input type="radio"/> Unwichtig <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Wichtig <input type="radio"/> Sehr Wichtig
3. Was glauben Sie, wie wichtig ist kraftstoffsparendes Fahren Ihrem Chef/ Ihrer Spedition?	<input type="radio"/> Sehr unwichtig <input type="radio"/> Unwichtig <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Wichtig <input type="radio"/> Sehr Wichtig
4. Stellen Sie sich vor, Sie würden kraftstoffsparend fahren: Wie stark würde Sie dies auf der Autobahn belasten? [Grafik mit Autobahn gezeigt]	<input type="radio"/> Sehr stark <input type="radio"/> Stark <input type="radio"/> Mittel <input type="radio"/> Wenig <input type="radio"/> Überhaupt nicht
5. Stellen Sie sich vor, Sie würden kraftstoffsparend fahren: Wie stark würde Sie dies auf der Landstraße belasten? [Grafik mit Landstraße gezeigt]	<input type="radio"/> Sehr stark <input type="radio"/> Stark <input type="radio"/> Mittel <input type="radio"/> Wenig <input type="radio"/> Überhaupt nicht
6. Stellen Sie sich vor, Sie würden kraftstoffsparend fahren: Wie stark würde Sie dies in der Stadt belasten? [Grafik mit Stadtverkehr gezeigt]	<input type="radio"/> Sehr stark <input type="radio"/> Stark <input type="radio"/> Mittel <input type="radio"/> Wenig <input type="radio"/> Überhaupt nicht
7. Was meinen Sie: Wie stark würde kraftstoffsparendes Fahren die Mehrheit der LKW-Fahrer auf der Autobahn belasten? [Grafik mit Autobahn gezeigt]	<input type="radio"/> Sehr stark <input type="radio"/> Stark <input type="radio"/> Mittel <input type="radio"/> Wenig <input type="radio"/> Überhaupt nicht
8. Was meinen Sie: Wie stark würde kraftstoffsparendes Fahren die Mehrheit der LKW-Fahrer auf der Landstraße belasten? [Grafik mit Landstraße gezeigt]	<input type="radio"/> Sehr stark <input type="radio"/> Stark <input type="radio"/> Mittel <input type="radio"/> Wenig <input type="radio"/> Überhaupt nicht
9. Was meinen Sie: Wie stark würde kraftstoffsparendes Fahren die Mehrheit der LKW-Fahrer auf in der Stadt belasten? [Grafik mit Stadtverkehr gezeigt]	<input type="radio"/> Sehr stark <input type="radio"/> Stark <input type="radio"/> Mittel <input type="radio"/> Wenig <input type="radio"/> Überhaupt nicht
Block F: Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik	
Bitte bewerten Sie bei den folgenden Aussagen, inwiefern sie auf Sie selbst zutreffen, und zwar auf einer Skala von "trifft absolut zu" bis "trifft absolut nicht zu". Diese Skala liegt vor Ihnen.	
1. Im Allgemeinen bin ich neuen Fahrzeugsystemen gegenüber aufgeschlossen eingestellt.	<input type="radio"/> Trifft absolut zu <input type="radio"/> Trifft eher zu <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Trifft eher nicht zu <input type="radio"/> Trifft absolut nicht zu
2. Auch wenn neue Fahrzeugsysteme in meinem Fahrzeug verbaut wären, würde ich Sie nicht benutzen.	<input type="radio"/> Trifft absolut zu <input type="radio"/> Trifft eher zu <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Trifft eher nicht zu <input type="radio"/> Trifft absolut nicht zu
3. Bedingung [falls 2. Trifft eher nicht zu oder trifft absolut nicht zu] Was ist der Grund, dass Sie neue Fahrzeugsysteme nicht benutzen würden?	<input type="radio"/> Ich kann prinzipiell nach meiner Erfahrung ohne neue Fahrzeugsysteme besser fahren <input type="radio"/> Neue Fahrzeugsysteme sind mir zu kompliziert zu bedienen. <input type="radio"/> Sonstiges _____

----- Ab hier während jeder Messfahrt unmittelbar nach jeder Situation -----

Anhang


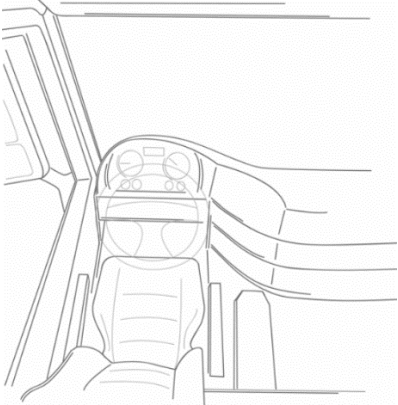
Block G: Wiedergabe des Meldungsinhalts	
An welche Informationen aus der Meldung eben können Sie sich erinnern? [wird vom Versuchsleiter nach der Nennung durch Probanden ausgefüllt]	
1. Statuszeile: Tempomat intelligent	<input type="radio"/> Gewusst <input type="radio"/> Nicht gewusst <input type="radio"/> Teilweise
2. Was:...	<input type="radio"/> Gewusst <input type="radio"/> Nicht gewusst <input type="radio"/> Teilweise
3. Grund:...	<input type="radio"/> Gewusst <input type="radio"/> Nicht gewusst <input type="radio"/> Teilweise
4. Wo:...	<input type="radio"/> Gewusst <input type="radio"/> Nicht gewusst <input type="radio"/> Teilweise
5. Kraftstoffersparnis:...	<input type="radio"/> Gewusst <input type="radio"/> Nicht gewusst <input type="radio"/> Teilweise
Block H: Bewertung Meldungsinhalt	
Auf welche Informationen aus der Meldung könnten Sie verzichten?	
1. Auf welche Informationen aus der Meldung könnten Sie verzichten?	<input type="checkbox"/> Statuszeile: Tempomat intelligent <input type="checkbox"/> Was:... <input type="checkbox"/> Grund:... <input type="checkbox"/> Wo:... <input type="checkbox"/> Kraftstoffersparnis:... <input type="checkbox"/> Auf nichts:... <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____

----- Ab hier nach jeder Messfahrt -----

Block I: Wiedergabe des Meldungsinhalts	
[Falls Proband eingegriffen] Sie haben durch Gas oder Bremse den intelligenten Tempomaten deaktiviert. Was war der Grund Ihres Eingriffs?	<input type="radio"/> Ich war mir nicht sicher, was der intelligente Tempomat machen wird. <input type="radio"/> Ich wusste was der intelligente Tempomat machen wird, wollte aber die Fahrzeuggeschwindigkeit ändern. <input type="radio"/> Ungewollt <input type="radio"/> Sonstiges: _____
Wir haben nun einige Fragen an Sie zur eben gefahrenen Strecke. Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen inwiefern sie auf Sie selbst zutreffen, und zwar auf einer Skala von "trifft absolut zu" bis "trifft absolut nicht zu". Diese Skala liegt vor Ihnen. Bewerten Sie die eben gefahrene Strecke.	
1. Die Meldung hat mir geholfen nachzuvollziehen, was der intelligente Tempomat gerade macht.	<input type="radio"/> Trifft absolut zu <input type="radio"/> Trifft eher zu <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Trifft eher nicht zu <input type="radio"/> Trifft absolut nicht zu
2. Die Meldung hat mir geholfen im Vorhinein zu wissen, was der intelligente Tempomat machen wird.	<input type="radio"/> Trifft absolut zu <input type="radio"/> Trifft eher zu <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Trifft eher nicht zu <input type="radio"/> Trifft absolut nicht zu
3. Ich konnte dem intelligenten Tempomaten vertrauen.	<input type="radio"/> Trifft absolut zu <input type="radio"/> Trifft eher zu <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Trifft eher nicht zu <input type="radio"/> Trifft absolut nicht zu
4. Die Meldung hat mir geholfen, dem intelligenten Tempomaten zu vertrauen.	<input type="radio"/> Trifft absolut zu <input type="radio"/> Trifft eher zu <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Trifft eher nicht zu <input type="radio"/> Trifft absolut nicht zu

----- Ab hier nach allen Messfahrt -----

Block K: Kreativteil
"Abschließend kommen wir zum Kreativteil." "Stellen Sie sich bitte vor, Sie sind auf einer Straße wie in der Grafik dargestellt unterwegs. Sie fahren mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h. Vor Ihnen liegt eine Baustelle mit Tempolimit 30 km/h, die Sie noch nicht sehen können. Der intelligente Tempomat kennt die Baustelle und rollt automatisch frühzeitig aus, um Kraftstoff zu sparen."

	
<p>"Ich stelle nun ein paar Fragen zu den benötigten Informationen aus Fahrersicht. Hierzu hätte ich gerne Ihre Meinung." "Wichtig: dies ist ein Kreativteil. Bitte lassen Sie sich nicht einschränken von den eben gesehenen Meldungen. Es geht um Ihre persönliche Einstellung."</p>	
1. Welche Informationen benötigen Sie als Fahrer in der Meldung unbedingt, um <u>nachvollziehen</u> zu können, was das System gerade macht?	_____
2. Welche Informationen benötigen Sie als Fahrer in der Meldung unbedingt, um dem System <u>vertrauen</u> zu können?	_____
3. Welche Information benötigen Sie als Fahrer in der Meldung unbedingt, um <u>nachvollziehen</u> zu können, dass das System <u>korrekt funktioniert</u> ?	_____
4. Nun geht es um den Zeitpunkt, wann Sie die Information haben möchten. [Infografik mit Phasen gezeigt]	<input type="radio"/> Bevor der intelligente Tempomat wegen der Baustelle ausrollt. (1) <input type="radio"/> Genau zum Zeitpunkt wenn der intelligente Tempomat wegen der Baustelle anfängt auszurollen. (2) <input type="radio"/> Nachdem der intelligente Tempomat bereits begonnen hat, auszurollen. (3) <input type="radio"/> Zu keinem Zeitpunkt <input type="radio"/> Sonstiges: _____
5. Wie möchten Sie die Information "das Ereignis (z.B. eine Baustelle) kommt in..." angezeigt bekommen? In ...	<input type="radio"/> ... Streckenmeter (m) <input type="radio"/> ... Zeit (s) <input type="radio"/> Sonstiges: _____
<p>"Wir sind nach wie vor im Kreativteil. Lassen Sie sich bitte auch bei diesen Fragen nicht einschränken von den eben gesehenen Meldungen."</p>	
6. Auf welche Art und Weise möchten Sie Informationen zum intelligenten Tempomaten übermittelt bekommen? Möchten Sie die Informationen:	<input type="radio"/> Sehen <input type="radio"/> Hören <input type="radio"/> Sehen & Hören <input type="radio"/> Sonstiges: _____
7. Bedingung [Falls 6. Sehen oder Sehen & Hören] Sie haben ein Bild der Fahrerkabine vor sich. Auch hier haben Sie keine Einschränkung und können den aus Ihrer Sicht geeigneten Platz für Meldungen nennen. Wo möchten Sie diese Information sehen?	_____ [Antwort wird vom Versuchsleiter notiert, nachdem Proband durch Zeigen auf Grafik den Ort verdeutlicht hat]
	
1. Bedingung [Falls 6. Hören oder Sehen & Hören]	_____

Anhang C: Fragebogen formative Evaluation (AP3000)

Der Fragebogen liegt elektronisch in einer Fragebogensoftware vor und wird im Interviewstil ausgefüllt.

Block A: Versuchsspezifika [vom Versuchsleiter auszufüllen]	
3. Probandennummer	
4. Permutationsreihenfolge	
5. Gruppenzugehörigkeit	
Block B: Demographie	
8. Welches Geschlecht haben Sie?	<input type="radio"/> weiblich/ <input type="radio"/> männlich
9. Wie alt sind Sie?	_____
10. Seit wie vielen Jahren sind Sie im Besitz Ihres LKW-Führerscheins?	_____
11. Wie häufig sind Sie mit dem LKW unterwegs?	<input type="radio"/> nebenberuflich <input type="radio"/> aktuell hauptberuflich <input type="radio"/> früher hauptberuflich sonstiges _____
12. An wie vielen Tagen pro Woche sind Sie mit dem LKW unterwegs?	<input type="radio"/> 5-7 Tage pro Woche <input type="radio"/> 3-4 Tage pro Woche <input type="radio"/> 1-2 Tage pro Woche <input type="radio"/> weniger als 1 Tag pro Woche
13. Wie viele Kilometer fahren Sie durchschnittlich im Jahr?	<input type="radio"/> über 100.000 km <input type="radio"/> 50.000 bis 100.000 km <input type="radio"/> 10.000 – 50.000 km <input type="radio"/> Weniger als 10.000 km
14. Welche Strecken fahren Sie?	<input type="checkbox"/> Fernverkehr <input type="checkbox"/> Verteilerverkehr <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
Block C: Selbsteinschätzung Vorwissen/ Erfahrung	
5. Von welchen der folgenden Fahrzeugsysteme haben Sie schon einmal gehört?	<input type="checkbox"/> Tempomat <input type="checkbox"/> Abstandsgeregelter Tempomat (ACC) <input type="checkbox"/> Head-Up Display
6. Von welchen der folgenden Fahrzeugsysteme kennen Sie die Funktion?	<input type="checkbox"/> Tempomat <input type="checkbox"/> Abstandsgeregelter Tempomat (ACC) <input type="checkbox"/> Head-Up Display
7. Haben Sie schon ein Fahrzeug – LKW oder PKW – mit folgendem Fahrzeugsystem gefahren?	<input type="checkbox"/> Tempomat (PKW) <input type="checkbox"/> Tempomat (LKW) <input type="checkbox"/> Abstandsgeregelter Tempomat (ACC) (PKW) <input type="checkbox"/> Abstandsgeregelter Tempomat (ACC) (LKW) <input type="checkbox"/> Head-Up Display (PKW) <input type="checkbox"/> Head-Up Display (LKW)
8. Bedingung [Falls 3 Tempomat LKW ja] • Wie häufig nutzen Sie den Tempomat in Ihrem LKW?	<input type="radio"/> nie <input type="radio"/> selten <input type="radio"/> manchmal <input type="radio"/> häufig <input type="radio"/> sehr häufig
9. Bedingung [Falls 3 ACC LKW ja] • Wie häufig nutzen Sie den Abstandsgeregelten Tempomat (ACC) in Ihrem LKW?	<input type="radio"/> nie <input type="radio"/> selten <input type="radio"/> manchmal <input type="radio"/> häufig <input type="radio"/> sehr häufig
10. Bedingung [Falls 3 ACC LKW ja] • Wie häufig verändern Sie die Abstands-Einstellung zum Vorderfahrzeug?	<input type="radio"/> nie <input type="radio"/> selten <input type="radio"/> manchmal <input type="radio"/> häufig <input type="radio"/> sehr häufig
11. Welchen LKW (Marke, Typ) fahren Sie überwiegend?	_____
Block D: Persönliche Voraussetzungen	
2. Benutzen Sie eine Sehhilfe, wenn Sie LKW fahren?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> k.A.

Anhang

3. Bedingung [wenn 1 Ja] • Welche Sehschwäche haben Sie?	<input type="checkbox"/> Kurzsichtigkeit <input type="checkbox"/> Weitsichtigkeit <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
4. Ist bei Ihnen eine Sehbeeinträchtigung wie Rot-Grün-Blindheit bekannt?	<input type="checkbox"/> Rot-Grün-Blindheit <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
5. Wie müde sind Sie im Moment?	<input type="radio"/> sehr wach <input type="radio"/> wach <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> müde <input type="radio"/> sehr müde
6. Wie aufgeregt sind Sie im Moment?	<input type="radio"/> sehr aufgeregt <input type="radio"/> aufgeregt <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> ruhig <input type="radio"/> sehr ruhig
Block E: Problembewusstsein	
10. Was glauben Sie, wie wichtig ist kraftstoffsparendes Fahren für die Mehrheit der LKW-Fahrer?	<input type="radio"/> Sehr unwichtig <input type="radio"/> Unwichtig <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Wichtig <input type="radio"/> Sehr Wichtig
11. Was glauben Sie, wie wichtig ist kraftstoffsparendes Fahren Ihrem Chef/ Ihrer Spedition?	<input type="radio"/> Sehr unwichtig <input type="radio"/> Unwichtig <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Wichtig <input type="radio"/> Sehr Wichtig
12. Bitte schätzen Sie Ihre Fahrweise hinsichtlich kraftstoffeffizienten Fahrens ein. Im Vergleich zu anderen LKW Fahrern, fahre ich...	<input type="radio"/> sehr wenig kraftstoffeffizient <input type="radio"/> wenig kraftstoffeffizient <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> etwas kraftstoffeffizient <input type="radio"/> sehr kraftstoffeffizient
13. Bitte schätzen Sie Ihre Fahrweise hinsichtlich vorausschauenden Fahrens ein. Im Vergleich zu anderen LKW Fahrern, fahre ich...	<input type="radio"/> sehr wenig vorausschauend <input type="radio"/> wenig vorausschauend <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> etwas vorausschauend <input type="radio"/> sehr vorausschauend
14. Jetzt geht es um Ihre persönliche Meinung. • Wie sehr glauben Sie an den Klimawandel und die Notwendigkeit die CO2 Emissionen zu reduzieren?	<input type="radio"/> Sehr unwichtig <input type="radio"/> Unwichtig <input type="radio"/> Teils/ teils <input type="radio"/> Wichtig <input type="radio"/> Sehr Wichtig
Block F: Fahrstil in Anlehnung an [Arn11; Ste99]	
Nun bekommen Sie eine Skala mit Wortpaaren, wie beispielsweise sportlich und gemütlich. Bitte bewerten Sie Ihren Fahrstil im Vergleich zu anderen LKW-Fahrern spontan mit Hilfe dieser Wortpaare. "1" bedeutet, Sie fahren sehr sportlich, "2" bedeutet etwas sportlich, "3" neutral, "4" etwas gemütlich und "5" sehr gemütlich. Wichtig, hierbei gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Die Frage lautet: „Im Vergleich zu anderen LKW-Fahrern fahre ich überwiegend ...“	
1. Schnell – langsam 2. Mutig – ängstlich 3. Offensiv – defensiv 4. Risikobereit – vorsichtig 5. Dynamisch – gemütlich 6. Ablenkbar – aufmerksam 7. Unsicher - sicher	1-2-3-4-5

Block G: Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik

Kurzskala zur Erfassung der Technikbereitschaft nach [Ney12]

----- Ab hier nach manueller Baseline-Fahrt -----
-

Block H: Beanspruchung manuelle Baseline-Fahrt

NASA RTLX nach [Har88], Formulierung nach [Sei13]

----- Ab hier vor jeder MMI-Konzeptvariante (5x)-----

Anhang

Block I: Vertrauen vor Fahrtantritt	
<p>Wie bewerten Sie ihr persönliches Vertrauen gegenüber dem intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige? Verwenden Sie dazu die Skala, die vor Ihnen liegt.</p> <p>0 bedeutet überhaupt kein Vertrauen, 20 bedeutet extrem hohes Vertrauen in den intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige.</p>	Skala [gedruckt] von 0 bis 20
----- Ab hier nach jeder HMI Konzeptvariante (5x)-----	
Block J: Beanspruchung	
NASA RTLX nach [Har88], Formulierung nach [Sei13]	
Block K: Vertrauen nach Fahrtende	
<p>Wie bewerten Sie ihr persönliches Vertrauen gegenüber dem intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige? Verwenden Sie dazu die Skala, die vor Ihnen liegt.</p> <p>0 bedeutet überhaupt kein Vertrauen, 20 bedeutet extrem hohes Vertrauen in den intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige.</p>	Skala [gedruckt] von 0 bis 20
Block L: Fragen Konzeptverständnis	
1. Wo sehen Sie in der Anzeige, ob der Intelligente Tempomat aktiv ist? [Vom Versuchsleiter auszufüllen]	<input type="radio"/> R <input type="radio"/> F _____
2. Wo sehen Sie in der Anzeige, auf welches Ereignis der Intelligente Tempomat gerade regelt?	<input type="radio"/> R <input type="radio"/> F _____
3. Wo sehen Sie in der Anzeige, wie weit dieses Ereignis entfernt ist?	<input type="radio"/> R <input type="radio"/> F _____
4. Wo sehen Sie in der Anzeige, auf welche neue Zielgeschwindigkeit der Intelligente Tempomat regelt?	<input type="radio"/> R <input type="radio"/> F _____
Block M: Detailfragen Konzept	
Was gefällt Ihnen gut an der soeben erlebten Anzeige?	<input type="checkbox"/> Nichts <input type="checkbox"/> grüner Pfeil _____ <input type="checkbox"/> Darstellung Grund _____ <input type="checkbox"/> Darstellung Entfernung _____ <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
Was gefällt Ihnen an dieser Anzeige nicht – wie würden Sie es ändern?	<input type="checkbox"/> Nichts <input type="checkbox"/> grüner Pfeil _____ <input type="checkbox"/> Darstellung Grund _____ <input type="checkbox"/> Darstellung Entfernung _____ <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
Gibt es eine oder mehrere Situationen auf der letzten Fahrt, in der sie sich mit dem intelligenten Tempomaten unsicher gefühlt haben?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> k.A. _____ Kommentarfeld
Wenn ja, welche Situation(en) war(en) das?	<input type="checkbox"/> Alle Situationen <input type="checkbox"/> LSA rot <input type="checkbox"/> LSA grün <input type="checkbox"/> Vorderfahrzeug <input type="checkbox"/> Tempolimit <input type="checkbox"/> Kurve <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Ortseinfahrt _____ Kommentarfeld
Gibt es eine oder mehrere Situationen auf der letzten Fahrt, in der sie sich mit dem intelligenten Tempomaten nicht ausreichend informiert gefühlt haben?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> k.A. _____ Kommentarfeld
Wenn ja, welche Situation(en) war(en) das?	<input type="checkbox"/> Alle Situationen <input type="checkbox"/> LSA rot <input type="checkbox"/> LSA grün <input type="checkbox"/> Vorderfahrzeug <input type="checkbox"/> Tempolimit <input type="checkbox"/> Kurve <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Ortseinfahrt _____ Kommentarfeld

Anhang

Gibt es Informationen in dieser Anzeige, die für Sie überflüssig sind?	<input type="checkbox"/> Nichts <input type="checkbox"/> grüner Pfeil _____ <input type="checkbox"/> Darstellung Grund _____ <input type="checkbox"/> Darstellung Entfernung _____ <input type="checkbox"/> Statusicon <input type="checkbox"/> Sonstiges _____
Block N: Akzeptanz nach [Van97]; Durchschaubarkeit in Anlehnung an [Lau08]	
Bitte beurteilen Sie nun die Anzeige des Intelligenten Tempomaten auf der letzten Fahrt. Nun bekommen Sie eine Skala mit Wortpaaren, wie beispielsweise nützlich und nutzlos. Bitte bewerten Sie spontan die Anzeigen des Intelligenten Tempomaten. "1" bedeutet sehr nützlich, "2" bedeutet etwas nützlich, "3" neutral, "4" etwas nutzlos und "5" sehr nutzlos. Bitte bewerten Sie die Anzeige des Intelligenten Tempomaten.	
1. Nützlich _ _ _ _ _ _ _ Nutzlos 2. Angenehm _ _ _ _ _ _ _ Unangenehm 3. Schlecht _ _ _ _ _ _ _ Gut 4. Nett _ _ _ _ _ _ _ Nervig 5. Effizient _ _ _ _ _ _ _ Unnötig 6. Ärgerlich _ _ _ _ _ _ _ Erfreulich 7. Hilfreich _ _ _ _ _ _ _ Wertlos 8. Nicht wünschenswert _ _ _ _ _ _ _ Wünschenswert 9. Aktivierend _ _ _ _ _ _ _ Einschläfernd 10. Unverständlich _ _ _ _ _ _ _ Verständlich 11. Leicht zu erlernen _ _ _ _ _ _ _ Schwer zu erlernen 12. Kompliziert _ _ _ _ _ _ _ Einfach 13. Übersichtlich _ _ _ _ _ _ _ Verwirrend	
[Anmerkung Wortpaare 1 bis 9 für Akzeptanz, 10 bis 13 für Durchschaubarkeit]	

----- Ab hier nach allen 5 MMI-Konzeptfahrten -----

Block O: Rangreihenfolge	
Sie haben nun 5 verschiedene Anzeigen im Fahrsimulator getestet. Diese 5 verschiedenen Anzeigen liegen vor Ihnen. Welche Anzeige bevorzugen Sie – bitte ordnen Sie diese 5 Anzeigen nach Ihrer persönlichen Vorliebe.	
Block P: Fahrstil intelligenter Tempomat in Anlehnung an [Arn11; Ste99]	
Nun bekommen Sie eine Skala mit Wortpaaren, wie beispielsweise sportlich und gemütlich. Bitte bewerten Sie den <u>Fahrstil des intelligenten Tempomaten</u> mit Hilfe dieser Wortpaare. "1" bedeutet, Sie fahren sehr sportlich, "2" bedeutet etwas sportlich, "3" neutral, "4" etwas gemütlich und "5" sehr gemütlich. Bitte bewerten Sie nun den Fahrstil des intelligenten Tempomaten.	
1. Schnell – langsam 2. Mutig – ängstlich 3. Offensiv – defensiv 4. Risikobereit – vorsichtig 5. Dynamisch – gemütlich 6. Ablenkbar – aufmerksam 7. Unsicher - sicher	1-2-3-4-5

Anhang D: Fragebogen Gesamtevaluation (AP5000)

Der Fragebogen liegt elektronisch in einer Fragebogensoftware vor und wird im Interviewstil ausgefüllt.

Block A wie bei Fahrstudie zur Anforderungsdefinition (Anhang B)

Blöcke B bis G wie bei Fahrstudie zur formativen Evaluation (Anhang C)

----- Ab hier während manueller Baseline-Fahrt -----
-

Block H: Subjektive Kritikalitätsbewertung																							
[Befragung unmittelbar nach dem Durchfahren der Situation über Mikrofon] Skala nach befindet sich auf Lenkrad, einleitende Formulierung 1. Wie bewerten Sie die Situation mit dem parkenden Fahrzeug? 2. Wie bewerten Sie die Situation mit dem abbiegenden Lkw?	<table border="1"> <tr><td>10</td><td>Fahrzeug nicht mehr kontrollierbar</td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Gefährlichkeit</td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Störung des Fahrens</td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Spürbarkeit</td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>Nichts bemerkt</td></tr> </table>	10	Fahrzeug nicht mehr kontrollierbar	9		8	Gefährlichkeit	7		6	Störung des Fahrens	5		4		3	Spürbarkeit	2		1		0	Nichts bemerkt
10	Fahrzeug nicht mehr kontrollierbar																						
9																							
8	Gefährlichkeit																						
7																							
6	Störung des Fahrens																						
5																							
4																							
3	Spürbarkeit																						
2																							
1																							
0	Nichts bemerkt																						

----- Ab hier nach manueller Baseline-Fahrt -----

Block I: Beanspruchung manuelle Baseline-Fahrt	
NASA RTLX nach [Har88], Formulierung nach [Sei13]	

----- Ab hier vor jeder Messfahrt mit FAS (5x) -----

Block J: Vertrauen vor Fahrtantritt	
Wie bewerten Sie ihr persönliches Vertrauen gegenüber dem intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige? Verwenden Sie dazu die Skala, die vor Ihnen liegt. 0 bedeutet überhaupt kein Vertrauen, 20 bedeutet extrem hohes Vertrauen in den intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige.	Skala [gedruckt] von 0 bis 20

----- Ab hier nach jeder Messfahrt mit FAS (5x) -----

Block K: Beanspruchung	
NASA RTLX nach [Har88], Formulierung nach [Sei13]	

Block L: Vertrauen nach Fahrtende	
Wie bewerten Sie ihr persönliches Vertrauen gegenüber dem intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige? Verwenden Sie dazu die Skala, die vor Ihnen liegt. 0 bedeutet überhaupt kein Vertrauen, 20 bedeutet extrem hohes Vertrauen in den intelligenten Tempomaten mit dieser Anzeige.	Skala [gedruckt] von 0 bis 20

Block M: Usability mittels SUS (System Usability Scale) nach [Bro96]					
Bitte bewerten Sie diese Aussagen auf der Skala vor Ihnen					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ich denke, dass ich dieses System gerne häufig nutzen würde 2. Ich fand das System unnötig kompliziert 3. Ich fand das System einfach zu benutzen 4. Ich denke, dass ich die Unterstützung eines Fachmanns benötigen würde, um dieses System benutzen zu können 5. Ich fand, dass die verschiedenen Funktionen in diesem System gut integriert waren 6. Ich dachte, dass es in diesem System zu viele Unstimmigkeiten gab 7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, dieses System zu benutzen 8. Ich fand es sehr mühsam, dieses System zu benutzen 9. Ich fühlte mich während der Benutzung des Systems sehr sicher 10. Ich musste sehr vieles lernen, bevor ich mit diesem System zurechtkam 	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">Stimme gar nicht zu</td> <td style="text-align: right;">Stimme sehr zu</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> </table>	Stimme gar nicht zu	Stimme sehr zu	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Stimme gar nicht zu	Stimme sehr zu				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

Block N: Akzeptanz nach [Van97]	
Bitte beurteilen Sie nun die Anzeige des Intelligenten Tempomaten auf der letzten Fahrt. Nun bekommen Sie eine Skala mit Wortpaaren, wie beispielsweise nützlich und nutzlos. Bitte bewerten Sie spontan die Anzeigen des Intelligenten Tempomaten. "1" bedeutet sehr nützlich, "2" bedeutet etwas nützlich, "3" neutral, "4" etwas nutzlos und "5" sehr nutzlos. Bitte bewerten Sie die Anzeige des Intelligenten Tempomaten.	
1. Nützlich	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nutzlos
2. Angenehm	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Unangenehm
3. Schlecht	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Gut
4. Nett	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nervig
5. Effizient	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Unnötig
6. Ärgerlich	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Erfreulich
7. Hilfreich	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Wertlos
8. Nicht wünschenswert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Wünschenswert
9. Aktivierend	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Einschläfernd
Block O: Offene Fragen nach jeder Fahrt	
Gab es Situationen, in denen Sie sich unzureichend informiert gefühlt haben?	_____
Gab es Informationen, die Ihnen überflüssig erschienen sind?	_____

----- Ab hier nach allen 5 Messfahrten mit FAS -----

Block P: Abschlussbefragung	
1. Bevorzugen Sie die Fahrt mit oder ohne Unterstützung durch den roten Rahmen?	<input type="radio"/> mit Rahmen <input type="radio"/> ohne Rahmen Begründung: _____.
2. Ordnen Sie die folgenden Systemausfälle nach Ihrem persönlichen Empfinden hinsichtlich ihrer Kritikalität. "1" bedeutet das Kritischste, "2" das zweikritischste, usw. [Abhängig von in der Frage davor getroffene Entscheidung ob mit oder ohne Rahmen] [laminierte Situationen vorlegen]	
<ul style="list-style-type: none"> • Tempolimit aufgehoben nicht erkannt • Tempolimit nicht erkannt • Hereinragender, abbiegender LKW • Hereinragendes, parkendes FZG • Ampelanlage nicht erkannt • Ampelanlage falsch erkannt 	1-2-3-4-5-6
3. Würden Sie das System in Ihrem Lkw nutzen?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein Begründung: _____.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Verbundprojekt: UR: BAN – Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement Teilprojekt Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) Abschlussbericht der MAN Truck & Bus AG	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Hofauer, Sonja Dr. Karmann, Anna Zimmermann, Andreas	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2016
	6. Veröffentlichungsdatum 30.09.2016
	7. Form der Publikation Öffentlicher Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) MAN Truck & Bus AG Dachauer Straße 667 80995 München	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 19 S 12009K
	11. Seitenzahl 52
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 24
	14. Tabellen 0
	15. Abbildungen 29
16. Zusätzliche Angaben k.A.	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) TÜV Rheinland Consulting GmbH, PT MVt, 51101 Köln, 30.09.2016	
18. Kurzfassung Um die Kraftstoffeffizienz zu steigern und damit sowohl CO ₂ -Emissionen als auch einen der Hauptkostenfaktoren bei schweren Lkw zu reduzieren, kann eine automatisierte Fahrzeuglängsführung eingesetzt werden. Da bei Einsatz eines solchen Fahrerassistenzsystems (FAS) mitunter ein hohes Informationsungleichgewicht zwischen System und Fahrer herrscht, ist die Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle essentiell. Demnach war das Ziel des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Projekts ein MMI-Konzept für eine automatisierte Fahrzeuglängsführung nutzerzentriert zu entwickeln. Um angemessenes Vertrauen zu fördern und die Wirksamkeit und Kontrollierbarkeit sicherzustellen, wurden daher von Beginn an Nutzer in die Entwicklung des MMI-Konzepts integriert. Zunächst fanden verschiedene qualitative und empirische Studien zur Ermittlung der Anforderung statt. Die daraufhin iterativ entwickelten MMI-Konzepte wurden im Anschluss mittels analytischer und empirischer Studien formativ evaluiert. Um die MMI-Konzepte im späteren Nutzungskontext erlebbar zu machen, wurde zudem ein stehendes MMI-Demonstratorfahrzeug aufgebaut. Die abschließende Gesamtevaluation zeigte, dass 94,1 % der Probanden das FAS in ihrem Lkw nutzen würden, was die Validität des gewählten, nutzerzentrierten Vorgehens bei der Entwicklung des MMI-Konzepts bestätigt. Zudem zeigten sich keine langfristigen Auswirkungen von nicht situationsgerechtem Verhalten des FAS auf Vertrauen und Fahrerbeanspruchung.	
19. Schlagwörter Automatisierte Fahrzeuglängsführung, MMI, nutzerzentrierte Entwicklung	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Verbundprojekt: UR: BAN – Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement Teilprojekt Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) Abschlussbericht der MAN Truck & Bus AG	
4. author(s) (family name, first name(s)) Hofauer, Sonja Dr. Karmann, Anna Zimmermann, Andreas	5. end of project 31.03.2016
	6. publication date 30.09.2016
	7. form of publication report
8. performing organization(s) (name, address) MAN Truck & Bus AG Dachauer Straße 667 80995 München	9. originator's report no.
	10. reference no. 19 S 12009K
	11. no. of pages 52
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references 24
	14. no. of tables 0
	15. no. of figures 29
16. supplementary notes none	
17. presented at (title, place, date) TÜV Rheinland Consulting GmbH, PT MVt, 51101 Köln, 30.09.2016	
18. abstract In order to increase fuel efficiency and thus reduce CO ₂ emissions as well as fuel expenses which represent a major factor of the total operating costs, an automated longitudinal vehicle control may be implemented. When such Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) are in use, the information available to the driver and the system often differ highly. Therefore, creating an intuitive HMI-concept for these systems is essential and was, thus the main goal of this project funded by the Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). In order to promote adequate behavior and ensure efficacy and controllability of the system, the user was integrated into the development process from the beginning. First, several qualitative as well as empirical studies took place in order to assess the requirements of the HMI. The following iterative development process generated several HMI concepts that were subsequently evaluated in analytical and empirical studies. To bring the chosen HMI concept to live, a demonstrator vehicle was additionally built. The final evaluation showed that 94.1% of the participants would use the ADAS in their truck, which demonstrates the validity of the chosen user-centered approach of HMI development. In addition, no long-term effects concerning trust and driver workload were detected when the behavior of the ADAS was not adapted to the situation.	
19. keywords automated longitudinal vehicle control, HMI, user-centered development	
20. publisher	21. price