



IMAGinE

Deliverable 1.3 Harmonisierung der Anforderungen

AP1.3 Harmonisierung der Anforderungen

Version:	v1.1
Editor:	Daimler AG
Projektkoordination:	Opel Automobile GmbH
Fälligkeitsdatum:	28.02.2017
Erstellungsdatum:	19.04.2017
Veröffentlichung:	21.07.2017

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

DOKUMENTENINFORMATION

AUTOREN

Harald Berninger (OPEL)

Jana Fank (TUM)

Dr. Armin Hürland (DAIMLER)

Dr. Anna Julia Karmann (MAN)

Christian Knies (TUM)

Ann-Kathrin Kraft (WIVW)

Dr. Christian Maag (WIVW)

Lorenz Prasch (TUM)

Jakob Reinhardt (TUM)

Oliver Sawade (DCAITI)

Bernd Schäufele (DCAITI)

Dr. Peter Zahn (BMW)

REVIEWER

Dr. Anna Julia Karmann (MAN)

Maxim Dolgov (BOSCH)

Dr. Peter Zahn (BMW)

KONTAKT

Dr. Armin Hürland

Environmental Perception (RD/FAU)

Daimler AG

Hanns-Klemm-Str. 45

71034 Böblingen

Tel.: +49-151-5 861 3332

E-Mail: armin.a.huerland@daimler.com

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung	1
1 Aufbau	3
1.1 Sensierung	3
1.2 Umfeldmodellierung	5
1.3 Manöverplanung	5
1.4 Manöverdurchführung und -kontrolle	7
2 MMI-Harmonisierung	9
2.1 Kooperationsraum aus Fahrersicht	9
2.2 Einflussfaktoren kooperativen Fahrerverhaltens	10
2.3 MMI-Gestaltung	12
2.4 Klassifizierung der Use Cases	13
2.5 Zusammenfassende Betrachtung der Funktionen aus MMI-Sicht	16
3 Nachrichteninhalte	18
3.1 Fahrzeugdaten	18
3.2 Infrastrukturdaten	18
3.3 Manöverdaten	18
4 Zusammenfassung der Studie „Qualitative Befragung zur Analyse der Relevanz identifizierter Faktoren für Akzeptanzkriterien“	20
4.1 Stichprobe	21
4.1.1 Pkw-Fahrer	21
4.1.2 Lkw-Fahrer	21
4.2 Ergebnisse	21
4.2.1 Personenmerkmale	21
4.2.2 Situationsmerkmale	22
4.3 Zusammenfassung	28
Quellenverzeichnis	29

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1.1: Deliberative Control Architecture	1
Abbildung 2.1: Kooperationsraum aus Fahrersicht	9
Abbildung 2.2: Hierarchie der Entscheidung zu kooperativem Verhalten	11
Abbildung 2.3: Klassifizierung der Use Cases in kooperative Interaktion, kooperative Information und kooperative Verkehrsverteilung	14
Abbildung 2.4: Generische Abfolge von Funktionsschritten.	16
Abbildung 4.1: Methodik zur Ermittlung von Akzeptanzkriterien	20

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1: Sensierungsbereich der einzelnen Funktionen	4
Tabelle 1.2: Umfeldmodellierung der einzelnen Funktionen	5
Tabelle 1.3: Manöverplanung der einzelnen Funktionen	7
Tabelle 1.4: Manöverdurchführung und -kontrolle der einzelnen Funktionen	8
Tabelle 4.1: Personenverteilung nach Fahrergruppe	21

EINFÜHRUNG

Es werden nachfolgend die Anforderungen aus Fahrersicht an Manöver und MMI für kooperative Funktionen zusammengefasst und harmonisiert.

Des Weiteren werden gleiche oder ähnliche Anforderungen aus den Use Cases der verschiedenen Funktionen identifiziert und zusammengeführt. Hierdurch ergibt sich eine erste Grundlage für die Gestaltung der Nachrichteninhalte (Vermeidung von Redundanzen, Verringerung der Varianz).

Um eine Harmonisierung der Anforderungen in der Funktionskette (Kapitel 1) zu ermöglichen, wurden die Funktionen gebeten, bei der Analyse der Use Cases dem Aufbau der „Deliberative Control Architecture“ (z.B. Schwartz & Sharir, 1983 oder Bonasso et al., 1997)

- Sensierung
- Umfeldmodellierung
- Manöverplanung
- Manöverdurchführung und -kontrolle

zu folgen.

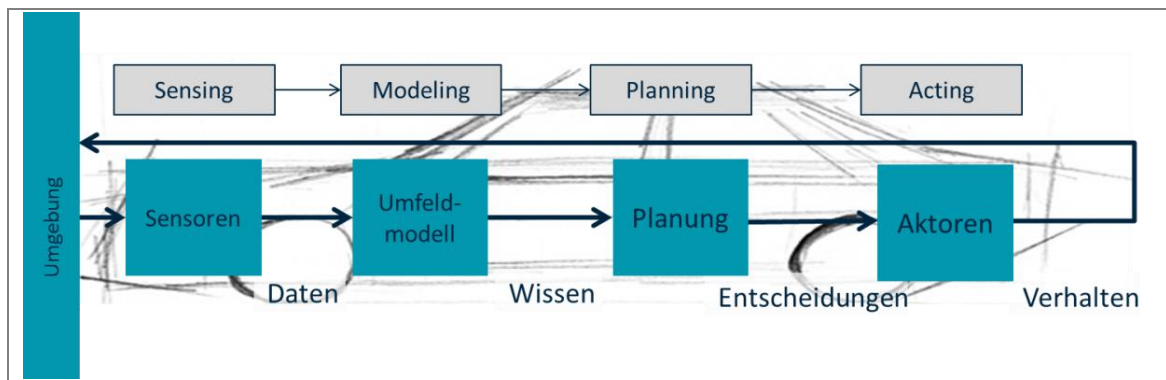


Abbildung 0.1: Deliberative Control Architecture

Die Harmonisierung der Anforderungen an das MMI für kooperative Funktionen (Kapitel 2) aus Fahrersicht ergibt sich aus der Analyse möglicher Interaktionen zwischen Fahrer und Fahrzeug. Dabei werden die Anforderungen an

- die kooperativen Funktionen/Manöver aus Fahrersicht
- das MMI im Fahrzeug

analysiert.

Des Weiteren wurde betrachtet, wann von den Funktionen Daten empfangen oder gesendet werden und diese Nachrichteninhalte (Kapitel 3) in

- Fahrzeugdaten
- Infrastrukturdaten
- Manöverdaten

eingeteilt.

Im Rahmen von TP1 wurde vom Projektpartner Technische Universität München eine qualitative Befragung zur Analyse der Relevanz im Vorfeld identifizierter Faktoren für Akzeptanzkriterien durchgeführt, deren Zusammenfassung hier wiedergegeben wird (Kapitel 4).

1 AUFBAU

In diesem Kapitel werden gleiche oder ähnliche Anforderungen an den Manöverablauf aus den Use Cases verschiedener Funktionen identifiziert und zusammengeführt. Dabei wird auf eine technische detaillierte Sicht weitgehend verzichtet, da dies erst im Arbeitspaket 2.1 „Rahmenspezifikation System und Funktionen“ erfolgt.

Des Weiteren wird nur eine fahrzeugseitige Betrachtung durchgeführt, d. h. es wird nicht auf die Abläufe zur Erzeugung der Verkehrsinfrastrukturdaten eingegangen, die, wie in Zusammenhang mit der Funktion F4 im Deliverable 1.2 gezeigt, den gleichen Schritten Wahrnehmen, Modellieren, Planen folgen.

Die Darstellung der Systemarchitektur gliedert sich in die folgenden Bereiche:

- Sensierung (Erfassen von Funktionsbereitschaft, Fahrzeugsensorik und Umgebungsdaten, Kapitel 1.1)
- Umfeldmodellierung (insbesondere das kooperative Umfeldmodell, Kapitel 1.2)
- Manöverplanung (mit Blick auf IMAGinE-Funktionsrechner, Kapitel 1.3)
- Manöverdurchführung und -kontrolle (Kapitel 1.4)

Es wird aus den Daten der Sensierung ein Umfeldmodell erstellt. Anhand dieses Umfeldmodells wird die Lösung der Manöveraufgabe gefunden. Dieser Manöverplan wird dann zur Ausführung gebracht und kontrolliert. Es ist zu beachten, dass hier kein zeitlicher Ablauf der Bereiche abgebildet wird, vielmehr finden die entsprechenden Schritte zyklisch und wenn möglich auch zeitlich parallel statt.

1.1 Sensierung

Alle Funktionen beginnen mit der Erfassung der Bereitschaft für die Durchführung der IMAGinE-Funktionen.

Grundlage sämtlicher Funktionen bilden die fahrzeugeigenen Daten der Umgebungserfassung und Positionsbestimmung.

Viele Funktionen setzen eine situative Kooperationsindikation (Blinken, Lichthupe, Lückenvergrößerung u.a.) für die Funktionsinitiierung voraus, dies wird in Kapitel 2 MMI-Harmonisierung ausführlich dargelegt.

Zusätzlich zur bordeigenen Sensorik und damit zu einem fahrzeugspezifischen Umfeldmodell ergibt sich aus den Anforderungen der verschiedenen IMAGinE Use Cases, dass auch Fahrzeuginformationen des umgebenden Verkehrs empfangen und verwendet werden (CAM/DENM, erweiterte Umgebungsdaten von Fahrzeugen mit IMAGinE-Funktionsrechner).

Von einigen Funktionen werden Daten der Verkehrsinfrastruktur als strategischer Support oder zur Routenplanung verwendet.

Funktion	Onboard-Sensorik	Infrastruktur	CAM / DENM / erweiterte Umgebungsdaten
F1	Eigene Sensordaten abrufen	Streckeninfo und Verkehrsinformation abrufen / empfangen	Fahrzeuginformationen von situationsrelevanten Fahrzeugen empfangen (CAM, DENM, erweiterte Umgebungsdaten)
F2	Eigene Sensordaten abrufen	Streckeninfo und Verkehrsinformation abrufen / empfangen	Fahrzeuginformationen von situationsrelevanten Fahrzeugen empfangen (CAM, DENM, erweiterte Umgebungsdaten)
F3	Eigene Sensordaten abrufen, Annäherung an Lkw sensieren		Fahrzeuginformationen von situationsrelevanten Fahrzeugen empfangen (CAM, DENM, erweiterte Umgebungsdaten)
F4	Routenkriterien wählen (systembedingt voreingestellt oder vom Fahrer eingegeben), Fahrzeugdaten an Strategischen Support	Streckeninfo und Verkehrsinformation abrufen / empfangen	Fahrzeugverteilung aus CAMs
F5	Eigene Sensordaten abrufen, Abbiegewunsch erkennen		Fahrzeuginformationen von situationsrelevanten Fahrzeugen empfangen (CAM, DENM, erweiterte Umgebungsdaten)
F6	Eigene Sensordaten abrufen	Streckeninfo und Verkehrsinformation abrufen / empfangen	Fahrzeuginformationen von situationsrelevanten Fahrzeugen empfangen (CAM, DENM, erweiterte Umgebungsdaten)

Tabelle 1.1: Sensierungsbereich der einzelnen Funktionen

1.2 Umfeldmodellierung

Jedes Fahrzeug verfügt über eine initiale Umfeldmodellierung für die fahrzeugeigenen Fahrfunktionen. Als weitere Basis für die kooperative Abstimmung soll ein IMAGinE-spezifisches kooperatives Umfeldmodell für die Funktionen zur Verfügung stehen.

Dieses kooperative Umfeldmodell wird ständig aus den fahrzeugeigenen Daten der Umgebungserfassung, den Fahrzeugdaten des umgebenden Verkehrs (CAM/DENM, erweiterte Daten von Fahrzeugen mit IMAGinE-Funktionsrechner) sowie den Verkehrsinfrastrukturdaten zur Verkehrslage gebildet und aktualisiert. Die detaillierte Ausarbeitung dieser kollektiven Perzeption erfolgt in nachfolgenden Arbeitspaketen.

Losgelöst von aktiven Funktionen soll eine stete Übertragung der Umfeldinformationen durch alle Fahrzeuge mit entsprechender Ausstattung erfolgen vgl. Tabelle 1.2.

Funktion	Umfeldmodell erzeugen
F1	Datenfusion = Umfeldmodell durch empfangene Daten und Informationen erweitern = Fusion der eigenen Sensorik und V2X-Kommunikations-Daten zu einem Umfeldmodell = Ergänzt sein eigenes Wissen um die Informationen des Vorfahrenden
F2	Umfeldmodell durch empfangene Daten und Informationen erweitern, Verkehrssituation analysieren
F3	Ergänzt sein eigenes Wissen um die Informationen des Vorfahrenden
F4	Fahrzeug- und Infrastrukturdaten fusionieren, Verkehrslage ermitteln
F5	Datenfusion
F6	Fusion der eigenen Sensorik und V2X-Kommunikations-Daten zu einem Umfeldmodell

Tabelle 1.2: Umfeldmodellierung der einzelnen Funktionen

1.3 Manöverplanung

Die Planung der IMAGinE-spezifischen kooperativen Funktionen soll in drei Schritten erfolgen (vgl. Tabelle 1.3 für die einzelnen Funktionen):

Schritt 1: Situationsanalyse

- Identifikation einer kooperativen Situation
- Erkennen der Fahrintention der Verkehrsteilnehmer

Schritt 2: Manöverentwurf

- Bewertung eines Manöverplans z.B. anhand eigener Kosten-Nutzen-Analyse

- Berechnung eines Manöverplans (z.B. Abstimmung des Verhaltens der beteiligten Fahrzeuge oder direkte Planung der eigenen Trajektorie sowie ggf. der Trajektorien anderer Verkehrsteilnehmer)

Schritt 3: Manöverabstimmung

- Kooperationsanfrage mit Austausch der eigenen Manöverplanung als Vorschlag für ein durchzuführendes Manöver
- Bei erfolgreicher Abstimmung der Kooperationspartner weiter zum nächsten Schritt, der Manöverdurchführung
- Im Falle einer Kooperationsablehnung oder eines Gegenvorschlags zurück zu Schritt 2

Die Spezifikation der kooperativen Manöverabstimmung sowie die detaillierte Ausgestaltung der situationsadaptiven Manöverplanung sind Aufgabe nachfolgender Arbeitspakete.

Funktion	Situationsanalyse	Manöverentwurf	Manöverabstimmung
F1	Kooperationsbedarf für Einfädelmanöver erkennen	Kooperatives Manöver planen, vorschlagen und bewerten, Manöver auswählen und bewerten	Kooperationsanfrage an benachbarte Fahrzeuge stellen / empfangen, Antwort mit Akzeptanz oder Ablehnung des Manövers
F2	Geschwindigkeitsabweichung, Verzögerung und Verkehrereignisse voraus erkennen, Voraussfahrer für Folgefahrt erkennen, Einscherer für Folgefahrt erkennen	Kooperatives Manöver planen, Festlegen von Funktionsräumen (z.B. v_{max} , Distanz) und Verhaltensmustern beteiligter Fahrzeuge bei Stau-Platoon	Kooperationsanfrage an benachbarte Fahrzeuge stellen / empfangen, Manöverinitiierung bei Zustimmung aller Teilnehmer.
F3	Kritikalität des Überholmanövers bestimmen, Kooperationsbedarf ableiten	Notmanöver berechnen	Kooperationsanfrage an benachbarte Fahrzeuge stellen / empfangen und entscheiden
F4	Optimierte Verteilung des Verkehrs und Strategische Routenführung ermitteln Verkehrsverteilung optimieren unter Berücksichtigung des	Verteilungsempfehlung senden und auf Fahrzeugseite empfangen. Abbiegemanöver aufgrund Routenkriterien planen	Vergleich mit Verteilungsempfehlung, Konflikterkennung und Konfliktauflösung

	Mischverkehrsverhältnis (Ausstattungsrate)		
F5	Abbiegewunsch erkennen	Abbiegemanöver vorschlagen / bewerten, Gegenvorschlag generieren	Kooperationsanfrage an benachbarte Fahrzeuge stellen / empfangen, Angebot auswählen
F6	Überholwunsch erkennen	Fahrstrategie überholendes Fahrzeug / zu überholendes Fahrzeug unter Berücksichtigung von Infrastruktur und Verkehr vergleichen, Vorschlag für Manöver unterbreiten / überprüfen / bewerten	Überholabsicht mitteilen/empfangen, Kooperationsanfrage an benachbarte Fahrzeuge stellen / empfangen, Manöverabstimmung, Zustimmung erteilen / ablehnen

Tabelle 1.3: Manöverplanung der einzelnen Funktionen

1.4 Manöverdurchführung und -kontrolle

Eine erfolgreiche Manöverauswahl und -absprache bilden die Grundlage für die Manöverdurchführung. Diese soll je nach Funktion durch eine aktive Handlungsanweisung/-aufforderung an den Fahrer oder durch einen automatisierten Eingriff in die Fahrzeugregelung erfolgen.

Die Manöverkontrolle soll zeitnah die Einhaltung der Abstimmung überwachen. Im Falle geänderte Voraussetzungen (Fremdfahrzeug, Fahrereingriff, Kommunikationsausfall usw.) soll eine Reaktion erfolgen und eventuell eine Anpassung oder ein Abbruch des Manövers durchgeführt werden. Dafür legt jede Funktion Beendigungs- und Abbruchkriterien fest. Die technische Realisierung erfolgt in den nachfolgenden Arbeitspaketen.

Die Umsetzung dessen ist für alle Funktionen in Tabelle 1.4 dargestellt.

Funktion	Manöverdurchführung	Manöverkontrolle	Nachrichten
F1	Einfädelmanöver durchführen, ggfs. Manöver auf kooperierende Fahrzeuge anpassen, Manöver abschließen	Fahrzeuge auf Befolgen/Stören des Manövers überprüfen	KeepAlive-Nachrichten, ggf. Abstimmung von Folgemanövern
F2	Regelung situativ und direkt anpassen. Ggf. Initiierung Stau-Platoon. Beachtung von Einscherern.	Plausibilisierung der Regelgrößen (Abstand, Geschwindigkeit). Beachtung der vereinbarten Verhaltensweise durch Umfelderkennung.	KeepAlive-Nachrichten, ggf. Abstimmung von Folgemanövern
F3	Kooperatives Manöver durchführen	Fahrzeuge auf Befolgen/Stören des Manövers überprüfen	KeepAlive-Nachrichten, ggf. Abstimmung von Folgemanövern
F4	Ermittlung Ego-Route auf Basis der Verteilungsempfehlung, Manöverentscheidung umsetzen	Fahrzeuge auf Befolgen/Stören des Manövers überprüfen	Austausch der Manöverabsicht, Zustimmung/Ablehnung
F5	Manöver starten, in Freiraum einfahren, situatives Beschleunigen	Fahrzeuge auf Befolgen/Stören des Manövers überprüfen	KeepAlive-Nachrichten, ggf. Abstimmung von Folgemanövern
F6	Überholmanöver durchführen / ermöglichen, Manöver beenden	Fahrzeuge auf Befolgen/Stören des Manövers überprüfen	KeepAlive-Nachrichten, ggf. Abstimmung von Folgemanövern

Tabelle 1.4: Manöverdurchführung und -kontrolle der einzelnen Funktionen

2 MMI-HARMONISIERUNG

Eine Aufgabe in AP1.3 besteht darin, über alle Use Cases hinweg die Anforderungen aus Fahrersicht an das MMI für kooperative Funktionen zusammenzufassen und zu harmonisieren. Die folgende Darstellung

- spezifiziert Varianten unterschiedlicher kooperativer Interaktionen zwischen Fahrern (Kapitel 2.1),
- leitet Anforderungen an die kooperativen Funktionen/Manöver aus Fahrersicht ab (Kapitel 2.2),
- stellt generelle Anforderungen an das MMI im Fahrzeug dar (Kapitel 2.3),
- klassifiziert die Use Cases im Hinblick auf die Anforderungen bzgl. des MMI (Kapitel 2.4) und
- harmonisiert die Anforderungen an das MMI über die verschiedenen Funktionen (Kapitel 2.5).

2.1 Kooperationsraum aus Fahrersicht

Aus der Nutzung technischer Kommunikationsunterstützung (1. Dimension) und der tatsächlichen kooperativen Abstimmung zwischen Fahrern (2. Dimension) ergibt sich ein **Kooperationsraum, der die stattfindende Interaktion beschreibt** (Abbildung 2.1).

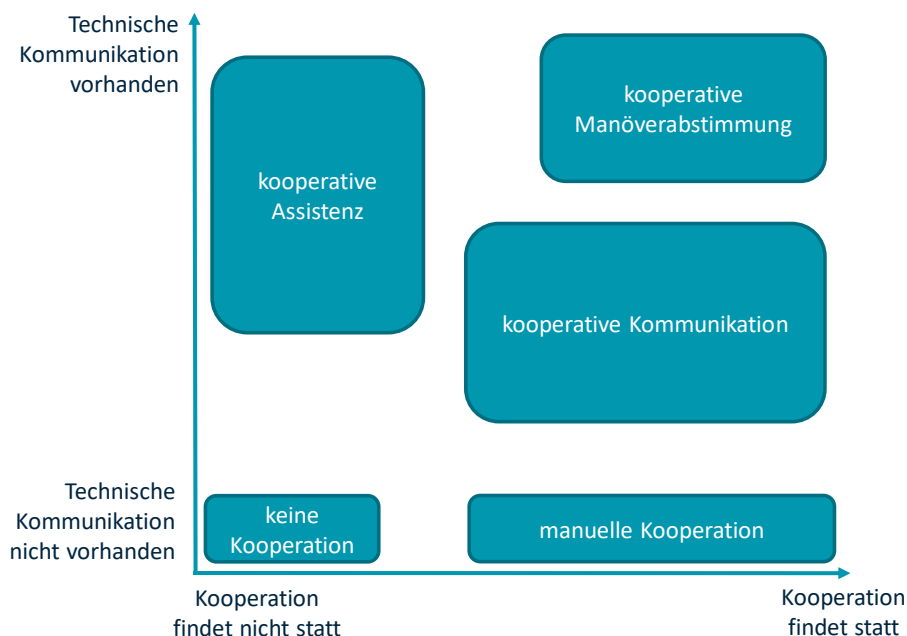


Abbildung 2.1: Kooperationsraum aus Fahrersicht mit den Dimensionen ‚Nutzung technischer Kommunikationsunterstützung‘ und ‚tatsächliche kooperative Abstimmung‘

Die einzelnen Interaktionen sind:

- Keine Kooperation: Fahrer fahren ohne technische Unterstützung nicht kooperativ.
- Manuelle Kooperation: Fahrer verständigen und kooperieren über ihr Fahrverhalten und nonverbale Kommunikation.
- Kooperative Assistenz: Fahrer werden bei der Beurteilung potentiell kooperativer/konfliktreicher Fahrsituationen durch ein System ohne Manöverabstimmung unterstützt (z.B. werden beim Einfädeln Lückengrößen bewertet und die geeignetste Lücke zum Einfädeln vorgeschlagen).
- Kooperative Kommunikation: Fahrer senden und/oder empfangen mit Hilfe eines Systems ihre Kooperationsbereitschaft bzw. ihr Kooperationsbedürfnis. Eine Abstimmung von Trajektorien findet nicht statt.
- Kooperative Manöver: Fahrer stimmen mit Hilfe eines Systems ihre Fahrmanöver aufeinander ab.

2.2 Einflussfaktoren kooperativen Fahrerhaltens

Die Bedingungen dafür, dass ein Fahrer im Straßenverkehr kooperatives Verhalten zeigt, lassen sich aufteilen in

- personale (innerhalb der Person des bevorrechtigten Verkehrsteilnehmers),
- sozio-emotionale (innerhalb der betrachteten Dyade des bevorrechtigten und wartepflichtigen Fahrers) und
- systemische Einflussfaktoren (bezogen auf die Auswirkungen des individuellen Verhaltens auf das Gesamtsystem).

Im Sinne einer Entscheidungshierarchie müssen verschiedene Bedingungen erfüllt sein, bevor ein Fahrer sich zu einer kooperativen Verhaltensweise entschließt: Sicherheit, geringe eigene Kosten, Hilfsbedürftigkeit des Partners (Abbildung 2.2; Benmimoun et al., 2003). Der Nutzen für die Verkehrseffizienz ist oftmals unerheblich für die Entscheidung eines Fahrers, kooperativ zu fahren.

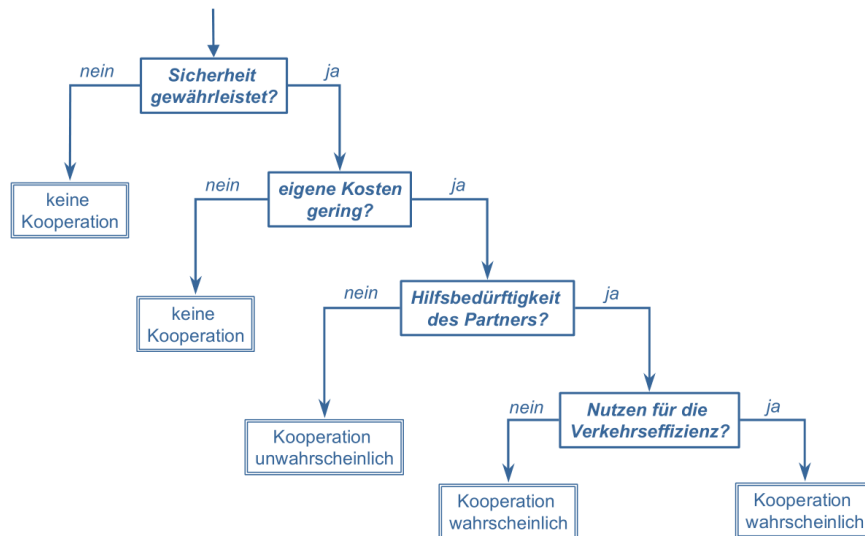


Abbildung 2.2: Hierarchie der Entscheidung zu kooperativem Verhalten (Benmimoun et al., 2003)

Demnach findet kooperatives Verhalten dann statt, wenn die eigene Sicherheit des potentiell kooperierenden Fahrers gewährleistet ist (d.h. z.B. keine Unfallgefahr), geringe Kosten zu erwarten sind (d.h. z.B. eine schwache Verzögerung wird eher in Kauf genommen als eine starke) und der potentielle Kooperationspartner hilfsbedürftig ist (d.h. es gibt keine auf den ersten Blick bessere Möglichkeit für den Partner, die Verkehrssituation zu bewältigen). Die Entscheidungshierarchie zeigt jedoch auch, dass mögliche Auswirkungen auf den Gesamtverkehr (z.B. die Verkehrseffizienz) nur eine untergeordnete Rolle für die Kooperationsentscheidung des Fahrers spielen.

Kooperative Assistenzfunktionen unterstützen den Fahrer in der Entscheidung, kooperatives Verhalten zu zeigen, indem sie nicht nur die Hilfsbedürftigkeit eines Fahrer (bzw. das Kooperationsangebot) deutlich kommunizieren, sondern auch die Kosten für den kooperierenden Fahrer möglichst gering halten und die Effekte auf das Gesamtsystem betrachten. Dabei werden auch Fehlinterpretationen vermieden, die aufgrund der eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Fahrern entstehen können (z.B. erkennt ein kooperationsbedürftiger Fahrer nicht, dass ein anderer Fahrer kooperieren möchte, indem er vom Gas geht und eine Lücke erstellt).

Aufgrund der dargestellten Einflussfaktoren kooperativen Fahrens ergeben sich folgende **Anforderungen an die kooperativen Funktionen/Manöver aus Fahrersicht:**

- **Gewährleistung uneingeschränkter Sicherheit** für einen kooperierenden Fahrer
- **Minimierung der Kosten** für einen kooperierenden Fahrer
- Verbesserung der Kommunikation und **Abstimmung** zwischen kooperierenden Fahrern (im Vergleich zum Ist-Zustand)

- **Klare Kommunikation** einer vorausliegenden, potentiellen Kooperationssituation mit Verhaltensempfehlung
- Betrachtung der Folgen einer kooperativen Interaktion auf Dritte (d.h. **Systemsicht**)
- **Erfolgreicher Abschluss** der Kooperation

2.3 MMI-Gestaltung

Die Gestaltung des MMIs für die kooperativen Funktionen muss einerseits die Informationen berücksichtigen, die dem Fahrer angezeigt werden, und andererseits eine leichte Bedienbarkeit gewährleisten.

Somit müssen folgende Fragen beantwortet werden (Bruder & Didier, 2009):

- Welche Information soll vermittelt werden („**Informationsinhalt**“)?
- Wie soll diese Information übermittelt werden („**Darstellungsform**“)?
- Wo wird die Information präsentiert („**Darstellungsort**“)?
- Was „**bedient**“ oder tut der Fahrer nach der Informationsaufnahme und -verarbeitung?

Für die Übermittlung der Information kommen dafür unterschiedliche Sinnesmodalitäten in Frage. Für die Anwendung im Fahrzeug werden hauptsächlich der visuelle, akustische und haptische Sinneskanal verwendet (Hoffmann & Gayko, 2009).

Die wichtigsten Charakteristika der verschiedenen Kanäle sind (Ovcharova, 2013):

- Visuell
 - Informationen können gut vermittelt werden
 - Muss im Blickfeld liegen, um wahrgenommen zu werden (z.B. HUD)
 - Dynamik und Farbe, um Dringlichkeit abzubilden
- Akustisch
 - Blickrichtungsfrei und erregt Aufmerksamkeit
 - Potentiell störend
 - Varianten: Earcons (abstrakt, synthetisch), Auditory Icons (intuitiv, z.B. Reifenquietschen), Sprachmitteilung
- Haptisch
 - Effektiv bei unaufmerksamen Fahrern
 - Oft kombiniert mit anderen Modalitäten verwendet

Die Norm DIN EN 894-1 (zitiert nach Bruder & Didier, 2009) beschreibt sechs ergonomische Leitsätze bzw. Anforderungen, die bei der Gestaltung von Anzeigen zu berücksichtigen sind. Die

generellen Anforderungen an das MMI ergeben sich direkt aus diesen Gestaltungsleitsätzen der MMI-Gestaltung:

- **Aufgabeangemessenheit:** Unterstützt den Fahrer, die Aufgabe sicher, effektiv und effizient zu erledigen.
- **Selbsterklärungsfähigkeit:** Der Fahrer erkennt die Anzeigen und Bedienelemente und versteht den Prozess bzw. Systemzustand.
- **Steuerbarkeit:** Der Fahrer ist in der Lage zu bestimmen, wie er die Aufgabe durchführen möchte.
- **Erwartungskonformität:** Der Benutzer hat Erwartungen an die Funktionsweise des MMI, die auf der Erfahrung des Benutzers sowie allgemein anerkannten Übereinkünften resultieren.
- **Fehlerrobustheit:** Trotz fehlerhafter Eingaben lässt sich das System erfolgreich bedienen bzw. das beabsichtigte Ergebnis erreichen.
- **Anpassbarkeit/Lernbarkeit:** Das MMI erlaubt die Anpassung der Funktion an individuelle Benutzerbedürfnisse und Benutzerfähigkeiten.

Daneben sollten neue Assistenzsysteme im Fahrzeug Gefühle wie „**Joy of Use**“, **Zufriedenheit** und **Komfort** erzeugen (Bruder & Didier, 2009). Dies kann durch entsprechend gestaltete MMI unterstützt werden.

2.4 Klassifizierung der Use Cases

Aus Fahrersicht unterscheiden sich die priorisierten Use Cases der sechs kooperativen Funktionen sehr deutlich voneinander. Abbildung 2.3 zeigt eine Klassifizierung der Use Cases in drei Gruppen:

- **Kooperative Interaktion:** Ein Fahrer ist kooperativ, wenn er ein Manöver durchführt, dass einem anderen Fahrer das Fahren in einer bestimmten Situation erleichtert.
- **Kooperative Information:** Ein Fahrer ist kooperativ, indem sein Fahrzeug Informationen weitergibt, die einem anderen Fahrer nicht zur Verfügung stehen, aber relevant sind.
- **Kooperative Verkehrsverteilung:** Ein Fahrer ist kooperativ, indem er einer kollektiv-optimierten Routenempfehlung folgt.

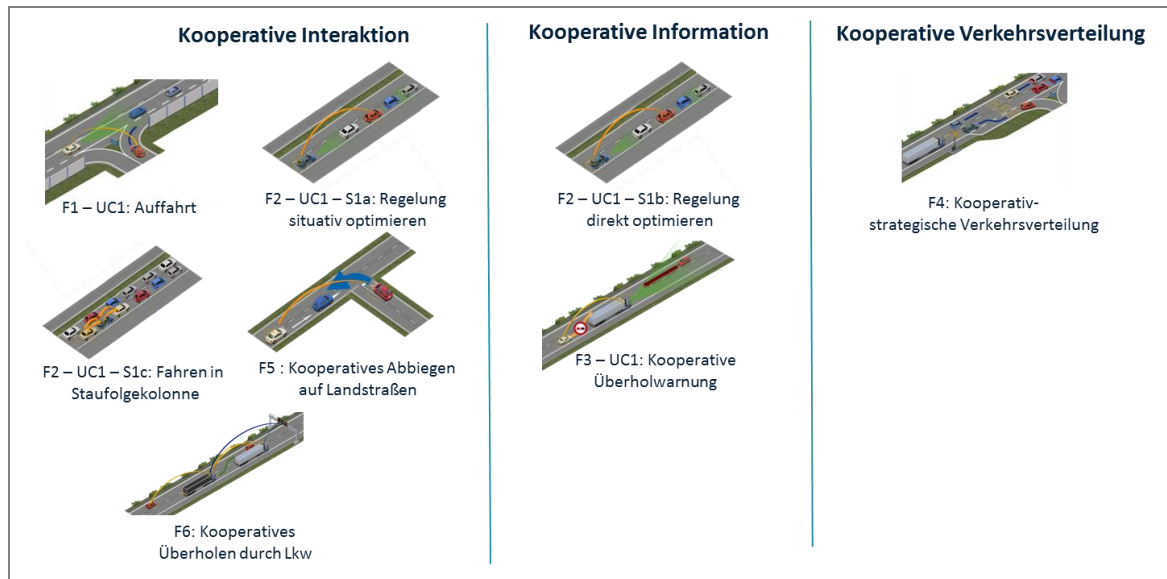


Abbildung 2.3: Klassifizierung der Use Cases in kooperative Interaktion, kooperative Information und kooperative Verkehrsverteilung

Eine weitere Unterscheidung kann hinsichtlich des hauptsächlichen Funktionsnutzens stattfinden (Komfort, Effizienz/Verkehrsklima, Sicherheit) zeitlichen Kritikalität stattfinden:

- **Komfort:** Die kooperative Funktion erhöht hauptsächlich den Fahrkomfort in bestimmten Situationen. Der Start und die erfolgreiche Manöverausführung sind zeitlich unkritisch.
 - F2 – UC1 – S1b: Regelung direkt optimieren
 - F2 – UC1 – S1c: Fahren in Staufolgekolonne
- **Effizienz/Verkehrsklima:** Eine Reihe von Funktionen hat eine Erhöhung der Verkehrseffizienz (z.B. geringere Reisezeit) und des Verkehrsklimas (z.B. weniger Beanspruchung des Fahrers) zum Ziel. Um einen positiven Effekt zu haben, muss das kooperative System in einem bestimmten Zeitraum aktiv werden und ein Manöver abstimmen, da entweder die Infrastruktur den Manöverraum einschränkt (F1 – UC1, F4, F6), andere Fahrzeuge sonst behindert würden (F5, F6) oder eine erfolgreiche Funktionsdurchführung nicht mehr möglich ist (F2 – UC1 – S1a, F4).

Die Use Cases werden im Folgenden mit ansteigender zeitlicher Kritikalität sortiert:

- F4: Kooperativ-strategische Verkehrsverteilung
- F6: Kooperatives Überholen durch Lkw
- F5: Kooperatives Abbiegen auf Landstraßen
- F2 – UC1 – S1a: Regelung situativ optimieren
- F1 – UC1: Auffahrt

- Sicherheit: Die kooperative Funktion muss sehr schnell nach entsprechender Umfeldwahrnehmung starten, um einen Funktionsnutzen zu haben und die Sicherheit zu erhöhen.

- F3 – UC1: Kooperative Überholwarnung

Die größten Anforderungen an das MMI bestehen aus Fahrersicht dann, wenn eine kooperative Interaktion zwischen den Beteiligten abgestimmt werden muss und erheblicher Zeitdruck besteht.

2.5 Zusammenfassende Betrachtung der Funktionen aus MMI-Sicht

Unabhängig von der einzelnen kooperativen Funktion lässt sich eine generische Abfolge von sechs Funktionsschritten ableiten (Abbildung 2.4).



Abbildung 2.4: Generische Abfolge von Funktionsschritten.

Dabei ist nicht für jede Funktion, jede IMAGinE Kooperationsstufe (IKS) (Definition der IKS siehe Deliverable D1.1) und jeden Automatisierungslevel jeder Schritt in gleicher Weise ausgeprägt. **Es ergeben sich für jeden Funktionsschritt Fragestellungen bzgl. einer geeigneten Mensch-Maschine-Interaktion:**

1. **Konfiguration des Systems:** Das kooperative System kann im Vorfeld einer möglichen Aktivierung vom Fahrer konfiguriert werden.
 - a. Sind Voreinstellungen des Systems durch den Fahrer möglich (z.B. Kooperationsbereitschaft bzw. Kosten (bspw. Verzögerung an Anschlussstellen), die für eine Kooperation in Kauf genommen werden)?
 - b. Sind Voreinstellungen abhängig vom Fahrzeugtyp (z.B. Rekuperationsmöglichkeit)?
 - c. Wie wird das System in den Bereitschaftsmodus versetzt (automatisch, durch Fahrer)?
 - d. Wie wird der Fahrer über die Bereitschaft des Systems informiert?
 - e. Inwieweit muss der Fahrer darüber informiert werden, dass sein Fahrzeug Daten sendet, die andere Fahrzeuge im Rahmen kooperativer Funktionen nutzen?
2. **Aktivierung in Kooperationssituation:** Das kooperative System wird aktiviert.
 - a. Wird das System vom Fahrer aktiviert oder automatisch bei Annäherung an eine potentielle Kooperationssituation?

- b. Hängt die Art der Aktivierung von der Perspektive des Fahrers ab (kooperationsbedürftig vs. kooperationsgewährend)?
 - c. Muss der kooperationsbedürftige Fahrer einer Kooperationsanfrage explizit zustimmen?
 - d. Wie meldet das System zurück, dass eine kooperative Unterstützung nötig (z.B. aufgrund hoher Verkehrsdichte) bzw. unnötig ist (z.B., weil ausreichende Lücken vorhanden sind)?
- 3. **Suchen eines Kooperationspartners:** In der Kooperationssituation interagiert das System mit einem oder mehreren Partnern, die fest definiert sein können oder erst ausgewählt werden müssen.
 - a. Wie kann eine verständliche und motivierende Kooperationsanfrage aussehen?
 - b. Wie wird eine Kooperationsanfrage vom Fahrer beantwortet (z.B. Button vs. Verhalten)?
 - c. Wie wird der Fahrer über den jeweiligen Kooperationspartner informiert? Wie wird der Kooperationspartner informiert, dass er tatsächlich kooperieren soll?
 - d. Wie viele Kooperationspartner gibt es?
 - e. Wie viel Zeit vergeht (bzw. darf vergehen), bevor ein Kooperationspartner gefunden ist?
- 4. **Abstimmung eines Manövers:** Das Manöver wird mit den Kooperationspartnern abgestimmt.
 - a. Braucht der Fahrer Feedback über die stattfindende Abstimmung (z.B. einen Fortschrittsbalken)?
 - b. Wie viel Zeit steht für die Manöverabstimmung zur Verfügung?
 - c. Muss der Fahrer einem abgestimmten Manöver explizit zustimmen?
- 5. **Durchführung:** Das kooperative Manöver wird durchgeführt.
 - a. Wie wird in Abhängigkeit vom Automatisierungslevel das Kooperationsmanöver durchgeführt?
 - b. Wie muss die Information an den Fahrer gestaltet sein, damit der Fahrer sie versteht und das Manöver korrekt durchführt bzw. die Durchführung zulässt?
 - c. Wann muss ein Manöver abgebrochen werden?
 - d. Was passiert bei einem Systemabbruch und wie wird der Fahrer informiert?
- 6. **Abschluss und Feedback:** Das kooperative Manöver wird abgeschlossen und ergänzende Informationen gegeben.
 - a. Wie kann nach Abschluss der technikenunterstützten Interaktion den beteiligten Fahrern Feedback gegeben werden (z.B. über den Nutzen für die Beteiligten oder ein „Dankeschön“)?

3 NACHRICHTENINHALTE

In diesem Kapitel werden die in den Funktionsbeschreibungen dargestellten, von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur ausgetauschten Nachrichten beschrieben und harmonisiert. Es erfolgt keine detaillierte Ausarbeitung der Nachrichten und Nachrichtenstruktur, da dies die Aufgabe nachfolgender Arbeitspakete ist.

Zur Harmonisierung der Inhalte wird folgende Einteilung verwendet

- Kapitel 3.1: Fahrzeugdaten (CAM, DENM, erweiterte Daten von Fahrzeugen mit IMAGinE-Funktionsrechner)
- Kapitel 3.2: Infrastrukturdaten (Fahrbeschränkungen, Verteilungsempfehlung, Warnungen, Informationen)
- Kapitel 3.3: Manöverdaten (Kooperationsabstimmung, Manöverauswahl)

3.1 Fahrzeugdaten

Zur Erstellung des kollektiven Umfeldmodells fordern alle IMAGinE-Funktionen Positions- und Bewegungsdaten von Fahrzeugen, wie sie bereits in der IKS2 versendet und empfangen werden (CAM).

Einige Funktionen streben einen erweiterten Austausch von Sensor- und Umgebungsdaten an. Beispielsweise soll die geplante Prognose für die Längsregelung oder die Entfernung zum nächsten relevanten Vorfahrer ausgetauscht werden.

Es wird Aufgabe des AP3.3 sein, diesen erweiterten Datenrahmen für Fahrzeuge mit IMAGinE-Funktionsrechner zu definieren.

3.2 Infrastrukturdaten

Ein Großteil der IMAGinE-Funktionen verwendet Infrastrukturdaten zur Erweiterung des kollektiven Umfeldmodells. Es sollen Verkehrsinformationen und Gefahrenwarnungen, wie Verkehrsdichte, Verkehrsstörungen, Baustellen und dynamische Beschränkungen verwendet werden.

Für die Funktion F4 werden Nachrichten zur Übermittlung und Umsetzung von Verteilungsempfehlungen benötigt.

Die Ausgestaltung der Infrastrukturnachrichten inklusive der erforderlichen Basisstruktur wird in nachfolgenden Arbeitspaketen erfolgen.

3.3 Manöverdaten

Einige kooperative Funktionen in IMAGinE erfordern eine Abstimmung der Manöver zwischen den Fahrzeugen. Dies ist ab IKS4 möglich.

Die Manöverdaten lassen sich zu wenigen Kernpunkten zusammenfassen

- Kooperationsanfrage
- Akzeptanz oder Ablehnung der Kooperationsanfrage
- Vorschlag eines Manöverplans
- Zustimmung / Ablehnung des Manöverplans
- Überprüfung des Manövers
- Abbau der Kooperation

In AP3.3 werden die Nachrichteninhalte für die Kooperation, Manöverplanung und -abstimmung spezifiziert.

4 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE „QUALITATIVE BEFRAGUNG ZUR ANALYSE DER RELEVANZ IDENTIFIZIERTER FAKTOREN FÜR AKZEPTANZKRITERIEN“

Für die Erfassung möglicher Akzeptanzgrenzen hinsichtlich der Nutzung von kooperativer Fahrerassistenz wurden zwei Studien (Vorstudie: Identifizierung und Hauptstudie: Qualifizierung), im Zeitraum von November 2016 bis März 2017 entwickelt, durchgeführt und ausgewertet. In der Vorstudie wurden Leitfadeninterviews mit Pkw- bzw. Lkw-Fahrern geführt, welche zur Identifizierung relevanter Faktoren für Akzeptanzkriterien genutzt wurde. Darauf aufbauend wurden in der Hauptstudie in einer Online-Befragung Pkw- und Lkw-Fahrer nach der Relevanz der zuvor identifizierten Faktoren befragt. Die Ergebnisse dieser Studie dienen als Grundlage für weiterführende Untersuchungen in den Teilprojekten zwei, drei und fünf und werden im Folgenden vorgestellt. Die Vorgehensweise und Abhängigkeit der Studien untereinander sind in Abbildung 4.1 grafisch dargestellt. Ein ausführlicher Bericht über die Entwicklung, Durchführung und Auswertung (inkl. Graphiken und ausführlicher Beschreibung der Ergebnisse) ist auf der IMAGinE-Web-Plattform im Bereich des AP1.2 hinterlegt.

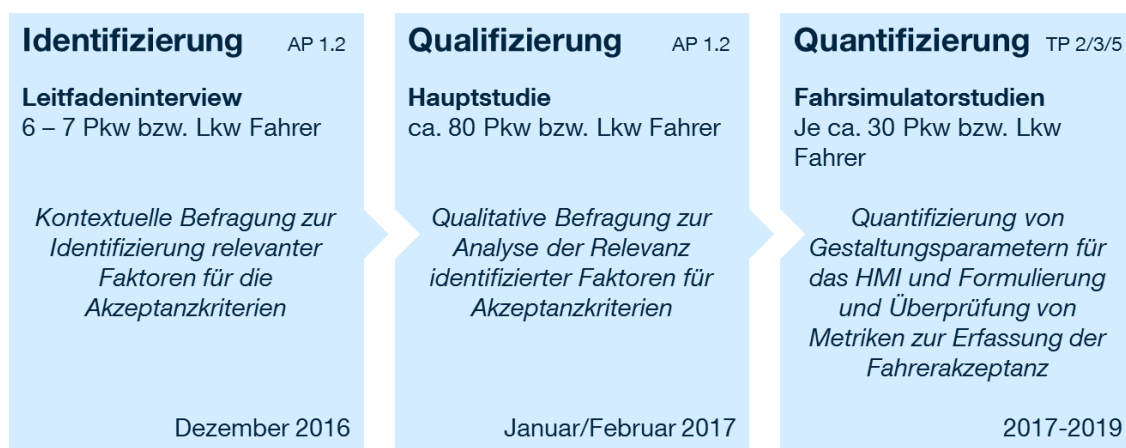


Abbildung 4.1: Methodik zur Ermittlung von Akzeptanzkriterien

Der Aufbau der Studien und die Formulierung der notwendigen Forschungsfragen basieren auf dem Akzeptanzmodell *Technology Acceptance Model for ubiquitous Systems* (UbiTAM; Rothensee, 2010). Dieses ist eine Weiterentwicklung des *Technology Acceptance Model* (TAM; Davis, 1989). Beide Modelle sehen den wahrgenommenen Nutzen und die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung als zentrale akzeptanzbildende Variable. Das UbiTAM zählt zudem zwei Personenmerkmale und sieben Situationsmerkmale auf, welche die Intention zur Nutzung zukünftiger Technologiesysteme beeinflussen. Diese insgesamt neun Merkmale bilden die Basis umfassender Forschungsfragen für die Identifizierung und anschließende Qualifizierung von Faktoren für die Akzeptanz kooperativer Assistenzsysteme.

4.1 Stichprobe

An der Online-Umfrage nahmen 76 Personen teil, wovon 6 Personen den Fragebogen nicht vollständig ausfüllten. Die Stichprobe setzt sich zusammen aus 66 (=86.8 %) männlichen und 10 (=13.2 %) weiblichen Fahrern. Das durchschnittliche Alter liegt bei 43.4 Jahren ($SD=12.9$). 26 der befragten Personen (34.2 %) fahren hauptberuflich Lkw. Eine Übersicht über das Probandenkollektiv findet sich in Tabelle 4.1.

	Gesamtstichprobe		Weibliche Fahrer		Männliche Fahrer	
Fahrergruppe	n	%	n	%	n	%
Pkw	50	65.8	9	18.0	41	82.0
Lkw	26	34.2	1	3.8	25	96.2
Gesamt	76	100	10	13.2	66	86.8

Tabelle 4.1: Personenverteilung nach Fahrergruppe

4.1.1 Pkw-Fahrer

Die Pkw-Fahrer gaben an, dass sie im Schnitt 17 119.90 Kilometer im Jahr fahren ($SD = 12\,702.8$). 22 Personen bzw. 43.1 % der Befragten gaben an regelmäßig mit dem Pkw zur Arbeit zu pendeln, 11 bzw. 21.6 % gaben an hauptberuflich Pkw zu fahren. Im Schnitt verbringen die Pkw-Fahrer 35.5 % ihrer Fahrzeit auf Autobahnen, 31.8 % auf Landstraßen und 32.7 % auf Straßen im Stadtgebiet.

4.1.2 Lkw-Fahrer

Die befragten Lkw-Fahrer gaben an, dass sie im Schnitt seit 22.6 Jahren Lkw fahren ($SD = 10.8$). Durchschnittlich fahren die befragten Fahrer 4.1 Tage die Woche Lkw ($SD=1.4$). Die Angabe der jährlich gefahrenen Kilometer streut 120 bis 380 000 km ($MD= 67850.8$, $SD = 79425.7$). Dies sollte bei der Interpretation der erzielten Ergebnisse berücksichtigt werden. Die Befragten gaben an, dass sie in der Regel häufiger auf Autobahnen, Landstraßen und im Stadtgebiet unterwegs sind, als auf unbefestigten Straßen bzw. Baustellengeländen.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Personenmerkmale

Das UbiTAM nennt zwei Personenmerkmale, welche einen Einfluss auf die Intention zur Nutzung zukünftiger Technologiesysteme haben: Wunsch nach Kontrolle und technische Kompetenz. Innerhalb der Online-Befragung wurden zwei standardisierte Fragebögen verwendet, um diese Merkmale zu erfassen um etwaige Einflüsse auf die Situationsmerkmale erklären zu können.

Für die Erfassung des Wunsches nach Kontrolle wurde die Skala *Internale-Externale-Kontrollüberzeugung-4* (IE-4; Kovaleva et al., 2012) gewählt. Für die Erfassung der technischen

Kompetenz wurde die Kurzform des KUT (= Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik; Beier, 2004) gewählt.

Die Untersuchung möglicher Verteilungsunterschiede zwischen den zwei Fahrergruppen ergab, dass sich die Pkw- und Lkw-Fahrer nicht in ihrer Ausprägung des KUT bzw. IE-4 Wertes unterscheiden. Um etwaige Einflüsse auf Situationsmerkmale zu ermitteln wurde das Probandenkollektiv je nach Ausprägung des IE-4 bzw. KUT-Wertes in drei Gruppen (niedrige, mittlere und hohe Ausprägung; Trennwerte 35. und 65. Perzentil) aufgeteilt.

Zudem wurden die Fahrer nach ihrer Nutzung von Fahrerassistenzsystemen befragt. Eine Untersuchung der Verteilungsunterschiede hinsichtlich der Fahrergruppe zeigt, dass die befragten Lkw-Fahrer häufiger Fahrerassistenzsysteme nutzen.

Im Folgenden werden die erzielten Ergebnisse nach Situationsmerkmalen sowie den durch die TUM in IMAGinE betrachteten Funktionen (F1, F3, F5, F6) aufgeschlüsselt und ein Einfluss der Personenmerkmale nur dann berücksichtigt, wenn er sich ergeben hat.

4.2.2 Situationsmerkmale

Subjektive Belastung (Affektive Bewertung)

In der Vorstudie wurden folgende Belastungsfaktoren während der in IMAGinE behandelten Verkehrssituationen identifiziert:

■ Blickkontakt zum Gegenverkehr ■ Geschwindigkeit des Verkehrs ■ Verhaltenserkennung anderer Verkehrsteilnehmer ■ Verkehrsdichte	■ Lkw beteiligt ■ Kurvenreiche/ ungünstige Straße ■ Abstand/ Nähe anderer Verkehrsteilnehmer
---	--

Die Probanden wurden gebeten die Höhe der Belastung der einzelnen Faktoren anhand einer 5-stufigen Likertskala zu bewerten (Skala von 1=gar nicht bis 5=sehr stark).

Insgesamt sind hohe Wertungen einzelner Belastungsfaktoren für jede Situation zu beobachten. Dies lässt darauf schließen, dass die in IMAGinE betrachteten Situationen generell eine Belastung für den Fahrer darstellen und ausreichend Potenzial für ein Assistenzsystem generieren. Auffälligkeiten ergeben sich bei der Betrachtung der beiden befragten Gruppen (Pkw- vs. Lkw-Fahrer). Beispielsweise erachten Pkw-Fahrer den Faktor *Abstand/Nähe anderer Verkehrsteilnehmer* oder die *Geschwindigkeit des Verkehrs* beim Einfädeln an Anschlussstellen in seinem Beitrag zur Belastung höher als die Lkw-Fahrer. Dies legt nahe, dass es sich tatsächlich um zwei Gruppen mit unterschiedlichen Bedürfnissen handelt und macht die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung in der Entwicklung eines Fahrerassistenzsystems offensichtlich.

Folgende auffällige Ergebnisse der Einzelbetrachtungen ergeben sich:

- Die Beteiligung eines Lkw bei F1 wird in der Literatur (Ellinghaus & Steinbrecher, 2002, p. 155) als Belastungsfaktor genannt, schneidet jedoch bei der vorliegenden Studie mit dem geringsten Beitrag zur Belastung ab.
- Die Straßentopografie ist der bei F5 am höchsten bewertete Faktor.
- „Abstand/Nähe anderer Verkehrsteilnehmer“ ist der bei F6 am höchsten bewertete Faktor. Die Bewertung der einzelnen Belastungsfaktoren variiert je nach betrachtetem Szenario.

Gesamt lässt sich sagen, dass - während es einige situationsübergreifend wichtig eingeschätzte Faktoren gibt (*Verhaltenserkennung der anderen Verkehrsteilnehmer, Abstand/Nähe anderer Verkehrsteilnehmer, Geschwindigkeit des Verkehrs, Verkehrsdichte*) – andere Faktoren je nach Situation in ihrer Wichtigkeit stark variieren, sodass eine Generalisierung bzw. Gestaltungsempfehlung ohne Rücksichtnahme auf die jeweilige Verkehrssituation nur bedingt möglich ist.

Einflussfaktoren auf Kooperationsbereitschaft (Subjektive Norm)

In der Vorstudie wurden folgende Einflussfaktoren auf die Kooperationsbereitschaft identifiziert:

■ Verkehrsdichte	■ Erkennen von Kooperationsmöglichkeiten
■ Zeitdruck	■ Sichtverhältnisse
■ Kooperationsbereitschaft anderer Verkehrsteilnehmer	■ Belohnung
■ Tageszeit	■ Abstand / Nähe anderer Verkehrsteilnehmer
■ Erfolgswahrscheinlichkeit	

Diese wurden in der Hauptstudie anhand einer 5-stufigen Likertskala von den Probanden bewertet (1 = keinen Einfluss bis 5 = sehr starker Einfluss).

Der am höchsten bewertete Einflussfaktor auf die Kooperationsbereitschaft ist laut Umfrage das *Erkennen von Kooperationsmöglichkeiten*. Dies deutet daraufhin, dass Fahrer, wenn sie eine mögliche Kooperation erkennen, auch kooperieren würden. Ein kooperativer Assistent könnte dieses Defizit überbrücken. Dagegen wird der Einfluss von *Belohnung, Tageszeit* und *Erfolgswahrscheinlichkeit* von den Probanden deutlich niedriger eingestuft. Auch der Einfluss von *Zeitdruck* wird von den Fahrern tendenziell geringer bewertet, als das *Erkennen von Kooperationsmöglichkeiten*.

Wie schon in der Betrachtung der Belastungsfaktoren ergeben sich auch bei der Bewertung der Einflussfaktoren auf die Kooperationsbereitschaft Unterschiede zwischen Pkw- und Lkw-Fahrer. So sehen Pkw-Fahrer den Einfluss von *Zeitdruck* höher als Lkw-Fahrer. Dies verdeutlicht nochmal

die Notwendigkeit einer separaten Betrachtung der beiden Nutzergruppen in der weiteren Entwicklung.

Es wurden zudem Auffälligkeiten zwischen Fahrern unterschiedlicher (technischer) Kontrollüberzeugung ermittelt. Es wäre sinnvoll in weiteren Studien den Einfluss der Kontrollüberzeugung auf die Kooperationsbereitschaft näher zu untersuchen.

Die Probanden wurden in der Umfrage aufgefordert noch weitere Einflussfaktoren zu nennen. Mehrmals wurde die *Gefühlslage* oder *Stimmung* von den Fahrern genannt. Zudem spielt für einige Fahrer der *Fahrzeugtyp*, das *Nummernschild* oder das *Geschlecht* des möglichen Kooperationspartners eine Rolle.

Verhaltensweisen anhand derer Kooperation erkannt wird

In der Vorstudie nannten die Probanden folgende Verhaltensweise anderer, anhand derer sie Kooperation erkennen:

■ Lenkverhalten ■ Blinken ■ Winken ■ Blickkontakt ■ Lichthupe ■ Ausrollen/ vom Gas gehen	■ Bremsen ■ Abstand der anderen Verkehrsteilnehmer ■ Geschwindigkeit halten ■ Platz machen (z.B. Spurwechsel) ■ Beschleunigen
---	---

Die Relevanz dieser Verhaltensweisen wurden in der Online-Umfrage von den Probanden anhand einer 5-stufigen Likertskala bewertet (1 = „irrelevant“ bis 5 = „sehr relevant“).

Die Probanden sehen *Blinken* und *Platz machen (z.B. Fahrstreifenwechsel)* als relevanteste Verhaltensweisen. Fahrer mit einer niedrigen allgemeinen Kontrollüberzeugung sehen das „*Platz machen*“ jedoch nicht so relevant, wie Fahrer mit einer höheren allgemeinen Kontrollüberzeugung. Dies zeigt, dass der Einfluss der Kontrollüberzeugung in weiteren Betrachtungen der kooperativen Verhaltensweisen mitbeachtet werden sollte. Die Untersuchung der Verteilungsunterschiede zwischen Pkw- und Lkw-Fahrern ergab auch hier wieder Signifikanzen. Der Lkw-Fahrer empfindet den Blickkontakt relevanter als der Pkw-Fahrer.

Eigene Verhaltensweisen in einer Kooperation

In der Vorstudie nannten die Probanden folgende Verhaltensweisen, die sie zeigen, wenn sie kooperieren:

☐ Ausrollen / vom Gas gehen	☐ Blinken
☐ Bremsen	☐ Lichthupe
☐ Winken	☐ Fahrstreifenwechsel
☐ Lenkverhalten	☐ Geschwindigkeit halten
☐ Gas geben	

In der Hauptstudie wurden die Probanden gebeten, diese Verhaltensweisen nach ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit auf einer 5-Punkt Likertskala (1 = „unwahrscheinlich“ bis 5 = „sehr wahrscheinlich“) zu bewerten.

In allen vier Szenarien wurden das *Winken* und die *Lichthupe* am unwahrscheinlichsten bewertet. Des Weiteren halten Pkw-Fahrer eher die Geschwindigkeit um zu kooperieren, als die Lkw-Fahrer.

Folgende auffällige Ergebnisse zeigen sich in den individuellen Szenarien:

- In F1 würden die Probanden am wahrscheinlichsten einen Fahrstreifenwechsel durchführen um zu kooperieren.
- In F3 bewerteten die Probanden das Blinken als wahrscheinlichste Kooperationsart
- In F5 würden die Probanden am wahrscheinlichsten Ausrollen oder vom Gas gehen um zu kooperieren.

Die Auswertung der zwei Überhol-Szenarien deutet darauf hin, dass ein Teil der Probanden die Fragestellung aus Sicht des Überholenden und ein Teil aus Sicht des Überholten beantwortet haben. Dies sollte bei der weiteren Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Nutzen eines kooperativen Assistenzsystems in den IMAGinE Funktionen (wahrgenommene Nützlichkeit)

Die Probanden wurden nach der Nützlichkeit eines kooperativen Assistenten in den vier genannten IMAGinE-Funktionen (F1, F3, F5 und F6) gefragt.

Eine Unterstützung beim F3 – *Überholen auf Landstraßen* wurde von den Probanden am nützlichsten empfunden, gefolgt vom F6 – *Überholen durch Lkw auf Autobahnen* und dem F1 – *Einfädeln an Anschlussstellen*. Die Nützlichkeit eines kooperativen Assistenzsystems beim F5 – *Abbiegen auf Landstraßen* wurde am geringsten bewertet. Hierbei ist anzumerken, dass das Überholen auf Landstraßen in der Fragestellung als „Überholassistent“ und nicht als „Überholwarnung“ beschrieben wurde.

Zusätzlich wurde von den Probanden eine Unterstützung beim *Bilden einer Rettungsgasse* gewünscht.

Kooperationshandlungen, die durch einen Assistenten unterstützt werden sollten
(wahrgenommene Nützlichkeit)

Bei der Vorstudie nannten die Probanden folgende Kooperationshandlungen, die ein Assistent unterstützen sollte:

☐ Ausrollen/ vom Gas gehen	☐ Blinken
☐ Bremsen	☐ Lichthupe
☐ Winken	☐ Fahrstreifenwechsel
☐ Lenkverhalten	☐ Geschwindigkeit halten
☐ Gas geben	☐ Platz machen (z.B. Spurwechsel)

Die Probanden der Hauptstudie sollten mithilfe einer fünfstufigen Likertskala (1 = „kein Nutzen“ bis 5 = „sehr hoher Nutzen“) den Nutzen einer Unterstützung bei diesen Kooperationshandlungen schätzen.

Die Auswertung zeigt deutlich, dass sich die Fahrer wenig Unterstützung beim Austausch direkter Kommunikationssignale wie z.B. der *Lichthupe* und dem *Winken* wünschen. Des Weiteren zeigt sich, dass der Wunsch nach einer Unterstützung beim *Bremsen* höher ist als eine Unterstützung des *Lenkverhaltens* oder des *Gasgebens*. Je nach Erfahrung im Umgang mit Fahrerassistenzsystemen wird die Unterstützung beim *Bremsen* unterschiedlich bewertet. Der genaue Zusammenhang und ein möglicher Einfluss der Vertrautheit mit bestehenden Systemen sollte in zukünftigen Untersuchungen weiter betrachtet werden.

Untersuchungen der unterschiedlichen Ausprägungsgruppen des IE-4 und KUT-Wertes ergaben, dass Fahrer mit einer niedrigen Kontrollüberzeugung den Nutzen eines Assistenzsystems, das das *Ausrollen* bei einer Kooperation unterstützt geringer bewerten als Fahrer mit einer hohen Kontrollüberzeugung. Dies trifft auch auf den Nutzen einer Unterstützung beim *Platz machen (z.B. Spurwechsel)* zu.

Zusätzlich wurde von Probanden angegeben, dass sie sich einen Hinweis wünschen, wann eine Kooperation sinnvoll wäre. Auch hier wird nochmals bestärkt, dass das Wissen über eine Kooperationsmöglichkeit den Nutzern sehr wichtig ist

Gewünschte Informationen von einem kooperativen Assistenten (wahrgenommene Nutzerfreundlichkeit)

In der Vorstudie wünschten sich die Probanden folgende Informationen, welche sie von einem kooperativen Assistenten erhalten wollen:

☐ Handlungsempfehlungen	☐ Personenbezogene Informationen
☐ Abstand / Lücke	☐ Erfolgswahrscheinlichkeit
☐ zur Verfügung stehende Zeit	☐ Routenbezogene Information
☐ Verbindungsstatus	☐ wahrgenommenes Umfeld
☐ Geschwindigkeit Verkehrsteilnehmer	☐ Aufklärung über Verkehrssituation
☐ Handlungsabsicht	☐ keine Information

In der Hauptstudie wurden die Probanden gebeten die Wichtigkeit dieser Informationen einzuschätzen (fünfstufige Likertskala: 1= nicht wichtig bis 5 = sehr wichtig)

Die Ergebnisse der Befragung zum Informationsbedarf der Fahrer zeigen, dass sich fast alle Fahrer Informationen vom Kooperationsassistenten wünschen. Jedoch spielen personenbezogene Informationen eine untergeordnete Rolle. Am wichtigsten ist den Fahrern die *Aufklärung über die Verkehrssituation*.

Wahrgenommene Kontrolle eines kooperativen Assistenten

Für die Erfassung der wahrgenommenen Kontrolle wurde der standardisierte Fragebogen nach (Rothensee, 2010) verwendet. Jedoch zeigen die Ergebnisse (die Antworten liegen im mittleren Skalenbereich), dass Fragen zur erwarteten Erlernbarkeit und Bedienfreundlichkeit ohne konkretes erlebbares System schwer zu beantworten sind.

Risiko eines kooperativen Assistenzsystems

Auch für die Erfassung möglicher Risikofaktoren wurde ein standardisierter Fragebogen verwendet (Cunningham, 1967; Peter & Tarpey, 1975). Das funktionelle Risiko eines kooperativen Assistenten wird von den Befragten höher eingeschätzt als der mögliche Zeitverlust oder die Gefährdung der Privatsphäre durch den Assistenten.

Vertrauen gegenüber einem kooperativen Assistenzsystem

Für die Bewertung des Vertrauens gegenüber einem zukünftigen kooperativen Assistenten wurde der für diesen Zweck modifizierter Fragebogen nach (Körber, 2015) verwendet. Das Vertrauen, das die Fahrer in ein kooperatives Fahrerassistenzsystem setzen, ist generell „eher hoch“. Jedoch hängt dieses Urteil stark von der Zuverlässigkeit des Systems ab.

4.3 Zusammenfassung

Durch das zweistufige Studiendesign konnte eine Vielzahl von Akzeptanzkriterien und die Kooperationsbereitschaft beeinflussenden Faktoren ermittelt werden, die im Projekt für Studiererstellung und Gestaltungsparameter der Mensch-Maschine Interaktion hilfreich sind.

- Ein Großteil der Befragten gab an, dass das Erkennen der Kooperationsmöglichkeit den größten Einfluss auf Ihre Kooperationsbereitschaft hat. Ein Assistenzsystem, das lediglich auf die Kooperationsmöglichkeit hinweist, sollte also bereits erheblich zur Verbesserung beitragen.
- Der Fahrtrichtungsanzeiger und das Bewegungsverhalten („Platz machen“) sind die von den Befragten am höchsten bewerteten Anzeichen einer möglichen Kooperation. Diese sollten in der Gestaltung von Kooperationsabläufen priorisiert werden.
- Gefühlslage, Stimmung sowie Eigenschaften des möglichen Kooperationspartners (z.B. Geschlecht, Fahrzeugtyp, Kennzeichen etc.) haben laut Angaben der Befragten einen Einfluss auf die Kooperationsbereitschaft. Es ist wünschenswert, den Einfluss dieser Faktoren auf eine tatsächliche Umsetzung eines kooperativen Assistenzsystems zu prüfen.
- Die in IMAGinE betrachteten und von der Studie adressierten Funktionen F1, F3, F5 und F6 unterscheiden sich hinsichtlich der subjektiv empfundenen Belastung(-sfaktoren) der Fahrer, was darauf schließen lässt, dass eine Generalisierung bzw. Gestaltungsempfehlung ohne Rücksichtnahme auf die jeweilige Verkehrssituation nur bedingt zu empfehlen ist.
- Bewusst, aktiv eingesetzte Kommunikationsmechanismen zur Kooperationsvermittlung (Lichthupe, Winken) werden von den befragten Fahrern weder besonders frequent genutzt, noch wird hier eine Assistenz gewünscht. Daher wäre der Einsatz derartiger aktiver Kommunikationsmechanismen für eine Gestaltung der Kooperationsassistenz im Straßenverkehr kritisch zu betrachten.
- Aufgrund der erfassten Unterschiede in den Bewertungen der einzelnen Fragestellungen erscheint die separate Betrachtung von Pkw- und Lkw-Fahrern bei der Entwicklung eines MMI sinnvoll.

QUELLENVERZEICHNIS

- Beier, G. (2004). Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik: Ein Persönlichkeitsmerkmal mit Relevanz für die Gestaltung technischer Systeme. Zugl.: Berlin, Humboldt-Univ., Diss., 2003. Berlin: dissertation.de.
- Benmimoun, A., Neunzig, D. & Maag, C. (2004). Effizienzsteigerung durch professionelles/partnerschaftliches Verhalten im Straßenverkehr. FAT-Schriftenreihe Nr. 181. Frankfurt/Main: Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.
- Bonasso, R. P., Firby, R. J., Gat, E., Kortenkamp, D., Miller, D. P. & Slack, M. G. (1997). Experiences with an Architecture for Intelligent, Reactive Agents. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence* 9(2), pp 237-256.
- Bruder, R. & Didier, M. (2009). Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. In: H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*, S. 314-324. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Cunningham, S.M. (1967). The Major Dimensions of Perceived Risk. *Risk Taking and Information Handling in Consumer Behavior*, 82-108.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology, *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, p. 319.
- DIN EN 894-1 (1997). Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen, DIN-Norm.
- Ellinghaus, D., & Steinbrecher, J. (2002). Lkw im Strassenverkehr - Eine Untersuchung ueber die Beziehungen zwischen Lkw- und Pkw-Fahrern. *UNIROYAL VERKEHRSUNTERSUCHUNG*, 48(27).
- Hoffmann, J. & Gayko, J. (2009). Fahrerwarnelemente. In: H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*, S. 343-354. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Körper, M. (2015). Fragebogen Vertrauen in Automation. Technische Universität München, München
- Kovaleva, A., Beierlein, C., Kemper, C. J., & Rammstedt, B. (2012). Eine Kurzskala zur Messung von Kontrollüberzeugung: Die Skala Internale-Externale-Kontrollüberzeugung-4 (IE-4), vol. 2012/19. Available: http://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/document/31209/1/ssoar-2012-kovaleva_et_al-eine_kurzskala_zur_messung_von.pdf.
- Ovcharova, N. (2013). Methodik zur Nutzenanalyse und Optimierung sicherheitsrelevanter Fahrerassistenzsysteme (Dissertation). Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Peter, J. P., & Lawrence X. T. (1975) A Comparative Analysis of Three Consumer Decision Strategies. *Journal of Consumer Research*, vol. 2, no. 1, 1975, pp. 29–37.

- Rothensee, M. (2010). Psychological determinants of the acceptance of future ubiquitous computing applications. Zugl.: Berlin, Humboldt-Univ., Diss., 2008. Hamburg: Kovač.
- Schwartz J. T., Sharir M. (1983). On the “piano movers” problem. General techniques for computing topological properties of real algebraic manifolds. Adv. Appl. Math. 4(1), pp 298-351.