

sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland): Empirische Wirkungsermittlung von Car-2-X-Technologien im Feldversuch und in der Fahrsimulation

sim^{TD} (Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany): Empirical evaluation of car-2-x technologies in field tests and in a driving simulation

Dipl.-Psych. Ingo **Totzke**, Dipl.-Psych. Dominik **Mühlbacher**, Dr. Susanne **Buld**,
Prof. Dr. Hans-Peter **Krüger**

Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW), Würzburg

Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland) hat u.a. die empirische Überprüfung der Car-2-X-Technologie zum Ziel. Hierzu sollen neben einem Feldversuch mit bis zu 400 Fahrzeugen im Rhein-Main-Gebiet Versuche in einem Simulationslabor (bestehend aus einer Fahr- und Verkehrssimulation) durchgeführt werden. Es kommen 22 Funktionen (aus den Bereichen Verkehrs(fluss)-information und -steuerung, lokale Gefahrenwarnung, Fahrerassistenz und ergänzende Dienste) mit 34 Anwendungsfällen zum Einsatz. Der vorliegende Beitrag stellt den im Rahmen von sim^{TD} erarbeiteten Ansatz zur empirischen Wirkungsermittlung der Car-2-X-Technologie vor. Schwerpunkt der Darstellungen ist das Zusammenspiel des Feldversuchs mit der Fahrsimulation bzw. der Fahrsimulation mit der Verkehrssimulation.

Summary

The research project sim^{TD} (Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany) aims at evaluating car-2-x technology empirically. For this purpose, up to 400 vehicles in the Rhine-Main region (Germany) as well as a simulation laboratory (consisting of both driving simulation and traffic simulation) will provide empirical data. 22 technical functions (from the fields “road safety”, “traffic efficiency” and “value-added services”) with altogether 34 use cases will be analyzed. This paper gives information about the empirical approach used in sim^{TD} on how to validate the car-2-x technology. Focus of this paper is the coordination of the studies in the test field with the driving simulation as well as within the simulation laboratory.

1 Einführung

Das Forschungsprojekt sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland, für weitere Informationen siehe [1]) hat u.a. die empirische Überprüfung der sog. Car-2-X-Technologie zum Ziel. Mit Car-2-X-Technologien können sowohl Informationen zwischen Fahrzeugen untereinander als auch zwischen Verkehrsteilnehmern und Verkehrsinfrastruktur (z.B. Lichtsignalanlagen, Verkehrszentralen) ausgetauscht werden.

So werden zum einen nachfolgende und entgegenkommende Verkehrsteilnehmer über potenzielle Gefährdungen informiert, um rechtzeitig und angemessen auf die Situation reagieren zu können. Gefahren können somit vom Fahrer wahrgenommen werden, bevor er sie sehen kann und sie zu kritischen Situationen führen.

Mittels der Car-2-X-Technologie werden außerdem anonymisiert Informationen zur Verkehrslage an die Verkehrszentralen übermittelt, so dass die straßenseitige Infrastruktur optimal geschaltet und die weitere Verkehrsentwicklung zuverlässig prognostiziert werden kann. Die so gewonnenen Informationen werden wiederum den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung gestellt. Diese werden damit in die Lage versetzt, ihre Fahrtrouten entsprechend anzupassen und so auf schnellstem Wege, komfortabel und sicher ans Ziel zu kommen. Hierdurch kann die Effizienz des Einzelfahrzeugs und des Gesamtsystems gesteigert werden (z.B. geringere Staulängen).

Schließlich ergeben sich über Car-2-X-Technologie neue Möglichkeiten zur Integration sog. Mehrwertdienste ins Fahrzeug. Beispielsweise können Autofahrer direkt im Fahrzeug Hotelinformationen erhalten, sich über Sehenswürdigkeiten und Freizeitangebote am Streckenrand informieren oder Musik und andere Medienangebote abrufen.

2 Funktionen und Anwendungsfälle in sim^{TD}

Im Rahmen von sim^{TD} sollen 22 Funktionen aus folgenden Bereichen zum Einsatz kommen:

- „Verkehr“: Erfassung der Verkehrslage, Verkehrs(fluss-)information und -steuerung
- „Fahren und Sicherheit“: Lokale Gefahrenwarnung und Fahrerassistenz
- „Ergänzende Dienste“: Internetzugang und lokale Informationsdienste

Diese Funktionen untergliedern sich weiterhin in 34 Anwendungsfälle, die die Fahrer im Laufe der Versuchsphase kennen lernen können (z.B. Baustelleninformationssystem, Umleitungsmanagement, Hinderniswarnung, Ampelphasen-Assistenz, internetbasierte Dienstnutzung). Für eine ausführliche Darstellung dieser und weitere Funktionen bzw. Anwendungsfälle siehe [2].

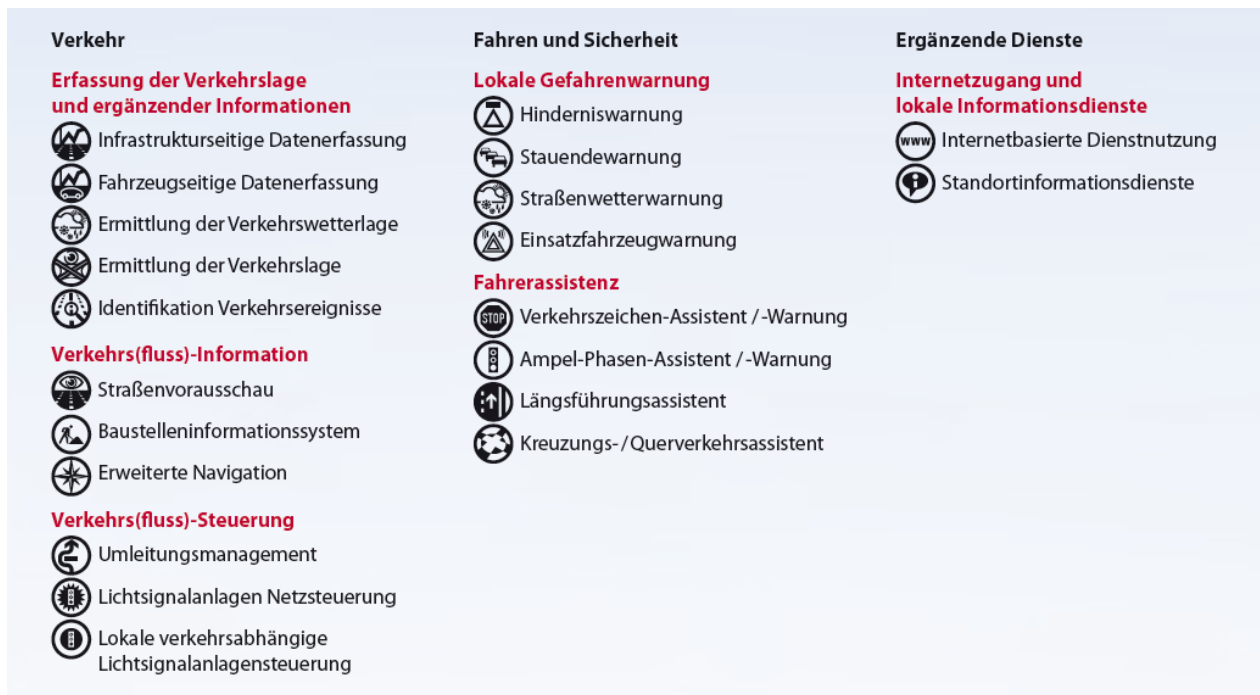


Abb. 1: Übersicht über Funktionen und Anwendungsfällen des Forschungsprojekts sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland; Quelle:[1])
 Overview about functions and use-cases of the project sim^{TD} (Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany; source: [1])

3 Validierungsziele in sim^{TD}

Zielsetzung der Versuche im Feld bzw. im Simulationslabor soll u.a. die Validierung (d.h. empirische Überprüfung) von technischen Rahmenbedingungen der im Zuge von sim^{TD} entwickelten Funktionen sein (z.B. Auswirkung verschiedener Übertragungskanäle bzw. Ausstattungsdaten für ITS Roadside Stations (IRS) und ITS Vehicle Stations (IVS)). Zusätzlich sind technische Aspekte (wie z.B. die Gesamtsystemfunktionalität, die Kommunikationseigenschaften des Systems sowie die Betriebssicherheit und IT-Sicherheit des Systems) zu prüfen.

Ferner soll die Wirkung der sim^{TD} -Anwendungsfälle hinsichtlich sog. nicht-technischer Aspekte ermittelt werden (für eine ausführliche Darstellung siehe [3]). Als nicht-technische Validierungsziele wurden definiert:

- Nutzerakzeptanz: Die Nutzerakzeptanz betrachtet die Akzeptanz des sim^{TD} -Anwendungsfalls durch den Fahrer. Beispiele: Beurteilung des Anwendungsfalls durch den Fahrer, Befolgungsraten und -geschwindigkeit auf sim^{TD} -Meldung.
- Fahr- und Verkehrssicherheit: Fahr- und Verkehrssicherheit adressieren Wirkungen eines sim^{TD} -Anwendungsfalls auf die Sicherheit eines einzelnen Fahrers (Fahrsicherheit) bzw. eines Verkehrssystems (Verkehrssicherheit).

Beispiele: Geschwindigkeitsverhalten, Abstandsverhalten, Reaktionsverhalten.

- Fahr- und Verkehrseffizienz: Fahr- und Verkehrseffizienz adressieren Wirkungen eines sim^{TD} -Anwendungsfalls auf die Effizienz eines einzelnen Fahrers (Fahreffizienz) bzw. eines Verkehrssystems (Verkehrseffizienz). Beispiele: Reisezeit, Geschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch, Streckenlänge.

4 Versuchsumgebungen in sim^{TD}

Zur empirischen Wirkungsermittlung der Car-2-X-Technologie sollen in sim^{TD} neben einem Feldversuch mit bis zu 400 Fahrzeugen im Rhein-Main-Gebiet (Stadt Frankfurt und Umland) Versuche in einem Simulationslabor (bestehend aus einer Fahr- und einer Verkehrssimulation) durchgeführt werden. Im Einzelnen können diese Versuchsumgebungen wie folgt kurz beschrieben werden:

Das **Versuchsgebiet** umfasst einen Teil des Verkehrsraums der Stadt Frankfurt/Main sowie Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Rhein-Main Gebiet, die mit der für die sim^{TD} -Technologie notwendigen Infrastruktur ausgestattet sind. Im Versuchsgebiet werden zum einen angeleitete Fahrer in mit der sim^{TD} -Technologie ausgestatteten Fahrzeugen gezielt bestimmte Fahrsituationen aufsuchen bzw. realisieren (sog. interne Flotte). Zudem werden Fahrer selbstbestimmt (im Sinne eines „Field Operational Tests“, [4]) im Versuchsgebiet unterwegs sein (z.B. Pendler in privaten Fahrzeugen oder Mitarbeiter in Dienstfahrzeugen, sog. externe Flotte).

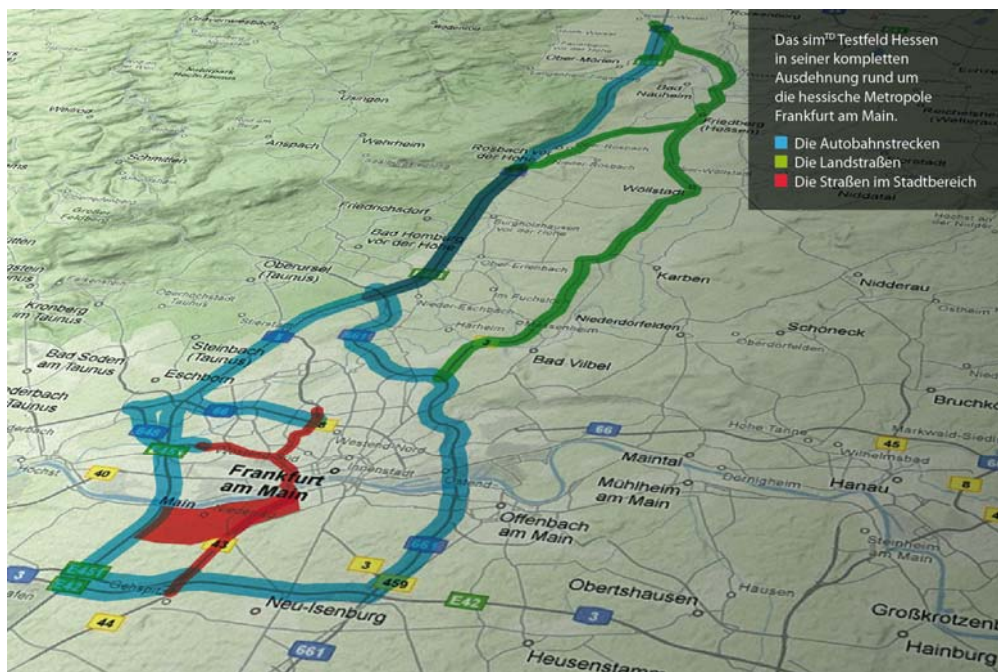


Abb. 2: Übersicht über das Versuchsgebiet im Forschungsprojekt sim^{TD} (Quelle: [1])
 Overview about the test field Germany in sim^{TD} (source: [1])

Parallel hierzu finden ausgewählte Versuche auf einem geschlossenen **Testgelände** statt, das ebenfalls mit für die sim^{TD} -Technologie notwendiger Infrastruktur ausgestattet ist und auf dem u.a. die Fahrer der internen Flotte eingesetzt werden. Alle Fahrzeuge auf dem Testgelände sind kontrollierbar. Es ist kein nicht-beeinflussbarer umgebender Verkehr vorhanden.

Zusätzlich werden Versuche in einer **Fahrsimulation**, in der sich Fahrer durch eine virtuelle Szenerie bewegen, durchgeführt. Es können gezielt Variationen von Fahrsituationen unter kontrollierten Rahmenbedingungen hergestellt werden. Im Rahmen von sim^{TD} wird auf die Simulationssoftware SILAB des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften zurückgegriffen (WIVW, für weitere Informationen siehe [5]).



Abb. 3: Fahrsimulation des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW): Innenansicht (links), Kreuzungsszenario (rechts; Quelle: [5])
Driving Simulation of the Wuerzburg Institute for Traffic Sciences (WIVW): High-fidelity driving simulator (on the left), intersection scenario (on the right; source: [5])

Schließlich werden im Rahmen von sim^{TD} in einer **Verkehrssimulation** zahlreiche Fahrer-Fahrzeug-Einheiten simuliert (mikroskopische Verkehrssimulation), die sich in einem virtuellen Abbild des Versuchsgebiets bewegen. In sim^{TD} kommt die mikroskopische Verkehrsflusssimulation VISSIM zum Einsatz [6].

Diese Versuchsumgebungen (Versuchsgebiet, Testgelände, Fahr- und Verkehrssimulation) werden im Rahmen von sim^{TD} ergänzend zueinander eingesetzt, um einerseits zu einer Aussage zu verkehrlicher Wirkung und Kosten-Nutzen-Potenzial der Car-2-X-Technologie zu gelangen (siehe auch Kap. 3). Andererseits sollen die mit den jeweiligen Versuchsumgebungen einhergehenden Grenzen und Nachteile gegenseitig abgefangen werden (siehe Kap. 5). So werden kritische Fahrsituationen z.B. nicht im Versuchsgebiet, aber in der Fahrsimulation durchgeführt.

Aus diesen Gründen werden die genannten sim^{TD} -Funktionen sowohl in der Realität als auch in den Simulationen implementiert und empirische Versuche durchgeführt. Dabei sollen die Ergebnisse von Fahr- und Verkehrssimulation – sofern dies im zeitlichen Rahmen möglich ist – als Input für die Planung und Organisation der Feldver-

suche herangezogen werden. Umgekehrt sollen jedoch auch empirische Ergebnisse aus Versuchsgebiet und Testgelände herangezogen werden, um die Simulation der Fahrer-Fahrzeug-Einheiten in der Verkehrssimulation zu optimieren.



Abb. 4: Zusammenspiel von Feldversuch (Versuchsgebiet und Testgelände) und Simulationslabor (Fahr- und Verkehrssimulation) in sim^{TD}
Integration of real traffic (test field and test area) and simulation (driving and traffic simulation) in sim^{TD}

5 Bewertung der Versuchsumgebungen in sim^{TD}

Jede dieser Versuchsumgebungen geht mit spezifischen Möglichkeiten und Grenzen einher, die bei der Planung, Durchführung und Auswertung der empirischen Untersuchungen in sim^{TD} zu berücksichtigen sind. Diese Möglichkeiten und Grenzen sollen nachfolgend kurz diskutiert werden (für eine ausführliche Diskussion siehe [7]):

Natürlichkeit des Prüfsituationen

Es ist zu erwarten, dass die Versuche im **Versuchsgebiet** ein relativ realistisches Fahrverhalten in realen Situationen im realen Straßenverkehr liefern [8]. Durch die interne Flotte können gezielt definierte und wiederholbare Situationen zur Prüfung technischer und nicht-technischer Eigenschaften der Car-2-X-Technologie unter realistischen Bedingungen angefahren werden. In diesem Zusammenhang negativ zu bewerten ist die Tatsache, dass die Fahrer instruiert werden, gezielt diese Situationen aufzusuchen, wodurch das Erleben und Verhalten der Fahrer beeinflusst wird (sog. Reaktivität). In der externen Flotte kann demgegenüber davon ausgegangen werden, dass wirklich ein natürliches, unbeeinflusstes Fahrverhalten der Fahrer mit freier Routenwahl realisiert wird: Hier bewegen sich die Versuchsteilnehmer ohne

weitere Instruktionen frei im Versuchsgebiet. Der Einfluss der Beobachtungssituation auf das Fahrerverhalten und -erleben ist langfristig erfahrungsgemäß eher gering [9].

Durch die künstliche Herstellung von Situationen auf dem **Testgelände** wird die Natürlichkeit der Fahrsituation deutlich eingeschränkt. Zudem können nur zumeist eher einfache Versuchsszenarien realisiert werden, da deren Realisierung regelhaft mit hohen Kosten für die Anmietung des Geländes und die Gestaltung von Versuchsaufbauten einhergeht [8]. Interaktionen zwischen zwei oder mehreren Fahrzeugen sind nur schwer herstellbar.

Letzteres ist eine Domäne der **Fahrsimulation**, in der diese Interaktionen präzise und reproduzierbar hergestellt werden können. Auch hier ist nur eingeschränkt zu erwarten, dass das Fahrverhalten im Simulator das Verhalten in der Realität abbildet (siehe z.B. [10], [11]). Dieser Gefahr wird durch Fahrertrainings begegnet, die u.a. die Beherrschung des Simulatorfahrzeugs und das Vermeiden von Simulatorübelkeit zum Inhalt haben [12]). Von besonderem Vorteil ist in der Fahrsimulation sicherlich, dass auch kritische oder eher seltene Fahrsituationen realisiert werden können, ohne dass dem Fahrer bei eventuellem Fehlverhalten ein körperlicher Schaden droht [8].

Da in der **Verkehrssimulation** keine leibhaftigen Fahrer eingesetzt werden und die Fahrer-Fahrzeug-Einheiten vollständig simuliert werden, hängt die Natürlichkeit der Prüfsituationen deutlich von den realisierten Simulationsmodellen und ihrer Parametrierung ab. Im Rahmen von sim^{TD} werden hierfür Daten aus dem Feldversuch (Versuchsgebiet und Testgelände) sowie der Fahrsimulation verwendet.

Herstellbarkeit, Kontrollierbarkeit und Vergleichbarkeit der Prüfsituationen

Ein besonderes Spannungsfeld der empirischen Überprüfung von sim^{TD} ergibt sich aus der Herstellbarkeit, Kontrollierbarkeit und damit der Vergleichbarkeit von Prüfsituationen. Die sim^{TD} -Funktionen bzw. -Anwendungsfälle sind auf definierte Fahrsituationen bezogen. Nur wenn diese Situationen auftreten, wird die Car-2-X-Technologie (zumeist im direkten Vergleich zu Situationen ohne aktivierte Car-2-X-Technologie) prüfbar. Durch entsprechende Routenwahl und Fahrerinstruktion muss versucht werden, die definierten Prüfsituationen herzustellen bzw. aufzusuchen (z.B. das Auffahren auf ein Stauende). Der Versuchskontrolle obliegt es, zu bestimmen, in welchem Maße die angezielte Situation tatsächlich zustande gekommen ist. Dazu müssen Prüfvariablen eingeführt werden. Erst wenn gewährleistet ist, dass tatsächlich die Prüfsituation eingetreten ist, werden die Daten vergleichbar und kann das Verhalten vieler Versuchsfahrer zu einer generellen Funktionsevaluation zusammengefasst werden.

Die in diesem Abschnitt angesprochenen Kriterien werden in den Versuchsumgebungen in unterschiedlicher Weise erfüllt. So ist die Herstellbarkeit der Prüfsituationen im **Versuchsgebiet** (insbesondere in der externen Flotte) sehr gering, da nicht gewährleistet werden kann, dass jede aufzusuchende Prüfsituation tatsächlich auftritt bzw. hinreichend häufig realisiert wird. Zudem ist die Kontrollierbarkeit der Versuche im Versuchsgebiet gering, so dass die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten nicht

ohne weiteres gegeben ist. Für die anderen Versuchsumgebungen resultiert demgegenüber:

- Auf dem **Testgelände** sind definierte Fahrsituationen kontrolliert herstellbar und deren Prüfung prinzipiell beliebig häufig möglich.
- Auch im Simulationslabor (**Fahrsimulation** und **Verkehrssimulation**) ist die gezielte Herstellbarkeit und Reproduzierbarkeit der gewünschten Situationen hervorzuheben. Die Rahmenbedingungen sind im Wesentlichen kontrollierbar.

Für diese Versuchsumgebungen kann somit in der Regel verglichen werden, wie sich unterschiedliche Fahrer bzw. Fahrerkollektive in identischen Situationen mit vs. ohne Car-2-X-Technologie verhalten.

Sicherheitskritikalität der Situationen

Gezielte Untersuchungen sicherheitskritischer Situationen sind aus ethischen Gründen im **Versuchsgebiet** nicht vertretbar bzw. organisatorisch oft schwierig oder gar nicht umsetzbar. Das künstliche Erzeugen eines Staus (z.B. durch Fahrzeuge der Straßenmeisterei) ist aus Sicherheitsgründen nicht ohne weiteres möglich. Ebenso ist das künstliche Positionieren von Hindernissen nur zulässig, wenn hieraus keine Gefährdung des umliegenden Verkehrs resultiert. Aus diesen Gründen werden einige sim^{TD}-Anwendungsfälle v.a. auf dem **Testgelände** geprüft.

In diesem Zusammenhang spielt die **Fahrsimulation** einen ihrer Hauptvorteile aus: Sicherheitskritische Situationen können in der Fahrsimulation ohne Gefährdung der Versuchsteilnehmer untersucht und prinzipiell beliebig oft wiederholt werden. Da in der **Verkehrssimulation** alle Fahrer-Fahrzeug-Einheiten simuliert werden, ist dieser Aspekt von untergeordneter Bedeutung.

Möglichkeiten der Datenaufzeichnung und -auswertung

Die technische Ausstattung der sim^{TD}-Fahrzeuge der internen und externen Flotte sowie der Infrastruktur des **Versuchsgebiets** bzw. **Testgeländes** bestimmt die Möglichkeiten und Grenzen der Datenaufzeichnung und -auswertung. Selbst bei einer vollständigen, möglicherweise sehr kostspieligen Instrumentierung der Fahrzeuge sind zunächst lediglich detaillierte mikroskopische Kenngrößen über das Fahrverhalten des Einzelnen zur Evaluation von Fahreffizienz und Fahrsicherheit vorhanden. Erst durch die parallele Verfügbarkeit von Infrastrukturdaten (z.B. aus Messschleifen oder Kamerasystemen) werden Aussagen zur kollektiven Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit möglich.

In der **Fahrsimulation** liegen detaillierte mikroskopische Kenngrößen über das Fahrverhalten des Einzelnen zur Evaluation von Fahreffizienz und Fahrsicherheit vor. Es können zudem Aussagen zu verkehrlichen Wirkungen im direkten Umfeld der Versuchsfahrer gemacht werden, sofern die Parametrierung des simulierten Verkehrs bekannt ist. Da keine Einschränkungen bezüglich des Aufbaus bzw. der Möglichkei-

ten von Messhardware zu berücksichtigen sind, können prinzipiell alle in der Fahrsimulation verfügbaren Messgrößen berücksichtigt werden.

In der **Verkehrssimulation** können schließlich detaillierte mikroskopische Kenngrößen über das Fahrverhalten des gesamten Fahrzeugkollektivs zur Evaluation von Fahr-/Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit zur Verfügung gestellt werden.

6 Zusammenspiel der Versuchsumgebungen

Abschließend soll das Zusammenspiel der Versuchsumgebungen skizziert werden, wie es in sim^{TD} zur empirischen Wirkungsprüfung der Car-2-X-Technologie realisiert wird. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen dem Zusammenspiel von Feldversuch (Versuchsgebiet und Testgelände) und Fahrsimulation auf der einen Seite sowie dem Zusammenspiel von Fahr- und Verkehrssimulation auf der anderen Seite.

Zusammenspiel Versuchsgebiet und Fahrsimulation

Nach Abschluss der technischen Spezifikation der sim^{TD} -Funktionen sowie der ergonomischen Ausgestaltung der realisierten Informations- und Warnstrategien, die dem Fahrer im Fahrzeug dargeboten werden, werden die Funktionen bzw. deren Anwendungsfälle in der Fahrsimulation nachgebildet.

In ersten Vorversuchen werden die Anwendungsfälle in der Fahrsimulation mit kleinen Stichproben ($N = 6$ Fahrer) empirisch erprobt. Schwerpunkt dieser Vorversuche ist eine Sichtung der sim^{TD} -Funktionen bzw. -Anwendungsfälle im Fahrkontext. Die realisierten Informations- und Warnstrategien sowie anzupassende Stellgrößen (wie z.B. Zeitpunkte oder Schwellenwerte, bei denen die spezifizierten Meldungen dem Fahrer dargeboten werden) können so optimiert werden.

Zum anderen soll in diesen Vorversuchen geprüft werden, ob die Ausgestaltung der Versuchsszenarien für die Prüfung der jeweiligen sim^{TD} -Anwendungsfälle geeignet ist. Es kann beispielsweise geklärt werden, ob die Variation von einsehbaren bzw. nicht-einsehbaren Gefahrenstellen adäquat umgesetzt wurde. Zugleich können verschiedene Befragungstechniken, die teilweise während der Fahrt vorgesehen sind, empirisch geprüft werden. Schließlich geben die Vorversuche Hinweise auf einen optimalen Versuchsablauf zur Prüfung der Car-2-X-Technologie.

Die Ergebnisse dieser Vorversuche münden schließlich in die konkrete Ausgestaltung der empirischen Hauptversuche in der Fahrsimulation mit den unter Kap. 5 genannten Zielsetzungen. Parallel hierzu werden die Ergebnisse der Vorversuche für die Entwicklung und konkrete Ausgestaltung von Versuchsanordnungen für den Feldversuch (Versuchsgebiet und Testgelände) weitergegeben. Hierdurch soll gewährleistet werden, dass durch optimale Versuchsanordnungen im Feldversuch Ressourcen geschont werden.

Zusammenspiel Fahr- und Verkehrssimulation

Die Ergebnisse der Hauptversuche im Fahrsimulator fungieren anschließend als eine der Eingangsgrößen für die Verkehrssimulation. Zur Simulation der Fahrer-Fahrzeug-Einheiten in der Verkehrssimulation werden u.a. die in der Fahrsimulation ermittelten Daten in die Fahrermodelle der Verkehrssimulation eingespeist. Hierzu zählen beispielsweise Zeitpunkte und Wahrscheinlichkeiten von Spurwechseln oder Bremsmanövern. Aus diesem Grund werden aus der Verkehrssimulation resultierende Anforderungen an die Daten bei der Planung und Organisation der Versuche in der Fahrsimulation berücksichtigt.

In der Verkehrssimulation sind schließlich die verkehrlichen Wirkungen der Car-2-X-Technologie (Fahr- und Verkehrseffizienz sowie Fahr- und Verkehrssicherheit) eines einzelnen Fahrers (Fahrsicherheit und -effizienz) bzw. eines Verkehrssystems (Verkehrssicherheit und -effizienz) zu ermitteln.

7 Zusammenfassung: Wirkungsermittlung in sim^{TD}

Die unter Kap. 2 genannte große Menge an Funktionen und Anwendungsfällen im Zusammenhang mit den verschiedenen Versuchsumgebungen (Feldversuch und Simulationslabor) stellt eigene Anforderungen an die Planung, Durchführung und Auswertung der Versuche im Rahmen des Forschungsprojekts sim^{TD}. Zum aktuellen Stand ist vorgesehen, die Versuchsumgebungen wie folgt ergänzend zueinander zu positionieren, um zum Ende des Forschungsprojekts sim^{TD} die angezielten verkehrlichen Wirkungen der Car-2-X-Technologie umfangreich zu prüfen:

- Mit der internen Flotte im Versuchsgebiet und auf dem Testgelände können die meisten Anwendungsfälle bzgl. technischer und nicht-technischer Fragestellungen untersucht werden.
- Die externe Flotte dient überwiegend zur Überprüfung der Nutzerakzeptanz sowie technischer Fragestellungen der einzelnen Anwendungsfälle.
- In der Fahrsimulation können nicht-technische Fragestellungen zur Nutzerakzeptanz, Fahreffizienz und Fahrsicherheit überprüft werden.
- In der Verkehrssimulation können die nicht-technischen Fragestellungen zu Fahr- und Verkehrseffizienz sowie zur Fahr- und Verkehrssicherheit adressiert werden. Zudem werden technische Rahmenbedingungen geprüft (z.B. Auswirkung verschiedener Übertragungskanäle bzw. Ausstattungsraten).

8 Literatur

- [1] www.simtd.de
Offizielle Homepage des Forschungsprojekts sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland)
Letzter Zugriff: August 2010
- [2] DELIVERABLE D11.1.
Beschreibung der C2X-Funktionen (Version 2.0)
sim^{TD}: Öffentliches Deliverable
2009
- [3] DELIVERABLE D12.2
Validierungs- und Optimierungsziele, Metriken und Methoden (Version 1.0)
sim^{TD}: Öffentliches Deliverable
2009
- [4] FESTA CONSORTIUM
FESTA Handbook
Unveröffentlichter Bericht
2008
- [5] www.wivw.de
Offizielle Homepage Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften
Letzter Zugriff: August 2010
- [6] PTV PLANUNG TRANSPORT VERKEHR AG
VISSIM 5.20 Benutzerhandbuch
2009
- [7] DELIVERABLE D41.1
Versuchsplan 1.0 (Version 3.0)
sim^{TD}: Öffentliches Deliverable
2010
- [8] BREUER, J.
Bewertungsverfahren von Fahrerassistenzsystemen
in: Winner, H., Hakuli, S. & Wolf, G. (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme
Vierweg+Teubner
Wiesbaden, 2009
- [9] DINGUS, T.A.; KLAUER, S.G.; NEALE, V.L.; PETERSEN, A.; LEE, S.E.;
SUDWEEKS, J.; PEREZ, M.A.; HANKEY, J.; RAMSEY, D.; GUPTA, S.; BU-
CHER, C.; DOERZAPH, Z.R.; JERMELAND, J.; KNIPLING, R.R.
The 100-Car Naturalistic Driving Study Phase II – Results of the 100-Car Field
Experiment
Virginia Tech Transportation Institute
Blacksburg, 2006

- [10] KEMENY, A.; PANERAI, F.
Evaluating perception in driving simulation experiments
Trends in Cognitive Sciences, Vol. 7, Nr. 1, S. 31-37
- [11] BÜLTHOFF, H.H.; van VEEN, H.A.H.C.
Vision and Action in Virtual Environments: Modern Psychophysics in Spatial
Cognition Research
In: von der Heyde, M., Bühlhoff, M. (Eds.), Perception and Action in Virtual Envi-
ronments. Selected Papers from the Cognitive and Computational Psychophys-
ics Department 1997-2000
WDS Wunsch Druckservice
Stuttgart, 2000
- [12] HOFFMANN, S.; BULD, S.
Darstellung und Evaluation eines Trainings zum Fahren in der Fahrsimulation
in: VDI (Hrsg.), Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme
VDI Verlag
Düsseldorf, 2006