



## Schlussbericht

01.09.2008 - 30.06.2013

Hessen Mobil

Version	<1.0>
Laufzeit des Vorhabens	01.09.2008 – 30.06.2013
Zuwendungsempfänger	Hessen Mobil – Straßen und Verkehrsmanagement
Förderkennzeichen BMBF	16BV0810
Förderkennzeichen BMWi	19P8018E
Fälligkeitsdatum BMBF	31.12.2013
Fälligkeitsdatum BMWi	30.06.2014
Erstellungsdatum	20.02.2014



sim<sup>TD</sup> wurde gefördert und unterstützt durch

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie**

**Bundesministerium für Bildung und Forschung**

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur**

Dieses Dokument wurde erstellt von Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement

Beiträge wurden verfasst von

Abt. Dir. Dipl.-Ing. Gerd Riegelhuth

Dr.-Ing. Achim Reusswig

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Carsten Kühnel

Dipl.-Ing. (M.Sc.) Athanasios Katsaros

Projektkoordination

Dr. Christian Weiß

Daimler AG

HPC 059 – X430

71059 Sindelfingen

Germany

Telefon +49 7031 90 47118

Fax +49 711 30 52 15 49 99

E-Mail [christian.a.weiss@daimler.com](mailto:christian.a.weiss@daimler.com)

© 2013 Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden.



## Versionsübersicht

Version	Datum	Beschreibung
0.0	26.05.2013	Dokumentvorlage von IMC
0.1	02.07.2013	Anpassung der Vorlage von IMC
0.2	20.08.2013	Dokumentvorlage von Hessen Mobil
0.3	23.08.2008	Kapitel 3 bis 7 von Hessen Mobil
0.4	14.09.2013	Kapitel 1 und 2 von IMC Inputs zu Unterkapiteln 3.1., 3.3 und 3.4 von IMC
0.5	01.12.2013	Inputs zu Unterkapiteln 3.2 und 3.5 von IMC generelle Formatierung von IMC
0.6	11.12.2013	Partnerspezifische Anpassung von v0.5 von Hessen Mobil
0.7	19.12.2013	Internes Review Hessen Mobil
1.0	20.02.2014	Partnerspezifische finale Version

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vi
1 Motivation und Zielsetzung .....	1
1.1 Aufgabenstellung .....	1
1.1.1 Ausgangslage .....	1
1.1.2 Allgemeine sim <sup>TD</sup> Projektziele.....	2
1.1.3 sim <sup>TD</sup> Projektaufgaben.....	3
1.2 Vorhabensvoraussetzungen .....	4
1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	5
1.3.1 Ausgangslage vor Projektbeginn .....	5
1.3.2 Projekte, auf deren Ergebnisse aufgebaut wurde .....	8
1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	10
2 Projektplanung und -ablauf .....	12
2.1 Projektstruktur .....	12
2.2 Projektzeitplan und -ablauf .....	13
2.2.1 Zeitplan .....	13
2.2.2 Ablauf.....	14
3 Erzielte Ergebnisse von Hessen Mobil.....	16
3.1 TP 1 – Anforderungsanalyse .....	16
3.1.1 AP 11 – Funktionen.....	16
3.1.2 AP 12 – Validierungs- und Optimierungsziele, -methoden und -metriken .....	17

3.1.3	AP 13 – Abgeleitete Tests .....	18
3.2	TP2 – Systementwicklung.....	18
3.2.1	AP 21 – Gesamtarchitektur .....	18
3.2.2	AP 23 – Infrastruktureitiges Subsystem (Leitung) .....	20
3.2.3	AP 24 – Projekt Testsystem .....	28
3.3	TP 3 – Systemintegration.....	28
3.3.1	AP 32 – Infrastrukturaufbau und -integration (Leitung) .....	28
3.3.2	AP 33 – Funktionstests .....	31
3.4	TP 4 – Versuchsdurchführung .....	34
3.4.1	AP 41 – Versuchsdesign .....	34
3.4.2	AP 42 – Aufbau und Betrieb: operative Durchführung .....	35
3.4.3	AP 43 – Auswertung und Analyse .....	38
3.4.4	AP 44 – Aufbau und Betrieb: Infrastruktur & Weiterbetriebsszenario (Leitung) .....	39
3.5	TP 5 – Bewertung und Rahmenbedingungen .....	43
3.5.1	AP 51 – Bewertung Feldversuch .....	43
3.5.2	AP 52 – Betriebs- und volkswirtschaftliche Aspekte .....	51
3.5.3	AP 53 – Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen .....	51
3.5.4	AP 54 – Betreiber-Modelle und Einführungsszenarien .....	52
4	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	56
5	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	58
6	Berichte und Veröffentlichungen.....	61
	Abkürzungen.....	62
	Anhang.....	i
	Anhang I – Übersicht wichtigster Arbeits-/Koordinationstermine (Präsenztermine) Hessen Mobil.....	i
	Anhang II – Ausgewählte Pressematerial Hessen Mobil.....	iv
	Anhang III – Ausgewählte Presseveröffentlichungen Hessen Mobil.....	xvi
	Anhang IV – Ausgewählte Veranstaltungsaufnahmen Hessen Mobil.....	xix

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Einbettung von COMeSafety in die internationale Forschungs- und Standardisierungslandschaft .....	9
Abbildung 2. Struktur des sim <sup>TD</sup> Projekts .....	13
Abbildung 3. Inhalte der Phase 1 .....	13
Abbildung 4. Inhalte der Phase 2 .....	14
Abbildung 5. Inhalte der Phase 3 .....	14
Abbildung 6. Gesamtarchitektur sim <sup>TD</sup> .....	20
Abbildung 7. Architektur des infrastrukturseitigen Subsystems .....	21
Abbildung 8. Prinzipieller IRS Aufbau .....	24
Abbildung 9: AMIC Webinterface .....	25
Abbildung 10: Funktionsorientierte ICS Gesamtübersicht seitens Hessen Mobil .....	27
Abbildung 11. Übersicht des Testgeländes in Friedberg .....	30
Abbildung 12. Übersichtsplan IRS im Versuchsteilgebiet Stadt Frankfurt am Main .....	40
Abbildung 13. Übersichtsplan IRS im Versuchsteilgebiet Hessen Mobil .....	41
Abbildung 14. Übersichtsplan Weiterbetriebsstrecke A5, B3 und B445 .....	43
Abbildung 15. Phasen der C2C-Einführung – Technologie und Kundenfunktionen .....	54
Abbildung 16. Geographische Ausdehnung des Anwendungsgebiets im CIC .....	57
Abbildung 17. Zu realisierende Anwendungen im CIC .....	57
Abbildung 18. Hessen Mobil Entwicklungslinie – Projekte zu kooperativen Systeme .....	59

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Dauer und Dokumente AP 11 .....	16
Tabelle 2. Dauer und Dokumente AP 12 .....	17
Tabelle 3. Dauer und Dokumente AP 13 .....	18
Tabelle 4. Dauer und Dokumente AP 21 .....	18
Tabelle 5. Dauer und Dokumente AP 23 .....	20
Tabelle 6. Dauer und Dokumente AP 24 .....	28
Tabelle 7. Dauer und Dokumente AP 32 .....	28
Tabelle 8. Dauer und Dokumente AP 33 .....	31
Tabelle 9. Dauer und Dokumente AP 41 .....	34
Tabelle 10. Dauer und Dokumente AP 42 .....	35
Tabelle 11. Dauer und Dokumente AP 43 .....	38
Tabelle 12. Dauer und Dokumente AP 44 .....	39
Tabelle 13. Dauer und Dokumente AP 51 .....	43
Tabelle 14. Funktionsauswertung "fusionierte Verkehrslage" .....	45
Tabelle 15. Tägliche Verfügbarkeit der simTD ICS im Versuchszeitraum .....	50
Tabelle 16. Dauer und Dokumente AP 52 .....	51
Tabelle 17. Dauer und Dokumente AP 53 .....	51
Tabelle 18. Dauer und Dokumente AP 54 .....	52

# 1 Motivation und Zielsetzung

## 1.1 Aufgabenstellung

### 1.1.1 Ausgangslage

Der Straßenverkehr hat über die vergangenen Jahre insbesondere auf Bundesfernstraßen deutlich zugenommen. Mittelfristig ist vor allem im Schwerverkehr mit einem weiteren Anstieg der Verkehrsnachfrage zu rechnen. Trotz eines hohen Sicherheitsstandards der Straßeninfrastruktur und der stetigen Verbesserungen der aktiven und passiven Sicherheit bei den Fahrzeugen waren im Jahr 2012 immer noch rund 4.000 bei Straßenverkehrsunfällen Getötete sowie rund 400.000 Verletzte zu beklagen; die insgesamt rund 2,3 Mio Unfälle stellen nicht zuletzt auch einen wesentlichen Grund für Störungen im Verkehrsfluss dar.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Verbesserung des Verkehrsflusses kommen in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend Intelligente Verkehrssysteme zum Einsatz. Insbesondere auf den Bundesfernstraßen wurden umfangreiche Telematikeinrichtungen zur kollektiven Verkehrsbeeinflussung in Betrieb genommen. Beispielhaft sind die Intensivierung der Entwicklung des Verkehrsmanagements und der Ausbau der Telematikinfrastruktur im Rahmen der Initiative "Staufreies Hessen 2015". In enger Zusammenarbeit von Land, Wirtschaft und wissenschaftlicher Forschung entstehen hier die Mobilitätslösungen von morgen, indem innovative Konzepte und Technologien entwickelt und zur Anwendung gebracht werden. Durch diese Maßnahmen konnte die Dauer der Staus auf Autobahnen in den Jahren 2004 bis 2012 um rund 80 % reduziert werden.

Ungeachtet der bisherigen Erfolge ergeben sich aufgrund weiterhin ansteigender Verkehrsleistungen insbesondere im Güterverkehr in den kommenden Jahren neue Herausforderungen, um das Verkehrsaufkommen auf Fernstraßen auch in Zukunft möglichst sicher und störungsfrei abwickeln zu können. Eine weitere Reduzierung der Unfälle und Staus kann nach Expertenmeinung jedoch erst dann erreicht werden, wenn die Fahrzeugführer durch Informations- und Assistenzsysteme von der Fahraufgabe entlastet werden.

Seit fast zwei Jahrzehnten wurden in vielen Forschungs- und Entwicklungsprojekten weltweit mit hohem Nachdruck Möglichkeiten einer leistungsfähigen Informationsübertragung vom und zum Fahrzeug bzw. zur Infrastruktur untersucht. Dabei wurde die gegenseitige Kommunikation zwischen zwei Fahrzeugen (C2C-Kommunikation) sowie zwischen straßenseitiger Infrastruktur und Fahrzeug (C2I-Kommunikation) betrachtet. Unterschiedliche, auf Fahrzeugkommunikation basierende Fahrerinformations- und Assistenzsysteme wurden in der Vergangenheit in anderen Projekten schon prototypisch entwickelt und in einzelnen Anwendungen erprobt. Durch neue Technologien einer ad hoc Vernetzung, die auf Wireless Local Area Network (WLAN) Ansätzen basiert, ergaben sich äußerst interessante Möglichkeiten einer technischen Umsetzung. Die Herausforderung bestand hier – neben der Einbeziehung von bereits bestehenden Funktechnologien der zweiten und dritten Generation (GSM, GPRS, UMTS) sowie Rundfunk – in einer wirtschaftlichen und flächendeckenden Einführung attraktiver Anwendungen, die in einem möglichst kurzen Zeitraum Wirkung entfalten können.

Den obigen Fragestellungen widmeten sich die Aktivitäten zahlreicher deutscher Forschungsprojekte, wie z.B. AKTIV oder DIAMANT. Auch auf europäischer Ebene sind diese Fragestellungen in einer Vielzahl von Projekten etabliert und Bestandteil der strategischen Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz. Als einer der führenden Straßenbetreiber in der Entwicklung und dem Betrieb von Intelligenten Verkehrssystemen ist Hessen Mobil seit Jahren einer der maßgeblichen Akteure bei der Entwicklung und Erprobung kooperativer Systeme.

Die Implementierung derartig vernetzter Technologien erfordert ein koordiniertes Zusammenspiel von unterschiedlichen Systemen, Funktionen und Beteiligten. Nicht unerhebliche Investitionen von Firmen und Straßenbetreibern, die im Falle einer umfassenden Einführung anfallen werden, erforderten eine sorgfältig nachgewiesene Konzeptsicherheit. Um die Machbarkeit einer Gesamtintegration in diesem Sinne nachzuweisen, haben sich führende deutsche Automobilhersteller, Automobilzulieferer, Kommunikationsunternehmen, Forschungsinstitute sowie öffentliche Verkehrsinfrastrukturbetreiber entschlossen im Projekt sim<sup>TD</sup> zusammenzuarbeiten. Die ausführlichen Tests im deutschen Testfeld bildeten dabei eine wichtige Basis für eine mögliche Verbreitung in Europa, die durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Stakeholdern geprägt wird.

### 1.1.2 Allgemeine sim<sup>TD</sup> Projektziele

Die folgende forschungsleitende Hypothese wurde in sim<sup>TD</sup> formuliert.

*Das Forschungsprojekt sim<sup>TD</sup> schafft die Voraussetzungen für eine nachhaltige Steigerung der Sicherheit und der Effizienz im Straßenverkehr durch die Realisierung und Erprobung von Anwendungen der C2X-Kommunikation in einem Feldtest unter Alltagsbedingungen sowie für marktwirtschaftlich-technische Lösungen für eine breite Markteinführung von C2X-Kommunikation.*

Am Ende von sim<sup>TD</sup> sollte folgender Status bezüglich der Umsetzung der forschungsleitenden Hypothese erreicht sein:

- *Konsolidierung, Ergänzung und Erweiterung der verschiedenen Forschungsansätze zu einem Kommunikationssystem, das die Anforderungen der verschiedenen Anwendungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit und -effizienz in einem integrierten Ansatz erfüllt;*
- *Nachweis der in verschiedenen Forschungsprojekten auf Basis kleiner Forschungsflotten in Verbindung mit Extrapolationsansätzen prognostizierten positiven Wirkungen C2X-basierter Funktionen unter realistischen Alltagsbedingungen und unter Verwendung einer ausreichend großen Fahrzeuganzahl ergänzt durch Laborsimulationen.*

Sim<sup>TD</sup> verfolgte dabei drei grundlegende Ziele:

- *Verbesserung der Fahr- und Verkehrssicherheit*

Dies korrespondiert mit den Zielen des Weißbuchs der EC.

- *Verbesserung der Verkehrseffizienz*

Hierbei besteht ein besonderes Interesse an einer Effizienzsteigerung durch bessere Ausnutzung vorhandener Verkehrswege, die ohne restriktive Maßnahmen auskommt.

- *Erarbeitung von tragfähigen Betreibermodellen und Einführungsszenarien*

Als partnerspezifische Ziele verfolgte Hessen Mobil bei der Evaluierung der in sim<sup>TD</sup> entwickelten Funktionen im Wesentlichen volkswirtschaftliche Aspekte und den Nutzen für das Gesamtverkehrsmanagement. Die Leitziele waren:

- die Schonung von Ressourcen;
- die Reduzierung der Umweltbelastung;
- die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit;
- die Erhöhung der Verkehrssicherheit;
- die Verbesserung der Lebensqualität in der Region;

- die Förderung der Standortqualität für die Wirtschaft; und
- die Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse.

Dabei war eine weitere Zielvorgabe, die vorhandene Infrastruktur so weit wie möglich zu nutzen, d.h. Hessen Mobil legte ein besonderes Augenmerk auf die Optimierung der Anzahl und Anordnung neuer straßenseitiger Erfassungs- und Informationseinrichtungen (ITS Roadside Stations - IRS) legen. Nach einer Evaluierungsphase werden erfolgversprechende Funktionen im oben genannten Sinne in den Dauerbetrieb der Verkehrszentrale Hessen (VZH) übernommen. Zur Klärung hierfür notwendiger organisatorischer, rechtlicher und betrieblicher Aspekte hat Hessen Mobil beitragen.

### 1.1.3 sim<sup>TD</sup> Projektaufgaben

In sim<sup>TD</sup> sollten neben den bereits bestehenden prototypischen auch neue, innovative Funktionen aus dem Gebiet der C2X-Kommunikation in eine für den realen Einsatz taugliche Gesamtarchitektur integriert werden. Die realisierten Funktionen führten Systeme und Netze aus der Verkehrstechnik und Telekommunikation in ganz neuer Form zusammen. Dabei waren neben technischen auch eine ganze Reihe wissenschaftlicher Fragestellungen zu klären hinsichtlich funktionaler Schnittstellen für die Realisierung der angestrebten Funktionen, aber auch Fragen des Betriebs, der Wartung und des Netzmanagements sowie der Bereitstellung von Diensten. Wissenschaftliches Neuland stellte auch die Dimension des praxisnahen Großversuchs durch Einsatz einer großen Zahl von Fahrzeugen in einem großräumigen Versuchsgebiet in Hessen dar, um die in den letzten Jahren erarbeiteten Kommunikationslösungen zu erproben, zu bewerten, zu verbessern und weiter in Richtung Marktreife voranzutreiben sowie entsprechende Standards vorzubereiten.

Die allgemeinen Projektaufgabenstellungen, die sich aus den allgemeinen Projektzielen ergaben, können wie im Folgenden zusammengefasst werden:

- Analyse der aus den Projektzielen resultierenden Anforderungen an das sim<sup>TD</sup> Konzept;
- Entwurf und Implementierung der Systemkomponenten, ihre Schnittstellen, Funktionalitäten und Interaktionen;
- Integration und Realisierung der erstellte Gesamtarchitektur mit ihrer Subsysteme;
- Design der Tests, Aufbau der Infrastruktur des Versuchsgebietes und der Versuchszentrale, Durchführung der Tests (Feldversuch und Simulation) und anschließende Auswertung der Ergebnisse;
- Bewertung der Ergebnisse des Feldversuchs und Entwicklung von Markteinführungsszenarien.

Aus den allgemeinen Projektaufgabenstellungen haben sich folgende konkrete Aufgaben ableiten lassen:

- Entwicklung Hersteller- und funktionsübergreifender Kommunikationslösungen;
- Integration unterschiedlicher Kommunikationstechnologien;
- Referenzimplementierung einer ITS Vehicle Station (IVS);
- Referenzimplementierung einer ITS Road Side Station (IRS);
- Referenzimplementierung einer ITS Central Station (ICS);
- Integration der IRS in die Verkehrsinfrastruktur;

- C2X-Spezifikation und abgesicherte Standardisierungsgrundlagen;
- Integrierte Simulationslösungen zur Unterstützung der Spezifikations- und Bewertungsprozesse.

## 1.2 Vorhabensvoraussetzungen

Die wesentlichen Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde, bestanden in der Auswahl des Versuchsgebietes sowie in der Zusammensetzung des Konsortiums. Ein vorausschauend definiertes und genügend großes, von vielfältigen verkehrlichen Anforderungen geprägtes Versuchsgebiet mit repräsentativen Verkehrsbedingungen trug zur Lieferung aussagekräftiger und wissenschaftlich zuverlässiger Ergebnisse bei. Darüber hinaus wurde das Konsortium so strukturiert, dass das Spektrum der zu berücksichtigenden bzw. unter einem Dach zu bringenden Zukunftstechnologien und Anwendungen breit genug blieb und eine enge Zusammenarbeit zwischen allen möglichen sich im Forschungsgebiet der C2X-Kommunikation betätigenden Partnern gewährleistet wurde.

Im Vorfeld des Projektes wurde unter der Leitung des Verbands der Automobilindustrie (VDA) das Rhein-Main-Gebiet als sim<sup>TD</sup> Versuchsgebiet ausgewählt. Als wichtige deutsche Verkehrsdrehscheibe mit einem hoch komplexen Bundeautobahnnetz überregionaler Verkehrsbedeutung, auf dem im Wesentlichen weiträumiger Fern-, Wirtschafts- wie auch regionaler Pendlerverkehr mit erheblichen Verkehrsspitzen abgewickelt wird, und bedeutenden Verkehrserzeugern, wie z.B. Flughafen, Messe oder Stadion, verfügt das Rhein-Main-Gebiet über ein hohes Verkehrsaufkommen, das die Erforschung aller Verkehrssicherheits- und Verkehrseffizienzfunktionen im normalen Alltagsbetrieb ermöglicht. Weitere wesentliche Argumente für die Auswahl des Rhein-Main-Gebiets als Testfeld war der technologische Vorsprung der Verkehrsmanagementsysteme von Hessen Mobil. An dieser Stelle sind insbesondere die VZH als eine der modernsten Verkehrsleitzentralen Europas, die führende Stellung beim Einsatz von dynamischen Wechselwegweisungen mit integrierter Stauinformation und der Temporären Seitenstreifenfreigabe (TSF) sowie innovative Ansätze zur Verkehrssteuerung auf Basis von Reisezeiten zu nennen.

Diese hervorragende Infrastrukturausrüstung von Verkehrserfassungs-, -beeinflussungs- und -steuerungsanlagen im Vergleich zu anderen konkurrierenden Regionen und die Bereitschaft des Landes Hessen sich politisch und finanziell für das Projekt sim<sup>TD</sup> zu engagieren überzeugten die Fördermittelgeber, das Testfeld nach Hessen zu vergeben. Das Land Hessen investierte für sim<sup>TD</sup> bspw. in Verkehrsinfrastruktureinrichtungen und die Weiterentwicklung des Verkehrsmodells ASDA/FOTO in der VZH. Weiterhin übernahm das Land Hessen den Eigenanteil der Projektfinanzierung der Stadt Frankfurt a.M., was ihr auf diese Art ermöglichte, am Projekt teilzunehmen.

Bei der Auswahl der Konsortialpartner wurde sehr viel Wert darauf gelegt, dass alle wesentlichen Stakeholder im Umfeld der C2X-Kommunikation in das Projekt sim<sup>TD</sup> eingebunden waren. Die Partner deckten die wesentlichen strategischen Aufgaben ab und zeichneten sich durch eine hohe Kompetenz in ihren jeweiligen Kernbereichen aus. Sie stellten das notwendige Know-how aus dem jeweiligen Bereich bereit und vertraten insbesondere auch die Interessen ihrer Gruppe im Projekt. Voraussetzung für das Erreichen der Projektziele war eine sehr enge Zusammenarbeit zwischen Forschern und Entwicklern führender deutscher Automobilhersteller, Automobilzulieferern, Kommunikationsunternehmen, Forschungsinstituten und Verkehrsinfrastrukturbetreibern.

Die Bearbeitung der Aufgaben des gemeinsamen Arbeitsplanes erfolgte auf Basis eines Kooperationsvertrages in Form eines Verbundprojektes. Das sim<sup>TD</sup> Konsortium bestand aus folgenden Projektpartnern:

- *Automobilhersteller*  
Adam Opel AG, AUDI AG, BMW AG, BMW Forschung und Technik GmbH, Daimler AG, Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Volkswagen AG
- *Zulieferer*  
Robert Bosch GmbH, Continental Teves AG & Co. oHG
- *Netzbetreiber*  
Deutsche Telekom AG
- *Wissenschaft*  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Technische Universität Berlin (TUB), Technische Universität München (TUM), Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (HTW), Universität Würzburg
- *Verkehrsinfrastrukturbetreiber*  
Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement, Stadt Frankfurt am Main

### 1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

In diesem Kapitel wird der wissenschaftliche und technische Stand vor Projektbeginn kurz beleuchtet. Des Weiteren werden ausgewählte Projekte aufgeführt, auf deren Ergebnissen sim<sup>TD</sup> aufbauen konnte.

#### 1.3.1 Ausgangslage vor Projektbeginn

##### **Einsatzfelder des Verkehrsmanagements**

Sicherheit und Effizienz des Straßenverkehrs basieren auf kollektiven Verkehrserfassungs-, und –beeinflussungs-/steuerungsmaßnahmen, die zu den Instrumenten des Verkehrsmanagements gezählt werden. Die Basis des Verkehrsmanagements bildet die Erfassung und Verarbeitung von Verkehrsdaten, die wiederum Voraussetzung für kollektiv wirkende Verkehrsbeeinflussungs- und -steuerungsmaßnahmen zur Steigerung von Verkehrssicherheit und -effizienz und somit zur Gewährleistung eines reibungslosen Verkehrsablaufs sind.

##### **Datenerfassung**

Die Datenerfassung beinhaltet die Messung aller für die Steuerung des Verkehrs notwendigen Größen. Dazu gehören neben Verkehrskenngrößen zur Modellierung der Verkehrslage (z.B. Verkehrsdichte, Fahrgeschwindigkeit etc.) Daten zur Beschreibung der Gegebenheiten im Umfeld des Straßenraums (z.B. Temperatur, Sichtverhältnisse, Niederschlag, etc.) sowie Daten über Ereignisse im Verkehrsgeschehen (z. B. Hindernisse wie Pannenfahrzeuge, Baustellen, auch Reisezeiten).

Die Verkehrsdaten werden überwiegend mit stationären Datenerfassungseinrichtungen wie z.B. Überkopfdetektoren, Induktionsschleifen oder Infrarot- und Radarsensoren erfasst. Zur Gewinnung von Umfelddaten werden meteorologische Messstationen verwendet. Die Verkehrs- und Umfelddaten werden über Kabel- oder Funkverbindungen auf Grundlage der Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) bzw. der offenen Schnittstelle für die Straßenverkehrstechnik (OCIT) an die Verkehrszentralen (vgl. VZH) übermittelt.

Zusätzlich werden vereinzelte Fahrzeuge selbst als Datensensoren und Datenlieferanten genutzt, indem relevante Verkehrs- und Umfelddaten als „Floating Car Data“ (FCD) per GSM/SMS an eine Verkehrszentrale bzw. einen Dienstanbieter übermittelt werden. Auf der Grundlage dieser Daten werden von verschiedenen Herstellern zusätzliche Dienstangebote und Verkehrsinformationen für die Nutzer bereitgestellt.

Verkehrsstörungen werden in den für die Verkehrsleistung besonders wichtigen Straßennetzen (Autobahnen, innerstädtische Hauptverkehrsstraßen) überwiegend durch die Verkehrsdetektionssysteme in Verbindung mit Analysesystemen in den Verkehrszentralen automatisch erkannt. Lokale Bereiche im Verkehrsnetz, die für die Verkehrssicherheit besonders relevant sind (z.B. ein Autobahnabschnitt mit TSF oder eine große innerstädtische Verkehrskreuzung) werden mit Hilfe von Videokameras von den Operatoren der Verkehrszentralen beobachtet. Ergänzend werden Informationen zu Störungen von Verkehrsteilnehmern fernmündlich der Polizei gemeldet, die ihrerseits die Verkehrszentralen benachrichtigt. Zunehmend organisierten sich auch private Verkehrs- bzw. Staumelder.

Von verschiedenen Quellen herkommende Verkehrs- und Umfelddaten werden in den Verkehrszentralen gespeichert und derart aufbereitet, dass sie sowohl zur Verkehrssteuerung als auch für Verkehrsinformationen zur Verfügung stehen.

### **Verkehrsbeeinflussung – Netz- und Streckenbeeinflussungsmaßnahmen**

Unter dem Begriff der Verkehrsbeeinflussung lassen sich sicherheitserhöhende und stauvermeidende Netz- und Streckenbeeinflussungsmaßnahmen zusammenfassen, mit denen Verkehre gleichmäßiger auf Strecken oder in Netzen verteilt sowie auf diesen sicherer und effizienter abgewickelt werden können.

Die Anzeige für die dazu nötigen Umleitungsempfehlungen im Rahmen von Netzbeeinflussungsmaßnahmen erfolgt kollektiv mit Hilfe von Wechselverkehrszeichen (WVZ) vor Entscheidungspunkten im Netz. Die WVZ werden über Kabel- oder Funkverbindungen auf Grundlage der TLS von der Verkehrszentrale über die Unterzentralen und die Streckenstationen der WVZ gesteuert. WVZ können beispielsweise dynamische Wegweiser mit integrierter Stauinformation (dWiSta), substitutive Wechselwegweiser (WWW), dynamische Informationstafeln mit Reisezeitanzeige (dIRA) sein. Im städtischen Netz werden Umleitungsempfehlungen mit Hilfe dynamischer Verkehrsinformationstafeln den Verkehrsteilnehmern mitgeteilt. Des Weiteren ist über die Anpassung von Signalprogrammen an Lichtsignalanlagen (LSA) auch eine Netzoptimierung möglich.

Bei der Streckenbeeinflussung handelt es sich um Maßnahmen zur Steigerung der Verkehrssicherheit und der Leistungsfähigkeit auf Strecken(abschnitten) mit hoher Verkehrsdichte. Über WVZ können bei hoher Verkehrsbelastung oder bei ungünstigen Witterungsbedingungen fahrstreifenbezogene Geschwindigkeitsbeschränkungen und weitere verkehrsregelnde Anzeigen (z.B. Stau-, Gefahr-, Baustelle-, Überholverbot, Fahrstreifenspernung, witterungsbedingte Gefahren wie Nässe und Nebel etc.) dargestellt werden. Hinzu kommt auch die TSF zu Spitzenzeiten. Bei auftretenden Störungen des Verkehrsablaufs werden die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer umgehend gewarnt. Die über die Messeinrichtungen erfassten, an die Verkehrszentrale übermittelten und da verarbeiteten Verkehrs- und Umfelddaten dienen der bedarfs- und situationsorientierten Verkehrssteuerung.

Zusätzlich werden die Verkehrsteilnehmer kollektiv über Rundfunk (RDS/TMC) und weitere Informationsdienste mit Informations- und Warnmeldungen über die aktuelle Verkehrssituation im Verkehrsnetz unterrichtet.

### **Sicherheitsrelevante Anwendungen**

Sicherheitsrelevante Anwendungen basieren auf aktiven und passiven Sicherheitssystemen. An aktiven Sicherheitssystemen sind hier vor allem die geregelten Bremssysteme ABS

(Antilock Braking System), TCS (Traction Control System), ESC (Electronic Stability Control) zu nennen, während auf der Seite der passiven Sicherheitssysteme vor allem die weitere, konstruktiv bedingte Verbesserung der Fahrzeugauslegung und die Einführung von Rückhaltesystemen (Gurtstraffer, Airbag) zu nennen sind. Eine Verschmelzung der aktiven und passiven Sicherheitssysteme findet sich in intelligent auslösenden Airbags, frühzeitig aktivierten Gurtstraffern, Notbremsassistenten, dem rechtzeitigen Schließen von Fenstern und Schiebedach, noch bevor der unvermeidbare Unfall passiert. Für die bessere Vernetzung von aktiven und passiven Sicherheitssystemen und für Information und Warnung des Fahrers werden immer mehr das Fahrzeugumfeld beachtende Sensorsysteme in Fahrzeuge integriert.

## Kommunikationstechnologien

Der weit verbreitete Industriestandard IEEE 802.11 für WLAN wurde für eine Nutzung bei Verkehrseffizienz-, -sicherheits- und -komfortanwendungen als leistungsfähige Nahbereichskommunikationstechnik in Ergänzung zu zellulärem Mobilfunk (UMTS, GPRS, GSM) weiterentwickelt.

Die erste Version eines WLAN-Standards wurde 1997 verabschiedet. Sie spezifiziert den Zugriff auf das Medium (MAC-Layer) und die physikalische Schicht für drahtlose lokale Netzwerke (PHY-Layer). Für die physikalische Schicht sind im originalen Standard zwei Bandspreizverfahren und ein Verfahren zur Datenübertragung per Infrarotlicht spezifiziert, wobei eine Übertragungsrate von bis zu 2 MBit/s (brutto) vorgesehen ist. Für das Bandspreizverfahren wird das lizenzfreie Industrial, Scientific, and Medical Band (ISM-Band) bei 2,4 GHz verwendet. Die Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern kann direkt im s.g. ad hoc Modus oder im Infrastruktur-Modus mit Hilfe einer Basisstation (Access-Point) erfolgen.

1999 folgten zwei Erweiterungen. IEEE 802.11a spezifiziert eine weitere Variante der physikalischen Schicht, die im 5-GHz-Band arbeitet und Übertragungsraten bis zu 54 MBit/s ermöglicht. IEEE 802.11b ist ebenfalls eine alternative Spezifikation der physikalischen Schicht im bisher genutzten 2,4-GHz-Band bei Übertragungsraten bis zu 11 MBit/s. Die 2003 verabschiedete Erweiterung IEEE 802.11g, die ebenfalls im 2,4-GHz-Band arbeitet, erhöht die maximale Übertragungsrate auf 54 MBit/s. Die Erweiterung IEEE 802.11n erlaubt Übertragungsraten von bis zu 540 MBit/s.

Für sicherheitskritische C2X-Anwendungen war der sich noch in der Entwicklung befindende Standard IEEE 802.11p vorgesehen. Dieser liegt in einem eigens regulierten Frequenzbereich um 5,9 GHz für Nordamerika und Europa bzw. bei 5,8 GHz für Südamerika und Asien. Prinzipiell ähnelt IEEE 802.11p dem existierenden Verfahren von IEEE 802.11a: Der 5-GHz-Frequenzbereich, das Modulationsverfahren und das grundsätzliche Mediengriffsverfahren mit „Random Access“ sowie die Prioritäten sind gleich. Über verschiedene Modulationsarten können Datenraten zwischen 3 und 27 MBit/s erreicht werden. Die wesentlichen Unterschiede zur a-Variante liegen in der parallelen Nutzung von mehreren Datenkanälen und der Festlegung eines Steuerungskanals. Allerdings bestehen noch eine Reihe wesentlicher ungelöster Fragestellungen, die es während der Projektlaufzeit von sim<sup>TD</sup> in Zusammenarbeit mit dem C2C-CC zu beantworten galt.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) steht für den Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G), der deutlich höhere Datenübertragungsraten als der GSM-Standard ermöglicht. UMTS wurde von der International Telecommunication Union (ITU) für International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000) ausgewählt und ist somit einer der 3G Standards für Mobilfunk. Ursprünglich wurde UMTS vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) standardisiert. Er wurde vom 3G Partnership Project (3GPP) weiter gepflegt und ständig erweitert. So wurden die maximal möglichen Datenraten im Downlink durch High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) und im Uplink durch High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) erhöht. Unter optimalen Bedingungen ermöglicht HSDPA eine Bruttodatenrate bis zu 14,4 Mbit/s (nach Codierung ca. 10,8 Mbit/s netto). Nach

HSDPA wird mittels HSUPA die maximal mögliche Datenrate im Uplink von zunächst 1,4 Mbit/s auf später 5,8 Mbit/s gesteigert werden.

### **Frequenzallokation in Europa**

Der Erfolg eines C2X-Kommunikationssystems zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz hing entscheidend von der Verfügbarkeit eines geeigneten Frequenzspektrums ab. Aus diesem Grund strebte die europäische Automobilindustrie im Rahmen des C2C-CC auf den Ergebnisse zahlreicher nationaler und europäischer Förderprojekte – wie z.B. des BMBF Projekts Network on Wheels (NoW) und des EU Projekts COMeSafety – gestützt die Zuweisung eines für diese Zwecke dedizierten, ausreichend geschützten Frequenzspektrums an.

Der Frequenz-Allokations-Prozess für C2X-Kommunikation war bereits bei der zuständigen Technical Group 37 am European Telecommunications Standards Institut (ETSI TG 37) mit einem "System Reference Document" (SRDoc) eingeleitet worden.

Das Dokument wurde zur CEPT (Europäische Konferenz der Verwaltung für Post und Telekommunikation) weitergeleitet und wurde dort von der Working Group Frequency Management (WG FM) behandelt, die dazu die Short Range Devices/Maintenance Group (SRD/MG) eingeschaltet hat.

Weiterhin wurde die WG FM damit beauftragt, die Notwendigkeit des beantragten Frequenzspektrums zu überprüfen und dabei besonderes Augenmerk auf die spektrale Effizienz zu legen. Am 27.09.2007 wurde von der WG FM eine ECC Decision für eine Frequenzzuweisung von 30 MHz im Bereich 5,875 bis 5,905 GHz sowie eine Reserve von 20 MHz für Sicherheitsanwendungen verabschiedet.

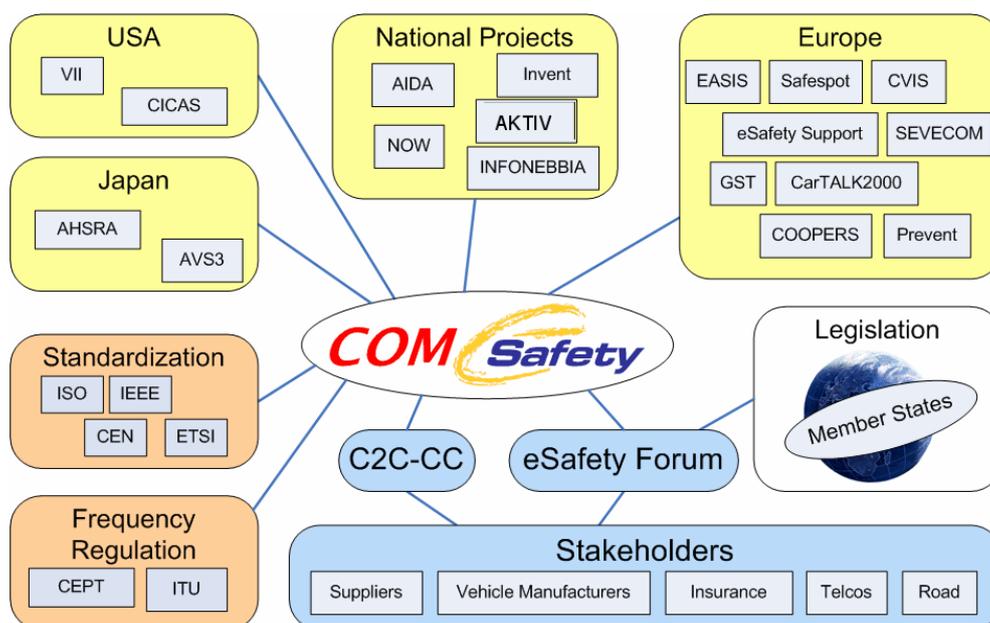
Neben dem über ETSI eingeleiteten Verfahren hatte das Radio Spectrum Committee (RSCOM) der EC die CEPT beauftragt, die harmonisierte Nutzung des Frequenzspektrums für sicherheitskritische ITS Anwendungen in der EU zu untersuchen (EC Mandat), was typischerweise als Vorbereitung einer EC Entscheidung für eine Spektrumszuweisung dient.

#### **1.3.2 Projekte, auf deren Ergebnisse aufgebaut wurde**

In mehreren nationalen und europäischen Projekten, aus staatlichen Forschungsprogrammen gefördert oder von der Wirtschaft finanziert, wurden für das sim<sup>TD</sup> Vorhaben innovative Technologien und Anwendungen erforscht. Dazu zählen Projekte wie FleetNet, Invent, NoW, GST, PReVENT, AKTIV (mit den Unterprojekten AKTIV-AS, AKTIV-VM, und CoCar), DIAMANT, Mobile.Info zusammen mit DiWa, Travolution sowie Safespot, CVIS, Coopers, SeVeCom, React und Com2React.

In den unterschiedlichen Förderprojekten wurden jeweils einzelne Anwendungen und/oder Teilaspekte der Kommunikationsplattform untersucht. Dabei wurde bisher in keinem der o.g. Projekte eine einheitliche Ende-zu-Ende Architektur in dem Maßstab, wie bei sim<sup>TD</sup>, spezifiziert (Integration von Verkehrs- und Telekommunikationsinfrastruktur, Nutzung einer einheitlichen Kommunikationsplattform, Integration und Koexistenz aller Anwendungen von Sicherheits- bis zu Komfortfunktionen, Maßnahmen zur Überleitung in den konkreten operativen Betrieb).

Auch Ergebnisse anderer Forschungsprojekte wurden in den Feldtest einbezogen. Von besonderer Bedeutung war in diesem Zusammenhang das von der EU geförderte Projekt COMeSafety, weil es sowohl unter organisatorischen wie auch inhaltlichen Aspekten eine effiziente Verbindung zu aktuellen und relevanten Forschungsprojekten schafft. Abbildung 1 illustriert die Einbettung von COMeSafety in die internationale Forschungs- und Standardisierungslandschaft.



**Abbildung 1. Einbettung von COMeSafety in die internationale Forschungs- und Standardisierungslandschaft**

Durch aktive, s.g. „Liaisons“ zu den o.g. Projekten konnte effizient auf die Projektergebnisse zugegriffen werden. COMeSafety hat damit einen wesentlichen unterstützenden Beitrag für sim<sup>TD</sup> geleistet, da die notwendigen Kanäle bereits etabliert waren und eine Harmonisierung begonnen wurde. Es war damit eine wichtige Voraussetzung, die in den Projekten untersuchten Einzelaspekte in einem wesentlich umfangreicheren und praxisnahen Anwendungsumfeld zu integrieren, deren Zusammenspiel zu untersuchen und entsprechend zu validieren.

Hessen Mobil konnte dabei auf Ergebnisse aus CVIS, AKTIV und DIAMANT zurückgreifen. AKTIV legte dabei aus technischer Sicht einen wesentlichen Grundstein für sim<sup>TD</sup>, indem kooperative Kommunikationssysteme und exemplarische Anwendungen entwickelt wurden. Das Projekt wurde in 2010 nach vier Jahren Laufzeit abgeschlossen. Die Erfahrungen und technischen Systeme aus AKTIV konnten in sim<sup>TD</sup> genutzt werden, um weiterführende Tests durchzuführen.

In CVIS lag der Schwerpunkt der Tätigkeiten in der europäischen Kompatibilität von C2X - Technologie bei. Verschiedene Applikationen zwischen straßenseitiger Infrastruktur und Fahrzeugen wurden entwickelt und im hessischen Testfeld erprobt. Auch dieses Projekt wurde im Jahr 2010 abgeschlossen und integrierte die C2X-Kommunikation in den europäischen Kontext. Die Synergien mit anderen Straßenbetreibern aus Frankreich, Belgien, Schweden und Großbritannien begünstigt die künftige flächendeckende Einführung kooperativer Systeme.

Auch die rein hessische Initiative DIAMANT hatte es sich zum Ziel gesetzt, kooperative Anwendungen zu entwickeln, zu testen und zu bewerten. Das Projekt wurde im 2. Halbjahr 2010 nach erfolgreicher Absolvierung des Feldversuchs abgeschlossen. Dabei konnte die Funktionsfähigkeit der DIAMANT-Applikationen umfassend nachgewiesen werden.

## 1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen <sup>1</sup>

Während der Laufzeit von sim<sup>TD</sup> stand das Projekt in intensivem Austausch mit folgenden Institutionen/Projekten.

### **Staufreies Hessen 2015**

Im Rahmen der Initiative "Staufreies Hessen 2015" engagierte sich das Land Hessen sowohl politisch als auch finanziell für sim<sup>TD</sup>. Die Entwicklung von Zukunftstechnologien ist eine der 3 wesentlichen Säulen des vom Land Hessen initiierten Projekts. Das Land Hessen ermöglichte durch seine Unterstützung die Bereitstellung eines geeigneten Testfelds. Hierbei war sowohl der technologische Vorsprung von Hessen Mobil vor anderen um das Testfeld konkurrierenden regionalen Verkehrsinfrastrukturbetreibern als auch die Bereitschaft in für den Feldversuch unabdingbare Infrastruktur zu investieren von hervorragender Bedeutung.

### **BASt**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) hat das Projekt während der gesamten Laufzeit aktiv unterstützt und gefördert. So hat die BASt an allen Treffen des Steuerkreises teilgenommen und die Projektergebnisse auf wissenschaftliche Güte geprüft.

Darüber hinaus hat die BASt zusammen mit Hessen Mobil die Einführung kooperativer Systeme nach sim<sup>TD</sup> Projektabschluss weiter vorangetrieben. In diesem Rahmen unterstützt sie das europäische Umsetzungsprojekt "Cooperative ITS Corridor Rotterdam – Frankfurt/M. – Wien" (CIC), die ab 2015 die ersten C2X Anwendungen in Regelbetrieb im o.g. Korridor überführen wird (vgl. Kapitel 4 und 5).

### **CoCarX, DRIVE C2X und CONVERGE**

Zu dem vom BMBF geförderten Projekt CoCarX, dem von BMBF und BMWi geförderten Projekt CONVERGE sowie dem im europäischen Rahmen geförderten Projekt DRIVE-C2X hatte sim<sup>TD</sup> engen Kontakt, um sich bezüglich der Entwicklung von Konzepten, Systemverbänden, Gesamtarchitekturen und Standardisierungsansätzen abzustimmen. Wesentlich für die erfolgreiche Abstimmung war dabei die teilweise Überdeckung der Partner in diesen Projekten.

### **C2C-CC**

Im Rahmen des C2C Communication Consortium (C2C-CC) und mit Unterstützung von sim<sup>TD</sup> sowie weiteren nationalen und europäischen Förderprojekten hat die europäische Automobilindustrie die Zuweisung eines dedizierten, ausreichend geschützten Frequenzspektrums für Sicherheitsanwendungen erreicht. Durch die enge Zusammenarbeit mit und in dem C2C-CC wird die nötige Kompatibilität im Sinne einer europaweiten Harmonisierung gewährleistet.

### **ETSI**

ETSI kümmert sich um global anwendbare Standards für alle Aspekte der Informations- und Kommunikationstechnik. Sim<sup>TD</sup> hat deshalb der Organisation die grundlegenden Ergebnisse der sim<sup>TD</sup>-Architektur und Umsetzung zur Verfügung gestellt.

---

<sup>1</sup> Siehe auch Kapitel 4 und 5.

### **Ko-FAS**

Ziel der Forschungsinitiative Ko-FAS war es, wesentliche Beiträge zur Steigerung der Verkehrssicherheit zu leisten, also die Zahl von Verkehrsunfällen zu reduzieren sowie deren Folgen soweit möglich zu mindern. Ko-FAS benutzte die in sim<sup>TD</sup> entwickelte Hardware der ITS Vehicle Station (IVS).

### **VUFO**

Die Verkehrsunfallforschung (VUFO) an der TU Dresden GmbH hat für sim<sup>TD</sup> eine Wirkgradanalyse erstellt. Dabei handelte es sich um die simulative Berechnung der potenziellen Vermeidung bzw. Reduktion von Unfällen durch sim<sup>TD</sup>-Funktionen.

## 2 Projektplanung und -ablauf

### 2.1 Projektstruktur

Abbildung 2 zeigt den Strukturplan von sim<sup>TD</sup>, der die Aufgaben auf die folgenden fünf Teilprojekte und nachgeordneten Arbeitspakete abbildete:

#### **TP0-Projektmanagement**

Dieses Teilprojekt bestand aus drei Arbeitspaketen, die die Projektadministration, die technische Koordination, die Ergebnisverbreitung sowie Querschnittsfunktionen und das Qualitätsmanagement beinhalteten.

#### **TP1-Anforderungsanalyse**

Dieses Teilprojekt hatte die Aufgabe, eine umfassende Analyse, Spezifikation und Dokumentation der aus den Projektzielen resultierenden Anforderungen an die nachfolgenden umzusetzenden Teilprojekte vorzunehmen. Für jede Funktion und jeden Test wurden die zu erreichenden und zu überprüfenden Funktionalitäten und daraus folgenden Anforderungen an das Gesamtsystem definiert.

#### **TP2-Systementwurf**

In diesem Teilprojekt wurden alle Systemkomponenten, ihre Schnittstellen, Funktionalitäten und Interaktionen entworfen und implementiert, um die in Teilprojekt TP1 spezifizierten Tests im Feldversuch durchführen zu können.

#### **TP3-Systemintegration**

Ziel dieses Teilprojektes war es, die in Teilprojekt TP2 erstellte Gesamtarchitektur zu realisieren. Dafür wurden die spezifizierten und implementierten Subsysteme integriert und validiert. Weiterhin wurde in diesem Teilprojekt die für den Feldtest benötigte Versuchsflotte ausgerüstet und die dafür benötigten Systemkomponenten bereitgestellt.

#### **TP4-Versuchsdurchführung**

In Teilprojekt TP4 wurde das Versuchsdesign entwickelt, mit dem die in Teilprojekt TP1 spezifizierten Tests durchgeführt wurden, die in den Teilprojekten TP2 und TP3 erarbeitet wurden. Die Infrastruktur des Versuchsgebietes und die Versuchszentrale wurden aufgebaut. Der Feldversuch und die Simulationen wurden durchgeführt und ausgewertet.

#### **TP5-Bewertung und Rahmenbedingungen**

In diesem Teilprojekt fand die Bewertung der Ergebnisse des Feldversuchs statt. Die Bewertung schloss die Aspekte technische Funktionalität, Praxistauglichkeit und Nutzerakzeptanz mit ein. Zusätzlich wurden ökonomische und rechtliche Aspekte des Feldversuchs analysiert.

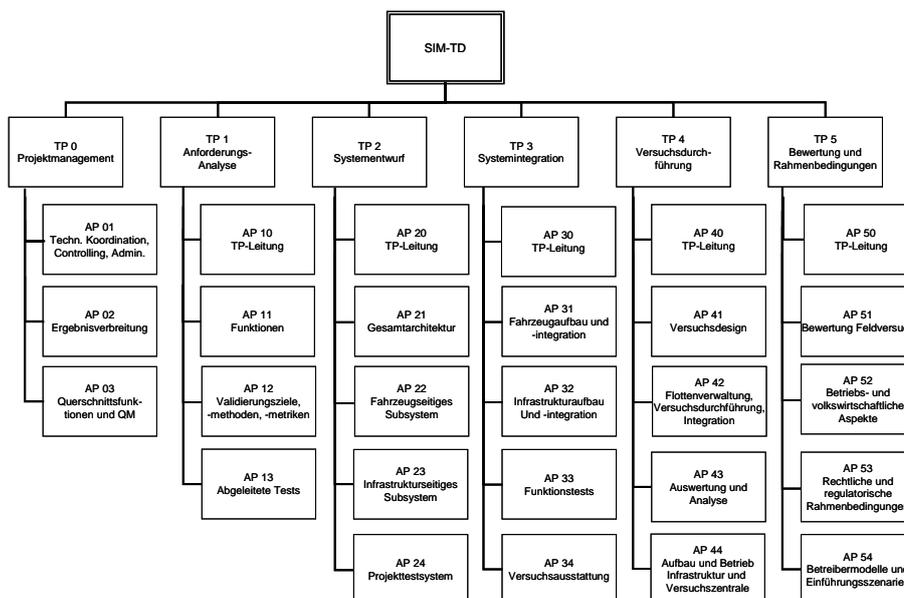


Abbildung 2. Struktur des sim<sup>TD</sup> Projekts

## 2.2 Projektzeitplan und -ablauf

In diesem Kapitel wird der zeitliche Ablauf des Projekts mit seinen Hauptmeilensteinen dargestellt.

### 2.2.1 Zeitplan

Das Projekt wurde in drei Phasen durchgeführt, die in Abbildung 3, Abbildung 4, und Abbildung 5 detailliert sind.

Die Projektphase 1 beinhaltet die Aufstellung der Anforderungen an das sim<sup>TD</sup>-System, die Spezifikation der Funktionen und der Architektur sowie prototypische Implementierungen der IVS und der IRS. Diese Phase wurde im Zeitraum vom 01.09.2008 – 31.10.2010 durchgeführt.

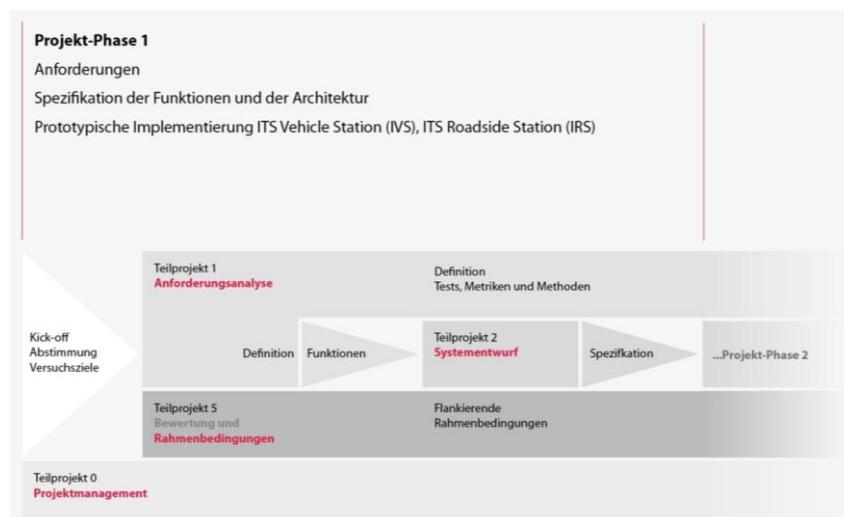


Abbildung 3. Inhalte der Phase 1

Die Projektphase 2 beinhaltete die Ausrüstung der Versuchsfahrzeuge, die Produktion der IVS und der IRS, den Aufbau der Versuchsflotte und des Versuchsgebiets sowie den Start des Feldversuchs. Diese Phase wurde im Zeitraum vom 01.11.2010 – 30.06.2012 durchgeführt.

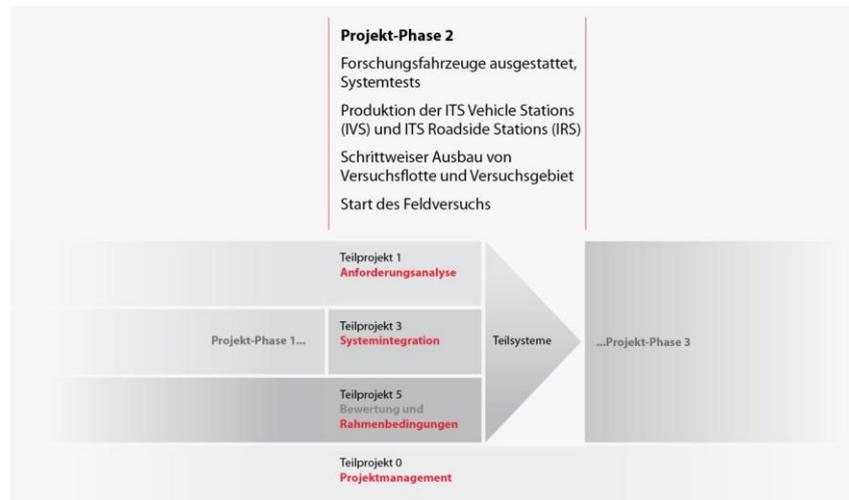


Abbildung 4. Inhalte der Phase 2

Die Projektphase 3 beinhaltete die Ausstattung des Versuchsgebiets, die Durchführung des Feldversuchs sowie dessen Dokumentation, Auswertung und Bewertung. Diese Phase wurde im Zeitraum vom 01.07.2012 – 30.06.2013 durchgeführt.

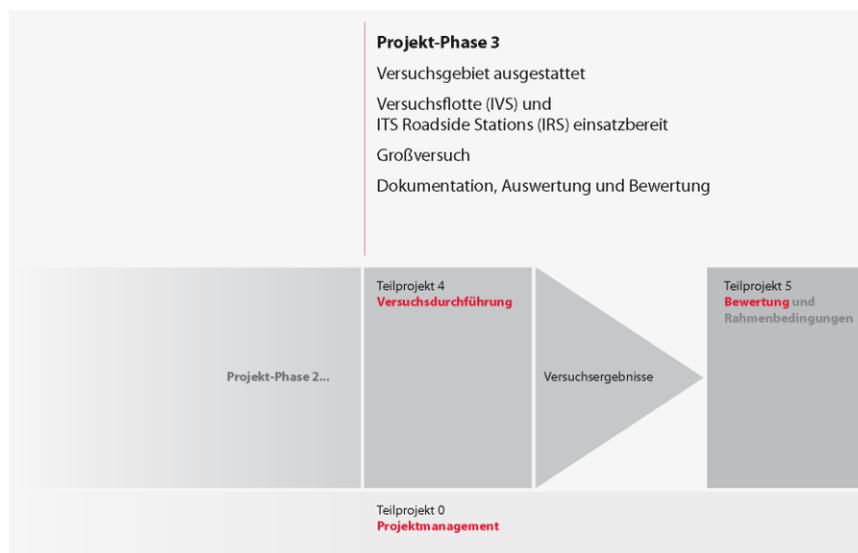


Abbildung 5. Inhalte der Phase 3

## 2.2.2 Ablauf

Das Projekt startete am 01.09.2008 und endete am 30.06.2013. Die folgenden Meilensteine wurden geplant und erfolgreich erreicht.

- MS1 – Anforderungen an die Gesamtarchitektur (Mai 2009)
- MS2 – Systemarchitektur (September 2009)
- MS3 – Kostenabschätzung für Einführungsszenarien und Betreibermodelle (Januar 2010)

- MS4 – Subsysteme liegen vor (November 2010)
- MS5 – Testflotte einsatzbereit (März 2011)
- MS6 – Gesamtsystem funktioniert im Testgelände (Juni 2011)
- MS7 – Versuchsflotte einsatzbereit (Juli 2012)
- MS8 – Versuche durchgeführt und dokumentiert (Februar 2013)
- MS9 – Gesamtbewertung abgeschlossen (Juni 2013)

### 3 Erzielte Ergebnisse von Hessen Mobil

In den nachfolgenden Unterkapiteln erfolgt eine detaillierte Darstellung des Arbeitsablaufs sowie der erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse in den einzelnen Teilprojekten (TP) bzw. Arbeitspaketen (AP) des Projektes sim<sup>TD</sup> vonseiten Hessen Mobil. Die Darstellung erstreckt sich auf die gesamte Projektdauer (01.09.2008 – 30.06.2013). Im Anschluss daran werden auch Abweichungen von der ursprünglichen Vorhabenarbeits-, -zeit-, und -ausgabenplanung dargestellt, die im Laufe des Projektes aufgetreten sind, sowie Synergien mit anderen Forschungsprojekten.

Hessen Mobil war an allen Teilprojekten beteiligt und hat seine Erfahrung als führender Verkehrsinfrastrukturbetreiber eingebracht. Dabei waren besondere Schwerpunkte der Aufbau der sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale (VZ) und des Ausstattung des Versuchsgebietes.

Hessen Mobil hat in allen Teilprojekten bzw. Arbeitspaketen aktiv mitgewirkt, in denen Fragestellungen der Verkehrs- und Versuchszentrale sowie der Verkehrsinfrastruktur, verkehrliche Anwendungen, Versuchsplanung und Versuchsdurchführung sowie Auswertung und Bewertung behandelt worden sind. In allen TP, woran es teilgenommen hat, hat Hessen Mobil:

- einzelne AP geleitet;
- zur Erstellung, Detaillierung, Verfeinerung, Überprüfung und Finalisierung von Pflicht- und Arbeitsdokumenten beigetragen;
- Pflicht- und Arbeitsdokumente verfasst bzw. deren Erstellung gesteuert;
- sich um das Verfahren der externen Vergabe von gemeinsamen Unteraufträgen gekümmert sowie Unteraufträge von Vergabe bis Abschluss intensiv vorangetrieben und betreut;
- an regelmäßigen Abstimmungsgesprächen, Präsenztreffen und Telefonkonferenzen innerhalb der einzelnen TP bzw. AP teilgenommen;
- zur Vorbereitung und Durchführung von Zwischen-/Endpräsentationen und -demonstrationen beigetragen.

Der jeweils erreichte Sachstand wurde im Lauf des Projekts sim<sup>TD</sup> in insgesamt 10 Zwischenberichten dargestellt.

#### 3.1 TP 1 – Anforderungsanalyse

##### 3.1.1 AP 11 – Funktionen

**Tabelle 1. Dauer und Dokumente AP 11**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2010
<b>Dokumente</b>	D11.3 "Funktionsspezifikation" (Beitrag) D11.4 "Anforderungen der Funktionen an die Gesamtarchitektur" (Beitrag)

In diesem AP hat sich Hessen Mobil zunächst an der Beschreibung aller aktuell betrachteten und zukünftig als relevant eingestuften Anwendungen der C2X-Kommunikation beteiligt, um hieraus entsprechende Funktionen zur Implementierung innerhalb des sim<sup>TD</sup> Projektes auswählen zu können.

Hessen Mobil war Mitglied des Teams, das verantwortlich für die Festlegung des Funktionsauswahlprozesses, die Begleitung und Überwachung bei der Auswahldurchführung sowie für Entscheidungen bei Konfliktfällen war. Schwerpunkt der Beteiligung am Funktionsauswahlprozess war das Einbringen von Anforderungen aus Sicht des Verkehrsinfrastrukturbetreibers. Wesentlicher Gedanke dabei war, dass die Funktionen ein Potenzial zur Erhöhung von Straßenverkehrssicherheit und -effizienz haben sollen.

Als Ausgangspunkt für den Auswahlprozess lag die erweiterte sim<sup>TD</sup>-Funktionsliste vor, während für die Funktionsbewertung die Beschreibungen der den Funktionen zugrunde liegenden Anwendungsfälle dienten. Für die eigentliche Funktionsauswahl wurde ein Kriterienbasierten sowie ein direkter, intuitiver Auswahlprozess angesetzt.

Zum Auswahlprozessabschluss wurden alle Verantwortlichkeiten für die Funktionsspezifikation und die Implementierung im Rahmen eines Workshops festgelegt, indem Funktionsteamentwicklungsteams gebildet wurden, die später die weitere Funktionsfeinspezifikation vorantrieben. Hessen Mobil beteiligte sich an der Spezifikation und Entwicklung von insgesamt 12 Funktionen, wobei es für die Spezifikation und Entwicklung von folgenden 4 Hauptfunktionen verantwortlich war:

- fusionierte Verkehrslage
- zentralenseitige Datenerfassung
- Identifikation von Verkehrsereignissen
- Umleitungsmanagement.

Hessen Mobil hat auch zur Anforderungserhebung und Spezifikation für die zentralseitigen Funktionsanteile (ICS) beigetragen. Eine genauere Darstellung der o.g. Funktionen erfolgt im Unterkapitel 3.2.2.

### 3.1.2 AP 12 – Validierungs- und Optimierungsziele, -methoden und -metriken

**Tabelle 2. Dauer und Dokumente AP 12**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2009 – 1. Hälfte 2010
<b>Dokumente</b>	-

Hessen Mobil hat im Rahmen der Spezifikation der in Unterkapitel 3.1.1 genannten Funktionen und aus Sicht des Verkehrsinfrastrukturbetreibers (Erhöhung von Straßenverkehrssicherheit und -effizienz) bei der Erarbeitung und Definition von technischen, nicht-technischen und übergeordneten Validierungs-, Optimierungszielen und Metriken mitgewirkt, die mit dem Gesamtsystem, seinen Komponenten und Funktionen inkl. deren Anwendungsfälle adressiert wurden. Zweck der Validierungsziele war die Bestimmung der durch Tests und Versuche zu untersuchenden Funktionalitäten des Gesamtsystems und seiner Teilsysteme bzw. Komponenten, um sicherzustellen, dass das System mit seinen Subsystemen die Projektziele erreicht hat.

Geeignete, auf die Validierungs- und Optimierungsziele zugeschnittene Methoden wurden zum o.g. Zweck identifiziert, abgestimmt und hinsichtlich ihrer Praktikabilität und Aussagekraft (Aufwand, Nutzen) bewertet. Um eine nachvollziehbare, quantitative und qualitative Bewertung der Testfeldergebnisse vornehmen zu können, galt es, aussagekräftige, anerkannte Metriken aus zuverlässigen Quellen (z.B. HBS, FGSV Richtlinien) für die ausgesuchten Methoden einzuführen. Mit diesen Metriken konnte die Abweichung von den spezifizierten technischen, nicht-technischen und das Gesamtsystem betreffenden Validierungszielen bzw. die Optimierungsnotwendigkeit und Optimierungsrichtung bestimmter variabler Parame-

ter eindeutig festgestellt werden – unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen von Feldversuchen und Simulationen.

Eingang in dieses AP fanden insb. die Funktionsspezifikationen (AP11), die Konzeptionen und Spezifikationen zur Systemarchitektur und den Komponenten des Gesamtsystems (TP2) sowie der Anforderungskatalog an den Feldtest (AP51). Die Ergebnisse dieses AP wurden in AP13 verwendet, um geeignete Test- und Versuchsfälle anhand der Validierungsziele, Metriken und Methoden zu spezifizieren. Da wurde eine Priorisierung von Test- und Versuchsfällen vorgenommen, um eine Fokussierung auf die unbedingt erforderlichen Tests und Versuche zu ermöglichen.

### 3.1.3 AP 13 – Abgeleitete Tests

**Tabelle 3. Dauer und Dokumente AP 13**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2009 – 2. Hälfte 2010
<b>Dokumente</b>	D13.2 "Tests- und Versuchsspezifikation" D13.3 "Anforderungen an das Gesamtsystem" (Beitrag)

In diesem AP hat Hessen Mobil die Test- und Versuchsspezifikation als für die zentralen Funktionen verantwortlicher Projektpartner und als Bindeglied zu TP4 unterstützt, insbesondere für die Funktionen "Ermittlung der Verkehrslage" und "Umleitungsmanagement". Alle notwendigen und hinreichenden Tests-, Versuchsfälle sowie testbezogenen Konzepte, mit denen das Erreichen der im AP12 beschriebenen Validierungs- und Optimierungsziele – unter Einbeziehung der definierten Methoden und Metriken – und somit der Projektziele nachgewiesen werden konnte, wurden hier spezifiziert und abgestimmt.

Ausgangsbasis für diese AP waren einerseits die im AP11 entwickelten Funktionen mit ihren jeweiligen Anwendungsfällen und andererseits die in AP12 definierten Validierungs-, Optimierungsziele, -methoden und -metriken. Darauf basierend wurden Anforderungen an den Systementwurf (TP2 – insb. Anforderungen an die Software-Komponenten für AP23 und AP24) und an das System zur Versuchsdurchführung und Versuchsbewertung sowie das Testgelände (TP3 und TP4) identifiziert, den davon abhängigen Arbeitspaketen zur Verfügung gestellt und in die Anforderungsdatenbank eingestellt, um deren konsistente Umsetzung in den betroffenen AP zu erzielen. Ziel war die Identifikation und Bewertung aller aus der Testaufgabe resultierenden Anforderungen an abhängige Arbeitspakete, so dass mit dem entworfenen System die Validierungs- und Optimierungsziele ganzheitlich untersucht werden können. Bei Nicht-Umsetzbarkeit einer Anforderung wurde der zugehörige Testfall angepasst bzw. zurückgewiesen. Hinsichtlich der funktionsübergreifenden Validierungsziele wurden insbesondere Fragen im Zusammenhang mit dem Test der für bestimmte Funktionen erforderlichen Ausstattungsdichte mit IRS behandelt.

## 3.2 TP2 – Systementwicklung

### 3.2.1 AP 21 – Gesamtarchitektur

**Tabelle 4. Dauer und Dokumente AP 21**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2010
<b>Dokumente</b>	D21.1 "Bewertende Übersicht existierender Systemarchitekturen" (Beitrag) D21.2 "Konsolidierter Systemarchitekturentwurf" (Beitrag)

In diesem AP beteiligte sich Hessen Mobil an der Ausarbeitung und Abstimmung der sim<sup>TD</sup>-Gesamtarchitektur mit Fokus auf folgende Aktivitäten.

Im ersten Schritt wurden grundlegende Architekturen und Spezifikationen vorheriger bzw. laufender Projekte und Referenzimplementierungen im Bezug auf Systemkomponenten, Schnittstellen und Protokolle zusammenfassend beschrieben und einzelne für sim<sup>TD</sup> wiederverwendbare Komponenten identifiziert und bewertet. Als Basis dafür diente es, die sim<sup>TD</sup> Gesamtarchitektur weitestgehend EU-Standards-kompatibel (ETSI) zu halten. Die vorgeschlagenen Komponenten der behandelten Einzelprojekte wurden abschließend im Gesamtzusammenhang betrachtet, erneut bewertet und ausgewählt. Der Schwerpunkt für Hessen Mobil lag auf dem infrastrukturseitigen Subsystem aus physikalischer, funktionaler und organisatorischer Sicht.

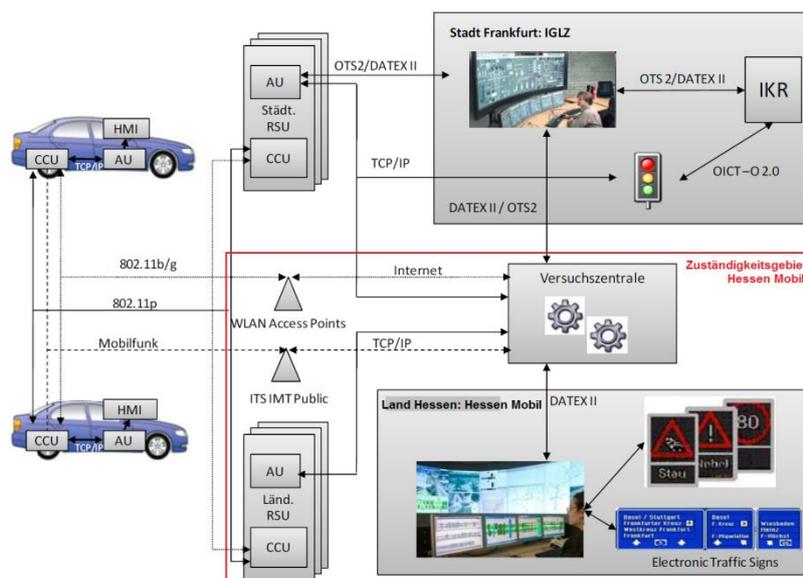
Die Bewertung der verfügbaren Module im C2X-Umfeld, die man als Basis für die Entwicklung hätte heranziehen können, hat dabei gezeigt, dass existierende Lösungen für einzelne Teilfunktionalitäten weder tauglich für die Feldtestanforderungen von sim<sup>TD</sup> waren, noch dass diese rechtlich verwendet werden durften. Somit musste das Gesamtsystem neu entwickelt und spezifiziert werden.

Im nächsten Schritt wurde der konsolidierte sim<sup>TD</sup> Systementwurf und darauf basierend die Systemkomponenten und deren Schnittstellen sowie die Protokolle auf der Anwendungsebene und der Kommunikationsebene spezifiziert. Zusätzlich zur eigentlichen Systemarchitektur wurden alle Komponenten und ihr Zusammenspiel mit dem System in eigenen Sichten auf die Architektur beschrieben, die für das Konfigurationsmanagement, das Änderungsmanagement sowie die Durchführung der Tests (z.B. Erfassung, Übertragung und Verwaltung der Messdaten) und Verkehrssimulationen notwendig waren.

Der konsolidierte Systementwurf bildete die Grundlage für die Umsetzung des Gesamtsystems sowie die Implementierung der einzelnen Subsysteme, die sich aus TP2 ableiteten:

- *fahrzeugseitiges Subsystem, bestehend aus:*
  - ITS Vehicle Station (IVS); und
  - Human Machine Interface (HMI);
- *infrastrukturseitiges Subsystem, bestehend aus:*
  - *auf Bundesautobahnen und -straßen aufgestellten ITS Roadside Stations (IRS);*
  - *städtischen IRS bzw. LSA-Steuergeräten; und*
  - *ITS Central Station (ICS), die von den Daten der Verkehrszentrale Hessen (VZH) und der Integrierten Gesamtverkehrsleitzentrale der Stadt Frankfurt a.M. (IGLZ) gespeist wurde;*
- Testsystem, integriert in die ICS.

Diese grundlegende Systemarchitektur wurde im weiteren Verlauf dieses AP auf die erforderlichen Subsysteme für das Fahrzeug, für die Infrastruktur und das Projekttestsystem herunter gebrochen und schrittweise verfeinert, sodass die in angeführten architekturellen Subsysteme genau spezifiziert wurden. Hessen Mobil war für die Spezifikation des infrastrukturseitigen Subsystems (IRS und ICS) unter Berücksichtigung seiner Interaktion mit dem fahrzeugseitigen Subsystem verantwortlich. Dies ist in Abbildung 6 dargestellt, die die sim<sup>TD</sup> Systemarchitektur aus der abstrakten Perspektive der unterschiedlichen Subsysteme, deren Komponenten und Interaktionen zeigt.



**Abbildung 6. Gesamtarchitektur sim<sup>TD</sup>**

Die einzelnen Subsysteme sowie die Interaktion zwischen ihren Komponenten wurden spezifiziert, was sowohl Hardwarekomponenten als auch Software-/Systemkomponenten betrifft. Der Systemkomponentenentwicklung ging eine intensive (projektübergreifende) Zusammenarbeit in mehreren Iterationsschritten voraus, bei der die Systemkomponenten einerseits und die Funktionsentwicklung und die in TP1 erarbeiteten Funktionsanforderungen andererseits bestmöglich aufeinander abgestimmt wurden. Da die Subsysteme sehr eng miteinander verzahnt waren, wurden bereits frühzeitig die Schnittstellen zwischen ihnen modelliert und beschrieben, damit die erforderliche Funktionalität auch entsprechend abgebildet war. Das in diesem AP erstellte Unified Model Language (UML) Systemmodell – mit den später integrierten feinspezifizierten Funktionen – war das einheitliches übergreifendes Systemmodell, das für Konsistenzprüfungen und für die Umsetzung herangezogen wurde. In diesem Sinne bildeten die Arbeiten in diesem AP die Grundlage für die Umsetzung des Gesamtsystems in sim<sup>TD</sup> und deren Ergebnisse flossen als Input sowohl in AP12 (Validierungs- & Optimierungsziele, -methoden und -metriken) als auch in alle folgenden TP ein.

Hessen Mobil war Mitglied des Architekturteams, das sämtliche Architekturbelange kontrollierte und über erforderliche Anpassungen und Änderungen während der Architekturentwicklung entschied. Durch dieses Team, das ein wichtiges Instrument im gesamten Entwicklungsprozess war, das auch über das Teilprojekt hinaus bis zum Ende von Teilprojekt TP4 fortbestand, wurde sichergestellt, dass bei den erforderlichen Anpassungen während der Integrationsphase und der Testdurchführung die Konsistenz des gesamten Systems gewährleistet und die Tests und Versuche zu keinem Zeitpunkt gefährdet wurden.

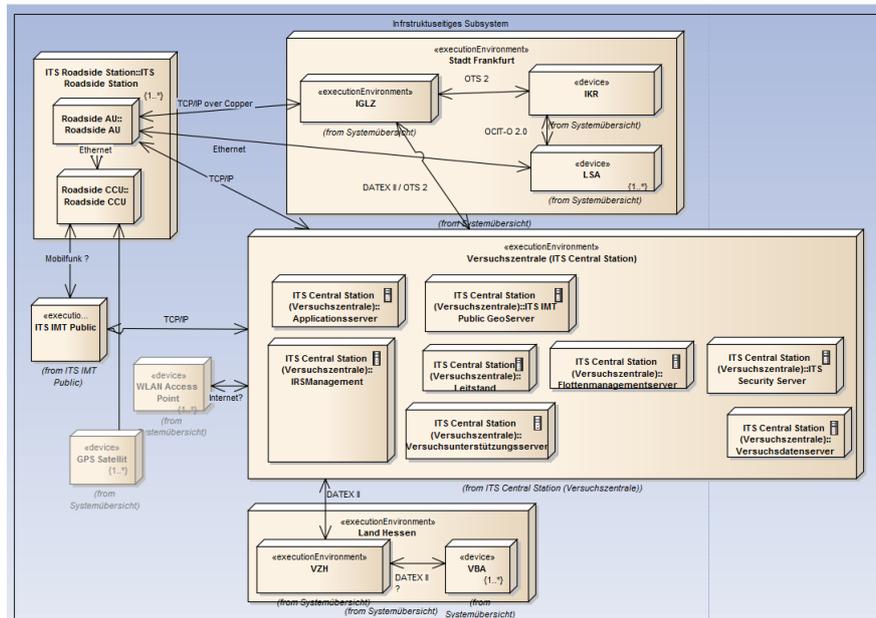
### 3.2.2 AP 23 – Infrastrukturseitiges Subsystem (Leitung)

**Tabelle 5. Dauer und Dokumente AP 23**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	D23.1 "Beschreibung der sim <sup>TD</sup> -Versuchszentrale" (Verfasser)

Hessen Mobil übernahm die Leitung dieses AP. Ziel war es, das infrastrukturseitige Subsystem, das grob in AP21 im Rahmen der Gesamtsystemspezifikation dargestellt wurde, hier fein zu beschreiben. Das infrastrukturseitige Subsystem ist das Gegenstück der mobilen Systemkomponenten (IVS). Wie in Abbildung 7 abgebildet, besteht es aus der ICS, der VZH,

der IGLZ und den IRS sowie der netztechnischen Anbindung dieser Einzelsysteme. Die Architektur des infrastrukturseitigen Subsystems wurde zusammen mit den Partnern HTW (interne Architektur und externe Schnittstellen der RSU) und der Stadt Frankfurt a.M. (funktionales Zusammenwirken der verschiedenen Zentralen ICS, VZH, IGLZ) abgestimmt.



**Abbildung 7. Architektur des infrastrukturseitigen Subsystems**

Im Verlauf des Projekts wurden vielfältige Leistungen zur Umsetzungen des infrastrukturseitigen Subsystems erbracht. Hierzu gehören:

- Spezifikation der internen Architekturen der ICS
- Spezifikation und prototypische Implementierung der internen Architektur der IRS (inkl. IT Sicherheit), Aufbau der Hardware und anschließendes IRS-Testen;
- Spezifikation der Vernetzung der Komponenten des infrastrukturseitigen Subsystems für die bidirektionale V2I-Kommunikation unter Berücksichtigung dauerhafter Funktionalität und eines optimierten Wartungsaufwands;
- Spezifikation und Entwicklung der infrastrukturseitigen Anwendungen bzw. Funktionen;
- Spezifikation von Testfällen für infrastrukturseitige sim<sup>TD</sup> Funktionen.

Diese Leistungen von Hessen Mobil sind zusammenfassend im Folgenden dargestellt.

### ICS Spezifikation

Die iterative Spezifikation der ICS wurde durch die am AP 23 beteiligten Projektpartner gemeinsam mit einem Unterauftragnehmer erstellt. Eine kooperative Versuchszentrale der Größenordnung der sim<sup>TD</sup> ICS wurde zum ersten Mal im Rahmen eines Forschungsprojektes realisiert, was die folgende Darstellung verdeutlicht.

Schwerpunkte der ICS Realisierung waren u.a.:

- die Entwicklung und Implementierung der ICS Spezialsoftware und der von Hessen Mobil betreuten Hauptfunktionen bzw. zentralenseitigen Funktionsanteile;
- die Spezifizierung der Anforderungen der fahrzeugseitigen Funktionen an die ICS;

- die Spezifizierung der Nachrichtenformate für den Datenaustausch zwischen ICS und IVS;
- die Entwicklung und Implementierung eines IT-Sicherheitskonzeptes.

Hessen Mobil hat den ICS Hardware-Bedarf überprüft und konsolidiert und effizient die Bereitstellung virtueller Server auf körperlichen Rechnern technisch realisiert. Somit besteht die ICS aus einem Verbund mehrerer Server, wobei einige von ihnen eng miteinander gekoppelt sind. Die Kern-ICS besteht aus 2 Applikationsserver, 2 Datenbankserver, und 1 DB-Historienserver. Die beiden Applikationsserver wurden zum Zwecke des gegenseitigen Backups zusammengeschaltet, ebenso die beiden Datenbankserver. Auf dem DB-Historienserver wurden Verkehrsdaten archiviert.

Neben den Servern der Kern-ICS waren weitere Server in der ICS installiert:

- HF3.1- bzw. VI-Server (Verkehrsinformation Server)  
Auf diesem Server liefen die Funktionen der Hauptfunktion 3.1 "Internetzugang und Lokale Informationsdienste".
- PKI-Server (Public Key Infrastructure Server)  
Der PKI-Server beherbergte die von FhG SIT entwickelten und bereitgestellten Sicherheitsanwendungen und -dienste.
- GeoServer (Geoinformation Server)  
Der GeoServer wurde fachlich von der HTW betreut. Aufgabe des GeoServers war die Prüfung der Relevanz einer zu übertragenden Meldung für einen potenziellen Empfänger im Hinblick auf seine aktuelle Position und die entsprechende Übertragung von Nachrichten aus der ICS an die im Relevanzgebiet befindlichen Fahrzeuge. Ebenso wurden Nachrichten, die von den Fahrzeugen kamen, an andere Fahrzeuge und an die ICS verteilt.
- VPN-Server (Virtual Private Network Server)  
Der VPN-Server ermöglichte sichere Verbindungen von akkreditierten sim<sup>TD</sup> Projektpartnern zur ICS über ungesicherte öffentliche Netze. Implementiert wurde ein OpenVPN-Server sowohl für IPv4- als auch für IPv6-Verbindungen. Alle VPN-Verbindungen wurden zwecks Erhöhung der Sicherheit mit Benutzerauthentifizierung betrieben.
- Nagios-Server  
Das Netzwerk- und Systemmanagement wurde über den Nagios-Server durchgeführt. Alle in der ICS befindlichen Server und alle IRS wurden als zu überwachende Objekte deklariert. Ferner wurden relevante Dienste auf einigen Servern und die Auslastung der Kern-ICS überwacht.
- Ringpuffer  
Die während des Feldversuchs erzeugten Loggingdaten wurden am Ende eines jeden Versuchstages auf dem Ringpuffer abgelegt. Beim Ringpuffer handelt es sich um einen NAS-Speicher mit 12 TB Speicherkapazität.

Für die sim<sup>TD</sup> Infrastruktur wurden gezielt Vorgaben bzgl. der Software-Architektur definiert. Diese Vorgaben zielten insbesondere auf eine mögliche (Wieder-)Verwendung der zentralenseitigen sim<sup>TD</sup> Funktionen und des IT-Konzepts ab. Im Einzelnen ging es um

- Herstellerunabhängigkeit
- Einsatz von Betriebssystem aus dem Open Source Umfeld zum Nachweis der Machbarkeit

- modularer Aufbau der Software-Architektur, um jederzeit beliebige Anwendung der ICS gegen eine Nachfolgeversion austauschen zu können, ohne Unterbrechung der übrigen Anwendungen
- OpenVPN-Software auf dem VPN-Server aus dem Open Source Umfeld (OSU)
- PostgreSQL Datenbanken sowohl auf den Datenbankservern als auch auf den anderen Servern (soweit vorhanden)
- lizenzfreies OSGi-Framework sowohl auf den Applikationsservern der Kern-ICS als auch auf den anderen Servern (soweit vorhanden)
- Service-Oriented-Architecture (SOA) mit allen Funktionen als Diensten auf der ICS implementiert
- aus dem OSU stammender Enterprise Service Bus (ESB) für die Orchestrierung einer SOA

Die Konfiguration der ICS wurde lückenlos dokumentiert. Darüber hinaus wurden im Rahmen von Integrations- und Validierungsworkshops Optimierungspotenziale der ICS Abläufe identifiziert. Die Ergebnisse flossen in den fortschreitenden Systemaufbau sowie die laufende Pflege und Anpassung der ICS Software und der GUI ein.

### **Spezifikation der Komponentenvernetzung**

Die ICS war von außen über eine Internet-Anbindung erreichbar, die zusammen mit dem dazugehörigen Firewall als gemeinsamer Unterauftrag beschafft wurde. Aus Kostengründen war die Bandbreite der Internetanbindung vor dem Feldversuch zunächst auf 10 MBit/s ausgelegt, während des Feldversuchs betrug sie 100 MBit/s.

Das ICS-interne IP-Netz war auf IPv4 ausgelegt, das IP-Netz zwischen Fahrzeugen und ICS auf IPv6. Da flächendeckend im Bundesgebiet kein IPv6-Netz (als nutzbares Produkt) seitens der Netzbetreiber zur Verfügung stand, wurden die IPv6-Verbindungen transparent über IPv4 getunnelt. D.h. die Endstellen der jeweiligen Kommunikationsbeziehungen liefen auf IPv6, im Netz des Netzbetreibers waren die IPv6-Pakete in IPv4-Pakete verpackt.

Die IRS an den Bundesautobahnen A3 und A5 im Versuchsgebiet waren über Glasfaser und zusätzlich über UMTS mit der ICS verbunden, die übrigen IRS nur über UMTS. Die IRS im Gebiet der Stadt Frankfurt am Main waren per DSL an die IGLZ und von dort per Glasfaser mit der ICS verbunden. Die CCUs und AUs der IRS von Hessen Mobil waren sowohl über IPv4 als auch über IPv6 erreichbar. Die IRS der Stadt Frankfurt am Main waren aus Firewall-Gründen nur per IPv4-NAT erreichbar.

Um zwischen den IVS und den IRS einerseits und der ICS andererseits eine IP-basierte Kommunikation über UMTS zu ermöglichen, war in der ICS von der Telekom ein Mobile IP Agent geschaltet.

Die IGLZ war über Glasfaser mit der ICS verbunden. Zwischen Hessen Mobil und den Verantwortlichen der IGLZ wurden entsprechende Regeln für die sichere Kommunikation zwischen beiden Verkehrszentralen verabredet.

Sim<sup>TD</sup>- und Landesnetz, in dem sich z.B. die VZH befindet, waren vollkommen unabhängig voneinander.

### **IRS Spezifikation**

Die IRS fungierten als intelligente Anwendungsplattform und als Relaisstationen zwischen IVS und ICS. Das Land Hessen hat 80 IRS im Versuchsgebiet aufgestellt, die Stadt Frankfurt 23. Eine weitere IRS stand auf dem Testgelände für sowohl die Integration als

auch für Testzwecke während des Feldversuches zur Verfügung. Zwei IRS wurden als Reserve vorgehalten.

Die IRS bestehen aus einer CCU und einer RAU. Erstere ist für die Kommunikation, letztere für die Abwicklung der Prozesse der sim<sup>TD</sup> Funktionen zuständig, die Anteile auf den IRS haben. Jede IRS war mit einer SIM-Karte für UMTS ausgestattet. Eine beispielhafte Darstellung des IRS Aufbaus bietet Abbildung 8 an. Für das Ausrollen der IRS wurde ein Installations- und Aktualisierungsmedium vorbereitet, mit dem sim<sup>TD</sup>-spezifische Software installiert und aktualisiert wurden.

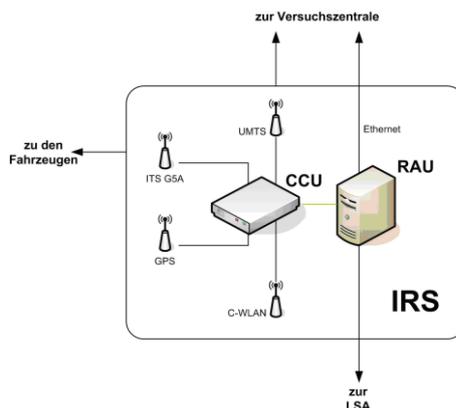


Abbildung 8. Prinzipieller IRS Aufbau

Die Entwicklung der IRS als Schlüsselkomponente des infrastrukturseitigen Subsystems erfolgte unter Verfolgung folgender Ziele:

- Entwicklung einer intelligenten Anwendungsplattform für Funktionen;
- autarker Betrieb in paralleler Zusammenarbeit mit einem zentralen 24/7 Managementsystem;
- Bereitstellung der Softwareausstattung zur Integration der IRS mit der ICS inkl. aller dafür benötigten dem Projektvorhaben entsprechenden Funktionen und Leistungsmerkmale;
- Unterstützung und Umsetzung aller sich aus dem Projekt ergebenden oder seitens der Konsortialpartner und deren Lieferanten festgeschriebenen Standards und Rahmenbedingungen;
- Standard- und VRZ-konforme Umsetzung aller Lösungen unter Berücksichtigung aller Standards aus Umfeld Verkehrstelematik und VRZ;
- Bereitstellung einer modularen Lösung, die die einfache Erweiterung und den offenen Austausch von Modulen und Komponenten durch beliebige Anbieter erlaubt;
- Realisierung auf Basis der OSGi-Plattform;
- Unterstützung der ICS-seitigen, auf SOA basierenden Plattform für die Realisierung der benötigten ICS Services und Funktionen.

Die IRS dient als das Bindeglied zwischen IVS und ICS, indem sie mit beiden Subsystemkomponenten direkt kommuniziert. Fahrzeugseitig erzeugte Nachrichten, die auf den IRS empfangen und decodiert werden, können auf der IRS über die Umfeld-Tabelle und den Relevanz-Filter einer Anwendung zugeführt werden, die diese Daten bündelt, aggregiert, qualitativ prüft und für die weitere Verarbeitung in der ICS aufbereitet. Diese Anwendung sendet dann vorverarbeitet die Fahrzeugdaten über den Communication Manager (CoMa) an die ICS, der als Controller der Aufgabenbereiche "Ein- und Ausgangsdatenverarbei-

ung" und "Qualitätssicherung" dient. In der Gegenrichtung (von der ICS zu den Fahrzeugen) erfolgt die Kommunikation über eine Proxy-Komponente die sowohl auf der ICS als auch auf der IRS realisiert wurde. So können zentralseitige (ICS) Funktionen Nachrichten versenden, ohne einen Funktionsanteil auf der IRS realisieren zu müssen. Um sicherzustellen, dass die IRS nach der o.g. Arbeitsweise samt ihren anteiligen Funktionen fehlerfrei läuft, wurden ausführliche Tests im Prüfstand durchgeführt.

Die Kommunikation zwischen IRS und ICS für die Übertragung wurde optimiert. Z.B. werden Nachrichten der Fahrzeuge nicht einzeln versendet, sondern je nach Anwendungsfall in einem Paket zusammengefasst und aggregiert und nur die verdichtete Information übertragen. Ausgenommen von dieser Optimierung sind die DENM (Warnmeldungen), die auf Grund ihrer Eigenschaft keine Verzögerung erlauben.

IRS-Betriebsfehler lassen sich hochgenau durch ein Fault Managementsystem diagnostizieren, indem durch Analyseprogramme die Systemressourcen, das Logging und die Systemdienste überwacht werden. Die o.g. Programme lieferten detaillierte Statusinformationen, aus denen der Fault Management Client den jeweils aktuellen Systemstatus erzeugte.

Für das IRS Management war die Bereitstellung eines AMIC (Administration and Monitoring Interface Client) erforderlich, dessen Implementierung mit Hilfe des Google WebToolKit (GWT) stattfand. Der AMIC greift auf die von der Datenbank bereitgestellten Daten zurück und bietet eine webbasierte Benutzeroberfläche im Browser an, die u.a. eine Darstellung der IRS auf einer digitalen Karte ermöglicht (siehe Abbildung 9). Im serverseitigen Teil des AMIC stehen Funktionen zum Abruf von Informationen über die mit dem IRSMC verbundenen IRS zur Verfügung. Dies ermöglicht eine Übersicht aller IRS mit deren zugehörigen Status.

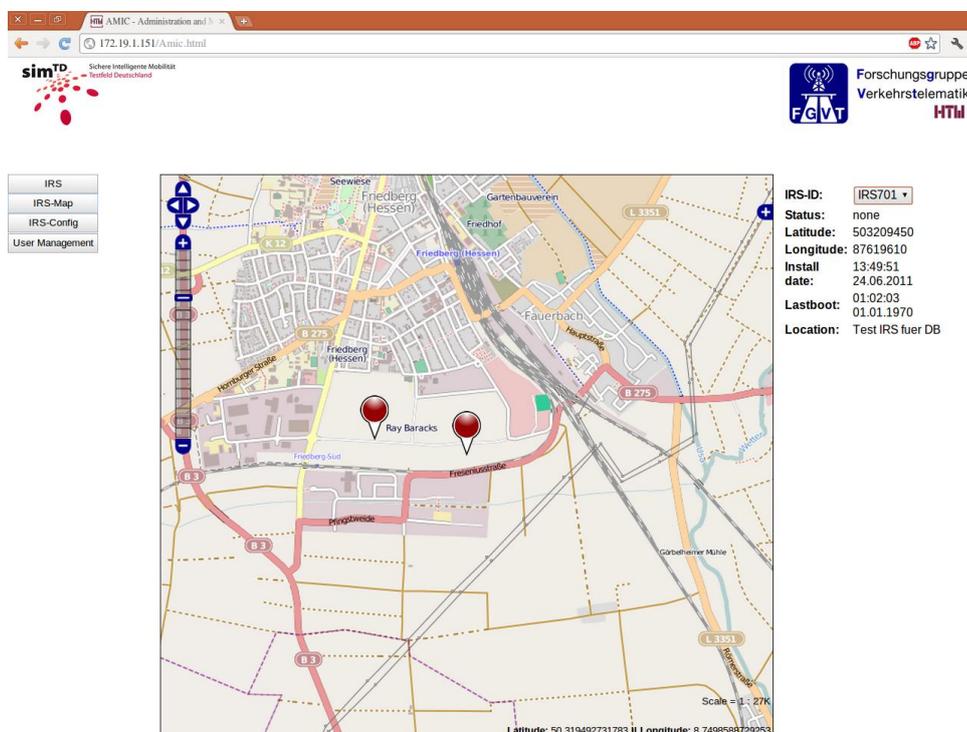


Abbildung 9: AMIC Webinterface

## Spezifikation und Entwicklung der zentralenseitigen Anwendungen

Nachstehende Funktionen wurden von Hessen Mobil spezifiziert und zentralseitig implementiert:

- *Funktion "Zentralenseitige Datenerfassung"*

Hier handelt es sich um die Bereitstellung verkehrlicher Daten aus der VZH in bereits aggregierter Form. Der Abgriff dieser Daten erfolgte über die standardisierte Schnittstelle "VS-Infoverteiler".

- *Funktion "fusionierte Verkehrslage"*

Die in der VZH mittels ASDA/FOTO auf Grund stationärer Messstellen (Detektoren) minutengenau erstellte Verkehrslage wurde in dieser Funktion durch entsprechende Daten aus den sim<sup>TD</sup> Versuchsfahrzeugen erweitert. Zum einen diente die Funktion zur Überprüfung der Richtigkeit der VZH-Verkehrslageinformationen für Bereiche, die mit stationären Messstellen ausgestattet sind, zum anderen ermöglichte diese Funktion die Ausweitung der Bereitstellung von Verkehrslageinformationen auf Bereiche im sim<sup>TD</sup>-Versuchsgebiet, die bisher nicht mit stationären Messstellen versorgt sind.

An die IVS wurden sowohl die Ergebnisse der Funktion "fusionierte Verkehrslage" als auch die in der IGLZ ermittelte und an die ICS überstellte minutengenaue städtische Verkehrslage gesendet.

- *Funktion "Identifikation von Verkehrsereignissen"*

Daten zu Verkehrsereignissen werden aus verschiedenen Quellen (VZH, IGLZ, C2C-basierte Warnmeldung) ermittelt und für weitere Funktionen bereitgestellt. Die relevanten Verkehrsereignisse umfassen im Wesentlichen Tages- und Dauerbaustellen, Hinderniswarnungen sowie Strecken- bzw. Fahrstreifensperrungen. Die Baustellen-daten werden aus dem Baustellenmanagementsystem, dem Dauerbaustellenmanagementsystem und dem System DORA (Dynamische Ortung von Arbeitsstellen) der VZH generiert. Städtische Baustellen-daten werden aus der IGLZ generiert.

- *Funktion "Umleitungsmanagement"*

Durch einen kontinuierlichen Vergleich der Reisezeiten auf Haupt- und Alternativrouten, die in einer Datenbank hinterlegt sind, werden Störungen im Straßennetz identifiziert. Im Fall einer Störung werden Angaben zur Reisezeitverzögerung sowie ggf. Umleitungsempfehlungen mit einem Ortsbezug zu Entscheidungspunkten im Fernstraßennetz (Autobahnknotenpunkte, Anschlussstellen) generiert und an die Fahrzeuge übermittelt.

Von der VZH wurden sowohl für die Dauer des Feldversuchs als auch für die Dauer der vorgelagerten Entwicklungsphasen Daten der zentralenseitige Anteil folgender Funktionen zur Verfügung gestellt:

- *Funktion "Ermittlung der Wetterlage"*

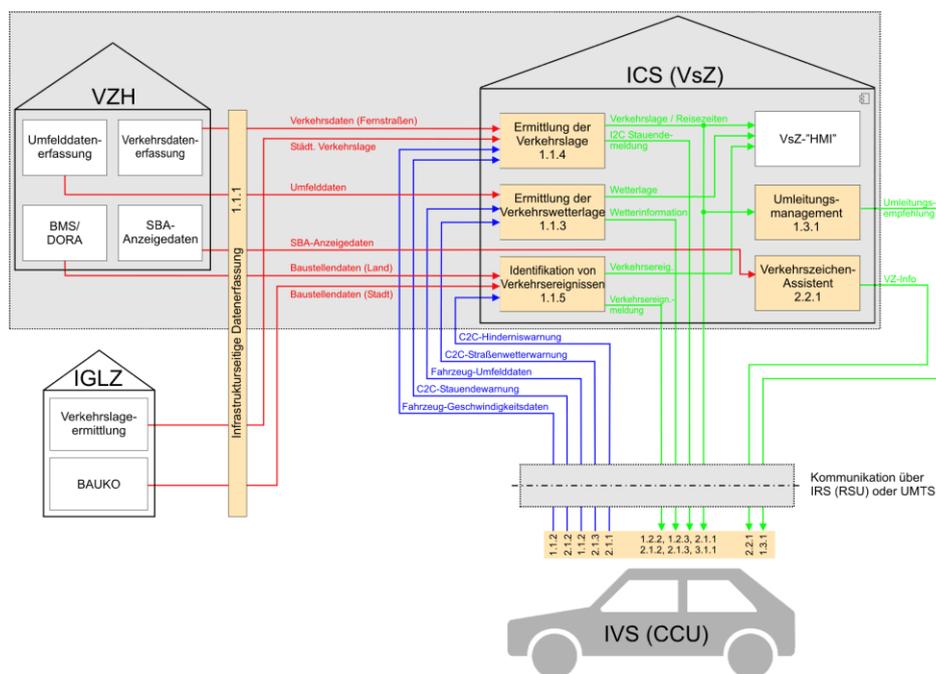
Durch die Fusion infrastrukturseitig und fahrzeugseitig erfasster Umfelddaten wurde die Verkehrswetterlage im Versuchsgebiet (Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit etc.) ermittelt und georeferenziert bereitgestellt.

Die VZH stellte fortlaufend die SWIS-Daten an Fa. Opel zur Verfügung, die im sim<sup>TD</sup> Projekt für die Ermittlung der Wetterlage zuständig war.

- *Funktion "Verkehrszeichen-Assistent"*

Stationäre Verkehrszeichen sowie die Anzeigen von Wechselverkehrszeichen im Versuchsgebiet wurden an die Fahrzeuge übermittelt. Die Inhalte und Positionen stationärer Verkehrszeichen wurden in einer Datenbank bereitgehalten. Die Bereitstellung der dynamischen Anzeigen der Wechselverkehrszeichen erfolgte unter Zugriff auf die Steuerdaten der Verkehrsbeeinflussungsanlagen im Versuchsgebiet, der in der Funktion "zentralenseitige Datenerfassung" realisiert wurde.

Eine funktionsorientierte Gesamtübersicht der von Hessen Mobil realisierte ICS zeigt Abbildung 10.



**Abbildung 10: Funktionsorientierte ICS Gesamtübersicht seitens Hessen Mobil**

### Spezifikation von Testfällen für die zentralenseitigen Anwendungen

Für die ICS wurden Testfälle definiert, die die Erfordernisse einer umfassenden Prüfung der zentralenseitigen Funktionen abdecken. Die Ergebnisse der Testspezifikation fließen in TP3 (AP33) ein, wo im Rahmen von Funktionstests verschiedene Anforderungen an zentralenseitige Funktionsanteile gegenüber der ursprünglichen Spezifikation neu formuliert oder geändert wurden und die resultierenden Anpassungen umgesetzt und wiederum getestet wurden. Alle Testfälle wurden am Ende erfolgreich absolviert.

Eine weitere Aufgabe, die Hessen Mobil im Rahmen des AP23 übernommen hat, war die Verteilung der sim<sup>TD</sup> Loggingdaten. Die als CSV-Dateien erzeugten und in ZIP-Archiven gepackten Loggingdaten jeder IRS<sup>2</sup> bzw. IVS wurden am Ende eines jeden Versuchstages für die beiden Hessen Mobil ICS Server im Ringpuffer (NAS-Speicher) abgelegt. Die Verteilung dieser Dateien erfolgte nur an akkreditierte sim<sup>TD</sup>-Projektpartner auf USB-Festplatten. Durch Verschlüsselung waren weder die Verzeichnisstrukturen noch die Inhalte der sim<sup>TD</sup>-Loggingdaten unbefugten Dritten zugänglich.

Hessen Mobil vertrat AP23 bei verschiedenen teilprojektübergreifenden Aktivitäten mit TP4, um sicherzustellen, dass alle Anforderungen aus der Versuchsplanung seitens der Systementwicklung berücksichtigt wurden. Während des Feldversuchs wurde von Hessen Mobil die Verfügbarkeit der ICS Infrastruktur inkl. des Loggingsystems und des zentralen Datenspeichers für die im Feldversuch erhobenen Daten aller Systemkomponenten gewährleistet und überwacht.

<sup>2</sup> Die Loggingdaten der IRS und der anderen ICS Server (VI/HF31, IRSMS und Security) wurden direkt per File Transfer Protokoll (FTP) auf den entsprechenden Loggingserver übertragen.

### 3.2.3 AP 24 – Projekt Testsystem

**Tabelle 6. Dauer und Dokumente AP 24**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2009 – 1. Hälfte 2012
<b>Dokumente</b>	-

Das sim<sup>TD</sup> Projekttestsystem war von zentraler Bedeutung, da die Durchführung des Feldversuches ein wesentlicher Projektschwerpunkt war. Durch das Projekttestsystem wurden:

- Tools zur Unterstützung der Versuchsplanung und -durchführung zur Verfügung gestellt (Web Scenario Editor);
- Werkzeuge zur Erfassung, Protokollierung und zum Management von Versuchsdaten entwickelt (Testdatenmanagement);
- ein Prüfstand für eine effizientere Testphase eingerichtet – eine Laborumgebung, bei der Entwicklungen abgenommen wurden, bevor sie in die Fahrzeuge integriert wurden.

Die Optimierung der entwickelten Systeme wurde gemeinsam mit TP3 durchgeführt.

In diesem AP hat Hessen Mobil an den Abstimmungen zum Projekttestsystem in Bezug auf das für die Versuchsdurchführung und -auswertung erforderliche Testdatenmanagementsystem (vgl. Unterkapitel 3.2.2 "Verteilung der sim<sup>TD</sup>-Loggingdaten") inkl. der Abschätzung des Versuchsdatenvolumens und der Datenspeicherungsalternativen beteiligt. Darüber hinaus hat Hessen Mobil auch an der Informations- und Schulungsveranstaltung zum Prüfstand teilgenommen. Die sich aus der Kommunikation mit dem Prüfstand ergebenden Anforderungen wurden integriert und abgearbeitet und die Datenanbindung des Prüfstands an die ICS kontinuierlich zentralseitig betreut. Erforderliche Netzwerkrouen wurden in die VPN-Konfigurationen (für IPv4 und IPv6) eingefügt. Zur Funktionsfähigkeit des Prüfstands hat ebenso die Überwachung durch das im AP23 entwickelte Netzwerkmanagementsystem beigetragen.

## 3.3 TP 3 – Systemintegration

### 3.3.1 AP 32 – Infrastrukturaufbau und -integration (Leitung)

**Tabelle 7. Dauer und Dokumente AP 32**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2009 – 2. Hälfte 2012
<b>Dokumente</b>	W32.1 "Arbeitsplan für Versuchszentrale erstellt" (Verfasser) D32.1 "Testgelände aufgebaut" (Verfasser)

Zeitlich parallel zu der Inbetriebnahme des fahrzeugseitigen Subsystems (AP31) wurden in diesem AP die entsprechenden von Hessen Mobil geleiteten Arbeiten auf der Infrastrukturseite durchgeführt, d.h. Aufbau des abgeschlossenen Testgeländes und Aufbau und Inbetriebnahme der ICS, während die Ausrüstung des Versuchsgebietes (IRS) in TP4 erfolgte. Folgende Schwerpunkte wurden in diesem AP abgearbeitet (letzte 3 von Hessen Mobil):

- Prototypische Integration der CCU und RAU in die straßenseitige Infrastruktur wie Lichtsignalanlagen (LSA) und Prototypen IRS;
- Aufbau der ICS;

- Anbindung der IRS über die Infrastruktur an die ICS;
- Anbindung der ICS an die VZH und die IGLZ.

### **Aufbau des Testgeländes**

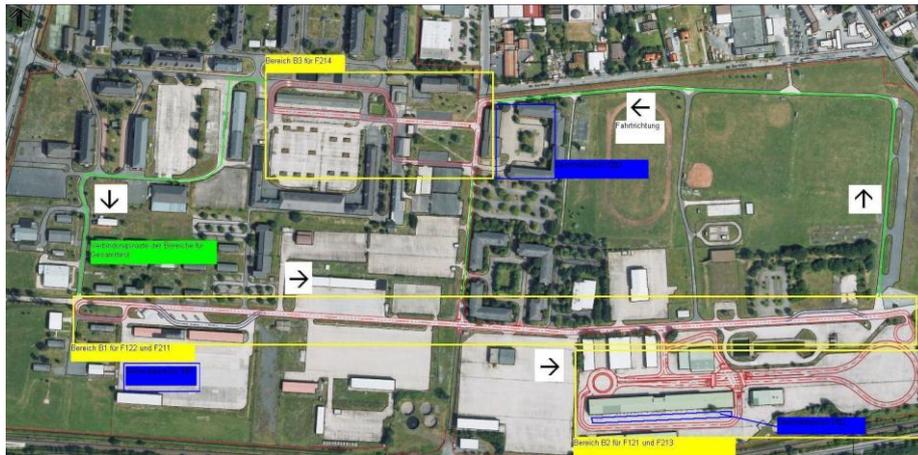
Innerhalb dieses AP fand u.a. die Standortsuche für das abgeschlossene Testgelände statt. Insgesamt vier mögliche Standorte wurden ausgesucht, die jeweils unterschiedliche Stärken und Schwächen hatten. Zwei potenzielle Testgelände wurden besichtigt und nach den Ergebnissen der Gespräche mit den Besitzern und auf Basis der Anforderungen von Test (TP3) und Versuch (TP4) bewertet. Die ehemalige US-Kaserne in Friedberg wurde abschließend als Testgelände ausgewählt. Dieses abgeschlossene Gelände stand seit dem Abzug der US-Armee 2008 leer und es eignete sich mit intakter Infrastruktur und zum Teil gut erhaltenen Gebäuden sehr gut für die geplanten vielfältigen sim<sup>TD</sup> Tests. Durch einen bestehenden Wachschatz und einer zuständigen Liegenschaftsbetreuung konnten aufwändige und kostenintensive Einweisungen und Zusatzbeauftragungen vermieden werden. Im Rahmen der Bereitstellung des gewählten Standortes als Testgelände hat Hessen Mobil folgende Aufgaben übernommen:

- vorbereitenden Maßnahmen, z.B. Koordination und Kontrolle von Anlagen, Abstimmungen diverser Planungen des Vermieters etc.;
- Vorbereitung der Ausstattung inkl. Kostenschätzung auf Basis einer durch Hessen Mobil erstellten und mit den Partnern abgestimmten Bedarfs- und Anforderungsliste;
- Klärung technischer Fragen, z.B. Planung der Anlageninstandsetzung, Planung der Strecken und Kreuzungen auf dem Testgelände, Abstimmung der Testgeländenunderordnung, Unterstützung bei den WLAN- und Mobilfunkmessungen, Planung der Fahrbahnmarkierungen;
- Unterstützung des Anmietungsprozesses<sup>3</sup> insb. in Fragen der notwendigen baubehördlichen Genehmigungen inkl. eines Nutzungsänderungsverfahrens wegen früherer Gebietssondernutzung (Militär);
- Prüfung und Herstellung der allgemeinen Nutzbarkeit des Testgeländes und der da einzubauenden Anlagen;
- Bereitstellung der verkehrstechnischen Ausstattung (z.B. Verkehrszeichen, Markierungen, LSA) und simTD-spezifischen Testausstattung (IRS);
- Beauftragung der Hausmeisterfirma zur Durchführung der Arbeiten.

Das Kasernen Gelände verfügt über diverse Areale (Abbildung 11), die für die zahlreichen Testfälle mit verschiedensten Anforderungen Möglichkeiten bieten: große Freiflächen im Nordosten, Freiflächen mit Gebäuden im Südosten, eine lange Gerade über 1,3 km in West-Ost-Richtung, verwinkelte enge Gassen im Nordwesten, diverse Kreuzungen auf dem ganzen Gelände.

---

<sup>3</sup> In Abstimmung mit HMWVL, dem Stadtbauamt Friedberg sowie der kommunalen Bauaufsichtsbehörde des Wetterauer Kreises wurde ein Verfahren in öffentlicher Baulastträgerschaft von Hessen Mobil vereinbart und auf diese Weise die Voraussetzungen für den Abschluss des Mietvertrags unter geringstmöglicher zeitlicher Verzögerung erreicht. Daneben waren verschiedene fachbehördliche Auflagen zu erfüllen und Nachweise zu erbringen, die durch Hessen Mobil zeiteffizient koordiniert und geleistet wurden.



**Abbildung 11. Übersicht des Testgeländes in Friedberg**

Um einen ordentlichen und sicheren Testablauf zu gewährleisten und um mehrere Tests parallel durchführen zu können, war das Testgelände in drei Bereiche (in Abbildung 11 gelb markiert) unterteilt worden, die für jeweils spezielle Anwendungsfälle geeignet waren und über einen separaten Sammelbereich für die jeweiligen Testfahrzeuge verfügten:

- Bereich B1 mit einer sich in West-Ost-Richtung ziehenden 1,3 km langen Gerade für Autobahn- und Landstraßenszenarios und zum Testen der Baustellenwarnung, des Notbremsassistenten, der Hinderniswarnung und des Verkehrszeichenassistenten;
- Bereich B2 mit einer komplexen Kreuzungstopologie, mit Kreisverkehr und diversen Anfahrts- und Abbiegemöglichkeiten und mit Lichtsignalanlage, Fußgänger-, Radfahrerfurten und Busspur ausgestattet zum Testen der LSA-Anwendungen und des Querverkehrsassistenten;
- Bereich B3 mit einer kleinen Kreuzung und engen und unübersichtlichen Fahrgassen für Car-2-Car-Tests, z.B. Hindernis-, Einsatzfahrzeugwarnung oder Querverkehrsassistent.

Für die Testzentrale wurde ein Bürogebäude mit allen dazugehörigen Anlagen angemietet. Aufgrund der unbrauchbaren Telekommunikationsanbindung des Bürogebäudes wurde eine Sonderlösung zur Anbindung in die ICS und das Internet installiert. Hierzu wurde eine prototypische Mobilbox installiert, die im Bereich des Bürogebäudes herkömmliches WLAN hatte und auf der anderen Seite eine Verbindung über UMTS mittels der sim<sup>TD</sup>-SIM-Karten mit der ICS herstellte, über die eine Nutzung des Internets möglich war. Über einen Leitstand-PC wurden die Tests überwacht und organisiert, sowie Loggingdaten gesammelt.

Zum Arbeiten an bzw. zum Parken von Fahrzeugen wurde eine Fahrzeughalle angemietet. Die Fahrzeughalle diente dazu, dass Arbeiten am fahrzeugseitigen Subsystem im Trocknen stattfinden konnten. Außerdem konnten hier Fahrzeuge außerhalb der Testzeiträume abgestellt werden, um unnötige Transfers zu vermeiden.

Das Testgelände wurde vor der Feldversuchsdurchführung im Rahmen der Integrationsworkshops genutzt. Hessen Mobil gewährleistete den reibungslosen Ablauf der Testfahrten auf dem Testgelände durch eine intensive Betreuung und vorsichtige Detailzeitplanung (terminliche Koordination, Überwachung und Kontrolle). Während der Testfahrten wurde seitens Hessen Mobil ein Bereitschaftsdienst durch einen Mitarbeiter vor Ort angeboten, um bei kurzfristig auftretenden Problemen eine schnelle Reaktion sicherzustellen.

Um eine möglichst effektive Fehleranalyse und -behebung zu gewährleisten, wurde ein Workshop basiertes Konzept erstellt, das alle für die Tests relevanten Partner verpflichtete, an diesen Veranstaltungen teilzunehmen.

## Aufbau und Inbetriebnahme der ICS

Zeitlich parallel zu den vorbereitenden Arbeiten am Testgelände wurde die ICS als zentrales Datenverarbeitungs-, Steuerungs- und Datenhaltungssystem durch Hessen Mobil aufgebaut und in Betrieb genommen. Die physisch realisierten ICS Komponenten sind in Detail im Unterkapitel 3.2.2 (Spezifikation ICS) beschrieben und in Abbildung 10 dargestellt.

Hessen Mobil war auch für die Errichtung und Innenausstattung des Leichtbaugebäudes für die ICS (DRIVE-Center Hessen) verantwortlich. Die gelieferte Hardware (inkl. Anbindung der IGLZ über LWL) wurde getestet und abgenommen und anschließend eine Nutzungsordnung erstellt.

Hessen Mobil hat die Vorstellung der ICS für die Projektzwischenpräsentation durchgeführt sowie die Durchführung von Filmaufnahmen im DRIVE Center Hessen und auf dem Testgelände Friedberg unterstützt.

### 3.3.2 AP 33 – Funktionstests

**Tabelle 8. Dauer und Dokumente AP 33**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2011 – 2. Hälfte 2012
<b>Dokumente</b>	-

Hessen Mobil war an der Arbeitsgruppe „Abnahmetests“ beteiligt, die die Aufgabe der Erreichung des Meilensteins „Gesamtsystem funktioniert im Testgelände“ (MS6) hatte. Die sim<sup>TD</sup> Architektur wurde aus Sicht der Abnahmetests analysiert und die für die Durchführung der Feldversuche wichtigen Komponentengruppen<sup>4</sup> identifiziert. Um ihre korrekte Funktion sicherzustellen wurde ein mehrstufiger Test- und Freigabeprozess zur Verfeinerung des Integrationsprozesses definiert, ergänzt mit einer Abdeckungsanalyse, die absicherte, dass alle Systemteile ausreichend getestet werden. Darauf aufbauend wurden die Funktions- und Komponentenverantwortlichen in die Arbeiten einbezogen, die die für Ihre jeweiligen Systemanteile relevanten Tests spezifizierten. Hessen Mobil war dabei als Funktionsverantwortlicher zuständig für den Abschluss der Integration sowie die mit einer Darlegung der erreichten Funktionsqualität nachzuweisende Feldtesttauglichkeit folgender Funktionen verantwortet:

- fusionierte Verkehrslage;
- zentralenseitige Datenerfassung;
- Identifikation von Verkehrseignissen;
- Umleitungsmanagement;
- Ermittlung der Verkehrswetterlage (zentralenseitige Anteile);
- Verkehrszeichenassistent (zentralenseitige Anteile);
- Baustelleninformationssystem (zentralenseitige Anteile).

Die Test- und anschließenden Demonstrationsaktivitäten, an denen auch Hessen Mobil beteiligt war, sind im Folgenden dargestellt.

---

<sup>4</sup> HMI, C2X Kommunikationskernfunktionen, Messdatenerfassung, Funktionsablaufumgebung

## **Integrationsworkshops (IWS)**

Das integrierte System wurde aus der Sicht der Anwendungen in fünf IWS auf dem Testgelände in Friedberg von April bis Juni 2011 getestet. Für jeden IWS wurde eine detaillierte Planung vorgenommen, in der die benötigten Ressourcen (Fahrzeuge, Personen, Infrastruktursysteme, Fahrbereiche) analysiert und definiert wurden, die zur Erreichung der im Projektplan definierten Ziele notwendig waren. Während der Tests wurde die Einhaltung der Testgelände Ordnung überwacht und die Testergebnisse bzw. Entwicklungsschritte durch Meetings kontrolliert. MS6 wurde am 30.06.2011 erfolgreich erreicht.

## **Zwischendemonstration**

Eine Projektzwischenpräsentation fand am 11.-13.10.2011 statt. Neben der Mitarbeit an Planung und Konzeption der Zwischenpräsentation war die Organisation der Vorbereitungsworkshops, Begleitung der vorab stattfindenden Dreharbeiten und Foto-Shootings für die Öffentlichkeitsarbeit Teil des AP33. Die Zwischenpräsentation entsprach der während der MS6 Vorbereitungen etablierten Referenzrunde, die auf dem Testgelände in kurzer Abfolge eine maximale Anzahl von sim<sup>TD</sup> Funktionen erlebbar machte aber auch während der Entwicklungsarbeiten stets der Bezugspunkt für den aktuellen Arbeitsfortschritt am Basissystem war.

## **Verifikations- und Optimierungsworkshops (VWS, OWS)**

Letzte Ergänzungen des Basissystems mussten nach MS6 vorgenommen werden und anschließend seine vollständige und korrekte Umsetzung durch Tests aller Funktionen verifiziert werden. Zu diesem Zweck wurden sieben Verifikationsworkshops (VWS) von Juli bis Dezember 2011 auf dem Testgelände in Friedberg organisiert. Weitere VWS fanden im Frühjahr 2012 statt, ergänzt durch Optimierungsworkshops (OWS), die zur Hälfte in Friedberg und zur Hälfte auf den Straßen des Versuchsgebietes durchgeführt wurden, um besonders die Versuchssteuerungstools und die Versuchsprozesse zu erproben.

## **Funktionsreview**

Anfang 2012 wurden die Funktionen einem sogenannten Funktionsreview durch das Projektmanagement Team unterzogen, indem der Entwicklungsstatus bewertet wurde. Funktionen oder Komponenten, die als dauerhaft kritisch eingeschätzt wurden, wurden hierbei gestrichen, um den Fortschritt des Gesamtprojektes nicht zu behindern.

Hessen Mobil überwachte das Qualitätsmanagement der infrastrukturseitigen Funktionen. Auch hier konnte für alle Komponenten grünes Licht für den Versuchsstart gegeben werden.

Neben den Funktionen und Systemkomponenten war für die Versuchsdurchführung auch die korrekte und stabile Funktion der Versuchswerkzeuge wichtig. Deswegen wurden diese speziell bzgl. der Auswertbarkeit der aufgezeichneten Daten untersucht. Die Loggingdaten wurden korrekt und auswertbar aufgezeichnet. Fehlende Daten wurden als nicht relevant oder als leicht korrigierbar angesehen und die nötigen Korrekturen an der Datenaufzeichnung wurden angegangen und zügig umgesetzt.

## **Systemübergabe für die Versuchsdurchführung**

Mit MS7a musste das System an die Organisatoren der Versuchsdurchführung übergeben werden. Auf einem ersten von den Versuchsorganistoren durchgeführten Workshop zeigte sich das ein Versuchsstart noch nicht möglich war, weshalb eine intensive Weiterentwicklung des Systems und der Versuchsprozesse nötig war. Am 26.06.2012 wurde in einem zweiten Workshop eine deutliche Verbesserung sowohl der Stabilität des Systems als auch der Versuchsabläufe nachgewiesen, so dass ein Beginn des Versuchsbetriebes möglich war.

## Diagnose Teams

Mit Erreichen des MS7a waren die Integrationsarbeiten soweit erfolgreich abgeschlossen, dass grundsätzlich alle Systemkomponenten reif für den Feldversuch waren. Um den Anteil der trotzdem aufgetretenen fehlgeschlagenen Versuchsfahrten weiter zu senken, wurde die Entsendung sogenannter Diagnoseteams organisiert. Hierbei wurde jeweils ein Team von fünf Entwicklern für VAU, CCU, Versuchstools und ICS (Hessen Mobil) während des Versuchsbetriebes vor Ort an den Versuchsflottenstützpunkt und die ICS geschickt, um dort auftretenden Probleme zu beobachten, zu diagnostizieren, falls möglich direkt zu beheben sowie das Versuchsteam in der Fehlerbehebung anzuleiten. Dadurch wurde eine deutliche Steigerung der Erfolgsquote der Versuchsfahrten erreicht.

## Abschlussdemonstration (inkl. Wiederinbetriebnahme-Workshops)

Die Vorbereitung der Abschlussdemonstration erfolgte durch das erprobte TP3 Team im Rahmen von 6 mehrtägigen Wiederinbetriebnahme-Workshops, die von April bis Juni 2013 im DRIVE-Center Hessen stattgefunden haben. Die Systembasis bestand aus den Fahrzeugen der Testflotte, der vollständigen ICS, den IRS an den BAB und einer Untergruppe der städtischen IRS. Hessen Mobil betreute dabei die Arbeiten zu den zentralen-seitigen Komponenten und stellte ein Fahrzeug und einen Fahrer zur Erprobung der Funktionalität zur Verfügung.

Da in der Fahrdemonstration ein möglichst umfängliches Funktionsprogramm gezeigt werden musste, mussten alle Bestandteile des Systems (ICS, IRS, IVS) wieder in Betrieb genommen werden, wobei aber gleichzeitig versuchsspezifische Anteile (z.B. Loggingdaten-Erzeugung und Log-File-Handling) deaktiviert werden mussten, um störenden Pausen im Demobetrieb zu vermeiden. Zusätzlich waren die spezifischen Anforderungen der Fahrdemonstration zu berücksichtigen (z.B. Suche und Erprobung einer möglichst kurzen Strecke, die die Präsentation von möglichst vielen Funktionen aus allen Bereichen ermöglichte).

Folgende Aufgaben wurden im Rahmen der Systemwiederinbetriebnahme durch das TP3 Team erfüllt:

- Wiederinbetriebnahme des Systems (ICS, IRS, IVS);
- Festlegung, Erprobung und Feinabstimmung der Demonstrationsfahrt
- Systemfeinabstimmung und Einstellungsoptimierung
- Optimierung des Demoablaufes

Die Abschlussdemonstration wurde am 20.06.2013 erfolgreich und weitgehend störungsfrei durchgeführt. Im Rahmen der Generalprobe und der Abschlusspräsentation wurden seitens Hessen Mobil ein Floor und Traffic Manager zur Fahrtorganisation sowie ein Fahrzeug, ein Explainer und ein Fahrer zur Verfügung gestellt. Die ICS wurde an einem Stand im Ausstellungsbereich der Veranstaltungsort durch Hessen Mobil präsentiert.

Die Beherrschung der Systemkomplexität war letztlich sowohl für den Feldtest, als auch für die Demos möglich gewesen, hat aber jedes Mal einen erheblichen Aufwand von Material und Personen benötigt. Das große Engagement von Hessen Mobil wie auch von allen Projektpartnern hat es aber jeweils möglich gemacht alle Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen.

Zusammenfassend hat Hessen Mobil die ersten Meilensteintermine sowie die ersten IWS und auch später die Wiederinbetriebnahme-WS im DRIVE-Center Hessen ausgerichtet. Alle nachfolgenden VWS und OWS sowie Meilensteinveranstaltungen wurden organisatorisch durch Hessen Mobil als verantwortlichen Projektpartner für die dauerhafte Betriebsbereitschaft der ICS auf dem Testgelände Friedberg vorbereitet, durchgeführt und unterstützt, wo-

durch ein reibungsloser Ablauf gewährleistet worden war. In den wegen der hohen Systemkomplexität zusätzlich durchzuführenden Workshops wurde die Funktionalität der ICS getestet, sowie die Kommunikation von ICS über IRS bzw. Mobilfunk bis ins Fahrzeug. Zusätzliche Implementierungen in der ICS waren notwendig, um Probleme in anderen Komponenten zu lösen. Hessen Mobil koordinierte und stimmte Test-Tage außerhalb der Workshops mit den Partnern ab und führte diese durch, um besondere Tests mit wenigen Partnern durchzuführen und somit bestimmte Probleme zu lösen. Dabei konnten sim<sup>TD</sup>-Entwickler ihre zentralen Anliegen den von Hessen Mobil beauftragten Entwicklern der ICS vortragen und klären.

### 3.4 TP 4 – Versuchsdurchführung

#### 3.4.1 AP 41 – Versuchsdesign

**Tabelle 9. Dauer und Dokumente AP 41**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	W41.1 "Versuchsplan 1.0" (Beitrag) W41.2 "Versuchsplan 2.0" (Beitrag) W41.4 "Versuchsplan 1.1" (Beitrag)

In diesem AP hat Hessen Mobil daran mitgewirkt, ein Versuchsdesign zu entwerfen, mit dem sich die definierten Versuche effizient haben durchführen und auswerten lassen. Zu dieser Aufgabe gehörten die Erstellung des Versuchsplans, die Planung des Versuchsgebiets sowie der Versuchsausrüstung (Methoden und Werkzeuge) und die Bereitstellung der Simulationsumgebung. Inhaltlich ergaben sich folgende Ergebnisse:

#### **Erstellung eines Prüfkonzpts**

Durch einen mehrstufigen Entscheidungsprozess wurden die technischen und nicht-technischen Versuchsfälle priorisiert, die anschließend im Feldversuch bzw. im Simulationslabor empirisch geprüft wurden.

#### **Ausplanung der Versuche im Versuchsgebiet und auf dem Testgelände**

Für die Vorbereitung, Planung und Durchführung der Versuchsfälle im Feldversuch wurden sog. Drehbücher eingeführt, für deren räumliche und zeitliche Verortung ein Konzept erarbeitet wurde.

Hessen Mobil war dabei an der Erarbeitung und Priorisierung der Drehbücher (inkl. derjenigen für die Kommunikationsversuche) und an der Entwicklung des Konzeptes für die Fahreranweisungen (als Drehbuchsbestandteil) beteiligt. Es stellte detaillierte Daten und Informationen zum Straßennetz und den Verkehrsrahmenbedingungen (vorhandene und zusätzliche verkehrstechnische Ausstattung) des Versuchsgebiets bereit, die besonders wichtig bei der Verortung der Versuchsfälle waren, und trug zur räumlichen Zuordnung von Funktionen bei. Die Drehbücher wurden im Rahmen des Feldversuchs analysiert und zum Teil fortgeschrieben.

#### **Ausplanung der Versuche im Simulationslabor**

Neben der Konzeption und Vorbereitung von Versuchen im Feldversuch wurden ebenfalls nicht-technische Versuche im sog. Simulationslabor (Fahr- und Verkehrssimulation) konzipiert und vorbereitet. Hierbei hat Hessen Mobil die Erstellung der Verkehrssimulation

durch die Recherche und Übermittlung verkehrstechnischer Daten des Versuchsgebiets unterstützt.

### **Ausplanung des Auswertekonzepts**

Letztlich wurde ein Auswertungskonzept für alle in sim<sup>TD</sup> spezifizierten technischen und nicht-technischen Versuche erarbeitet und festgeschrieben.

Die in TP4 durchzuführenden Tests wurden den drei Phasen – Pilotversuche, Vorversuche und Feldversuch – zugeordnet und innerhalb von TP3 und TP4 abgestimmt.

## 3.4.2 AP 42 – Aufbau und Betrieb: operative Durchführung

**Tabelle 10. Dauer und Dokumente AP 42**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2009 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	W42.1 "Abnahme der Feldversuchsflotte" (Beitrag) W42.2 – W42.4 "Blockbericht I/II/III Versuchsdurchführung" (Beitrag) D42.1 "Bericht Versuchsdurchführung" (Beitrag)

Ziel dieses AP war auf der einen Seite die Sicherstellung der Funktionstauglichkeit und Verfügbarkeit der Versuchsfahrzeuge und die anschließende Durchführung der Versuche nach dem im AP41 definierten Versuchsplan und auf der anderen Seite die Versorgung des Simulationslabors mit den Versuchsergebnissen. In diesem Sinne waren folgende Aufgaben zu erzielen:

- die Abnahme und Verwaltung der Versuchsflotte;
- die Versuchsdurchführung; und
- die Fahrzeug-/Infrastrukturintegration.

Nach Übernahme und Gewährleistung der Funktionsfähigkeit der Versuchsfahrzeuge wurden die verschiedenartigen Versuchsfälle anhand von den definierten Drehbüchern im Feldversuch umgesetzt und die erhobenen Daten den beteiligten Partnern bereitgestellt; für die Verkehrssimulation, die Versuchsauswertung und die TP5 Bewertung.

Im oben skizzierten zeitlichen und inhaltlichen AP42 Arbeitsrahmen kann der Beitrag von Hessen Mobil wie im Folgenden aufgeteilt werden:

### **Feldversuchsvorbereitung**

In dieser Phase haben umfangreiche vorbereitende Arbeiten stattgefunden:

- Einbringung der Anforderungen der Versuchsdurchführung an die Gesamtsystemarchitektur (über die Fahreranweisungen)  
Dazu hat Hessen Mobil durch seine Mitwirkung bei der Entwicklung des Konzeptes für die Fahreranweisungen beigetragen.
- Auswahl des Flottenmanagementsystems zur Versuchssteuerung  
Hessen Mobil hat an der Erarbeitung des Konzepts und der Auswahl des Unterauftragnehmers für das Flottenmanagement mitgewirkt.
- Vergabe des gemeinsamen Unterauftrags (GUA) „Versuchsdurchführung“

Hessen Mobil hat an der Erstellung des Fragenkatalogs sowie an zahlreichen Abstimmungsrunden zu verschiedenen Aspekten für die Auswahl und Durchführung des GUA für die Versuchsdurchführung teilgenommen.

- Akquise der Versuchsflotte (durch die beteiligten Fahrzeughersteller)  
Hessen Mobil hat an der Ausgestaltung der internen Fahrzeugflotte unter den Gegebenheiten des Wegfalls der externen Flotte teilgenommen. Dies geschieht unter der Maßgabe, die Auswertungs- und Bewertungsziele durch entsprechende Gestaltung des Flotteneinsatzes möglichst ohne Einschränkungen zu erreichen. Hierbei stand das Erfassen möglichst vieler zufälliger Kommunikationsereignisse im Vordergrund, um die Funktionalität der erweiterten Verkehrslageermittlung auf der Grundlage von Fahrzeugdaten zu testen.
- Auswahl und Einrichtung des Versuchsflottenstützpunktes (Industriepark Höchst)  
Hessen Mobil war an der Identifikation und Auswahl eines geeigneten vom Testgelände getrennten Versuchsflottenstützpunktes nahe der ICS beteiligt. Fünf mögliche Standorte wurden ausgesucht und besichtigt, um die räumlichen Gegebenheiten zu überprüfen, und Gespräche mit den Eigentümern wurden durchgeführt. Informationen zu Themen wie Parkflächen, vorhandene und temporär zu schaffende Büroräume, Ausstattung und Wachschatz bzw. Objektsicherheit wurden recherchiert und geliefert. Auf dieser Grundlage wurden eine eingehende Machbarkeitsprüfung, eine Kostenschätzung und anschließend eine vergleichende Bewertung vorgenommen. Die Wahl war auf den Parkplatz am Industriepark Höchst in Frankfurt a.M. gefallen. Für die Anmietung der Parkfläche hat Hessen Mobil zur Erstellung eines Anforderungskatalogs bezüglich Parkfläche, Büroräume, Ausstattung, Wachschatz, Termine, etc. beigetragen.

Darüber hinaus war Hessen Mobil bei der Erarbeitung des Prozesshandbuchs zur Durchführung des Feldversuchs eingebunden. Dafür und aus Sicht des TP4 hat es an mehreren Tagen an den TP3 OWS auf dem Testgelände teilgenommen, um die Anforderungen aus Sicht der Feldversuchsdurchführung einzubringen.

Was die ICS anbelangt, hat Hessen Mobil diese mit weiterer Ausstattung (inkl. Unterstützung der Operatoren) ausgestattet. Eine ICS Benutzerschulung wurde durchgeführt, in der insb. die Operatoren für die Versuchsdurchführung angesprochen wurden, da diese während der Feldversuchszeit täglich mit der ICS arbeiten mussten.

### **Feldversuchsdurchführung**

Die Hauptphase dieses AP setzte sich aus folgenden Arbeiten zusammen:

- Übernahme der Fahrzeuge in die Versuchsdurchführung  
Für die Übernahme der Flottenfahrzeuge sollte der Meilenstein MS7 genutzt werden, alle Versuchsfahrzeuge auf ihre Funktionstüchtigkeit im Feld zu testen (vgl. Unterkapitel 3.3.2 "Systemübergabe für die Versuchsdurchführung").
- Versuchsdurchführung  
Der Feldversuch wurde während der Laufzeit von drei Versuchsblöcken à 8 Wochen im Zeitraum von Juli bis Dezember 2012 durchgeführt. Es wurden in diesem Zeitraum insgesamt 41.739 Versuchsstunden und 1.671.292 Fahrkilometer von 503 Versuchsfahrern absolviert. Durch AP42 wurde dafür gesorgt, dass über den gesamten Feldversuch aus organisatorischer Sicht erfolgreich Versuche durchgeführt werden konnten.

Durch die vor Ort stattfindende Einbindung von sog. TP3 Diagnosteteams (vgl. Unterkapitel 3.3.2 "Diagnosteteams"), die Fehler des sim<sup>TD</sup>-Systems in den Fahr-

zeugen analysierten und behoben, konnten Problemen am System entgegen gewirkt werden. Dabei war Hessen Mobil als Ansprechpartner für die ICS beteiligt.

Die Schulungs- und Trainingsunterlagen für die Fahrer wurden vorbereitet, insb. bzgl. des Themas Routenführung. Die TP4-APL-Partner begleiteten den Feldversuch während der gesamten Laufzeit und führten u.a. Regelvorträge am Versuchsflottenstützpunkt für die Versuchsfahrer durch. Hessen Mobil hat z.B. für die 120 Versuchsfahrer einen Vortrag über das Thema "VZH / Staufreies Hessen 2015" gehalten.

Die Betreuung der Infrastrukturkomponenten wurde während des Zeitraums der Feldversuchsdurchführung sichergestellt. Hessen Mobil führte einen Bereitschaftsdienst bezüglich der Verfügbarkeit der ICS sowie der Ansprechbarkeit für verkehrliche und betriebliche Aspekte durch. Die Betriebsbereitschaft der ICS wurde im Laufe des Feldversuchs ständig gewährleistet.

Durch Präsenzbefragungen der Versuchsfahrer – zu Anfang und Ende der Versuchsblöcke – sowie durch weitere schriftliche Befragungen wurden Erfahrungen zum System ausgetauscht bzw. die jeweiligen sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle (nach ausgewählten Fahrten) bewertet. Zusätzlich wurden während des Feldversuchs reale Reisezeitmessungen mit dem automatischen Kennzeichenerfassungssystem von TUM-VT auf der A5 zur Ermittlung der Verkehrslage durchgeführt, die von Hessen Mobil unterstützend begleitet wurden. Die über den Logdatenverteilungsprozess an das Simulationslabor weitergeleiteten Daten wurden auf Plausibilität und Konsistenz überprüft.

Hessen Mobil war Mitglied des Planungsteams, das wöchentlich für die Planung der Versuchsdurchführung zusammentraf. Das Fahrermanagement und die Versuchssteuerung wurden kontinuierlich über den gesamten Feldversuch gewährleistet. Für die Dokumentation bzw. das Reporting des Feldversuchs wurde durch AP42 eine ganze Reihe von Berichten bzw. Übersichten erstellt und für alle Projektbeteiligten zugänglich abgelegt.

Als Testgeländeverantwortlicher war Hessen Mobil für die Durchführung von Drehbüchern auf dem Testgelände jeweils an mehreren Tagen vor Ort. Darüber hinaus hat Hessen Mobil an der Vorplanung, Durchführung und Nachbereitung der sim<sup>TD</sup> Präsentation mit Demonstrationsfahrten im Rahmen einer Aufsichtsratssitzung am 10.09.2012 in der VZH sowie an der Vor-, Nachbereitung und Wiederholung des MS7 mitgewirkt und an der Durchführung mit mehreren Beobachtern in den Fahrzeugen teilgenommen.

### **Feldversuchsnachbereitung und Demonstration**

Hessen Mobil hat an der Nachbereitung des Feldversuchs teilgenommen. Nach Beendigung der Versuche hat es die Abrüstung und Räumung des Testgeländes geleitet. Die Versuchsinfrastruktur wurde vollständig rückgebaut. Das Testgelände wurde in ordnungsgemäßen Zustand an den Eigentümer übergeben. Zusammen mit den Operatoren wurde die ICS ebenfalls geräumt.

Hessen Mobil hat auch an den Dreharbeiten für den sim<sup>TD</sup>-Film unterstützend mitgewirkt.

### 3.4.3 AP 43 – Auswertung und Analyse

**Tabelle 11. Dauer und Dokumente AP 43**

<b>Dauer</b>	1. Hälfte 2011 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	D43.1 "Bericht über die Ergebnisse von Simulationen und Feldversuch" (Beitrag) W43.2 "Technische Auswertung" (Beitrag)

In diesem AP fand die Auswertung der Daten aus Feldversuch und Simulation statt. Die Ergebnisse stellen somit die technisch-faktischen Projektergebnisse dar und bildeten die Basis für die Bewertung und ein erfolgreiches Einführungsszenario in TP5. Die hieraus resultierenden Ergebnisse umfassten:

- den Versuchsbericht;
- die aufbereiteten und ausgewerteten Feldversuchsdaten;
- die kalibrierte Verkehrssimulationsumgebung und die simulative Extrapolation der Feldversuchsergebnisse.

Zu den vorbereitenden Tätigkeiten zählten die Abstimmungen bzgl. der Datenhaltung und der planerischen Übertragung der Feldversuchsdaten an die auswertenden Partner, um die sehr große Menge (30 TB) an Versuchsdaten effektiv und sicher speichern und verwalten zu können sowie einen für die Auswertung der Versuche effektiv nutzbaren Zugriff auf die Daten sicherzustellen. Dazu hat Hessen Mobil mit der Entwicklung und Implementierung des Loggingdatenverteilungssystems (vgl. Unterkapitel 3.2.2 und 3.2.3) beigetragen. Es hat auch das Überspielen der von den Partnern bereitgestellten USB-Festplatten mit den bisher erzeugten Loggingdaten sowie deren Verteilung an die Partner überwacht.

Die Auswertung wurde auf Basis des definierten Versuchsdesigns und Auswertungskonzeptes durchgeführt. Die Berechnung der definierten Kenngrößen wurde algorithmisch sowohl für die Daten der Simulationen als auch des Feldversuchs einheitlich umgesetzt. Die Auswertung teilte sich in folgende zwei Teile auf:

#### **Auswertung Simulationslabor (Fahr- und Verkehrssimulation)**

Die im Simulationslabor durchgeführten Versuche wurden hinsichtlich Nutzerakzeptanz (Fahrsimulation) und Verkehrswirkung (Fahr- und Verkehrssimulation) analysiert und hinsichtlich des Auswertungskonzeptes und der abgestimmten Kenngrößen ausgewertet und statistisch abgesichert. Die Ergebnisse der Fahrsimulation wurden an die Verkehrssimulation übergeben, welche diese Daten als eine Eingangsquelle für Modellierung des Fahrverhaltens nutzte. Zusätzlich wurden die Fahrsimulationsdaten-Daten an das VUFO übergeben. Hier war Hessen Mobil nicht beteiligt.

#### **Auswertung Feldversuch**

Die Daten aus IWS, VWS und OWS und MS7 wurden aufbereitet und hinsichtlich der Eignung zur Berechnung der definierten Kenngrößen geprüft sowie die implementierten Algorithmen anhand der verfügbaren Daten getestet und optimiert.

Mit Ende des Feldversuchs wurde sichergestellt, dass alle Loggingdaten vollständig an alle auswertenden Partner (auch Hessen Mobil) verteilt und von diesen auf Basis der definierten Kenngrößen ausgewertet werden konnten. Die Auswertung erfolgte durch die einzelnen Partner für technische als auch nicht-technische Versuche.

Hessen Mobil hat die Arbeiten an einem internen Auswertungs- und Bewertungskonzept für die von ihm verantworteten Funktionen und Komponenten übernommen und die Ergebnisse hieraus in die Abstimmungsprozesse der Auswertungs-Bewertungs-Kette innerhalb von TP4 und TP5 eingespeist. Auf Basis dieses Auswertungskonzepts wurden die Feldversuche zur Funktionalität der zentralenseitigen Funktionen sowie die Verfügbarkeit der ICS durch die Analyse der Loggingdaten ausgewertet und im Rahmen der Aus- und Bewertungskette an die TP5 Bewertungsverantwortlichen weitergegeben, die bei der Review der AP43 Dokumente beteiligt waren, wodurch eine effiziente Zusammenarbeit bei der Aus- und Bewertung der Versuchsergebnisse ermöglicht wurde.

### 3.4.4 AP 44 – Aufbau und Betrieb: Infrastruktur & Weiterbetriebsszenario (Leitung)

**Tabelle 12. Dauer und Dokumente AP 44**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	D44.1 "Methodik zur Ermittlung der notwendigen IRS für Systemeinführung und deren optimale Verteilung" (Verfasser) W44.4 "Technisches Weiterbetriebsszenario" (Verfasser) W44.5 "Feldversuchsinventar" (Verfasser)

Hessen Mobil übernahm die Leitung dieses AP, das für den Aufbau des Versuchsgebietes und den Infrastrukturbetrieb (Versuchsgebiet und ICS) einerseits und die technische Vorbereitung des Fortbestands und der Weiterführung des Versuchsgebietes andererseits war. Daraus resultieren folgende Aufgaben:

- Erstellung der Versuchsinfrastruktur (inklusive Region) durch Sicherstellung der Verfügbarkeit und Funktionstüchtigkeit der IRS im Versuchsgebiet (Installation, Anbindung an die ICS, Abnahme und Wartung)
- technische Vorbereitung zur Weiterführung des Versuchsgebiets (Versuchsfeldeinrichtungen und -fahrzeuge)

Zum Beginn wurde die IRS Standortplanung für das gesamte Versuchsgebiet, sowohl in der Verantwortlichkeit der Stadt Frankfurt a.M als auch in der Hessen Mobils vorgenommen und die IRS Beschaffung durchgeführt. Im weiteren Verlauf der Tätigkeiten in AP 44 wurden die IRS an den jeweiligen Standorten installiert und ihre Betriebsbereitschaft Ende Juni 2012 hergestellt.<sup>5</sup> Dabei Parallel dazu wurden die Planung und Beschaffungsprozesse für das Testgelände in Friedberg und den Versuchsflottenstützpunkt in Frankfurt a.M. abgewickelt.

<sup>5</sup> Die Arbeiten umfassten:

- Erstellung der IRS Energie- und Datenanbindung
- Beschaffung der IRS Hardware (AU-Rechner, Antennen, elektrische Ein- und Ausgänge)
- Beschaffung der IRS Kommunikationseinheiten
- Montage der IRS-Hardware (CCU-Gehäuse inkl. der Antennen, AU- und CCU-Rechner)
- Entwicklung des in der ICS aufgebauten Netzwerkmanagementsystems
- Umsetzung des Konzeptes für den ferngesteuerten IRS-Hardware-Reset zur schnellen Wiedereinsetzbarkeit abgestürzter IRS per Knopfdruck (von der ICS aus) und anschließende Installation der Software auf die AU-Rechner

## Erstellung Versuchsinfrastruktur

### Versuchsteilgebiet Stadt Frankfurt a.M.

Das städtische Versuchsteilgebiet war mit 23 IRS ausgestattet. Ein aktueller Lageplan, aus dem die umgerüsteten LSA und der Einbau der IRS hervorgehen, ist in Abbildung 12 dargestellt. Als Punkte sind LSA dargestellt, die im Rahmen von sim<sup>TD</sup> umgerüstet bzw. ausgetauscht wurden. Die IRS-Standorte sind als Raute dargestellt; orange für IRS mit direkter LSA-IRS Kommunikation oder blau für umgerüstete (LSA-IRS Kommunikation über IGLZ) bzw. nicht-umgerüstete LSA (keine LSA-IRS Kommunikation).

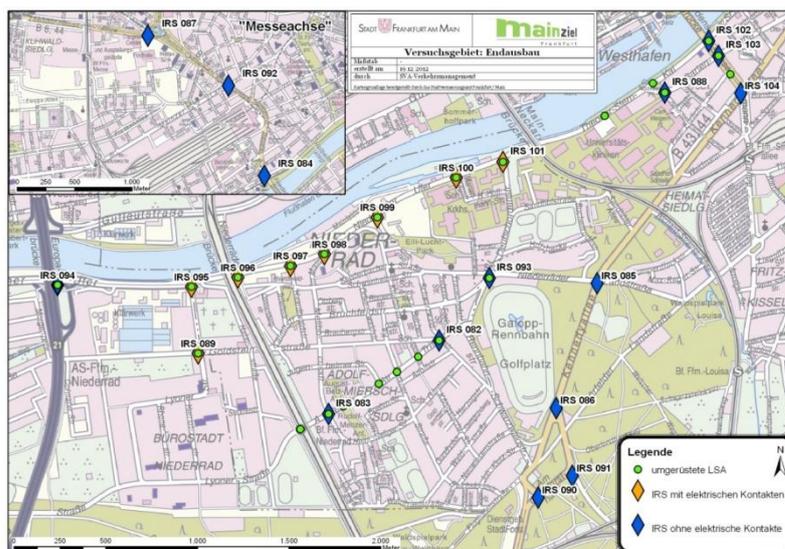


Abbildung 12. Übersichtsplan IRS im Versuchsteilgebiet Stadt Frankfurt am Main

### Versuchsteilgebiet Hessen Mobil

Zur Gewährleistung der ETSI ITS G5-Kommunikation wurden aufbauend auf den Ergebnissen der Versuchsplanung im gesamten Versuchsteilgebiet in der Verantwortlichkeit Hessen Mobils pünktlich zum Start des Feldversuchs 80 IRS an Autobahnen und Bundesstraßen aufgebaut (siehe Abbildung 13). Davon wurden 59 auf Bundesautobahnen und 31 im nachgeordneten Außerortsnetz installiert. Die IRS wurden je nach infrastrukturellem Bestand in bestehende Standorte von z.B. Streckenbeeinflussungsanlagen integriert oder in neu errichtete Standorte montiert. Die Hardware der IRS wurde zu einem Teil in den Streckenstationen installiert und zum anderen Teil an Masten und Verkehrszeichenbrücken montiert. Im Anschluss an die Installation wurde die Betriebsbereitschaft hergestellt.

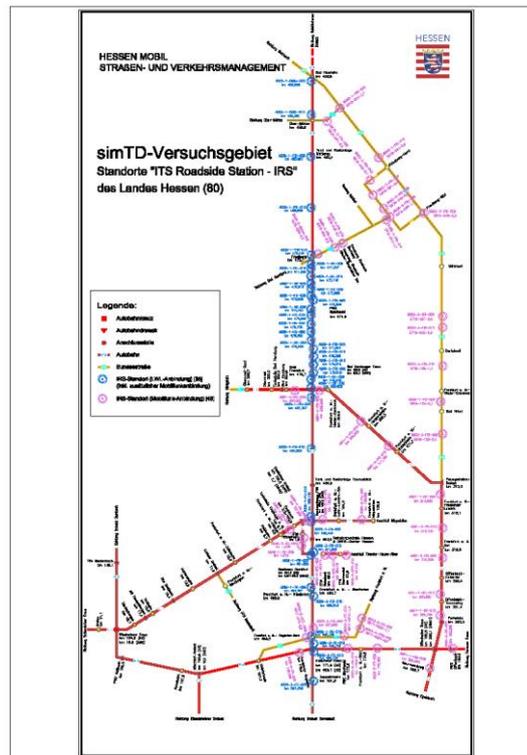


Abbildung 13. Übersichtsplan IRS im Versuchsteilgebiet Hessen Mobil

### Testgelände Friedberg (vgl. Unterkapitel 3.3.1)

Für die TP3 Tests und Integrationsarbeiten sowie für TP4 technische und nicht-technische Versuche während der Feldversuchszeit wurde das abgeschlossene Testgelände in Friedberg ausgewählt und angemietet. Das ca. 80ha große Gelände mit verschiedenen Gebäuden, begrünten und betonierten Flächen sowie Straßen eignete sich durch sein weitläufiges Straßennetz, große Abstellflächen sowie Bürogebäuden gut für die Nutzung im Projekt. Um die Anbindung an die ICS zu gewährleisten wurde eine über Mobilfunk realisierte Internetanbindung eingerichtet.

Für die Administration der Versuche wurde ein Gebäudeteil auf dem Testgelände ausgewählt. Die Versuche wurden in den drei früher genannten, voneinander unabhängigen Kasernenbereichen durchgeführt. Die Teststrecken beinhalteten unter anderem einen durch die Stadt Frankfurt am Main lichtsignalgeregelten Knotenpunkt.

### ICS im DRIVE-Center Hessen (vgl. Unterkapitel 3.3.1)

Die ICS im DRIVE-Center Hessen befand sich auf dem Gelände der VZH Hessen in Frankfurt-Rödelheim. Für die Steuerung des sim<sup>TD</sup>-Feldversuchs wurde das DRIVE-Center Hessen mit fünf Bildschirmarbeitsplätzen für Operatoren ausgestattet.

Die ICS war in der Lage Daten der VZH und der IGLZ zu verarbeiten und zu fusionieren. Hierzu wurde die ICS mit beiden o.g. Zentralen vernetzt. Sim<sup>TD</sup>-Funktionen, die eine zentralseitige Anbindung benötigten, wurden durch die ICS versorgt. Die Kommunikation zwischen ICS und IVS erfolgte entweder direkt über Mobilfunk oder über das an die ICS angebundene IRS-Netzwerk.

Für die ICS wurde eine Spezialsoftware entwickelt, die die Grundlage für die Verkehrszentrale der Zukunft darstellt. Die ICS ist der elementare zentrale Softwarebaustein für das kooperative sim<sup>TD</sup>-System.

### **Versuchsflottenstützpunkt (vgl. Unterkapitel 3.4.2)**

Neben der ICS gab es für den groß angelegten Feldversuch in sim<sup>TD</sup> den Versuchsflottenstützpunkt in Frankfurt-Höchst, um die 120 Fahrzeuge der Versuchsflotte an einem Ort gesammelt abzustellen.

Als Arbeitsstätte wurde auf dem Versuchsflottenstützpunkt in Frankfurt-Höchst eine Containeranlage aufgestellt. Neben den Abstellmöglichkeiten für die Versuchsflotte und der Bürocontaineranlage standen auf dem Stützpunkt auch Abstellmöglichkeiten für die Privatfahrzeuge der Versuchsfahrer zur Verfügung.

## **Weiterbetriebsszenario**

### **Versuchsteilgebiet Stadt Frankfurt a.M.**

Im Versuchsteilgebiet der Stadt Frankfurt am Main wird es keinen ungeregelten Versuchsbetrieb bis zu einer C2X-Markteinführung aus verschiedenen Gründen geben. Der Rückbau des städtischen Versuchsgebiets wurde schrittweise nach der sim<sup>TD</sup>-Abschlussveranstaltung vollständig abgeschlossen. Davon ausgenommen ist die Kabelinfrastruktur einer LSA am Schwanheimer Ufer, welche dadurch im Bedarfsfall schnell wieder mit C2X Komponenten auszurüstet werden kann.

### **Versuchsteilgebiet Hessen Mobil**

Zum Weiterbetrieb des sim<sup>TD</sup>-Systems nach Projektabschluss wurde durch Hessen Mobil geprüft, ob die Teststrecken auf der Bundesautobahn A5 sowie auf der Bundesstraßen B3 und B455 zwischen AS Friedberg und AS Bad Nauheim weiter betrieben werden können. Zu diesem Zweck könnten 27 IRS auf der A5, 6 IRS auf der B3 und 4 IRS auf der B455 und somit 37 von den insgesamt 80 IRS weiter in Betrieb gehalten werden (siehe Abbildung 14). Alle notwendigen Lizenzen und Systemkomponenten werden in diesem Szenario weiterbetrieben. Dies umfasst neben einer kleinen Versuchsflotte von maximal 10 Hessen Mobil-eigenen Fahrzeugen, die mit den entsprechenden Systemkomponenten ausgerüstet werden müssten, auch die ICS im DRIVE-Center Hessen. Zur Gewährleistung der Funktionalität der ICS müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt werden, hierzu gehören u.a.:

- Reaktivierung der SIM-Karten in Fahrzeugen und IRS;
- Erwerb notwendiger Lizenzen durch Hessen Mobil;
- technischer Support für die einzelnen Systemkomponenten.

### **Testgelände**

Das Testgelände in Friedberg wurde nach Ende des Feldversuchs zurückgebaut und dem Eigentümer übergeben.

### **Versuchsflottenstützpunkt**

Der Versuchsflottenstützpunkt in Frankfurt Höchst wurde nach Ende des Feldversuchs wieder zurück gebaut und dem Eigentümer übergeben.

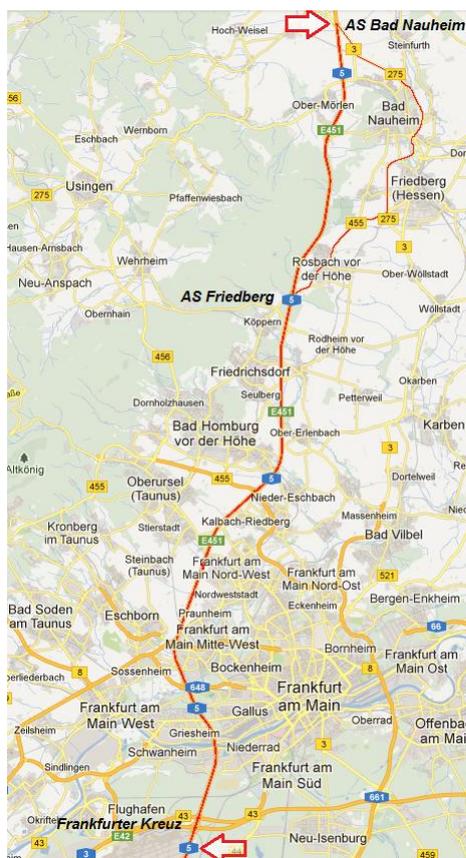


Abbildung 14. Übersichtsplan Weiterbetriebsstrecke A5, B3 und B445

### 3.5 TP 5 – Bewertung und Rahmenbedingungen

#### 3.5.1 AP 51 – Bewertung Feldversuch

Tabelle 13. Dauer und Dokumente AP 51

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	D5.1 "Anforderungskatalog an den Feldtest" (Beitrag)

Da bei der in TP4 vorgenommenen Ausarbeitung der Drehbücher für die Versuchsfälle verschiedene Versuchsriterien zu berücksichtigen waren, wie z.B. Streckenart, Kommunikationsmedium, Verkehrszustand, IVS bzw. IRS Ausstattungsdaten, sowie je Anwendungsfall spezifische Versuchsfällebedingungen, und im Rahmen der vorgesehenen Ressourcen für die Versuchsdurchführung nicht alle denkbaren Ausprägungen der Kriterien variiert werden konnten, war eine Versuchspriorisierung erforderlich. Darüber hinaus war eine Abstimmung zwischen TP4 und TP5 erforderlich, da aus den Fahrversuchen wesentliche Erkenntnisse zur Bewertung des Gesamtsystems gewonnen wurden. Dabei hatte TP5 die Rolle, darauf zu achten, dass die Versuche die erforderlichen Erkenntnisse liefern, um die Fragen der Bewertung zu beantworten.

Hessen Mobil betrieb den Prozess der Versuchspriorisierung mit Fokus auf die Aussagekraft des sim<sup>TD</sup> Feldversuchs hinsichtlich der verkehrlichen und sicherheitsrelevanten Wirkungen der sim<sup>TD</sup> Funktionen und ihrer Nutzenbeiträge aus der Sicht der Verkehrsinfrastrukturbetreiber über eine externe Unterauftragung. Die Priorisierung war ein wesentlicher Input für die

Ausgestaltung der Drehbücher und die Erkenntnisse der Nutzenbewertung flossen in die Aktivitäten der AP52 und AP54 ein.

Wie schon erwähnt ein internes Auswertungs- und Bewertungskonzept für die von Hessen Mobil verantworteten Funktionen und Komponenten wurde erarbeitet und die Ergebnisse hieraus in die Abstimmungsprozesse der Auswertungs-Bewertungs-Kette innerhalb TP4 und TP5 eingespeist. Hessen Mobil hat sich an der weiteren Abstimmung und Planung der Kette von der Versuchsdurchführung über die Auswertung bis zur Bewertung beteiligt. Dabei stand im Mittelpunkt, ausgehend von geeigneten Kenngrößen der Bewertung diejenigen Messgrößen zu identifizieren, deren sachgerechte und statistisch abgesicherte Erfassung im Rahmen der Ausarbeitung der Versuchsdrehbücher gesichert werden musste. Nutzerakzeptanz, Implementierungsgeschwindigkeit und Technik wurden als solche Kenngrößen identifiziert, zu deren Bewertung konkrete Konzepte entwickelt wurden. Weiterführend waren konkrete Handlungsfelder für die Darstellung der Auswerte-Bewerte-Kette erarbeitet worden, an denen Hessen Mobil auch mitgewirkt hat.

Auf Basis der Bewertungskonzepte und der Auswertungsergebnisse hat Hessen Mobil eine Bewertung der von ihm verantworteten Funktionen vorgenommen und dokumentiert. Die Ergebnisse wurden zur Präsentation im Rahmen der Abschlussveranstaltung aufbereitet.

### **Bewertung der Funktion "fusionierte Verkehrslage"**

Die Funktion F\_1.1.4 "fusionierte Verkehrslage" wurde federführend durch Hessen Mobil ausgewertet. Dabei konnte auf Basis der Ergebnisse des Feldversuchs und einer Simulationsuntersuchung die Funktionsauswertung im Auftrag von Hessen Mobil durch den Entwicklungspartner des Verkehrsmodells durchgeführt werden.

Aktuell wird die Außerortsverkehrslage im Regelbetrieb anhand der Daten stationärer Verkehrserfassungsquerschnitte modellbasiert ermittelt. Durch die in Teilbereichen des Straßennetzes vorliegenden größeren Abstände zwischen den Datenerfassungsquerschnitten ergeben sich mitunter Ungenauigkeiten in der modellbasierten Verkehrslageermittlung. Für das nachgeordnete Netz liegen streckenweise nur wenige Informationen zur Verkehrslage vor. Es gibt heute eine Verkehrslage für die Straßen des Landes Hessen und eine Verkehrslage für ausgewählte Straßen der Stadt Frankfurt a.M., jedoch keine gemeinsame Verkehrslage für beide Bereiche. Ziel der Funktion war die Verdichtung und Optimierung der Verkehrslageermittlung für die Straßen des Landes Hessen durch Fusion infrastrukturseitig erfasster Daten mit fahrzeugseitig erfassten Daten. Weiterhin wurde eine Zusammenfassung der sim<sup>TD</sup>-Verkehrslage-Land und der sim<sup>TD</sup>-Verkehrslage-Stadt zu einer sim<sup>TD</sup>-Gesamtverkehrslage umgesetzt.

Die Funktionalität der F\_1.1.4 wurde in der Entwicklungsphase durch die Integration von Simulationsdaten in das Verkehrsmodell getestet. Hier konnten auch Aussagen zur Güte der Verkehrslageermittlung in Abhängigkeit von der Ausstattungsrate getroffen werden. Die Funktionalität der F\_1.1.4 wurde zudem im Testbetrieb mit Realdaten untersucht. Dabei konnten jedoch aufgrund der stark schwankenden Ausstattungsraten keine belastbaren quantitativen Aussagen getroffen werden. Die Bewertung der Funktionalität mit Realdaten erfolgt daher lediglich auf Basis von Einzelfallbetrachtungen qualitativer Natur.<sup>6</sup>

Eine pauschale Bewertung ist in diesem Fall nur schwer möglich, da die Treffer- und Fehlerraten von der Ausstattungsrate und den Maßnahmen zur Wahrung der Privatsphäre abhängen. Unter der Voraussetzung, dass eine Ausstattungsrate von ca. 2% erreicht

---

<sup>6</sup> vgl. hierzu sim<sup>TD</sup> W43.2 – Teil F\_1.1.4

werden kann und die Pseudonymwechsel nicht häufiger als alle 15-Minuten erfolgen, kann eine gute Funktionalität und damit verbunden in vielen Teilbereichen des Autobahnnetzes eine Verbesserung der Verkehrszustandsbestimmung erreicht werden. Selbst eine deutliche Steigerung der Ausstattungsrate führt nicht mehr zu einer spürbaren Verbesserung der Störungserkennung. So tritt bei einer Ausstattungsrate von 4% bereits eine Sättigung ein. Bei der Umsetzung der Pseudonymwechsel in sim<sup>TD</sup> konnten ungefähr 95% der in der Zentrale einlaufenden Datensätze zur Verkehrslageermittlung herangezogen werden.

Die für die korrekte Arbeitsweise des Funktionsalgorithmus notwendigen Systemkomponenten haben während der technisch ungestört verlaufenen Versuchsfahrten stets die benötigten Daten korrekt und zeitgerecht geliefert. Fahrzeugseitige Ausfälle oder Verluste bei der Datenübertragung wurden nicht betrachtet. Ausfälle der zentralenseitigen Infrastruktur konnten während der gezielt gefahrenen Versuche zur Verkehrslageermittlung nicht festgestellt werden. Während der Nicht-instruierten Fahrten (NiF) kam es jedoch mitunter zu kurzzeitigen Ausfällen, die durch den installierten Überwachungsmechanismus meist jedoch frühzeitig registriert und zeitnah behoben werden konnten. Hieraus lässt sich eine Kernaussage des Dokuments ableiten.

Der Funktionsalgorithmus hat sich im Versuch als zielführend und zuverlässig erwiesen. Die Funktion kann durch die Generierung einer verbesserten Informationslage eine Effizienzsteigerung der Verkehrssteuerungs- und Verkehrslenkungsmaßnahmen bewirken. Dies führt zu einer weiteren Kernaussage.

Die Ausstattungsrate hat bei der Bestimmung von Verkehrszuständen auf Basis fahzeugbasierter Daten einen wesentlichen Einfluss auf die Güte der Ergebnisse. So kann bei niedrigen Ausstattungsraten zwar die grundsätzliche Funktionalität der Ermittlung der Verkehrslage nachgewiesen werden. Eine Verbesserung der Verkehrszustandsbestimmung und insbesondere der Störungserkennung ist jedoch zuverlässig erst bei höheren Ausstattungsraten möglich.

Zur Bewertung der Funktionalität wurde ein Gütemaß herangezogen, dass die rein fahzeugbasierte oder die fusionierte Verkehrslage auf eine "tatsächliche" Referenzverkehrslage bezieht. Im Rahmen von simulativen Untersuchungen konnten hier sehr gute Aussagen zu Güte der Verkehrslagebestimmung unter verschiedenen Ausstattungsraten getroffen werden.

Tabelle 14 zeigt, dass bei einer Ausstattungsrate von 2% die Staus sehr zuverlässig erkannt werden. Selbst bei einer Ausstattungsrate von 0,5 % können Staus noch abgebildet werden. Die exakte modellbasierte Nachbildung des synchronisierten Verkehrs erscheint dagegen schwieriger zu sein, da die Erkennungsrate bei einer zweiprozentigen Ausstattungsrate nur bei 73% liegt. Dafür liegt die Fehldetektionsrate bei unter 15 %, was sehr gut ist. Die Nachbildung des synchronisierten Verkehrs bei einer Ausstattungsrate von 0,5% ist dagegen mit einer Trefferrate von 0,55 schlecht.

**Tabelle 14. Funktionsauswertung "fusionierte Verkehrslage"**

Ausstattungsrate	Synch. Flow (S)	Synch. Flow (S)	Wide Mov. Jam (J)	Wide Mov. Jam (J)
	Treffer	Fehler	Treffer	Fehler
2%	0,73 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,91 ± 0,01	0,11 ± 0,01
0,5 %	0,55 ± 0,04	0,15 ± 0,02	0,84 ± 0,04	0,08 ± 0,01
0,25%	0,39 ± 0,07	0,16 ± 0,03	0,69 ± 0,09	0,08 ± 0,02

Die Ermittlung der Referenzverkehrslage in der Simulation ist problemlos möglich. Als Ergebnis der simulativen Untersuchungen kann folgende Kernaussage festgehalten werden,

*dass ab einer fahrzeugseitigen Ausstattungsrate von 2% die Ermittlung einer fusionierten Verkehrslage einen stabilen Mehrwert gegenüber einer konventionellen Verkehrslagermittlung über stationären Detektoren bei Detektorabständen von > 1 km generiert. Ab einer Ausstattungsrate von 4% kann keine spürbare Verbesserung der Verkehrslageinformation mehr erreicht werden.*

Im Feldversuch konnte diese Art von Auswertung nicht durchgeführt werden, da zum einen die Bestimmung der Ausstattungsrate durch die Betrachtung der in sim<sup>TD</sup> generierten Daten nicht möglich war, zum anderen die Referenzierung nur in dem Maß möglich war, wie sie die bestehende stationäre Detektorik und das in der VZH arbeitende Verkehrsmodell erlauben. Bei einer niedrigen Detektordichte ist eine Aussage zur Güte der fusionierten Verkehrslage daher in sim<sup>TD</sup> nicht zuverlässig referenzierbar. Aus diesem Grund wurde auf eine quantitative Analyse des Feldtests verzichtet. Es wurde lediglich qualitative Vergleiche zwischen den unterschiedlichen Verkehrslagen vorgenommen. Hierbei fällt auf, dass die fusionierte Verkehrslage insbesondere auf Strecken mit größerem Detektorabstand bei entsprechenden Ausstattungsraten eine plausible und feine Verkehrslage liefert, die eine Verbesserung gegenüber der rein detektorbasierten Verkehrslage darstellt.

Die Verwendung unterschiedlicher Datentypen führt zu unterschiedlichen Gütemaßen und Aufwänden bei der Integration der Fahrtverlaufsdaten in das Fahrzeug. Aus diesem Grund wurden hier die Einflüsse der Nutzung unterschiedlicher Datentypen auf die Güte der Verkehrslagermittlung untersucht.

Sowohl Mobilfunk als auch ITS-G5 haben sich als Kommunikationstechnologie für diese Funktion als zweckmäßig erwiesen. Die ICS hat während des Feldversuchs ungefähr 2.800.000 Datensätze empfangen und ungefähr 95% davon zur Ermittlung der Verkehrslage verwendet.

Die Daten-Wiederholffrequenz gemäß sim<sup>TD</sup>-Spezifikation spielt für die Bestimmung der Verkehrslage eine wesentliche Rolle. Eine zu geringe Wiederholffrequenz erschwert die zeitlich-räumliche Verortung der Zustandsübergänge, eine zu hohe Wiederholffrequenz verkompliziert die zentralenseitige Verarbeitung aufgrund zu großer Datenmengen. Ideal wären periodisch (2-5 Sek.-Intervalle) erhobene Datensätze mit Zeit, Position und Geschwindigkeiten. Neben den angesprochenen zeitbezogenen Intervallen können die Daten auch weg- oder zeit-weg-periodisch erfasst werden.

Die Verkehrslagefusion in sim<sup>TD</sup> verarbeitet mit den PVD, CAM und DENM drei Arten von Nachrichten aus den Fahrzeugen. Als effizientester „Standard“ erwies sich hierbei das PVD-Format, da es die Anforderungen der Verkehrslagefusion weitgehend erfüllt. Die Erfahrungen mit dem in sim<sup>TD</sup> spezifizierten PVD-Format fließen in die Standardisierungsbemühungen der CEN ein. CAM wurden ebenfalls verarbeitet. Sie können infrastrukturseitig jedoch nur im Empfangsbereich einer IRS empfangen werden und sind damit für die Ermittlung der Verkehrslage nur von eingeschränktem Nutzen. Zudem erfordert die für die Verkehrslagermittlung zu hohe Informationsdichte Filtervorgänge auf der IRS oder der ICS, um das zu übertragende und in der Zentrale zu verarbeitende Datenvolumen zu reduzieren. Eine Übertragung von CAM über Mobilfunk ist aufgrund des hohen Datenaufkommens ebenfalls unzuweckmäßig. DENM können aufgrund ihres ereignisorientierten Charakters zur Plausibilisierung der anderen Datenarten herangezogen werden und sollten im Wesentlichen dem zentralenseitigen Ereignismanagement dienen. Die Ermittlung der Verkehrslage weist die Stauwarnungs-DENMs gesondert zeitlich und räumlich verortet aus. Bei der Betrachtung der grafisch aufbereiteten Verkehrslageinformationen wurde deutlich, dass die Stauererkennung der Fahrzeuge und die der Verkehrslagermittlung zum Teil deutlich voneinander abweichen. Dies ist auf die unterschiedlichen Algorithmen zur Ermittlung des Zustandsübergangs zurückzuführen. Während die Intention der fahrzeugseitig erzeugten Stauwarnungs-DENMs die Warnung vor Bremsvorgängen ist, wird die

zentralenseitig bestimmte Verkehrslage durch die Betrachtung der mittleren Geschwindigkeiten auf einem Streckensegment zur Beurteilung herangezogen.

Die Ortungsgenauigkeit spielt bei der Verkehrslageermittlung insofern eine Rolle, als dass bei der Bestimmung der Verkehrszustände auf Basis stationär erhobener Daten eine spurgenaue Zuordnung erfolgen kann. Dies ist bei einer nicht permanent fahrstreifenfeinen Positionierung der Fahrzeuge nicht möglich.

Die vom sim<sup>TD</sup>-System bereit gestellte Ortungsgenauigkeit war in allen Fällen ausreichend, um die korrekte Funktionalität der Ermittlung der Verkehrslage zu gewährleisten. Im Detail waren die „gematchten“ Positionen zwar nicht sehr präzise, so zeigten die grafisch aufbereiteten Trajektorien auch Fahrzeuge mit negativen Geschwindigkeiten (rückwärtsfahrende Fahrzeuge), die hieraus entstehenden Zuordnungsprobleme konnten aber im Laufe des Feldversuchs algorithmisch behoben werden.

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass die von einem Seriensystem bereitgestellte Ortungsgenauigkeit nach Stand der Technik eine gute Funktionalität gewährleisten kann. Perspektivisch könnte eine fahrstreifengenaue Ortung die Verkehrsmodelle befähigen, sehr präzise fahrstreifenfeine Berechnungen zur Verkehrslage durchzuführen. Dies kann insbesondere bei der Führung auf Parallelfahrbahnen oder in Baustellenbereichen von Bedeutung sein. Dies ist bisher nur durch die stationäre Detektorik möglich. Die Erweiterung der Verkehrslageermittlung in dieser Hinsicht würde allerdings eine weitere Anpassung der Verkehrslagefusionsalgorithmik voraussetzen.

Die Verkehrslageermittlung beruht auf der Deutung der Fahrtverlaufsdaten von Fahrzeugen oder Fahrzeugkollektiven. In sim<sup>TD</sup> wurden aber zur Wahrung der Privatsphäre Mechanismen installiert, die diese gewährleisten sollen. Hierzu gehört der periodische Pseudonymwechsel. Dieser Wechsel erschwert die Zuordnung der Fahrzeugtrajektorien vor und nach dem Zeitpunkt eines Wechsels. und damit die Ermittlung der Verkehrslage. Hier wurde untersucht, welchen Einfluss die Pseudonymwechsel auf die Güte der Verkehrslagebestimmung besitzen. Findet der Pseudonymwechsel jedoch nicht häufiger als im 15-Minutentakt statt, dann kann die Fusion trotzdem ihre volle Funktionalität entwickeln. Eine weitere Maßnahme ist die fahrzeug- oder IRS-seitige Datenaggregation. Dies ist für die Verkehrslagefusion eine unproblematische Vorgehensweise. Die Rohdaten werden in der derzeitigen Ausgestaltung des Systems zwar zur Verkehrslageermittlung genutzt, die Integration aggregierter Daten könnte jedoch in einem weiteren Entwicklungsschritt verwirklicht werden.

### **Bewertung der Funktion "Umleitungsmanagement"**

Aufgabe der Funktion 1.3.1 "Umleitungsmanagement" war die Information der Fahrer über zu erwartende Verlustzeiten sowie über mögliche Alternativrouten, mit denen bei Störungen auf der Hauptroute eine geringere Reisezeit erreicht werden kann. In der ICS wurden Störungen im Straßennetz identifiziert und entsprechende Strategien für das Umleitungsmanagement aktiviert. Die verfügbare Kapazität der Alternativrouten wurde auf der Grundlage der Daten zur Gesamtverkehrslage, zur Reisezeit sowie unter Berücksichtigung der identifizierten Verkehrsereignisse geprüft. Infolgedessen wurden Umleitungsempfehlungen an die Fahrzeuge gesendet. Die in den Fahrzeugen angekommene Umleitungsempfehlung wurde hinsichtlich ihrer Relevanz für die Position und Fahrtrichtung des jeweiligen Fahrzeugs geprüft und dem Fahrer über das HMI übermittelt.

Die korrekte Funktionalität der Applikation wurde im Rahmen der technischen Auswertung nur im Hinblick auf die korrekte Anzeige einer Umleitungsempfehlung im Fahrzeug getestet.<sup>7</sup> Für die Bundesautobahn A5 wurde in Fahrtrichtung Nord eine permanente Umleitungsempfehlung eingerichtet, die bei jeder Durchfahrt angezeigt werden sollte. Im Rahmen der Betrachtungen zur Kenngröße "Korrekte Funktionalität der F\_1.3.1" sollte ermittelt werden, in wie vielen Fällen die Meldung tatsächlich auf dem HMI des Fahrzeugs angezeigt wurde. Nicht-Gegenstand der Betrachtungen war die Plausibilität der angezeigten Umleitungsempfehlung. Diese wurde in der nicht-technischen Auswertung der Feldversuche seitens der TUM vorgenommen.

Im Rahmen des Feldversuchs wurden sechs geplante Versuche für die Funktion F\_1.3.1 gefahren. Diese teilten sich auf drei technische und drei nicht-technische Versuche auf. Für die Auswertung der technischen Versuche wurden jedoch auch die nicht-technischen Versuche mitbetrachtet. Ein Versuch konnte aufgrund unplausibler Daten nicht ausgewertet werden. Es wurde im Rahmen dieses Anwendungsfalls eine Route (ID L1) gefahren.

Die hybride Übertragung der Meldungen mit sowohl Mobilfunk als auch ITS-G5 hat sich als zweckmäßige Kommunikationstechnologie für diese Funktion erwiesen. Es konnten nur wenige Fehler bei der Datenübertragung über DENMs von der ICS ins Fahrzeug festgestellt werden.

Die CAM-Wiederholfrequenz gemäß sim<sup>TD</sup>-Spezifikation spielt im Rahmen des Umleitungsmanagements nur für die Bestimmung der Verkehrslage eine Rolle. Die Rolle der CAM bei der Bestimmung der Verkehrslage ist zudem eher untergeordnet, da zur Ermittlung der Verkehrslage die PVD herangezogen werden sollten. Diese entsprechen den Anforderungen der Verkehrslageermittlung besser, weil die Filterung bzw. Datenaggregation deutlich vereinfacht werden, eine höhere Flächendeckung erreicht werden kann sowie die zu übertragende Datenmenge verringert wird. (vgl. F\_1.1.4).

Die vom sim<sup>TD</sup>-System bereit gestellte Ortungsgenauigkeit war in allen Fällen ausreichend, um die korrekte Funktionalität der Umleitungsempfehlung zu gewährleisten. Als wichtig hat sich die Lage der erwarteten Spuren (Trajektorie/Fahrtverlauf eines Fahrzeugs, dargestellt durch Zeit-Weg-Punkte) erwiesen, da bei zu ungenauer Positionierung der Spuren die Umleitungsempfehlung zu früh oder zu spät angezeigt wird. Hierbei kann es sein, dass sich die Definition der Spuren über die Location Code List (LCL) als zu ungenau erweist. Eine zu frühe Anzeige wäre eher unkritisch, eine zu späte Anzeige würde dagegen die Nutzung der Alternativroute erschweren oder gar verhindern. Dies würde sich auf die Nutzerakzeptanz der Funktion negativ auswirken. Anstelle eines nicht georeferenzierten LCL-Ansatzes wäre eine georeferenzierte Auslösung anzustreben (bspw. TPEG-TEC<sup>8</sup>).

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass die von einem Seriensystem bereitgestellte Ortungsgenauigkeit nach Stand der Technik für eine akzeptable und kundenwertige Funktionalität ausreichend sein wird. Für eine funktionale Umsetzung ist eine genaue Positionierung der Spuren allerdings unabdingbar.

Die für die korrekte Arbeitsweise des Funktionsalgorithmus notwendigen Systemkomponenten haben während der technisch ungestört verlaufenen Versuchsfahrten stets die benötigten Daten korrekt und zeitgerecht geliefert. Dies trifft auf ca. 88% der insgesamt ge-

---

<sup>7</sup> vgl. hierzu simTD-W43.2 – Teil F\_1.3.1

<sup>8</sup> Transport Protocol Expert Group – Traffic Event Compact

sammelten Messdaten zu. Wird der angelegte Bewertungsmaßstab zu Grunde gelegt, dann bedeutet dies eine für ein Forschungssystem gute Funktionalität. Für den Regelbetrieb sollte die Übertragung der DENMs in das Fahrzeug noch zuverlässiger erfolgen und eine georeferenzierte Auslösung der Anzeige sichergestellt werden.

Zu prüfen ist, ob die Informationen, die ein Verkehrsteilnehmer erhält, örtlich gesehen angemessen sind. Eine Auswertung der Daten in dieser Hinsicht wäre empfehlenswert gewesen, da eine verspätete Anzeige der Information dazu führt, dass der Verkehrsteilnehmer die Alternativroute nicht mehr befahren kann. In diesem Fall ist die örtliche Relevanz verschlechtert. Im Feldversuch kam es während der gezielten Versuche zur Umleitungsempfehlung selten zu umleitungsrelevanten Situationen. Außerdem wurde die technische Machbarkeit nur an einem Querschnitt auf der BAB A5 zwischen Anschlussstelle Niederrad und Westkreuz Frankfurt getestet, so dass diese Kenngröße aufgrund der geringen Stichprobe keine Aussagekraft hatte. Aus diesem Grund wurde auf eine Auswertung verzichtet. Es können jedoch allgemeingültige Aussagen im Rahmen einer qualitativen Bewertung erfolgen.

Die Kenngröße "Einfluss der Ausstattungsrate" beschreibt qualitativ den Einfluss, den Schwankungen der Ausstattungsrate auf die verkehrlichen Wirkungen haben. Dieser wird im wesentlichen durch die Simulation beschrieben. Es lassen sich jedoch einige qualitative Aussagen ableiten.

Die Funktion weist befolgungsgradabhängig ab dem ersten Nutzer einen volkswirtschaftlichen Nutzen auf, da sich die Summe aller Reisezeiten im Netz in der Regel mit steigendem Befolgungsgrad bis zum Netzoptimum minimiert. Theoretisch könnte ein zu hoher Befolgungsgrad einen negativen volkswirtschaftlichen Nutzen haben, wenn zu viele Fahrzeuge auf die Alternativroute ausweichen, indem eine neue Störung entsteht und somit die Summe aller Reisezeiten im Netz steigt. Dieser Fall wird durch die Steuerungsalgorithmik vermieden, indem die Umleitungsempfehlung bei Erreichen eines Schwellenwertes wieder aufgehoben wird. Hierzu ist die Kenntnis der aktuellen Verkehrslage unabdingbar.

Die Darstellung der Umleitungsempfehlung auf dem HMI war insofern mangelhaft, als dass keine Zeilenumbrüche dargestellt wurden. Trotz mehrerer Versuche, dieses Problem durch Updates zu beheben, konnte erst nach Beendigung des Feldversuchs eine Lösung gefunden werden. Durch die Darstellung der Zeilenumbrüche durch kryptische Zeichen, waren die Fahrer nur selten in der Lage, die Umleitungsempfehlung zu deuten.

Zudem war infolge allgemeiner technischer Probleme bei den für die HMI-Bewertung vorgesehenen Versuchsdurchläufen keine valide systematische Auswertung von Rückmeldungen zum HMI möglich.

Da die durchgeführte Fahrerbefragung aufgrund dieser technischen Probleme auf nicht-validen Daten basierte, ist davon auszugehen, dass die Datenbasis nicht vorhanden war, um eine Aussage zum Informationszeitpunkt und zur individuellen Nützlichkeit zu liefern. Dies war allerdings ein sim<sup>TD</sup>-spezifisches Problem und es wird in der Serie nicht auftauchen.

### **Verfügbarkeit der ICS**

Die Auswertung der ICS-Verfügbarkeit erfolgte für den vollständigen Versuchszeitraum 02.07.-14.12.2012. Der Zeitraum der Auswertung für den jeweiligen Versuchstag war auf die Zeitspanne zwischen 7 und 18 Uhr festgelegt. Es ist hier anzumerken, dass der Versuchsbetrieb im Regelfall um ca. 9 Uhr begann und um ca. 16 Uhr endete. Für diejenigen Versuchstage, in denen der Versuchsbetrieb über die o.g. Zeitspanne hinausragte, wurde der "Kalender", der dem Auswertungsskript zugeordnet war, entsprechend angepasst. Damit wurden sämtliche Versuchereignisse durch den Auswertungszeitraum erfasst.



Wie jede Datei haben auch die Logdateien einen millisekundengenauen Zeitstempel. Für die Auswertung des Zeitstempels wurde das Unix-Dienstprogramm "ls" eingesetzt, das neben anderen Informationen über die Datei auch das Erstellungsdatum der Datei ausgibt.

Für jeden Versuchstag wurden die Zeitstempel der Logdateien ausgewertet. Das Skript für die Auswertung untersuchte für jede Minute des jeweiligen Zeitraums aller Versuchstage im Versuchszeitraum, ob eine Nachricht versendet wurde oder nicht. Wurde keine Nachricht in der betreffenden Minute versandt, wurde ein Tageszähler ("Fehlminuten") um 1 hochgezählt. Für jeden Versuchstag wurde dann die Anzahl der Fehlminuten ins Verhältnis zur Gesamtanzahl der Minuten des betreffenden Versuchstags gemäß beigeordnetem Kalender bezogen. Dieses Zahlenverhältnis gab die Nichtverfügbarkeit, seine Differenz zu 1 bzw. zu 100% die ICS Verfügbarkeit am jeweiligen Versuchstag an. Tabelle 15 gibt auf der Grundlage der Logkategorie "c2xmo" für jeden Tag die ICS Verfügbarkeit an.

**Tabelle 15. Tägliche Verfügbarkeit der simTD ICS im Versuchszeitraum**

		Tag	verfügbar	Gesamt	ICS
Gruppe	WT	TT.MM.JJJJ	[min]	[min]	verfügbar
<i>über gesamten Versuchszeitraum</i>			77.094	83.338	92,51%

Bei Hinzunahme der anderen Log-Kategorien verbessert sich die Verfügbarkeit der ICS um knapp zwei Prozentpunkte.

Der sim<sup>TD</sup> Feldversuch fand an insgesamt 119 Kalendertagen statt. Das standardmäßige Zeitfenster, das der täglichen Messung der Verfügbarkeit zugrunde liegt, war der Zeitraum von 7 bis 18 Uhr. Das entspricht 11 Stunden, d.h. 660 Minuten. Der Mittelwert der täglichen Verfügbarkeit der ICS lag im Versuchszeitraum bei 648 Minuten. An 25 Kalendertagen war die ICS zu weniger als 85% verfügbar; an 9 Kalendertagen war sie jeweils weniger als 75% verfügbar.

Eine Ursache der gelegentlichen Nicht-Verfügbarkeit im täglichen Versuchszeitraum war die Notwendigkeit des Neustarts des ESB (Enterprise Service Bus). Der ESB wurde während des gesamten Versuchszeitraums insgesamt 23 mal neu gestartet. Die Neustarts des ESB erfolgten stets manuell.

Entgegen der ursprünglichen Projektplanung, die eine Unveränderlichkeit der sim<sup>TD</sup> Funktionen nach Abschluss der Systemintegration (TP3) vorgesehen hat, wurden noch während des Feldversuchs (TP4) Änderungen an einigen Funktionen durchgeführt. Davon waren auch Funktionen betroffen, die spezifische Anteile auf der ICS hatten.

Änderungen an den zentralseitigen Anteilen der hier genannten sim<sup>TD</sup> Funktionen wurden von den Funktionsentwicklern teilweise ohne Absprache mit den für den Betrieb der ICS Verantwortlichen in den ESB eingepflegt. Diese Vorgehensweise führte in den meisten Fällen dazu, dass der ESB während des betreffenden Versuchstages neu gestartet werden musste.

Der Neustart des ESB einschließlich aller mit ihm verbundenen Komponenten in einer geordneten Reihenfolge ist mit ca. 20 Minuten zu beziffern. Erfolgte der Neustart des ESB auf Grund von Änderungen an den zentralseitigen Anteilen der genannten sim<sup>TD</sup> Funktionen, ist bei der Messung der Verfügbarkeit der ICS zu berücksichtigen, dass die von den Funktionsentwicklern durchgeführten Änderungen nicht immer den gewünschten Erfolg hatten und daher entsprechend mehrmals durchgeführt wurden.

Die Auswertung der betriebssystemseitigen Logbücher der Rechner der Kern-ICS belegen, dass die ICS-Rechner stets betriebsbereit waren, auch in den Ruhezeiten des ESB. Legte man diese Logbücher für die Messung der Verfügbarkeit der ICS zugrunde, ergibt

sich ein deutlich höherer Wert für die Verfügbarkeit der ICS. Hessen Mobil vertritt die Auffassung, dass die Messung der Verfügbarkeit der ICS aus Sicht des Projekts sim<sup>TD</sup> zu bestimmen ist, nicht auch Sicht des Betriebssystems.

### 3.5.2 AP 52 – Betriebs- und volkswirtschaftliche Aspekte

**Tabelle 16. Dauer und Dokumente AP 52**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	D5.4 "Zwischenbericht zur Betriebs- und volkswirtschaftlichen Bewertung: Stakeholderanalyse, Szenarien und erste Organisations- und Betreibermodelle" (Beitrag)

Wesentliche Informationen aus Sicht der Verkehrsinfrastrukturbetreiber für die Erarbeitung von Wertschöpfungsketten wurden in diesem AP ausgetauscht. Hessen Mobil hat sich an der Analyse von Unternehmensstrategien und Marktpotenzialen mittels ökonomischer Instrumentarien beteiligt. Hierbei stand die Erarbeitung von Stakeholderanalysen für die unterschiedlichen Beteiligten im Mittelpunkt.

Zur Bearbeitung der betriebs- und volkswirtschaftlichen Aufgabenstellungen wurde ein gemeinsamer Unterauftragnehmer unter Vertrag genommen. Mit dem Fokus der methodischen und inhaltlichen Abstimmungen auf den Nutzenkomponenten, die aus Sicht der Verkehrsinfrastrukturbetreiber eine besondere Bedeutung bei der zukünftigen Einführung und Bewertung kooperativer Systeme haben, hat sich Hessen Mobil an der Ausarbeitung des Vorgehens hinsichtlich des benötigten Inputs zur Ermittlung des volkswirtschaftlichen Nutzens kooperativer Systeme beteiligt. Der Unterauftragnehmer wurde durch Zulieferung von Informationen zu Infrastrukturseitigen Kosten und Mengengerüsten und bei der Überarbeitung der Ergebnisse unterstützt.

Die Ergebnisse des Unterauftragnehmers wurden durch Hessen Mobil ausführlich gesichtet, Änderungen wurden angeregt und mit dem UAN gemeinsam vorangetrieben.

### 3.5.3 AP 53 – Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen

**Tabelle 17. Dauer und Dokumente AP 53**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2009 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	-

Für die Erstellung des Gutachtens zu rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen hat Hessen Mobil seine Expertise als Verkehrsinfrastrukturbetreiber zum Straßen- und Straßenverkehrsrecht eingebracht.

### 3.5.4 AP 54 – Betreiber-Modelle und Einführungsszenarien

**Tabelle 18. Dauer und Dokumente AP 54**

<b>Dauer</b>	2. Hälfte 2008 – 1. Hälfte 2013
<b>Dokumente</b>	D5.3 (Teil 1) "Kostenabschätzung für Einführungsszenarien und Betreibermodelle" (Beitrag)  D5.4 "Zwischenbericht zur Betriebs- und volkswirtschaftlichen Bewertung: Stakeholderanalyse, Szenarien und erste Organisations- und Betreibermodelle" (Beitrag)  W5.12 "Kernthesen Einführungsszenario" (Beitrag)

In diesem AP wirkte Hessen Mobil an der Erarbeitung und volkswirtschaftlichen Bewertung von Einführungsszenarien für C2X-Systeme mit und brachte dabei insbesondere die Sicht des Verkehrsinfrastrukturbetreibers ein. Schwerpunkt war die Kosten- und Mengenabschätzung für die straßeninfrastrukturseitig erforderlichen Anlagen in den jeweiligen Szenarien insb. für das Eckszenario „IRS Aufbau an Bundesautobahnen“. Für die entwickelten Szenarien wurde eine Vorauswahl der möglich umsetzbaren Funktionen anhand von technischen Kriterien ausgearbeitet und begründet. Die endgültige Auswahl der Funktionen wurde nach Kriterien wie z.B. Nutzenbeitrag und Ausstattungsrate als Ergebnis des Feldversuchs getroffen. Die gewählten Funktionen wurden nach technischen Kriterien gebündelt, um sie mittels der Bündelung für mögliche Einführungsszenarien zusammenzuführen.

Hessen Mobil hatte die Aufgabe des Szenario-Managers für das Szenario "Effizienz- und sicherheitsgetriebene Einführung von C2I (über IEEE802.11p)" übernommen, wo es sich der Bestimmung der Rahmenbedingungen für die Umsetzung kooperativer Systeme in Deutschland, der Bestimmung der Prozessbeteiligten sowie deren Rollen im Einführungsprozess und der Festlegung einer potenziellen Road-Map der zu implementierenden Funktionen einer Wirkkette schwerpunktmäßig gewidmet hat. Hierzu wurden eine Funktionsanalyse sowie ein Rollen- und Akteuren-Modell erarbeitet und mit den Partnern diskutiert. Schwerpunkt der Tätigkeiten war es, die Vorgehensweise anhand von wissenschaftlichen Methoden und vergleichbaren Forschungs- und Entwicklungsprojekten weiter zu spezifizieren, indem die technischen Wirkketten der jeweiligen Funktionen analysiert und aufgearbeitet und Aufgaben und Verantwortlichkeiten abgeleitet wurden, die zu deutlich untereinander abgegrenzten Rollen gebündelt wurden. Die Rollen bildeten dabei eine sachliche und neutrale Ebene, um Organisations- und Betreiber-Modelle zu entwickeln. Die Zuordnung der Akteure zu verschiedenen Rollen wurde in Organisationsmodellen zusammengeführt, deren Ausarbeitungen zu Implementierungsoptionen und Betreibermodellen führten.

Die technischen Wirkketten der Funktionen innerhalb des genannten Szenarios wurden untereinander zu technischen Wirkketten kombiniert, die unter Berücksichtigung von möglichen Einführungsszenarien und Organisationsmodellen umsetzbar waren. In einem weiteren Schritt wurden die Kombinationen der technischen Wirkketten aus den jeweiligen Szenarien mit den Wirkketten aus anderen Szenarien kombiniert. Die Ergebnisse der Arbeiten wurden in einem iterativen Prozess mit den Ergebnissen aus der Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung plausibilisiert. Aus Fallstudien wurden Erkenntnisse zu Organisations- und Betreibermodellen gewonnen, insbesondere im Bezug auf Netzeffekte.

Vorschläge zu Rahmenbedingungen, Rollen- und Betreibermodellen sowie die zugrunde gelegten Road-Maps wurden mit den Partnern diskutiert und verfeinert. Zudem wurden die Einführungsszenarien hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen analysiert. Ein Thesenpapier, das die Ergebnisse der beschriebenen Arbeiten zur Bestimmung der Rahmenbedingungen für die Umsetzung kooperativer Systeme in Deutschland, zusammenfasste, wurde erarbeitet und abgestimmt. Der Schwerpunkt des Thesens papiers lag dabei auf der begründe-

ten Herleitung eines realistischen Einführungsprozesses und die Festlegung selbsttragender Startpunkte.

Alle Ergebnisse dieses AP wurden für die Abschlussveranstaltung übersichtlich zusammengefasst und aufbereitet.

### **Voraussetzungen für die Markteinführung**

Ein wichtiges Ziel des AP 54 war die Identifikation der Voraussetzungen für eine erfolgreiche Systemeinführung. Als wesentlich wurden unter Federführung von Hessen Mobil die folgenden Faktoren identifiziert:

- *Überwindung des Netzeffektes*

Bei reinen C2C-Anwendungen ist der Nutzen für den einzelnen Anwender in starkem Maße von der Nutzerzahl abhängig. Dies wird in der Einführungsphase besonders deutlich, in der zunächst eine geringe Ausrüstungsrate von C2C-Systemen im Feld existiert. Viele Funktionen sind erst ab einer Mindestausrüstungsrate so erlebbar, dass mit einer Kundenakzeptanz gerechnet werden kann. Für eine erfolgreiche Systemeinführung eignen sich daher vor allem solche C2X-Anwendungen, mit denen die kritische Masse schnell erreicht wird, d.h. die bereits bei geringen Feldausrüstungsraten Nutzen zeigen. Weiterhin ist es natürlich besonders in der Anfangsphase wichtig, dass möglichst viele Fahrzeuge in möglichst kurzer Zeit mit C2X-Systemen ausgestattet werden. Gegebenenfalls sind zusätzlich Anreize erforderlich, um dies zu erreichen.

Wie bedeutsam eine schnelle Überwindung des Netzeffektes ist, belegt die Fallstudie dashexpress, deren Betreiber das Angebot nach 3 Jahren vom Markt nehmen musste, da die Nutzerzahl nicht schnell genug gestiegen ist.

- *Frühe Erlebbarkeit*

Um den Kauf von C2X-Komponenten bereits vom ersten Tag der Markteinführung für den Kunden attraktiv zu machen, ist eine Erlebbarkeit bereits ab dem ersten Nutzer nötig. Dies erfordert Funktionen, welche nicht dem Netzeffekt unterliegen. Diese als "Functional Hot Spots" bezeichneten Funktionen ermöglichen eine frühe Erlebbarkeit bereits in der frühen Markteinführung und stellen gleichzeitig zuverlässige Funktionalität in konkreten Situationen dar mit einem erkennbaren Zusatznutzen verglichen mit existierenden Marktlösungen.

Grundvoraussetzung für attraktive C2X-Funktionen ist eine hohe Nutzerakzeptanz, die sich in Kaufbereitschaft oder Besitzwunsch und in Vertrauen der Kunden in die Umsetzung der IT-Sicherheit und Schutz der Privatsphäre des C2X-Systems äußert.

- *Schnelle Flächendeckung*

Da für Kunden regionale Insellösungen kaum nachvollziehbar und akzeptabel sind, ist eine schnelle Flächendeckung bei der C2X-Einführung wichtig.

- *Geringe Investitionskosten*

Aufgrund der mit der C2X-Einführung verbundenen Investitionsrisiken sollte der erforderliche Ressourceneinsatz zu Beginn der Implementierung sowohl für die Privatwirtschaft als auch für die öffentliche Hand möglichst überschaubar sein.

- *Geringe technische und organisatorische Komplexität*

Zur Begrenzung des technischen und wirtschaftlichen Risikos sollte bei der C2X-Markteinführung der Fokus zunächst auf wenige Funktionen mit erkennbarem Kundennutzen und nachweislicher Wirkung auf den Verkehr, aber mit beherrsch-

barer technischer und organisatorischer Komplexität gelegt werden. Komplexere Funktionen folgen dann später, z.B. wenn die für sie kritische Mindest-Ausstattungsrate von C2X-Systemen im Feld erreicht ist.

- *Phasenplan und Vision für die Weiterentwicklung der C2C-Technologie und der C2C-Funktionen*

Eine wichtige Motivation für die C2X-Markteinführung ist eine Vorstellung von den nächsten Schritten der Weiterentwicklung der C2C-Technologie und der C2C-Funktionen, mit für den Kunden attraktiven Funktionen mit hohem Nutzen und einer langfristigen Ausschöpfung des vollen Potentials des volkswirtschaftlichen Nutzens hinsichtlich Sicherheit und Effizienz. Ein möglicher C2C-Phasenplan für die Weiterentwicklung der C2C-Technologie und C2C-Kundenfunktionen ist in Abbildung 15 gezeigt.

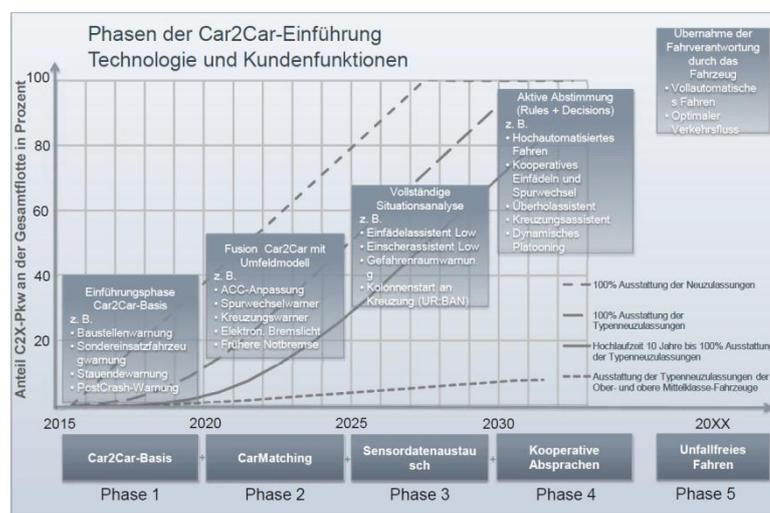


Abbildung 15. Phasen der C2C-Einführung – Technologie und Kundenfunktionen

- Nutzen-Kosten-Verhältnis >> 1

Die Einführung von C2X-Funktionen unter Beteiligung der öffentlichen Hand erfordert, dass der volkswirtschaftliche Nutzen, z.B. aus Unfall- und Stauvermeidung, die Investitions- und Betriebskosten des Systems übersteigt.

### Umsetzungschancen des Einführungsszenarios 2 "Privatwirtschaftlich und öffentlich getriebene Einführung von C2X"

Ein weiteres wesentliches Ziel des AP 54 war die Untersuchung verschiedener Einführungsszenarien. Eine rein privatwirtschaftlich getriebene Markteinführung kooperativer Systeme wurde im Einführungsszenario durch die Experten der privatwirtschaftlichen Partner untersucht. Das Einführungsszenario 2 umfasste die Zusammenarbeit zwischen privatwirtschaftlichen Unternehmen und öffentlichen Straßeninfrastrukturbetreibern zur C2X-Einführung.

Im Folgenden sind die wesentlichen Erkenntnisse, die unter Federführung von Hessen Mobil für das 2. Einführungsszenario erarbeitet wurden, dargestellt:

- Für die Einführung eines umfassenden C2X Systems ist es notwendig, dass Privatwirtschaft und Straßeninfrastrukturbetreiber von Anfang an zusammenarbeiten. Automobilhersteller, Straßeninfrastrukturbetreiber und weitere Akteure bereiten die hybride C2X Kommunikation vor, indem sie Fahrzeuge und Komponenten der straßenseitigen Infrastruktur mit ITS-G5 und Mobilfunksystemen ausstatten. Die straßenseitige Infrastruktur wird in ein Verkehrsmanagementsystem eingebunden.

- Als erste Anwendungen im Rahmen einer öffentlich-privaten Kooperation sind die Baustellenwarnung in Verbindung mit einer Verkehrslageerfassung im Umfeld von Baustellen im "Cooperative ITS Corridor Rotterdam – Frankfurt/M. – Wien" vorgesehen, wo bereits bei geringen Ausstattungsraten ein für den Fahrer erlebbarer Nutzen und ein Sicherheitsgewinn für das Baustellenpersonal zu erwarten sind.
- Werden Mobilfunk- und ITS-G5 Kommunikation in einem hybriden Übertragungssystem genutzt, können die Vorteile beider Technologien vereint werden.

## 4 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das sim<sup>TD</sup> Forschungsprojekt hat eine marktreife C2X Kommunikationstechnologie geliefert, die nach den Projektergebnissen zu einer signifikanten Steigerung von Verkehrssicherheit und -effizienz beitragen kann. Die Einzelheiten der Einführung der entwickelten Technologie (technisch, wirtschaftlich, zeitlich und organisatorisch) haben sich durch die Entwicklung spezifischer Einföhrungsszenarien für kooperative Systeme regeln lassen.

Hessen setzt auf kooperativen Verkehr, weil dadurch ein erheblicher volkswirtschaftlicher Nutzen bei der Reduzierung von Straßenverkehrsunfällen, von Staus und von Umweltbelastungen erzielt werden kann. In diesem Sinne lässt sich Nutzen aus den sim<sup>TD</sup> Ergebnissen ziehen, indem das entwickelte System einerseits im Rahmen von weiteren Forschungsprojekten (z.B. CONVERGE), woran sich Hessen Mobil beteiligt, vorantreibend weiterentwickelt wird und andererseits schrittweise eingeföhrt wird (z.B. CIC).

### **Forschungsprojekt CONVERGE <sup>9</sup>**

Hessen Mobil plant im Rahmen des Forschungsprojektes CONVERGE eine maßgebliche Beteiligung an der Definition eines C2X-Systemverbunds, um eine system- und zuständigkeitsübergreifende, dezentral zu betreibende Kommunikations-, Dienste- und Organisationsarchitektur zu entwickeln. Dazu ist die im sim<sup>TD</sup> entwickelte Versuchszentrale (ICS) weiterzuentwickeln sowie die schon im Rahmen des sim<sup>TD</sup> Feldversuchs in Betrieb genommene straßenseitige Infrastruktur für weitere Tests zu nutzen.

### **Umsetzungsprojekt "Cooperative ITS Corridor (CIC) Rotterdam – Frankfurt/M. – Wien"**

Mobilität im deutschen und europäischen Kontext lässt sich insofern sicherstellen, als dass sich Hessen Mobil gemeinsam mit dem Bund um die zeitnahe Einföhrung kooperativer Systeme kümmert. Dazu zählt das Umsetzungsprojekt "CIC Rotterdam – Frankfurt/M. – Wien".

Die Ausgangsbasis für eine europaweite Einföhrung kooperativer Systeme ist geschaffen, indem in sim<sup>TD</sup> die Technologie der kooperativen Systeme marktreif entwickelt worden ist. Dazu kommt noch die Standardisierung eines Großteils der technischen Lösungen für die Datenkommunikation. Die nicht-technische Aspekte (z.B. Organisationsstrukturen, Sicherheitskonzept) werden derzeit zur Vorbereitung der Markteinföhrung in öffentlich-privater Partnerschaft ausgearbeitet.

Auf der o.g. Grundlage haben die Straßenbetreiber der Länder Deutschland (u.a. Hessen Mobil fürs Land Hessen), Niederlande (Rijkswaterstaat) und Österreich (ASFINAG) jetzt gemeinsam mit Partnern aus der Industrie die schrittweise Einföhrung kooperativer Systeme in Europa gestartet (siehe Abbildung 16). Diese Bestrebungen werden durch Partner aus unterschiedlichen Branchen und der Politik unterstützt, z.B. die Amsterdam-Gruppe als eine strategische Allianz der Straßenbehörden/-betreiber und der Industrie auf EU Ebene (CEDR, ASECAP, POLIS, C2C-CC), Standardisierungsbehörden und die EC.

---

<sup>9</sup> Mehr Informationen unter: <http://www.converge-online.de/>

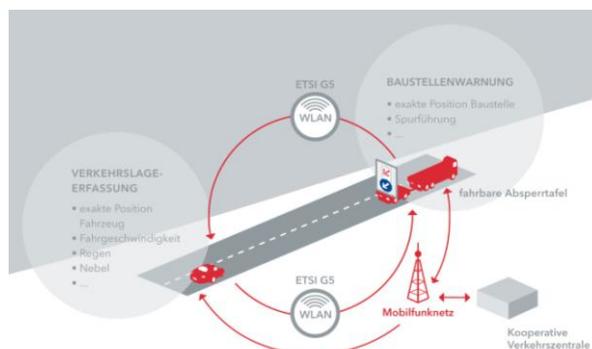


**Abbildung 16. Geographische Ausdehnung des Anwendungsgebiets im CIC**

Ab 2015 soll die straßenseitige kooperative Infrastruktur für die ersten Anwendungen aufgebaut werden. Dies geschieht mit enger Kooperation mit den drei o.g. EU Ländern, die dazu ein Memorandum of Understanding unterzeichnet haben. Die Einführung des Korridors ist mit der Industrie abgestimmt, die angekündigt hat, ebenfalls ab 2015 erste Fahrzeuge und telematische Infrastruktur auf den Markt zu bringen, die die in sim<sup>TD</sup> entwickelten und im CIC zu ergänzenden kooperativen Dienste ermöglichen.

Im geplanten Korridor sollen zunächst zwei kooperative Anwendungen zum Einsatz kommen (vgl. Abbildung 17), die in sim<sup>TD</sup> realisiert worden sind:

- **Baustellenwarnung**  
VZ bzw. fahrbare Absperrtafeln übertragen Baustellenwarnungen/-informationen in die Fahrzeuge.
- **Verkehrsdatenerfassung**  
Fahrzeuge übertragen Information über die aktuelle Verkehrslage an die VZ.



**Abbildung 17. Zu realisierende Anwendungen im CIC**

In beiden Fällen erfolgt die C2I Kommunikation über WLAN Standard 802.11p oder Mobilfunk, wie auch in sim<sup>TD</sup>. Die beiden Erstanwendungen erhöhen die Verkehrssicherheit und schaffen die Grundlage für einen verbesserten Verkehrsfluss. Durch die Zusammenarbeit von Automobilindustrie, Mobilitätsdienstleistern und Infrastrukturbetreibern werden kooperative Systeme vom ersten Tag an erlebbar für den Kunden und nützlich für alle.

Für die Einführung der ersten Anwendungen laufen in den o.g. Ländern bereits Entwicklungsprojekte, in denen die abzustimmenden organisatorischen, funktionalen und technischen Aspekte behandelt werden.

## 5 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

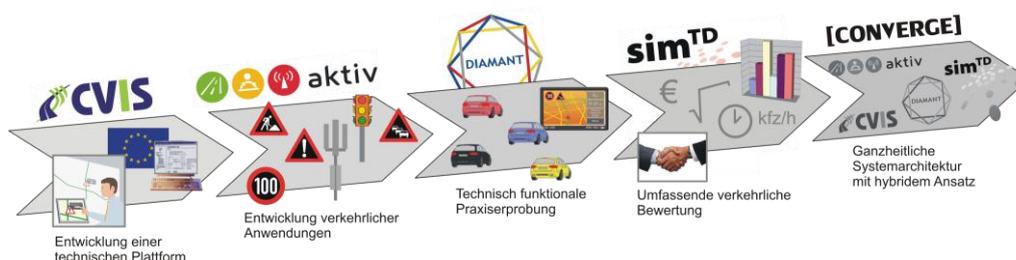
Die Ausgangssituation vor dem Projektbeginn wurde als ein fragmentiertes Angebot von Zukunftstechnologien und Anwendungen beschrieben. Ein vom Projekt sim<sup>TD</sup> zu schaffender Mehrwert bestand darin, diese Technologien effizient miteinander zu vernetzen und ihre Implementierung und umfassende Einführung durch ein koordiniertes, auf einer sorgfältig nachgewiesenen Konzeptsicherheit basierendes Zusammenspiel von unterschiedlichen Systemen, Funktionen und Beteiligten zu erreichen. Dies bedeutete die anspruchsvolle und herausfordernde Konsolidierung, Ergänzung und Erweiterung der verschiedenen Forschungsansätze zu einem Kommunikationsgesamtsystem, das die Anforderungen der verschiedenen Anwendungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit und -effizienz in einem integrierten Ansatz erfüllte. Das deutsche Testfeld war dabei die Voraussetzung für die Gewährleistung der nötigen Kompatibilität im Sinne einer europaweiten Harmonisierung.

sim<sup>TD</sup> hat diesen Mehrwert, wie im Projektvorhaben schon vor Projektbeginn beschrieben, geschaffen, indem es in ein einzelnes, zentralgesteuertes System integrierte C2X-basierte Funktionen realisiert hat und diese in einem Feldtest unter Alltagsbedingungen (ergänzt mit Simulationstests) sowie für marktwirtschaftlich-technische Lösungen für eine breite Markteinführung von C2X-Kommunikation erprobt hat.

Im Bezug auf den Mehrwert der Aktivitäten von Hessen Mobil war es das erste Mal, dass ein so großräumiger infrastrukturseitiger Ausbau stattfand und eine so große und anwendungsbezogen hochkomplizierte kooperative Versuchszentrale (ICS) zur Zentralisierung der Steuerung und Überwachung der C2X-Anwendungen und Infrastruktur geplant und realisiert wurde. Genau dies bildet den Baustein für die Forschung und schrittweise Einführung und Regelbetrieb kooperativer Systeme in der sehr nahen Zukunft.

sim<sup>TD</sup> war aber nicht das einzige Projekt, das sich auf dieses Forschungsgebiet konzentriert hat. Im Rahmen der Initiative des Landes Hessen "Staufreies Hessen 2015" beteiligt sich Hessen Mobil an zahlreichen Forschungsprojekten, die sich mit der Untersuchung und Weiterentwicklung innovativer Technologien zur Verbesserung des Verkehrsmanagements befassen und mit denen sich Synergien und somit ein gegenseitiger Fluss von Information und wissenschaftlichen Erkenntnissen während der sim<sup>TD</sup> Gesamtlaufzeit ergeben haben. Parallel zu sim<sup>TD</sup> wurden mehrere Projekte durchgeführt, in denen ebenfalls die C2X-Technologie untersucht wurde (vgl. Abbildung 18):

- CVIS (Cooperative Vehicle Infrastructure Systems) von 2006 bis 2010;
- AKTIV (Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr) von 2006 bis 2010;
- DIAMANT (Dynamische Informationen und Anwendungen zur Mobilitätssicherung mit Adaptiven Netzwerken und Telematik-Infrastruktur) von 2008 bis 2011
- DRIVE C2X (Dynamic Road Infrastructure Vehicle Communication) von 2010 bis 2014;und
- CONVERGE (COmmunication Network VEhicle Road Global Extension) seit 2012 bis voraussichtlich 2015.



**Abbildung 18. Hessen Mobil Entwicklungslinie – Projekte zu kooperativen Systemen**

Die Ergebnisse der drei ersten Projekte, vor allem bezüglich zentralenseitiger Gestaltung von Schnittstellen und Informationsaufbereitung sowie Erfahrungen im Bereich des hardware-technischen Testfeldaufbaus, fließen in sim<sup>TD</sup> ein:

- Aus *DIAMANT* wurden die konzipierten und umgesetzten Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikations-Anwendungsfällen zur Erhöhung von Verkehrssicherheit und -effizienz im Straßenverkehr weitergenutzt.
- Die für eine nachhaltige Einsatzfähigkeit im realen Umfeld aufgebaute, in den Anforderungen an den Aufbau der straßenseitigen Infrastruktursysteme und die Auslegung und Zuverlässigkeit zentralenseitiger Komponenten widerspiegelnde *AKTIV*-Systeme wurden als Ausgangsbasis für sim<sup>TD</sup> genutzt, um weitere Anwendungsszenarien der bewährten und weiter ergänzten C2X-Technologien und Kooperationsstrukturen zu entwickeln und realisieren. Die frühzeitige Erprobung der *AKTIV*-Anwendungen unter Realbedingungen begünstigte die zeitnahe Identifizierung von Optimierungspotenzialen für sim<sup>TD</sup>. Darüber hinaus lieferte *AKTIV* auch die Voraussetzungen für eine vergrößerte Anzahl von Anwendungen und Versuchsträgern (Fahrzeuge, straßenseitige Kommunikationspunkte) in sim<sup>TD</sup>.

Auf der anderen Seite fließen die sim<sup>TD</sup> Ergebnisse in die Projekte *DRIVE C2X* und *CONVERGE* ein:

- In *DRIVE C2X* war Hessen Mobil für den Aufbau der Infrastruktur des deutschen Testfeldes verantwortlich. Die diesbezüglichen Arbeiten wurden gemeinsam mit den anderen deutschen *DRIVE C2X*-Partnern vorbereitet. Das deutsche Testfeld war teilweise identisch mit dem sim<sup>TD</sup>-Versuchsgebiet. Um den sim<sup>TD</sup>-Versuchsbetrieb nicht zu stören, erfolgte die Ausstattung und Inbetriebnahme des *DRIVE-C2X*-Testfeldes erst nach Beendigung des sim<sup>TD</sup>-Feldversuchs auf dem Testgelände in Friedberg. Hessen Mobil beteiligte sich ebenso an einem gemeinsamen Testsite Event von sim<sup>TD</sup> und *DRIVE C2X*.
- In der ersten Hälfte des Jahres 2012 wurden die Vorbereitungen des Projekts *CONVERGE* weiter vorangetrieben, in welchem Projekt Hessen Mobil maßgeblich an der Definition eines C2X-Systemverbunds beteiligt ist. Ziel des Projektes ist es, eine Kommunikations-, Dienste- und Organisationsarchitektur zu entwickeln, die auf eine system- und zuständigkeitsübergreifende Einführung sowie einen dezentralen Betrieb ausgerichtet ist. Ein gegenseitiger Informationsaustausch zwischen sim<sup>TD</sup> und *CONVERGE*, insb. bzgl. der sim<sup>TD</sup> Erkenntnissen bzw. Ergebnissen über Konzeption und Aufbau der infrastrukturseitigen Systemkomponenten, fand bis sim<sup>TD</sup> Projektabschluss statt.

Das *DRIVE*-Center und -Testfeld Hessen (ICS und IRS-Netzwerk) werden ihre zentrale Rolle in der Telematik-Forschung auch in künftigen Forschungsinitiativen bzw. Umsetzungsprojekten z.B. *CONVERGE* und *CIC* beibehalten.

Die Steigerung der Kooperation mit privaten Serviceanbietern und anderen Bundesländern spiegelt sich u.a. im vom Land Hessen initiierten *EasyWay*-Projekt *LISA* (Länderübergreifende Initiative für Strategische Anwendungen im Verkehrsmanagement / auf Verkehrskorrido-

ren) wider, das in Zukunft auch in Richtung Berlin und in europäische Nachbarländer ausgeweitet werden soll. Im Rahmen von CIC (wie auch CENTRICO/Easyway) ist Hessen Mobil des Weiteren maßgeblich an internationalen Arbeitsgruppen beteiligt, deren Ziel eine Weiterentwicklung der europaweiten Standardisierungen für den Verkehrstelematikbereich ist.

Durch eine stetige Verbesserung und Erweiterung seines Internetportals, zuletzt durch die Einführung einer Reisezeitanzeige-Applikation für Smartphones, bemüht sich das Hessen Mobil konstant darum, den Nutzern des Straßennetzes Mobilitätsdienste auf dem aktuellen Stand der Technik anzubieten. Zusätzlich erprobt die Hessen Mobil zwecks Verbesserung der Verkehrslageerfassung innovative Detektionsmethoden wie Bluetooth-Erkennung.

## 6 Berichte und Veröffentlichungen

Die bedeutenden öffentlichkeitswirksamen Termine von sim<sup>TD</sup> stellten die Zwischen- und Abschlusspräsentation, in deren Rahmen die Technologie für die Besucher unter realen Verkehrsbedingungen erlebbar gemacht wurde. Für diese Veranstaltungen wurden Demonstratoren und Präsentationen erstellt, die dem Fachpublikum und der Presse die Funktionsweise der entwickelten Systeme leichtverständlich vorstellten. Einige dieser Unterlagen sowie ein Auszug der Presseberichte zu den in sim<sup>TD</sup> entwickelten Technologien befinden sich in den Anlagen II bis IV.

Hessen Mobil intern werden die Messdaten und erworbenen praktischen Fähigkeiten im Bereich der Versuchsorganisation und -durchführung zurzeit im Rahmen künftiger Versuche im C2X-Bereich verwandt; zudem profitiert beispielsweise die Kooperation zwischen der HTW (Hochschule für Technik und Wirtschaft) und Hessen Mobil im Projekt CONVERGE von den gemeinsam in sim<sup>TD</sup> gesammelten Erfahrungen während des Testfeldaufbaus.

Im Forschungszentrum DRIVE-Center Hessen besteht die Möglichkeit, der interessierten Fachöffentlichkeit die in sim<sup>TD</sup> durchgeführten Forschungsarbeiten und deren Ergebnisse zu präsentieren.

Die Beteiligung am Forschungsprojekt sim<sup>TD</sup> ist ein wesentlicher Baustein des Handlungsfelds Zukunftstechnologien im Rahmen der Initiative "Staufreies Hessen 2015". Die Kommunikation dieser Initiative in Form eines Internetportals, Kongresse (z.B. 11. Hessischer Mobilitätskongress), regelmäßiger Pressegespräche unter Beteiligung der Hessischen Staatskanzlei sowie des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung sowie vielen Einzelveranstaltungen mit Besuchergruppen in der VZH Hessen gibt Gelegenheit, die in sim<sup>TD</sup> entwickelten Strategien und Technologien sowie deren Potenziale der Fachöffentlichkeit zu präsentieren. Hierdurch erfolgt zugleich eine anschauliche Einordnung in einen integrierten Ansatz zur nutzerorientierten Gestaltung der Verkehrssysteme der Zukunft.

In Bezug auf den sim<sup>TD</sup>-Projektlauf, sind alle in den einzelnen Berichtsperioden erstellten, ihn zusammenfassenden partnerspezifischen Zwischenberichten durch die Fördermittelgeber (BMW, BMBF) der Öffentlichkeit freigestellt.

Hessen Mobil hat zu von anderen Projektpartnern erstellten Veröffentlichungen unterstützend beigetragen. Einen Überblick über diese Veröffentlichungen sowie über alle in der gesamten Projektlaufzeit erstellten Pflicht- und Arbeitsdokumenten, die Hessen Mobil erstellt bzw. zu ihrer Erstellung beigetragen hat, erhält man über die Projektinternetseite (<http://www.simtd.de>).

## Abkürzungen

A	Autobahn
ABS	Antilock Braking System
AKTIV-AS	Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr – Aktive Sicherheit
AKTIV-CoCar	Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr – Cooperative Cars
AKTIV-VS	Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr – Verkehrsmanagement
AMIC	Administration and Monitoring Interface Client
AP	Arbeitspaket
APL	Arbeitspaketleiter
AS	Anschlussstelle
ASDA/FOTO	Automatische Staudynamikanalyse / Forecasting of Traffic Objects
ASECAP	Association Européenne des Concessionnaires d'Autoroutes et Ouvrages à Péage
ASFiNAG	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
B	Bundesstraße
BAB	Bundesautobahn
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
C2C	Car to Car
C2C-CC	Car to Car Communication Consortium
C2I	Car to Infrastructure
C2X	Car to X (Car/Infrastructure)
CAM	Cooperative Awareness Message
CCU	Communication Control Unit
CEDR	Conférence Européen des Directeurs des Routes
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENTRICO	Central European Region Transport Telematics Implementation Project

CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CIC	Cooperative ITS Corridor
CoCarX	Cooperative Cars Extended
CoMa	Communication Manager
COMeSafety	Communication for eSafety
CONVERGE	Communication Network Vehicle Road Global Extension
CSV	Comma Separated Values
CVIS	Cooperative Vehicle Infrastructure Systems
DB	Datenbank
DENM	Decentralised Environmental Notification Message
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DIAMANT	Dynamische Informationen und Anwendungen zur Mobilitätssicherung mit Adaptiven Netzwerken und Telematik-Infrastruktur
dIRA	Dynamische Informationstafeln mit Reisezeitanzeige
DORA	Dynamische Ortung von Arbeitsstellen
DRIVE C2X	Dynamic Road Infrastructure Vehicle Communication
DSL	Digital Subscriber Line
dWiSTA	Dynamische Wegweiser mit integrierter Stauinformation
EC	European Commission
ESB	Enterprise Service Bus
ESC	Electronic Stability Control
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
F	Funktion
FCD	Floating Car Data
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FhG SIT	Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie
FTP	File Transfer Protokoll
G	Generation
Geo	Geoinformation
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GST	Global System of Telematics

GUA	Gemeinsamer Unterauftrag
GWT	Google WebToolKit
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenwesensanlagen
HF	Hauptfunktion
HMI	Human Machine Interface
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes
ICS	ITS Central Station
ID	Identity
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGLZ	Integrierte Gesamtverkehrsleitzentrale
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
IRS	ITS Roadside Station
IRSMC	IRS Management Centre
ISM	Industrial, Scientific, and Medical
IT	Informationstechnologie
ITS	Intelligent Transportation Systems
ITU	International Telecommunication Union
IVS	ITS Vehicle Station
IWS	Integrationsworkshop
Ko-FAS	Kooperative Fahrerassistenzsysteme
LCL	Location Code List
LISA	Länderübergreifende Initiative für Strategische Anwendungen im Verkehrsmanagement auf Verkehrskorridoren
LSA	Lichtsignalanlage
MS	Meilenstein
NAS	Network Attached Storage
NiF	Nicht-instruierten Fahrten
NoW	Network on Wheels
OCIT	Offene Schnittstelle für die Straßenverkehrstechnik

OSGi	Open Services Gateway Initiative
OSU	Open Source Umfeld
OWS	Optimierungsworkshop
PC	Personal Computer
PKI	Public Key Infrastructure
POLIS	European Cities and Regions Networking for Innovative Traffic Solutions
PP	Partnership Project
PVD	Probe Vehicle Data
RDS	Radio Data System
RSCOM	Radio Spectrum Committee
RSU	Roadside Unit
SeVeCom	Secure Vehicular Communication
SIM	Subscriber Identity Module
sim <sup>TD</sup>	Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland
SMS	Short Message Service
SOA	Service-Oriented Architecture
SQL	Structured Query Language
SRD/MG	Short Range Devices/Maintenance Group
SRDoc	System Reference Document
SWIS	Straßenwetter Informationssystem
TCS	Traction Control System
TLS	Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen
TMC	Traffic Message Channel
TP	Teilprojekt
TPEG-TEC	Transport Protocol Expert Group – Traffic Event Compact
TSF	Temporäre Seitenstreifenfreigabe
TUB	Technische Universität Berlin
TUM-VT	Technische Universität München – Lehrstuhl für Verkehrstechnik
UA	Unterauftragnehmer
UML	Unified Model Language
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

USB	Universal Serial Bus
V2I	Vehicle to Infrastructure
(V)AU	(Vehicle) Application Unit
VDA	Verband der Automobilindustrie
VI	Verkehrsinformation
VPN	Virtual Private Network
VUFO	Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden
VWS	Validierungsworkshop
VZ	Verkehrs-/Versuchszentrale
VZH	Verkehrszentrale Hessen
WG FM	Working Group Frequency Management
WLAN	Wireless Local Area Network
WS	Workshop
WVZ	Wechselverkehrszeichen
WWW	Wechselwegweiser
ZIP	"Zipper"

## Anhang

### Anhang I – Übersicht wichtigster Arbeits-/Koordinationstermine (Präsenztermine) Hessen Mobil

#### TP0 – Projektmanagement

Datum	Ort	Inhalt
02.12.2008	München	Meeting Projektmanagementteam
03.03.2009	Wiesbaden	Meeting bzgl. Bereitstellung der VDRM-, Verkehrs- und Netzdaten
05.03.2009	Wolfsburg	Abstimmung mit TP1/TP2
11.03.2009	Aachen	Meeting TP Übergreifende Testaktivitäten
18.05.2009	Wiesbaden	Jour-Fixe sim <sup>TD</sup>
18./19.05.2009	Wolfsburg	Meeting Projektmanagementteam
15./16.06.2009	Berlin	Meeting Projektmanagementteam
02./03.09.2009	Böblingen	Meeting Projektmanagementteam
30.09./01.10.2009	Würzburg	Konsortialtreffen und Jahresmeeting Projektmanagementteam
02.10.2009	Würzburg	Statustreffen Projektmanagementteam und Projektträger
09.12.2009	Berlin	Meeting Lenkungsreis
27.01.2010	Brüssel	FOT-Net 3 <sup>rd</sup> Stakeholders Meeting (Vortrag "sim <sup>TD</sup> in Hessen")
26./27.05.2010	Berlin	Meeting Projektmanagementteam
13./14.07.2010	München	Meeting Projektmanagementteam
14./15.09.2010	Ingolstadt	Meeting Projektmanagementteam
09./10.11.2010	Saarbrücken	Meeting Projektmanagementteam
25./26.01.2011	Böblingen	Meeting Projektmanagementteam
22./23.03.2011	Wolfsburg	Meeting Projektmanagementteam
29.03.2011	Berlin	Meeting Steuerkreis
13.04.2011	Friedberg	Vorbereitung sim <sup>TD</sup> Halbzeitpräsentation
18.08.2011	Friedberg	DRIVE C2X/sim <sup>TD</sup> Präsentation des DCH & Testgelände
22.08.2011	Berlin	sim <sup>TD</sup> Task Force Zwischenpräsentation und Abstimmungstreffen
13./14.09.2011	Berlin	Meeting Projektmanagementteam
11.10.2011	Friedberg	Meeting Projektmanagementteam
11./13.10.2011	Friedberg	sim <sup>TD</sup> Zwischenpräsentation (inkl. DRIVE C2X/sim <sup>TD</sup> Präsentation)
09./10.11.2011	Berlin	Meeting Projektmanagementteam
08.12.2011	Berlin	Meeting Steuerkreis
06.03.2013	München	Meeting Projektmanagementteam
13./14.03.2012	Berlin	Meeting Projektmanagementteam
17.04.2013	Berlin	Meeting Projektmanagementteam
20.06.2013	Frankfurt	sim <sup>TD</sup> Abschlussveranstaltung

#### TP1 – Anforderungsanalyse

Datum	Ort	Inhalt
07.10.2008	Ingolstadt	Meeting "Abstimmung der Funktionen"
14.10.2008	Frankfurt	Meeting "Funktionsauswahl: Prozessteam"
02.12.2008	Frankfurt	Workshop "Funktionsbewertung (VWL-Nutzen)"
15./16.12.2008	Kaiserslautern	Workshop "Überprüfung der Auswahlergebnisse" und Abschlussworkshop "Funktionsauswahlprozess"
05./06.02.2009	Ingolstadt	Abstimmungsworkshop "Funktionsentwicklung"
05.03.2009	Wolfsburg	Meeting der Hauptfunktionsverantwortlichen
16.03.2009	Bonn	AP13 Kick-Off-Meeting
01.04.2009	München	Meeting zur Absprache der Feinarchitektur bei BMW
04.06.2009	Berlin	Meeting der Hauptfunktionsverantwortlichen
01.07.2009	Aachen	Meeting "Validierungsziele und Deliverable Planung"
22.07.2009	Frankfurt	Meeting im Straßenverkehrsamt FFM
26.08.2009	Berlin	Meeting der Hauptfunktionsverantwortlichen
09.10.2009	Bonn	AP13 Präsenztreffen
23.10.2009	Berlin	Meeting der Hauptfunktionsverantwortlichen

## TP2 – Systementwicklung

Datum	Ort	Inhalt
08./09.09.2008	Ingolstadt	TP2 Kick-Off-Meeting
30.09./01.10.2008	München	TP2 AP-Leiter Meeting
19./21.01.2009	München	TP2 Ramp-up Workshop
25./26.02.2009	Rüsselsheim	Abstimmung Grobarchitektur und Finalisierungsworkshop
31.03.2009	Saarbrücken	Meeting zur Absprache des Datenmodells mit HTW
02.04.2009	Darmstadt	Meeting zur Absprache der Gesamtarchitektur
03.04.2009	Darmstadt	Meeting zur Absprache der Architektur der IT-Sicherheit
28./29.04.2009	Berlin	AP24 Kick-off-Meeting (Versuchsdaten) zur Abschätzungen der Aufwände für AP23
04.05.2009	Wiesbaden	Internes Meeting mit Vertragsabteilung wegen Modalitäten der Ausschreibung der ICS
06./07.05.2009	München	Einweisung in UML-Spezifikationsleitfaden
08.05.2009	Frankfurt	Meeting im Straßenverkehrsamt der Stadt Frankfurt a.M. wegen Nachrichtenformaten
22./23.06.2009	Kaiserslautern	TP1/TP2 Meeting der AP-Leiter
24.06.2009	Darmstadt	Meeting "sicherheitsrelevante Themen der ICS" (Fraunhofer SIT)
08.07.2009	Stuttgart	Meeting "Validierungsziele"
23.07.2009	Darmstadt	Finalisierungsworkshop W21.5 (Fraunhofer SIT)
29.07.2009	Würzburg	Meeting "Versuchsplanung und Auswirkungen auf ICS"
05.08.2009	Darmstadt	Abstimmung C-WLAN und UMTS Schnittstellen und Formate
24.09.2009	Sindelfingen	Meeting Datenformate (Daimler)
28.10.2009	Wolfsburg	AP24 Messtechnik Workshop
12.11.2009	Berlin	Meeting sim <sup>TD</sup> Prüfstand
11.02.2010	Böblingen	Auswertungsmethodik und SAN
24.02.2010	Saarbrücken	IRS Workshop bei HTW
09.03.2010	Saarbrücken	HMI-Workshop bei DFKI
24.03.2010	Würzburg	AP24 Messtechnik Workshop "Anforderungen an die ICS"
16.04.2010	Aachen	AP23 Besprechung mit Fa. HeuBoe, Theis Consult und Gevas
05.07.2010	Darmstadt	Netzplanung sim <sup>TD</sup>
01./02.09.2010	Berlin	Einweisung sim <sup>TD</sup> Prüfstand
19./20.10.2010	Aachen/Hildesheim	sim <sup>TD</sup> Prüfstand und Vorbereitung auf MS4
25./26.11.2010	Berlin	Generalprobe MS4
29./30.11.2010	Berlin	MS4 inkl. abschließendes Statusseminars

## TP3 – Systemintegration

Datum	Ort	Inhalt
17.02.2010	Berlin	TP3 Kick-Off-Meeting
05.10.2011	Friedberg	Vorbereitung der Zwischenpräsentation inkl. IRS Montage, Materiallager, Probeaufbau
06.10.2010	Tappenbeck	Workshop "Test der tragenden Systemsäulen in AP33"
12.10.2011	Friedberg	Besuch Zwischenpräsentation
25./27.10.2011	Friedberg	Testgelände Tests und Validierungs-Workshops
14./17.11.2011	Friedberg	Validierungs-Workshops
24.11.2011	Friedberg	Sonder-Validierungs-Workshop
29.11.2011	VZH, NWKr.	IRS Test
30.11.2011	Aachen	Begleitung Entwickler-Workshop
05./09.12.2011	Friedberg	Testgelände Tests und Validierungs-Workshops
21.02.2012	Friedberg	Validierungs-Workshop
06.03.2012	Friedberg	Validierungs-Workshop
24./26.04.2012	Friedberg	Optimierungs- und Entwickler-Workshops
26.04.2012	Aachen	Begutachtung Testfälle
02.05.2012	Friedberg	sim <sup>TD</sup> Versuche

#### TP4 – Versuchsdurchführung

Datum	Ort	Inhalt
25.09.2008	Würzburg	TP4 Teilprojektsitzung
24./25.03.2009	Würzburg	Meeting der AP-Leiter
14./15.04.2009	Frankfurt	Meeting der AP Leiter
26./28.05.2009	München	TP4 und AP41 Kick-off-Meeting
29.10.2009	Frankfurt	Kick-Off-Meeting AP44 u. AP42
11.12.2009	Frankfurt	Meeting der AP-Leiter
03.06.2009	Frankfurt	Meeting der AP-Leiter, Nachbereitung AP41 Kick-Off-Meeting
22./23.06.2009	Kaiserslautern	Meeting aller AP-Leiter
23.02.2010	Frankfurt	Meeting der AP-Leiter
10.03.2010	Würzburg	AP41 Testsystem und Konzeption Drehbücher
23.03.2010	Wiesbaden	AP44 Abstimmung mit Ausschreibung IRS Hardware
26.03.2010	Wiesbaden	AP44 Abstimmung mit Ausschreibung IRS Hardware
21.04.2010	München	Meeting der AP-Leiter
22.06.2011	München	AP43 Kick-Off-Meeting
19.01.2012	Frankfurt	Meeting der AP Leiter, Vorbereitung Meeting Steuerkreis
07./08.03.2012	Frankfurt	AP42 Workshop "Planung Tätigkeiten und Prozesse bis Ende Feldversuch"
02.11.2012	Frankfurt	AP42 "Übergabe Fahrzeug für Komponenteneinbau"
13.11.2012	Frankfurt	Treffen der AP-Leiter (AP44)
20.11.2012	Frankfurt	AP44 Teilnahme an Meeting Projektmanagement Team

#### TP5 – Bewertung und Rahmenbedingungen

Datum	Ort	Inhalt
08./09.10.2008	Wolfsburg	TP 5 Kick-Off-Meeting
15./17.10.2008	TU Berlin	Meeting "Ansätze zur verkehrlichen Bewertung"
26./27.11.2008	Berlin	AP51 Meeting und Vorbesprechung "Wertschöpfungsketten in SIM-TD" mit TU Berlin
04.12.2008	Frankfurt	Meeting mit Vertretern der TU Berlin und der Stadt FFM "Wertschöpfungsketten in sim <sup>TD</sup> "
12./13.02.2009	Berlin	Workshop "Prämissen und Bündelung für Grobszenarien."
18.02.2009	Frankfurt	AP 51 Workshop "D51 Finalisierung"
05.06.2009	Bonn	Abstimmung beim BMVBS bzgl. der Kostenschätzung für sim <sup>TD</sup> Einführungsszenarien
29.07.2009	Berlin	AP54 Finale Abstimmung MS3 (D53)
14./16.04.2010	Berlin	AP 52 und AP 54 Workshops
05./06.05.2010	Wolfsburg	AP 52 und AP 54 Workshops
06.05.2011	Berlin	Abstimmung weiteres Vorgehen Organisationsmodelle
15.02.2012	Wolfsburg	Meeting TP5 Planung (Bewertung)

## Anhang II – Ausgewählte Pressematerial Hessen Mobil

### TP1 - Funktionen

Verkehr	Fahren und Sicherheit	Ergänzende Dienste
<p><b>Erfassung der Verkehrslage und Verkehrsinformationen / Basisdienste</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Infrastrukturseitige Datenerfassung</li><li> Fahrzeugseitige Datenerfassung</li><li> Ermittlung der Verkehrswetterlage</li><li> Ermittlung der Verkehrslage</li><li> Identifikation Verkehrseignisse</li></ul> <p><b>Verkehrs(fluss)-Information und Navigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Straßenvorausschau</li><li> Baustelleninformationssystem</li><li> Erweiterte Navigation</li></ul> <p><b>Verkehrs(fluss)-Steuerung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Umleitungsmanagement</li><li> Lichtsignalanlagen-Netzsteuerung</li><li> Lokale verkehrsabhängige Lichtsignalanlagensteuerung</li></ul>	<p><b>Lokale Gefahrenwarnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Hinderniswarnung</li><li> Stauendwarnung</li><li> Straßenwetterwarnung</li><li> Einsatzfahrzeugwarnung</li></ul> <p><b>Fahrerassistenz</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Verkehrszeichen-Assistent /-Warnung</li><li> Ampel-Phasen-Assistent /-Warnung</li><li> Elektronisches Bremslicht</li><li> Kreuzungs- / Querverkehrsassistent</li></ul>	<p><b>Internetzugang und lokale Informationsdienste</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Internetbasierte Dienstnutzung</li><li> Standortinformationsdienste</li></ul>



## sim<sup>TD</sup>: Funktionen Verkehrslage.

Die Verknüpfung von straßenseitiger Infrastruktur mit Fahrzeugen zu einem Kommunikationsverbund verbessert die Möglichkeiten für eine präzise und aktuelle Bereitstellung von Informationen über die Verkehrslage im Straßennetz.



Durch sim<sup>TD</sup> optimierte Verkehrslage mit aktuell geschalteten dynamischen Anzeigen.

**Vorgehensweise.** Im DRIVE-Center Hessen wurde die leistungsfähige sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale, die ITS Central Station (ICS), aufgebaut. Die Verkehrszentrale Hessen (VZH) sowie die Integrierte Gesamtverkehrsleitzentrale (IGLZ) Frankfurt am Main liefern der sim<sup>TD</sup>-Zentrale aus ihren Bestandssystemen Verkehrslagedaten. Die sim<sup>TD</sup>-Funktion *Verkehrslage* fusioniert die Daten in einem neu entwickelten Verfahren mit den dynamisch generierten Verkehrsdaten der Versuchsflotte. So entsteht eine konsistente Darstellung der aktuellen Verkehrslage für das sim<sup>TD</sup>-Versuchsnetz.

**Ergebnis.** Die sim<sup>TD</sup>-Verkehrslage erzeugt auf der Grundlage fusionierter Verkehrsdaten aus der VZH und der IGLZ sowie den mit dem sim<sup>TD</sup>-System ausgestatteten Fahrzeugen eine dynamische Darstellung der Verkehrssituation.

Die Ermittlung und Bereitstellung einer präzisen und aktuellen Verkehrslage ist eine wesentliche Voraussetzung für den Betrieb kooperativer Anwendungen. Die fusionierte Verkehrslage wird in Form einer schematisierten Karte als Informationsservice bereitgestellt. So dient sie verschiedenen sim<sup>TD</sup>-Funktionen als Datengrundlage. Sie ist beispielsweise für das sim<sup>TD</sup>-Umleitungsmanagement unerlässlich, mit dem Nutzer geeignete Empfehlungen zu Alternativrouten erhalten, sofern auf deren Hauptroute eine Störung vorlag.

### Partner

Hessen Mobil  
Straßen- und Verkehrsmanagement  
Stadt Frankfurt am Main

Hessen Mobil  
 Straß- und Verkehrsmanagement

**sim<sup>TD</sup> – Verkehrslagefusion**

**Ziel**

- Ergänzung des im Betrieb eingebundenen Softwaretools ASDA/FOTO um Einzelfahrzeugdaten aus kooperativen Fahrzeugen
- Beurteilung des Potenzials und Erschließung des Nutzens kooperativer Systeme für die Straßenbetreiber

**Perspektive**

- Mit der Entwicklung der Verkehrslagefusion im Rahmen von sim<sup>TD</sup> werden Grundlagen und Erkenntnisse für eine auf heterogenen Datenquellen basierende Verkehrslagefassung geschaffen
- Beitrag von Einzelfahrzeugdaten für die online-Verkehrslageerkennung im Sinne der Vervollständigung und Qualitätssicherung
- Beitrag und Gütemaß der unterschiedlichen Datenquellen für die Bestimmung unterschiedlicher Informationen (z.B. Reisezeiten, Staufrenten, Gefahrenstellen...)
- Möglichkeit der Unterstützung einer Kurzfristprognose durch Fahrzeugdaten

Weg-Zeit Diagramm

HESSEN

Frankfurt, September 2013

6

Hessen Mobil  
 Straß- und Verkehrsmanagement

**sim<sup>TD</sup> – Vorgehensweise Verkehrslagefusion**

Fusion von Detektordaten in der Infrastruktur und Fahrzeugdaten in ASDA/FOTO

Ort

Zeit

Verkehrslagefusion BAB

● Fahrzeug-Einzelergebnisse ● Fahrzeug-Fahrspuren

HESSEN

Frankfurt, September 2013

6



sim<sup>TD</sup> | Funktionen

**Baustelleninformationssystem.**

Nähert sich ein Fahrer einer Baustelle, wird er über die Streckengeometrie und die Verkehrslage in diesem Abschnitt in Kenntnis gesetzt. Durch die Vorabinformation erhöht sich die Verkehrssicherheit. Der Reisekomfort steigt durch die Anzeige der noch zu fahrenden Strecke innerhalb einer Baustelle und der Restreisezeit sowie durch die Anzeige von Grund und Dauer der baulichen Maßnahmen.



Anzeige im Fahrzeug während der Annäherung an eine Baustelle.



Anzeige im Fahrzeug während einer Baustellenüberfahrt.

**Vorgehensweise.** Das Baustelleninformationssystem besteht aus einem Fahrzeug- und einem serverseitigen Funktionsteil. Serverseitig können Basisinformationen über Baustellen aus vorhandenen Systemen von Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement empfangen und durch Fahrprofile – Probe Vehicle Data – aufgewertet werden. Dabei werden die Streckengeometrie, also Baustellenanfang und -ende, Spuranzahl, bauliche Trennungen, sowie die aktuelle Verkehrslage inklusive Durchschnittsgeschwindigkeiten auf dem Server berechnet. Diese Informationen werden periodisch von der ITS Central Station (ICS) an die jeweilige ITS Vehicle Station (IVS) im Fahrzeug gesendet. Dies wird entweder mittels ITS GS via einer ITS Roadside Station (IRS) oder direkt von ICS zu IVS mittels Mobilfunk realisiert.

**Ergebnis.** Das Baustelleninformationssystem informiert den Fahrer über stationäre Baustellen, indem unter anderem die Länge der Baustelle, der Grund für die Baustelle und die Dauer der baulichen Maßnahme bei der Zufahrt auf diesen Abschnitt bereitgestellt werden. Die aktuelle Verkehrslage und Streckengeometrie in der Baustelle werden dem Fahrer angezeigt. Durch unterschiedliche Anzeigen vor und im Baustellenbereich ist der Fahrer über Baustellenslänge, potenzielle Gefahren durch Fahrestreifensperrung und die voraussichtliche Durchfahrtszeit informiert.



Verbreitung der Baustelleninformationen ausgehend von der CS über eine ITS via ITS CS an herannahende Fahrzeuge.

Verbreitung der Baustelleninformationen ausgehend von der CS via Mobilfunk an herannahende Fahrzeuge.



Szenario Baustellenüberfahrt.

Partner  
 Volkswagen AG  
 Continental



sim<sup>TD</sup>: Funktionen  
**Umleitungsmanagement.**

Das sim<sup>TD</sup>-Umleitungsmanagement leitet Fahrzeuge im Falle eines Staus oder einer Störung auf geeignete Alternativrouten um. Die Funktion nutzt dazu bestehende intelligente Erfassungs- und Steuerungseinrichtungen der Verkehrszentrale Hessen (VZH) sowie dynamische Informationen aus mit Car-to-X Technologie ausgestatteten Fahrzeugen. Ziel ist es, den Verkehrsteilnehmern flächendeckend noch verlässlichere Umleitungsempfehlungen anbieten zu können.



Intelligente Straße: Dynamische Wegweisung mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) am Wiesbadener Kreuz.

**Vorgehensweise.** Dynamische Fahrzeugdaten, wie zum Beispiel die Position und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, wurden per Mobilfunk oder per ITS G5 an die sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale übermittelt. Dort wurden sie mit den Verkehrsdaten, die die VZH und die Integrierte Gesamtverkehrsleitzentrale IGLZ Frankfurt am Main minutengenau erfassen, in einem neu entwickelten Verfahren zu einer integrierten Verkehrslagedarstellung fusioniert.

In der sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale wurden so Störungen im Straßennetz identifiziert und geeignete Strategien für das Umleitungsmanagement aktiviert. Die verfügbare Kapazität möglicher Alternativrouten wurde dadurch unter Berücksichtigung der identifizierten Verkehrsereignisse geprüft. Die so verifizierten Umleitungsempfehlungen wurden dann über die straßenseitige Infrastruktur mittels ITS Roadside Stations (IRS) an die Fahrzeuge gesendet. Dort wurde die Empfehlung auf ihre Relevanz für die Fahrtroute des jeweiligen Fahrzeugs geprüft und im Bedarfsfall an den Fahrer kommuniziert.

Die Informationen, die der sim<sup>TD</sup>-Nutzer erhielt, basierten auf zwei Quellen:

- dem Umleitungsmanagement, das die VZH bereits auf Autobahnen mit Hilfe einer umfassenden Verkehrsdatenerfassung über dynamische Wegweiser mit integrierter Stauanzeige (dWiSta) realisiert, und
- den Daten von Fahrzeugen, die mittels Car-to-X mit der sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale kommunizierten.

Der Fahrer kann über Störungen auf der Hauptroute, die zu erwartenden Reisezeiten und sinnvolle Alternativrouten informiert werden. Durch die individuelle Anzeige in den Fahrzeugen kann die Akzeptanz gegenüber Umleitungsempfehlungen erhöht werden.

**Ergebnis.** Die Car-to-X Kommunikation hat mit der sim<sup>TD</sup>-Funktion Umleitungsmanagement das Potenzial, den Verkehr so im Straßennetz zu verteilen, dass Staus vermieden und Reisezeiten verkürzt werden.

**Partner**

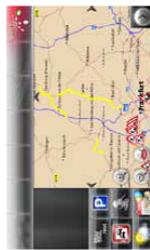
Hessen Mobil  
Straßen- und Verkehrsmanagement  
AUDI AG



**simTD: Funktionen**

**Internetbasierte Dienstnutzung.**

Durch die internetbasierte Dienstnutzung können die aktuelle Verkehrslage und Verkehrereignisse aus der Verkehrszentrale über das Internet direkt in das über Mobilfunk angebundene Fahrzeug übermittelt werden. Diese simTD-Funktion bietet einen Mehrwertdienst zur Verkehrsinformation und trägt so zu Effizienz, Sicherheit und Fahrkomfort bei.



Verkehrsinformationen via Internet.



Verkehrskamerastandorte.



Verkehrskamerabild.

**Vorgehensweise.** Die Versuchszentrale verfügt über Informationen zu Verkehrslage und -ereignissen sowie über Standbilder von Verkehrskameras. Über das Internet werden diese verkehrsrelevanten Informationen auf Anfrage an das Fahrzeug übermittelt und dem Fahrer nutzerfreundlich präsentiert. Der Nutzer kann so auch auf erweiterte Informationen zu Verkehrseignissen zurückgreifen und Bilder von Verkehrskameras dazu verwenden, um seine Route anzupassen.

**Ergebnis.** Die internetbasierte Dienstnutzung ist verteilt auf der Fahrzeugapplikationseinheit (VAU) und der Versuchszentrale (ICS) implementiert. Die periodische Anfragerfolg über die Fahrzeugkommunikationseinheit (CCU). Die Verkehrslage wird auf der Navigationskarte dargestellt. Die Positionen von Verkehrseignissen und Verkehrswebcameras werden auf der Karte angezeigt. Beim Auswählen erscheinen Details und Kamerabilder.

**Partner**

**Continental**

Deutsche Telekom AG

Volkswagen AG

www.simTD.de

**simTD: Funktionen**

**Standortinformationsdienste.**

Die Standortinformationsdienste stellen dem Nutzer Informationen mit hoher örtlicher Relevanz über Mobilfunk zur Verfügung. Die bereitgestellten Informationen ermöglichen eine bessere Nutzung lokal angebotener Dienstleistungen. Beispiele dafür sind Informationen über Parkraum, Veranstaltungen, Wetter oder Kommunalinformationen.



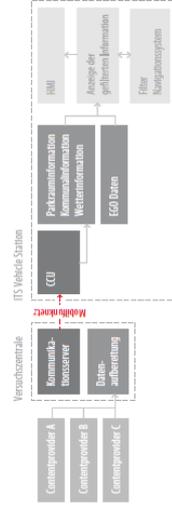
Parkraumassistenz.



Wetterinformation.

**Vorgehensweise.** Aktuelle Informationen über freien Parkraum, Veranstaltungen und Wetterlage werden von einem Dienstbenutzer bereitgestellt, zentral aufbereitet und an das Fahrzeug übertragen. Dort werden die Daten gespeichert und angezeigt. Der Nutzer erhält spezifische Informationen über die Verfügbarkeit von Parkmöglichkeiten, örtliche Veranstaltungen und Auskünfte über das lokale und regionale Wetter.

**Ergebnis.** Mit Hilfe der Standortinformationsdienste kann unnötiger Verkehr, der beispielsweise durch die Parkraumsuche entsteht, vermieden werden. Parkkapazitäten werden effektiver genutzt und Kraftstoff gespart. Der Fahrer kann sich durch die Bereitstellung von Informationen in seiner Umgebung besser orientieren und sein Fahrverhalten anpassen. Zudem ermöglicht diese Funktion einen besseren Zugang zu Veranstaltungen und Dienstleistungen, was wiederum zur Steigerung des Komforts beiträgt.



Struktur der Funktion Standortinformationsdienste.

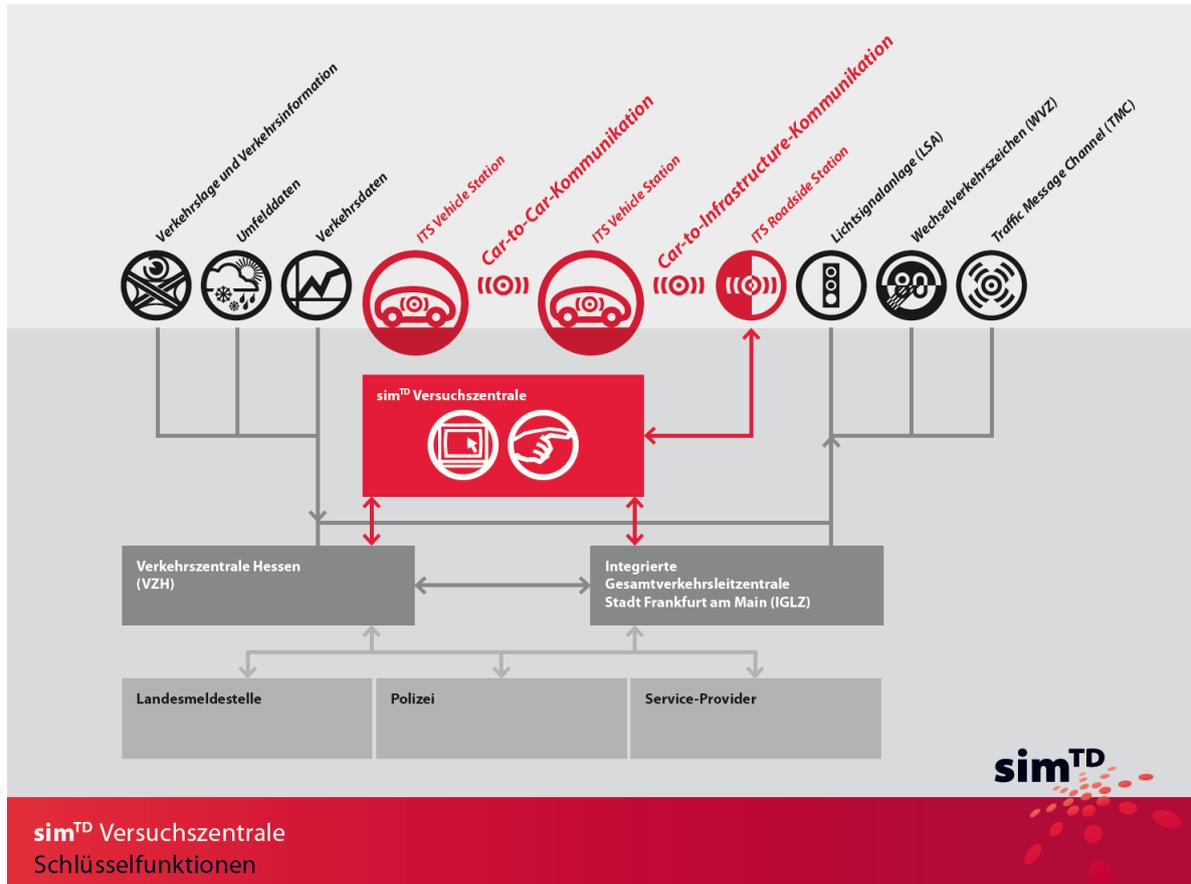
**Partner**

**Volkswagen AG**

Continental

Deutsche Telekom AG

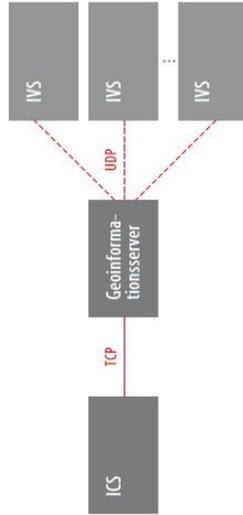
TP2 – Grobarchitektur/ICS & IRS





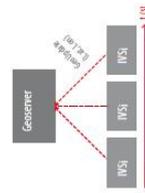
sim<sup>TD</sup> | Systemkäulen  
**Geoinformationssystem.**

Die Aufgabe des sim<sup>TD</sup>-Geoinformationsservers ist die Verteilung von geodaten Daten über das Mobilfunknetz. Er ermöglicht die mobilfunkbasierte Kommunikation zwischen ITS Vehicle Stations (IVS) sowie zwischen der ITS Central Station (ICS) und den IVS in einem definierten Gebiet.



Kommunikationsbeziehungen des Geoservers.

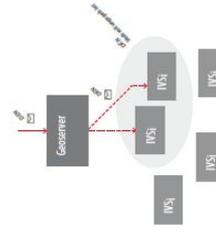
**Anforderungen.** Die IVS-Clients verbinden sich mit dem sim<sup>TD</sup>-Geoinformationssystem über Mobilfunk. Zu versendende Geocast-Nachrichten werden an die im adressierten Gebiet befindlichen IVS verteilt, ohne dabei auf mobilfunkspezifische Verfahren, wie beispielsweise Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS), zurückzugreifen. Das Netzwerk- und Transportprotokoll orientiert sich an den für ITS GS genutzten Protokollen, um so eine möglichst einheitliche Verarbeitung aller Nachrichten zu ermöglichen, unabhängig davon, über welches Kommunikationsmedium sie versendet wurden. Auf der ICS wurde eine Schnittstelle vorgesehen,



Koordinatliche Client-Geo-Updates.

die das Versenden zentraler Geocast-Nachrichten ermöglicht.

**Ergebnis.** Der Geoinformationssystem kommuniziert direkt mit den IVS. Er verarbeitet die kontinuierlich eingehenden Geo-Updates aller IVS-Clients und stellt so eine schnelle, ortsbegrenzte Verteilung von Nachrichten sicher. Dies umfasst sowohl die indirekte Verteilung von Nachrichten zwischen den IVS als auch die Kommunikation zwischen ICS und IVS. Die Architektur des Geoinformationsservers ist serviceorientiert (Java OSGi) und skalierbar.



Verteilung der Nachrichten im adressierten Gebiet.



sim<sup>TD</sup> | Systemkäulen  
**Verkehrsinformationssystem.**

Der zentrale Verkehrsinformationssystem stellt verkehrrelevante Daten für Fahrzeuge per Mobilfunk zur Verfügung. Diese Systemkäulen ermöglicht eine einheitliche Struktur für unterschiedliche Daten: Strukturierter und unstrukturierter Text sowie Grafiken zu Verkehrslagen, Wetter, Veranstaltungen, Parken ebenso wie Webcam-Daten und Verkehrszeichen.



Baustellen und Unfälle in Frankfurt am Main.

**Vorgehensweise.** Der Verkehrsinformationssystem definiert ein generisches, erweiterbares Transportprotokoll zu den Fahrzeugen und spezifiziert den Datenimport in den Verkehrsinformationssystem von projektierten und -externen Datenlieferanten. Für die fahrzeugspezifischen Funktionen wurde im Fahrzeug ein Kommunikationsproxy bereitgestellt. Jede Anfrage eines Fahrzeuges enthält so die gewünschte Datenart, beispielsweise Verkehrszeichen, Parken oder Verkehrszeichen.

**Ergebnis.** Der sim<sup>TD</sup>-Verkehrsinformationssystem ist als verteiltes System umgesetzt, das es diversen Fahrzeugherstellern und -zulieferern erlaubt, heterogene Informationen über eine fahrzeugspezifische Schnittstelle anzuliefern. Der Verkehrsinformationssystem trennt den Prozess der Bereitstellung von Daten für die Fahrzeuge von der Datenbeschaffung. Dabei sind die Fahrzeuge nicht abhängig von der Datenverfügbarkeit seitens des originalen Datenlieferanten.



**sim<sup>TD</sup> Ergebnisse System.**

Die Integration von Fahrzeug-, Kommunikations- und Verkehrstechnologien in ein Gesamtsystem war eine entscheidende Forschungs- und Entwicklungsleistung von sim<sup>TD</sup>. Die wesentlichen Bausteine dieses Gesamtsystems sind die ITS Central Station (sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale), die straßenseitige ITS Roadside Station und die fahrzeugseitige ITS Vehicle Station.

Jedes sim<sup>TD</sup>-Fahrzeug nutzte Sensoren, um Verkehrereignisse, wie einen sich bildenden Stau oder Glättegefahr, zu erkennen. Diese Daten wurden dann bei Bedarf zusammen mit anderen relevanten Informationen, wie

*In dem bislang größten Feldversuch zur Car-to-X-Kommunikation wurde erstmals mit dem DRIVE-Center eine kooperative Verkehrszentrale aufgebaut. Diese war mit den Verkehrszentralen des Landes Hessen und der Stadt Frankfurt am Main über eine standardisierte Schnittstelle vernetzt und kommunizierte mit mehr als 100 ITS Roadside Stations mittels Car-to-X-Technologie mit 120 Fahrzeugen.*

etwa der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit, vom eigenen Fahrzeug an andere Fahrzeuge und über die straßenseitige Infrastruktur (IRS) an die Verkehrszentrale kommuniziert.

**ITS Roadside Station (IRS).** Die IRS ist ein intelligenter, stationärer straßenseitiger Kommunikationsknoten, der eine Verbindung zwischen den ITS Vehicle Stations und der ITS Central Station (ICS) ermöglicht. Die IRS beinhaltet eine Laufzeitumgebung für zentrale ITS-Funktionen. Ein hochverfügbares Managementsystem, das in der ICS installiert ist, erlaubt die zentrale Administration des IRS-Netzes.

Im gesamten Versuchsbereich installierten sim<sup>TD</sup>-Experten 103 IRS: 80 an Autobahnen und Bundesstraßen im Rhein-Main-Gebiet sowie 23 an Lichtsignalanlagen (LSA) im Stadtgebiet Frankfurt am Main. Die IRS bestehen aus den Hardwarekomponenten Application Unit (AU) und einer Communication Control Unit (CCU) nebst zwei automatische Antennen und einer kombinierten WLAN-, GPS- und UMTS-Antenne. Nach Möglichkeit wurden die IRS an Autobahnen in bestehenden Anlagen integriert. Wo dies nicht umge-

setzt werden konnte, wurden neue Standorte aufgebaut. Die AU wurde ebenerdig in Streckenstationen von Autobahnen und Bundesstraßen beziehungsweise im Schallschrank der LSA-Steuergeräte im Stadtgebiet untergebracht. Die CCU hingegen befand sich an höheren Stellen an den Signalmasten oder Verkehrsschilderbrücken, um eine bessere Funkreichweite zu ermöglichen. Die IRS waren zu einem Drittel über Glasfaserleitungen (LWL-Verbindungen) an die Verkehrszentrale (ICS) angebunden, die anderen Stationen nutzten eine 3G-Mobilfunk-Verbindung.

Zudem musste sim<sup>TD</sup> weitere technische Voraussetzungen schaffen, um die hybride Car-to-X-Technologie innerhalb von Frankfurt am Main testen zu können. Damit beispielsweise die sim<sup>TD</sup>-Funktion Grüne Welle, welche dem Fahrer die Geschwindigkeit anzeigt, mit der er die nächste LSA bei Grün erreichen kann, umgesetzt werden konnte, mussten die sim<sup>TD</sup>-Techniker eine Verbindung zwischen IRS und der Steuerung der LSA schaffen. Diese direkte Schnittstelle stellte sicher, dass die LSA Daten an die IRS weitergeben konnte, welche schließlich alle relevanten Informationen an die NS im Fahrzeug weiterleitete. Diese Kommunikation erfolgte über eine offene, standardisierte Schnittstelle gemäß des OTS2-Modells. Je nach Alter des Steuergerätes war dazu der Einsatz teilweise komplett neuer Steuergeräte erforderlich.

Um sämtliche LSA-abhängige Funktionen testen zu können, rüstete sim<sup>TD</sup> 14 der insgesamt 23 IRS im städtischen Versuchsbereich im Stadtteil Frankfurt-Niederarm mit einer Schnittstelle zur entsprechenden LSA



Abbildung 01: IRS an einer Verkehrsinsel in der Stadt Frankfurt am Main. Die LSA-Steuergeräte sind im Schallschrank (A), die AU im Verkehrsnetz (B) verbaut.



Abbildung 02: CCU und Antennen auf Verkehrsschilderbrücke.



Abbildung 03: IRS an einer Lichtsignalanlage.

ein zentraler Software-Baustein für das sim<sup>TD</sup>-System. Die sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale, zu Hause im DRIVE-Center Hessen in Frankfurt-Rödelheim, bietet verschiedenen Forschungspartnern eine Heimat für die Erprobung des intelligenten Verkehrs von morgen. Als Basis für die sim<sup>TD</sup>-Funktionen fügte die Versuchszentrale (ICS) Daten von den beiden beteiligten Verkehrszentralen – der Verkehrszentrale Hessen (VZH) und der integrierten Gesamtverkehrszentrale (IGLZ) Frankfurt am Main – zusammen. Die verkehrstechnischen Daten der VZH, wie die Verkehrslage- und Baustellendaten, wurden der ICS über einen Verteilerdienst via Internetverbindung bereitgestellt. Die Anbindung der IGLZ an die ICS erfolgte über eine LWL-Verbindung. Diese wurde für den Feldversuch von der Stadt Frankfurt am Main aufgebaut und betrieben. Über diesen Kommunikationsweg wurden

fusionierter Daten aus der VZH und der IGLZ sowie den mit dem sim<sup>TD</sup>-System ausgestatteten Fahrzeugen eine dynamische Darstellung der Verkehrssituation. Mit der Ermittlung und Bereitstellung einer präzisen und aktuellen Verkehrslage schaffte sim<sup>TD</sup> eine wesentliche Voraussetzung für den Feldversuch. Hessen Mobil erzeugt schon seit vielen Jahren erfolgreich eine Verkehrslage aus stationär erfassten Verkehrsdaten. Für sim<sup>TD</sup> wurde diese Verkehrslage um den Baustein Floating-Car-Data, also sich bewegende Fahrzeuge im Netz, erweitert. Somit konnten drei Verkehrslagen generiert werden: eine Verkehrslage aus stationären Detektoren, eine Verkehrslage aus sich bewegenden Fahrzeugen und eine fusionierte Verkehrslage aus diesen beiden Verkehrslagen. Die fusionierte Verkehrslage wird in Form einer schematisierten Karte als Informationsservice bereitgestellt. Sie dient außerdem den verschiedenen sim<sup>TD</sup>-Funktionen als Datengrundlage.

*Die Anwendung der Car-to-X-Kommunikation zur Übermittlung von Informationen aus den Fahrzeugen in die Verkehrszentralen und umgekehrt führte zu einer verbesserten Kenntnis der Verkehrslage und zu einer schnelleren Erkennung verkehrsrelevanter Ereignisse.*

**ITS Central Station (ICS).** Hessen Mobil – Straßen und Verkehrsmanagement hat für die sim<sup>TD</sup>-Versuchszentrale eine Spezialsoftware entwickelt, welche die Grundlage für die Verkehrszentrale der Zukunft darstellt. Die so genannte ITS Central Station (ICS) ist

so veredelte Daten, im konkreten Fall die städtische Verkehrslage. Informationen über Baustellen sowie Daten zu den betroffenen Lichtsignalanlagen, an die ICS übermittelt. Im Ergebnis erzeugte die sim<sup>TD</sup>-Funktion die Verkehrslage in der ICS auf der Grundlage

**Hessen Mobil**  
 Straßen- und Verkehrsmanagement

**DRIVE-Center Hessen**

- Forschungs- und Versuchszentrum des Landes Hessen für die kooperative Verkehrszentrale der Zukunft
- Entwicklung und Erprobung von Zukunftstechnologien im Rahmen der Initiative Staufreies Hessen unter realen Bedingungen
- Direkte Anbindung an die Verkehrszentrale Hessen




**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- Bereitstellung und Aufbereitung der infrastrukturseitigen Daten für die C2X-Kommunikation
  - Verkehrslage (fusioniert für das gesamte Versuchsgebiet)
  - Informationen zu Baustellen
  - Stützstände dynamischer Verkehrszeichen
  - Umleitungsstrategien
- Erfassung und Weiterbearbeitung verkehrsbezogener Daten aus den Fahrzeugen
  - Fahrzeugpositionen und -geschwindigkeiten
  - Verkehrslagefusion
  - von Fahrzeugen detektierte Ereignisse

**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- IRS-Überwachungstool AMIC (HTW)
- Versuchssteuerungstool WebSCE (Fraunhofer Fokus)

**sim<sup>TD</sup> – Aufgaben der Versuchszentrale**

- DRIVE Center Hessen dient als kooperative Verkehrszentrale ITS Central Station (ICS)
- Überwachung der Versuchsdurchführung aus technischer und verkehrlicher Sicht
- Steuerung des Versuchs durch bidirektionalen Kontakt mit den Versuchsfahrern
- ICS versorgt Versuchsfahrzeuge mit Verkehrsdaten und Informationen
- Informationsverteilung erfolgte über 120 ITS Roadside Stations (IRS) oder Mobilfunk
- Empfang fahrzeuggenerierter Daten und Informationen
- Vernetzung der Versuchszentrale mit der Verkehrszentrale Hessen (VZH) sowie der integrierten Gesamtverkehrszentrale (IGLZ) Frankfurt am Main
- VZH und IGLZ liefern aus vorhandenen Bestandssystemen Verkehrsdaten sowie Informationen aus den Verkehrssteuerungssystemen und zu Ereignissen wie z.B. aktuelle Baustellen.

**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- IRS-Überwachungstool AMIC (HTW)
- Versuchssteuerungstool WebSCE (Fraunhofer Fokus)

**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- Bereitstellung und Aufbereitung der infrastrukturseitigen Daten für die C2X-Kommunikation
  - Verkehrslage (fusioniert für das gesamte Versuchsgebiet)
  - Informationen zu Baustellen
  - Stützstände dynamischer Verkehrszeichen
  - Umleitungsstrategien
- Erfassung und Weiterbearbeitung verkehrsbezogener Daten aus den Fahrzeugen
  - Fahrzeugpositionen und -geschwindigkeiten
  - Verkehrslagefusion
  - von Fahrzeugen detektierte Ereignisse

**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- IRS-Überwachungstool AMIC (HTW)
- Versuchssteuerungstool WebSCE (Fraunhofer Fokus)

**Hessen Mobil**  
 Straßen- und Verkehrsmanagement

**DRIVE-Center Hessen**

- Forschungs- und Versuchszentrum des Landes Hessen für die kooperative Verkehrszentrale der Zukunft
- Entwicklung und Erprobung von Zukunftstechnologien im Rahmen der Initiative Staufreies Hessen unter realen Bedingungen
- Direkte Anbindung an die Verkehrszentrale Hessen




**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- IRS-Überwachungstool AMIC (HTW)
- Versuchssteuerungstool WebSCE (Fraunhofer Fokus)

**sim<sup>TD</sup> – Aufgaben der Versuchszentrale**

- DRIVE Center Hessen dient als kooperative Verkehrszentrale ITS Central Station (ICS)
- Überwachung der Versuchsdurchführung aus technischer und verkehrlicher Sicht
- Steuerung des Versuchs durch bidirektionalen Kontakt mit den Versuchsfahrern
- ICS versorgt Versuchsfahrzeuge mit Verkehrsdaten und Informationen
- Informationsverteilung erfolgte über 120 ITS Roadside Stations (IRS) oder Mobilfunk
- Empfang fahrzeuggenerierter Daten und Informationen
- Vernetzung der Versuchszentrale mit der Verkehrszentrale Hessen (VZH) sowie der integrierten Gesamtverkehrszentrale (IGLZ) Frankfurt am Main
- VZH und IGLZ liefern aus vorhandenen Bestandssystemen Verkehrsdaten sowie Informationen aus den Verkehrssteuerungssystemen und zu Ereignissen wie z.B. aktuelle Baustellen.

**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- IRS-Überwachungstool AMIC (HTW)
- Versuchssteuerungstool WebSCE (Fraunhofer Fokus)

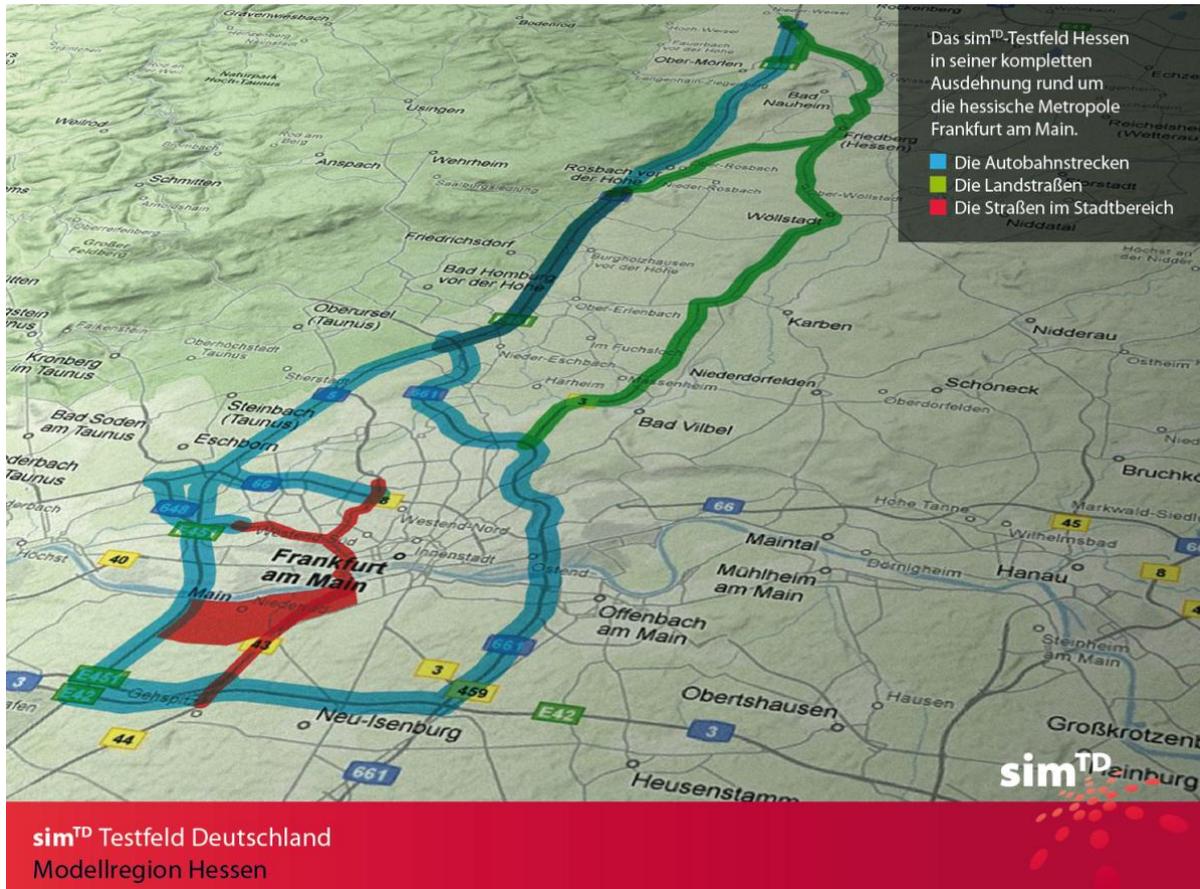
**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- Bereitstellung und Aufbereitung der infrastrukturseitigen Daten für die C2X-Kommunikation
  - Verkehrslage (fusioniert für das gesamte Versuchsgebiet)
  - Informationen zu Baustellen
  - Stützstände dynamischer Verkehrszeichen
  - Umleitungsstrategien
- Erfassung und Weiterbearbeitung verkehrsbezogener Daten aus den Fahrzeugen
  - Fahrzeugpositionen und -geschwindigkeiten
  - Verkehrslagefusion
  - von Fahrzeugen detektierte Ereignisse

**sim<sup>TD</sup> – Prozesse in der Versuchszentrale**

- IRS-Überwachungstool AMIC (HTW)
- Versuchssteuerungstool WebSCE (Fraunhofer Fokus)

## TP4 – Testfeld





## TP5 – Einführungszenario/CIC

### simTD: Ergebnisse Einführungszenario

Bei der Markteinführung der Car-to-X-Technologie müssen Privatwirtschaft und öffentliche Hand von Anfang an zusammenarbeiten, damit schon in der frühen Einführungsphase ein Nutzen erlebbar wird. Dazu stellen Automobilhersteller und Straßenbetreiber Fahrzeuge und straßenseitige Infrastruktur mit ITS-G5 und Mobilfunksystemen aus. Die straßenseitige Infrastruktur wird in ein Verkehrsmanagementsystem eingebunden.

Im Rollausprobieren wird davon ausgegangen, dass neben der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation basierend auf ITS-G5 auch eine Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der straßenseitigen Infrastruktur im Bereich des Verkehrsmanagements erforderlich ist.

Die Ergebnisse aus simTD unterstützen bei der Markteinführung der Car-to-X-Technologie. Als erste Anwendungen im Rahmen einer öffentlich-privaten Kooperation ist die Bereitstellung einer gemeinsamen Basisdatenbank im Umfeld von Car-to-X-Systemen vorgeschlagen, die bereits bei geringen Ausstattungsgraden einen für den Fahrer erlebbaren Nutzen und einen Sichtbehaltsgewinn für das Basisdatenpersonal erwarten lässt.

Die Einführung von Car-to-X-Systemen kann in der Pilotphase erreicht werden, die Nutzer werden in der Lage sein, die Vorteile zu erkennen und die Straßenbetreiber gleichberechtigt an der Einführung teilhaben zu lassen. Ein als in der Pilotphase bei der Einführung von Car-to-X-Systemen und dem Integration in Verkehrsmanagementsystemen. Die Vorteile werden durch die Einführung von Car-to-X-Systemen mit einem Backend. Ein solches hybrides Kommunikationsmodell wird als das erfolgreichste angesehen, da es die Vorteile der beiden Ansätze kombiniert. Im nächsten Schritt werden die relevanten Anwendungen sehr geringe Latenzen und hohe Wiederholraten. Diese Anforderungen können durch die Einführung von Car-to-X-Systemen mit einem Backend erreicht werden, da die Kommunikation über das Backend ausgelegt wurde und insbesondere durch direkte Kommunikation charakterisiert ist.

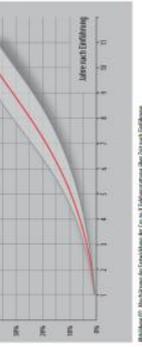
Die Ergebnisse aus simTD unterstützen bei der Markteinführung der Car-to-X-Technologie. Als erste Anwendungen im Rahmen einer öffentlich-privaten Kooperation ist die Bereitstellung einer gemeinsamen Basisdatenbank im Umfeld von Car-to-X-Systemen vorgeschlagen, die bereits bei geringen Ausstattungsgraden einen für den Fahrer erlebbaren Nutzen und einen Sichtbehaltsgewinn für das Basisdatenpersonal erwarten lässt.

es sich um eine Substitution einer bestehenden Technologie handelt, ist die Einführung von Car-to-X-Systemen im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.



Marktdurchdringung der Car-to-X-Technologie über 15 Jahre seit Einführung

Car-to-X-Technologie wird in der Pilotphase erreicht werden, die Nutzer werden in der Lage sein, die Vorteile zu erkennen und die Straßenbetreiber gleichberechtigt an der Einführung teilhaben zu lassen. Ein als in der Pilotphase bei der Einführung von Car-to-X-Systemen und dem Integration in Verkehrsmanagementsystemen. Die Vorteile werden durch die Einführung von Car-to-X-Systemen mit einem Backend. Ein solches hybrides Kommunikationsmodell wird als das erfolgreichste angesehen, da es die Vorteile der beiden Ansätze kombiniert. Im nächsten Schritt werden die relevanten Anwendungen sehr geringe Latenzen und hohe Wiederholraten. Diese Anforderungen können durch die Einführung von Car-to-X-Systemen mit einem Backend erreicht werden, da die Kommunikation über das Backend ausgelegt wurde und insbesondere durch direkte Kommunikation charakterisiert ist.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten. Die Vorteile von Car-to-X-Systemen sind im Vergleich zu anderen Technologien zu erwarten.

## Anhang III – Ausgewählte Presseveröffentlichungen Hessen Mobil

sim<sup>TD</sup>-Abschlusspräsentation  
Statement Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement



**Florian Rentsch**

*Hessischer Minister für Wirtschaft, Verkehr  
und Landesentwicklung*

"Hessen ist führend auf dem Gebiet der Straßenverkehrstelematik. Die Beteiligung Hessens im Projekt sim<sup>TD</sup> war daher ein wichtiger Erfolgsfaktor: Das Testfeld Hessen bot aufgrund der hohen Verkehrsbelastung und der idealen Ausstattung mit Telematikeinrichtungen optimale Versuchsbedingungen. Die Ergebnisse sind daher repräsentativ und übertragbar auf andere Regionen.

Hessen setzt auf kooperativen Verkehr, weil dadurch ein erheblicher volkswirtschaftlicher Nutzen bei der Reduzierung von Straßenverkehrsunfällen, von Staus und von Umweltbelastungen erzielt werden kann.

Hessen weiß, dass sich Mobilität nur im deutschen und europäischen Kontext sicherstellen lässt. Deshalb engagieren wir uns gemeinsam mit dem Bund für die zeitnahe Einführung kooperativer Systeme in einem europäischen Korridor Rotterdam - Frankfurt - Wien."

---

**Florian Rentsch**

*Hessian Minister of Economics, Transport and Urban Regional Development*

"Hessen is pioneering in the field of road transport telematics. Hessen's participation in the sim<sup>TD</sup> project was thus a key success factor: the Test Center Hessen provided optimum test conditions due to the high amount of congestion and the ideal equipment with telematics systems. The results are thus representative and transferrable to other regions.

Hessen relies on cooperative transport, because with it, a considerable economic benefit can be attained in reducing traffic accidents, congestion and environmental pollution.

Hessen is aware that mobility can only be secured in the German and European context. For this reason, we are committed together with the federation to the timely deployment of cooperative systems in a European Rotterdam – Frankfurt – Vienna corridor."

## Der organisatorische, rechtliche und technische Rahmen bei der Einführung kooperativer Systeme

Gerd Riegelhuth

Die Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern (IVS-Richtlinie) weist die Verknüpfung zwischen Fahrzeug und Verkehrsinfrastruktur als vorrangiges Ziel aus. Die Betrachtung von verschiedenen Szenarien für eine erfolgreiche Markteinführung kooperativer Systeme muss nicht nur deshalb im europäischen Rahmen weiterverfolgt werden. Die gemeinsame Positionierung der europäischen Straßenbetreiber auf der einen und der Industriepartner auf der anderen Seite wird dabei ein wesentlicher Baustein sein: Im Fokus wird in erster Linie die Analyse und Zuordnung der jeweiligen Rollen aller Beteiligten stehen. Das stellt eine große Herausforderung dar. Denn anders als bei der Umsetzung kollektiver IVS-Anwendungen gibt es keinen gesetzlichen Rahmen, der Zuständigkeiten vorgibt und folglich auch die Frage der Rollenverteilung einschließlich der damit einhergehenden Finanzierung festschreibt. An den technischen Grundlagen kooperativer Systeme wird seit Jahren sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene im Rahmen von Kooperationsprojekten gearbeitet. Die Basistechnologien sind prototypenhaft bereits mehrfach erfolgreich getestet worden. Zuletzt wurden die Kernkomponenten und zahlreiche Anwendungen in einem breit angelegten Feldversuch im Projekt sim<sup>TD</sup> (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland) erprobt. Dazu wurde in der Rhein-Main-Region erstmals ein Testfeld aufgebaut, das die Praxiserprobung kooperativer Systeme unter realen Verkehrsbedingungen im Zusammenspiel zwischen Straßenbetreibern und Industriepartnern ermöglicht. Nach Abschluss des Projektes sim<sup>TD</sup> wird ein technischer Entwicklungsstand erreicht sein, der in Verbindung mit den Betrachtungen zu denkbaren Organisations- und Betreibermodellen erste konkretere Planungen für eine Einführung kooperativer Systeme ermöglichen wird. Die Markteinführung kooperativer Systeme wird neben der Verbesserung von Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz vor allem durch wirtschaftliche Aspekte geprägt werden. Erste Anwendungen werden daher auf eine schnelle Einführung und einen damit verbundenen hohen Kundennutzen zielen müssen. Der herausragende technische Entwicklungsstand der kollektiven Verkehrsbeeinflussung in Deutschland sowie in Europa bildet eine hervorragende Basis für einen erfolgreichen kooperativen Kommunikationsverbund mit intelligenten Fahrzeugen.

The 2010/40/EU Directive of the European Parliament and the Council on the framework for the deployment of intelligent traffic systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport (ITS Directive) outlines the link between vehicle and road infrastructure as a prominent goal. The consideration of different scenarios for a successful market launch of cooperative systems has to be pursued not only for this reason within the European framework. The joint positioning of the European road operators on the one hand, and of the industrial partners on the other, will be a key element in this context: the primary focus will be on the analysis and allocation of the respective roles of all those involved. This poses a great challenge. For contrary to the implementation of collective ITS applications, there is no legal framework that dictates responsibilities and with it the issue of role allocation including the associated financing. Work has been performed on both national and European basis for years on the technical fundamentals of cooperative systems within the framework of cooperation projects. The basic technologies have already been successfully tested several times as prototypes. The core components and a large number of applications have at last been tested in a large-scale field test on the sim<sup>TD</sup> (Safe Intelligent Mobility – Test Field Germany) project. To this end, a test field was constructed in the Rhine-Main region that enables cooperative systems to be tried and tested under real traffic conditions in interaction with road operators and industrial partners for the first time. After the completion of sim<sup>TD</sup> a state of development will have been reached by then which, in combination with the observations concerning possible organisational and operator models, will enable initial concrete planning for the launch of cooperative systems. In addition to an improvement in road safety and traffic efficiency, the market launch of cooperative systems will be marked above all by economic aspects. Initial applications will thus have to aim at a fast launch and associated substantial customer benefit. The outstanding technical state of development of collective traffic control in Germany and Europe forms an excellent basis for a successful cooperative communication interlocking with intelligent vehicles.

Verfasserschrift:  
Dipl.-Ing. G. Riegelhuth,  
Hessen Mobil – Straßen-  
und Verkehrsmanagement,  
Wilhelmstraße 10,  
65185 Wiesbaden,  
gerd.riegelhuth@  
mobil.hessen.de

## Kooperative Systeme – Sicher und staufrei in die Zukunft

Gerd Riegelhuth

Eine nachhaltige Mobilität kann angesichts der wachsenden Verkehrsnachfrage nur durch innovative Lösungen gesichert werden. Die Entwicklung von Strategien und Technologien zur Vernetzung von intelligentem Fahrzeug mit intelligenter Infrastruktur bzw. von intelligenten Fahrzeugen untereinander (sog. V2X-Technologie) könnte Abhilfe schaffen. So knüpfen Straßenbetreiber hohe Erwartungen an die Implementierung und Anwendung kooperativer Systeme hinsichtlich Stauvermeidung und Verkehrssicherheit: eine verbesserte Verkehrsdatengrundlage, vor allem im nachgeordneten Straßennetz, eine optimierte Netzeinflussung durch Harmonisierung von individuellen Leit- und kollektiven Verkehrslenkungsstrategien und die Warnung von Fahrern vor Gefahrenstellen. Kooperative Systeme sollen diese Effekte im Vergleich zu isolierten Fahrerassistenzsystemen signifikant verstärken. Fahrzeuge hätten die Möglichkeit, die Sensorik vorausfahrender Fahrzeuge mittels direkter Kommunikation zu nutzen. So könnte beispielsweise ein defektierter kritischer Fahrbahnzustand an nachfolgende Fahrzeuge übermittelt werden, bevor die Gefahr überhaupt in Sichtweite des Fahrers liegt. Darüber hinaus könnten geplante Ereignisse wie Tagesbaustellen direkt von den Verkehrsleitzentralen in die Fahrzeuge übertragen werden.

In the face of growing traffic demand, sustainable mobility in the future can only be ensured through innovative solutions. The development strategies and technologies for networking intelligent infrastructure and intelligent vehicles with each other (so-called V2V technology) will create relief. From the road operator's point of view there are high expectations for implementing and applying these cooperative systems; an improved traffic data basis, above all in the subordinate (strategically) road network, optimal influence on the network by harmonising individual diversion and collective traffic management strategies and warning drivers about dangerous locations. Cooperative systems will significantly strengthen these positive effects in comparison with isolated driver assistance systems. Vehicles would have the possibility to use the sensors of other vehicles driving ahead of them through direct communication. Thus, for example, any critical road surface conditions could be communicated to following vehicles before the hazard could even be seen by the driver. Furthermore, planned incidents such as roadworks during the day can be transmitted with their GPS position and timestamp directly from the traffic management centre to the vehicles.

Vorfasserschrift:  
Abt. Dir. Dipl.-Ing.  
G. Riegelhuth,  
Hessisches Landesamt  
für Straßen- und Verkehrs-  
wesen (HLSV),  
Wilhelmstr. 10,  
65195 Wiesbaden,  
gerd.riegelhuth@  
hsw.hessen.de

### 1 Ausgangssituation, Entwicklungs- stand und Rahmenbedingungen

Eine hochindustrialisierte und überwiegend arbeitsteilig organisierte Wirtschaft wie die in Deutschland ist auf ein funktionierendes Verkehrssystem angewiesen. Die damit verbundene hohe Verkehrsnachfrage ist in den letzten Jahrzehnten im Wesentlichen von einer kontinuierlichen Zunahme, und zwar sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr, geprägt. Dabei kommt im Vergleich der Verkehrsträger dem Straßenverkehr mit seiner sozialen und ökonomischen Bedeutung eine besondere Rolle zu: Etwa 88% der Personenverkehrsleistung und 70% der Gütertransportleistung werden auf der Straße abgewickelt. Diese Tatsache hat allerdings auch negative Begleiterscheinungen wie z.B. Ressourcenverbrauch, Unfallrisiken und Umweltbelastungen.

Allen Prognosen zufolge wird sich trotz anhaltender Wirtschaftskrise die Entwicklung der Verkehrsleistungen, wenn auch in abgemilderter Form, fortsetzen. Für den motorisierten Individualverkehr heißt dies: Die Verkehrsbelastung wird ein über den Tag verteilt hohes Niveau erreichen, zudem wird sich das zeitliche Ausmaß von Überlastungen im Straßennetz während der Spitzenstunden spürbar ausweiten. Auch die Verdrängung von Fernverkehrsanteilen in das nachgeordnete Netz bei gleichzeitiger Überlagerung mit regionalen Verkehren wird zu einer Überlastung von Netzabschnitten, insbesondere von Knotenpunkten, führen. Die ereignisbedingte Störanfälligkeit des gesamten klassifizierten Straßennetzes wird daher zunehmen. Angesichts der wachsenden Verkehrsnachfrage und der daraus resultierenden Auswirkungen auf Verkehrssicherheit,

Ressourcenverbrauch und Umwelt bedarf es eines leistungsstarken Gesamtverkehrssystems, um die Mobilität von Personen und Gütern nachhaltig zu sichern. Dieses kann in erster Linie aus straßenseitiger Sicht durch die Umsetzung des folgenden Stufenkonzeptes erreicht werden:

#### 1. Kapazitätssteigerung des Straßennetzes

Mit dem wachsenden Verkehrsaufkommen muss eine kontinuierliche Steigerung der Grundkapazität des Straßennetzes einher gehen. Die Kapazitätserhöhung gelingt durch den gezielten, bedarfsgerechten Ausbau der bestehenden Verkehrsinfrastruktur. Identifizierte kapazitätsbedingte Engstellen im Netz gilt es, schnellst möglich mit vergleichsweise geringem Aufwand und in relativ kurzer Zeit zu beseitigen. Diese Netzverbesserung kann durch Baumaßnahmen, aber vor allem auch

## Anhang IV – Ausgewählte Veranstaltungsaufnahmen Hessen Mobil

### Aufnahmen ICS



### Aufnahmen Versuchsflottenstützpunkt



### Aufnahmen Zwischenpräsentation/Testgelände



## Aufnahmen Abschlusspräsentation



## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel  <b>Forschungsprojekt sim<sup>TD</sup></b> Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland <b>Schlussbericht</b>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Riegelhuth, Gerd Reusswig, Achim, Dr. Kühnel, Karsten, Dr. Katsaros, Athanasios	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2013  6. Veröffentlichungsdatum 20.02.2014  7. Form der Publikation Buch
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  <b>Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement</b> <b>Postfach 3227</b> <b>65022 Wiesbaden</b>	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -  10. Förderkennzeichen 16BV0810  11. Seitenzahl 92
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für</b> <b>Bildung und Forschung (BMBF)</b> <b>53170 Bonn</b>	13. Literaturangaben -  14. Tabellen 18  15. Abbildungen 18
16. Zusätzliche Angaben  -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)  Technische Informationsbibliothek (TIB), Hannover, 20.02.2014 BMBF Bibliothek Forschung und Technologie, Bonn, 20.02.2014	

## 18. Kurzfassung

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens sim<sup>TD</sup> adressiert im 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung mit dem Titel "Mobilität und Verkehrstechnologien" die Entwicklung und Evaluierung neuer Lösungsansätze zur Steigerung der Kooperation im Straßenverkehr der Zukunft mittels verbesserter Vernetzung von intelligenten fahrzeug- und infrastruktureseitigen Systemen. Die Mitwirkung der öffentlichen Hand bei der Bereitstellung der notwendigen straßenseitigen Infrastruktur war ein wichtiger Erfolgsfaktor und wurde durch die Beteiligung von Hessen Mobil sichergestellt. Hessen Mobil ist als Straßenverkehrsinfrastrukturbetreiber führend auf dem Gebiet der Telematik.

Mit dem Ziel alle notwendigen Voraussetzungen zu schaffen für

- die Erhöhung der Verkehrsinformationsqualität für die Verkehrsteilnehmer,
- die zutreffende und präzise lokalisierte Warnung vor Gefahren mit dem dadurch erreichbaren positiven Einfluss auf das Fahrverhalten (Steigerung der Verkehrssicherheit) und
- die Verbesserung der aktuellen Verkehrslage in Verkehrszentralen, die erst auf dieser Basis eine optimale Kapazitätsausnutzung der vorhandenen Verkehrswege durch Verkehrsbeeinflussung erzielen können (Steigerung der Verkehrseffizienz),

hat Hessen Mobil beigetragen zur

- Entwicklung bzw. Ergänzung repräsentativer Funktionen aus den Bereichen Verkehrssicherheit und -effizienz sowie ergänzender Dienste und deren Analyse auf Basis technischer und nicht-technischer Anforderungen,
- Integration der o.g. Anwendungen der C2X Kommunikation zu einem einheitlichen Kommunikationssystem und dessen Realisierung zur Vernetzung der straßenseitigen Infrastruktur (IRS) mit den Fahrzeugen (IVS) sowie der Fahrzeuge untereinander und zur Zentralisierung der Infrastruktur- und Anwendungssteuerung und -überwachung,
- Erprobung der C2X-basierter Funktionen und Nachweis deren positiven Wirkungen unter realistischen Alltagsbedingungen im Rahmen eines der größten großräumigen Feldversuche,
- Validierung und Bewertung u.a. der verkehrlichen Wirkungen des entwickelten Systems und seiner Komponenten,
- Untersuchung von Betreibermodellen und deren Voraussetzungen sowie Entwicklung marktwirtschaftlich-technischer Lösungen für eine breite Markteinführung der entwickelten Technologie.

Der Mehrwert der Aktivitäten von Hessen Mobil war der Ausbau kooperativer Infrastruktur (IRS) in großem Umfang und die Realisierung einer kooperativen Verkehrszentrale zu den o.g. Vernetzungs-, Steuerungs- und Überwachungsaufgaben. Das Testfeld Hessen bot aufgrund der hohen Verkehrsbelastung und der idealen Ausstattung mit Telematikeinrichtungen optimale Versuchsbedingungen. Die Ergebnisse sind daher repräsentativ und übertragbar auf andere Regionen.

Aus institutioneller Sicht hat sim<sup>TD</sup> zu einer neuen Form der Zusammenarbeit zwischen der Automobilindustrie, den Straßenbetreibern, Anbietern von Daten- und Informationsdienstleistungen, Telekommunikationsanbietern und Zulieferern der Automobilindustrie geführt. „Kooperation im Verkehr“ bedeutet aber auch eine stärkere Interaktion von technischen Prozessen, die durch den Einsatz neuer Technologien und Software sowie durch die Verfügbarkeit neuer Kommunikationsmedien ermöglicht wird.

Für den einzelnen Verkehrsteilnehmer erlebbare Wirkungen sind kürzere Reisezeiten bzw. weniger Staus, verbesserte Verkehrsinformationen und erhöhte Verkehrssicherheit. Eine aktive Unterstützung erwartet der Verkehrsteilnehmer genau dann, wenn es zu Verkehrsbehinderungen durch Baustellen, Unfälle, Großereignisse oder im täglichen Berufsverkehr kommt. In solchen kritischen Situationen kann die entwickelte sim<sup>TD</sup> Technologie nachweislich zur Verbesserung der Verkehrssituation beitragen.

Die sim<sup>TD</sup> Arbeiten waren in fünf Teilprojekte (zzgl. des Projektmanagements) aufgeteilt, die Verkehrszentralen, straßenseitige Infrastruktureinrichtungen und intelligente Fahrzeuge auf neuartige Weise verbanden und somit einen Betrag zur Optimierung des Verkehrsmanagements leisteten:

- TP1 – Anforderungsanalyse, in dem eine umfassende Analyse, Spezifikation und Dokumentation der aus den Projektzielen resultierenden Anforderungen an die nachfolgenden umsetzenden Teilprojekte vorgenommen wurde;
- TP2 – Systementwurf, in dem alle Systemkomponenten, ihre Schnittstellen, Funktionalitäten und Interaktionen entworfen und implementiert wurden;
- TP3 – Systemintegration, in dem die in TP2 erstellte Gesamtarchitektur mit ihren Subsystemen realisiert wurde;
- TP4 – Versuchsdurchführung, in dem das Versuchsdesign entwickelt, die Infrastruktur des Versuchsgebietes und die Versuchszentrale aufgebaut und der Feldversuch und die Simulationen durchgeführt und ausgewertet wurden.
- TP5 – Bewertung, in dem die technische, juristische und ökonomische Bewertung der Ergebnisse des Feldversuchs und die Entwicklung von Markteinführungsszenarien vorgenommen wurde.

Im vorliegenden Schlussbericht werden die Ziele der Teilprojekte, an denen sich Hessen Mobil beteiligt hat, deren Umsetzung und die Ergebnisse vorgestellt.

Aufgrund des erfolgreichen Projektabschlusses ist vonseiten Hessen Mobils geplant, die aufgebaute straßenseitige Infrastruktur sowie die kooperative Versuchszentrale im Rahmen weiterer Forschungsprojekte weiterzuentwickeln und zeitnah – wie schon in den im sim<sup>TD</sup> entwickelten Einführungsszenarien kooperativer Systeme – in Regelbetrieb zu nehmen.

## 19. Schlagwörter

C2X Kommunikation, Kooperative Systeme, Kooperative Verkehrszentrale, Straßenverkehrstelematik, Verkehrsmanagement

## 20. Verlag

-

## 21. Preis

-

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report	
3. title  <b>Research Projekt sim<sup>TD</sup></b> Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany <b>Final Report</b>		
4. author(s) (family name, first name(s))  Riegelhuth, Gerd Reusswig, Achim, Dr. Kühnel, Karsten, Dr. Katsaros, Athanasios	5. end of project 30.06.2013	6. publication date 20.02.2014
	7. form of publication Paper book	
	8. performing organization(s) (name, address)  <b>Hessen Mobil – Road and Traffic Management</b> <b>P.O. Box 3227</b> <b>65022 Wiesbaden</b>	
12. sponsoring agency (name, address)  <b>Federal Ministry of Education and Research</b> <b>53170 Bonn</b>	9. originator's report no. -	10. reference no. 16BV0810
	11. no. of pages 92	
	13. no. of references -	
14. no. of tables 18	15. no. of figures 18	
	16. supplementary notes -	
17. presented at (title, place, date)  German National Library of Science and Technology (TIB), Hannover, 20.02.2014 Library of Research and Technology of the Federal Ministry of Education and Research, Bonn, 20.02.2014		

## 18. Abstract

The research project sim<sup>TD</sup> (Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany) was carried out in the frame of the 3<sup>rd</sup> Transport Research Program of the German Government entitled "Mobility and ITS Technologies". Its aim was to propose a new approach of enhancing communication and cooperation between the road traffic system stakeholders of the future by improving interconnection between vehicle-side and road-side subsystems. The contribution of public road network operators to delivering the necessary road-side infrastructure (ITS Road-side Stations (IRS) and ITS Central Station (ICS)) was of major importance and a key-factor for the project success and was secured through the participation of Hessen Mobil as one of the leading public road network operators in the field of Telematics in Germany.

With the aim of fulfilling all necessary requirements for

- improved road traffic information quality for the users of the road infrastructure;
- precise localized danger warning (road works, road accidents, traffic jams etc.) with the resulting positive impact on driver behaviour (improved road traffic safety); and
- improved information on the actual traffic situation distributed by traffic management centres resulting in an optimised road infrastructure utilisation degree due to road traffic management techniques (improved road traffic efficiency),

Hessen Mobil has contributed to delivering following project results:

- development/improvement of C2X applications from the field of traffic security and efficiency as well as complementary services (i.e. information on traffic events) and their analysis/verification against technical and non-technical requirements;
- integration of the above applications for the C2X communication into a single communication system, its implementation for interconnecting road-side infrastructure with vehicle-side units as well vehicle-side units with each other and for centralising the tasks of C2X application/infrastructure control and monitoring;
- testing the above C2X applications und proving their positive impact under real-life and real-time traffic operations during a large-scale field test;
- validation and evaluation of the impact of the developed systems, its subsystems and the integrated technology on traffic operations (among others);
- analysis of operational models and their requirements as well as development of market-based/technical solutions for a large-scale rollout of sim<sup>TD</sup> technology.

The added value of the activities of Hessen Mobil consisted in expanding and complementing existing roadside infrastructure (IRS) in such a large scale as never done before and developing a cooperative ITS Central Station (ICS) for the first time for fulfilling the interconnecting, controlling and monitoring tasks mentioned previously. Hessen test field was optimal in terms of traffic conditions due to its high traffic volumes and its telematic equipment. The results have been convincing and representative for other regions too.

From an institutional perspective sim<sup>TD</sup> has reformed the cooperation between automotive industry, road infrastructure operators, traffic data/information providers and equipment suppliers. Cooperation includes also stronger process interaction that can be achieved by introducing new technology (incl. software) and by making new communication media available.

For the end user of the road infrastructure the positive impact of introducing such an innovative technology on road traffic operations is experienced as reduced travel times (by other words less traffic jams), improved traffic information and increased traffic safety. The user is expected to get support from the implemented services/applications in case of traffic operation disruptions in rush-hour traffic or due to road works, car accidents or large-scale events. In such critical situations the promising sim<sup>TD</sup> technology can contribute to the improvement of the traffic situation as already proved.

Effort in sim<sup>TD</sup> was distributed among the following work-packages (plus a work-package for project management) with the aim of interconnecting road traffic management centres/information providers with road-side and vehicle-side infrastructure and optimizing traffic management:

- WP1 – Requirements Analysis, where the requirements on the subsequent WPs resulting from the project objectives were specified, analysed and documented;
- WP2 – System Design, where all system components and their interfaces, functionalities and interactions were designed and implemented;
- WP3 – System Integration, where the system architecture defined in TP2 and its subsystems were realised;
- WP4 – Test Execution, where the test design took place, the infrastructure of the test area (IRS) and the ICS were built up, and the field and simulation tests were conducted and assessed;
- WP5 – Assessment and General Framework, where the project results were assessed against technical, economical and legal criteria and rollout scenarios were developed.

In this final report the objectives, the effort and the results of the WPs, where Hessen Mobil has contributed to, are introduced.

Sim<sup>TD</sup> project came to its planned end in June 2013. However, Hessen Mobil plans to further develop and improve the ICS and the delivered roadside infrastructure (IRS) in future research projects that it participates in and moreover, to bring them onto market as proposed in sim<sup>TD</sup> scenarios for cooperative systems market launch.

## 19. keywords

C2X Communication, Cooperative Systems, Cooperative Traffic Operations Centre, Road Traffic Telematics, Traffic Management

## 20. publisher

-

## 21. price

-

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel  <b>Forschungsprojekt sim<sup>TD</sup></b> Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland <b>Schlussbericht</b>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Riegelhuth, Gerd Reusswig, Achim, Dr. Kühnel, Karsten, Dr. Katsaros, Athanasios	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2013  6. Veröffentlichungsdatum 20.02.2014  7. Form der Publikation Buch
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  <b>Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement</b> <b>Postfach 3227</b> <b>65022 Wiesbaden</b>	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -  10. Förderkennzeichen 19P8018E  11. Seitenzahl 92
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für</b> <b>Wirtschaft und Energie (BMWi)</b> <b>53107 Bonn</b>	13. Literaturangaben -  14. Tabellen 18  15. Abbildungen 18
16. Zusätzliche Angaben  -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)  Technische Informationsbibliothek (TIB), Hannover, 20.02.2014	

## 18. Kurzfassung

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens sim<sup>TD</sup> adressiert im 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung mit dem Titel "Mobilität und Verkehrstechnologien" die Entwicklung und Evaluierung neuer Lösungsansätze zur Steigerung der Kooperation im Straßenverkehr der Zukunft mittels verbesserter Vernetzung von intelligenten fahrzeug- und infrastruktureitigen Systemen. Die Mitwirkung der öffentlichen Hand bei der Bereitstellung der notwendigen straßenseitigen Infrastruktur war ein wichtiger Erfolgsfaktor und wurde durch die Beteiligung von Hessen Mobil sichergestellt. Hessen Mobil ist als Straßenverkehrsinfrastrukturbetreiber führend auf dem Gebiet der Telematik.

Mit dem Ziel alle notwendigen Voraussetzungen zu schaffen für

- die Erhöhung der Verkehrsinformationsqualität für die Verkehrsteilnehmer,
- die zutreffende und präzise lokalisierte Warnung vor Gefahren mit dem dadurch erreichbaren positiven Einfluss auf das Fahrverhalten (Steigerung der Verkehrssicherheit) und
- die Verbesserung der aktuellen Verkehrslage in Verkehrszentralen, die erst auf dieser Basis eine optimale Kapazitätsausnutzung der vorhandenen Verkehrswege durch Verkehrsbeeinflussung erzielen können (Steigerung der Verkehrseffizienz),

hat Hessen Mobil beigetragen zur

- Entwicklung bzw. Ergänzung repräsentativer Funktionen aus den Bereichen Verkehrssicherheit und -effizienz sowie ergänzender Dienste und deren Analyse auf Basis technischer und nicht-technischer Anforderungen,
- Integration der o.g. Anwendungen der C2X Kommunikation zu einem einheitlichen Kommunikationssystem und dessen Realisierung zur Vernetzung der straßenseitigen Infrastruktur (IRS) mit den Fahrzeugen (IVS) sowie der Fahrzeuge untereinander und zur Zentralisierung der Infrastruktur- und Anwendungssteuerung und -überwachung,
- Erprobung der C2X-basierter Funktionen und Nachweis deren positiven Wirkungen unter realistischen Alltagsbedingungen im Rahmen eines der größten großräumigen Feldversuche,
- Validierung und Bewertung u.a. der verkehrlichen Wirkungen des entwickelten Systems und seiner Komponenten,
- Untersuchung von Betreibermodellen und deren Voraussetzungen sowie Entwicklung marktwirtschaftlich-technischer Lösungen für eine breite Markteinführung der entwickelten Technologie.

Der Mehrwert der Aktivitäten von Hessen Mobil war der Ausbau kooperativer Infrastruktur (IRS) in großem Umfang und die Realisierung einer kooperativen Verkehrszentrale zu den o.g. Vernetzungs-, Steuerungs- und Überwachungsaufgaben. Das Testfeld Hessen bot aufgrund der hohen Verkehrsbelastung und der idealen Ausstattung mit Telematikeinrichtungen optimale Versuchsbedingungen. Die Ergebnisse sind daher repräsentativ und übertragbar auf andere Regionen.

Aus institutioneller Sicht hat sim<sup>TD</sup> zu einer neuen Form der Zusammenarbeit zwischen der Automobilindustrie, den Straßenbetreibern, Anbietern von Daten- und Informationsdienstleistungen, Telekommunikationsanbietern und Zulieferern der Automobilindustrie geführt. „Kooperation im Verkehr“ bedeutet aber auch eine stärkere Interaktion von technischen Prozessen, die durch den Einsatz neuer Technologien und Software sowie durch die Verfügbarkeit neuer Kommunikationsmedien ermöglicht wird.

Für den einzelnen Verkehrsteilnehmer erlebbare Wirkungen sind kürzere Reisezeiten bzw. weniger Staus, verbesserte Verkehrsinformationen und erhöhte Verkehrssicherheit. Eine aktive Unterstützung erwartet der Verkehrsteilnehmer genau dann, wenn es zu Verkehrsbehinderungen durch Baustellen, Unfälle, Großereignisse oder im täglichen Berufsverkehr kommt. In solchen kritischen Situationen kann die entwickelte sim<sup>TD</sup> Technologie nachweislich zur Verbesserung der Verkehrssituation beitragen.

Die sim<sup>TD</sup> Arbeiten waren in fünf Teilprojekte (zzgl. des Projektmanagements) aufgeteilt, die Verkehrszentralen, straßenseitige Infrastruktureinrichtungen und intelligente Fahrzeuge auf neuartige Weise verbanden und somit einen Betrag zur Optimierung des Verkehrsmanagements leisteten:

- TP1 – Anforderungsanalyse, in dem eine umfassende Analyse, Spezifikation und Dokumentation der aus den Projektzielen resultierenden Anforderungen an die nachfolgenden umsetzenden Teilprojekte vorgenommen wurde;
- TP2 – Systementwurf, in dem alle Systemkomponenten, ihre Schnittstellen, Funktionalitäten und Interaktionen entworfen und implementiert wurden;
- TP3 – Systemintegration, in dem die in TP2 erstellte Gesamtarchitektur mit ihren Subsystemen realisiert wurde;
- TP4 – Versuchsdurchführung, in dem das Versuchsdesign entwickelt, die Infrastruktur des Versuchsgebietes und die Versuchszentrale aufgebaut und der Feldversuch und die Simulationen durchgeführt und ausgewertet wurden.
- TP5 – Bewertung, in dem die technische, juristische und ökonomische Bewertung der Ergebnisse des Feldversuchs und die Entwicklung von Markteinführungsszenarien vorgenommen wurde.

Im vorliegenden Schlussbericht werden die Ziele der Teilprojekte, an denen sich Hessen Mobil beteiligt hat, deren Umsetzung und die Ergebnisse vorgestellt.

Aufgrund des erfolgreichen Projektabschlusses ist vonseiten Hessen Mobils geplant, die aufgebaute straßenseitige Infrastruktur sowie die kooperative Versuchszentrale im Rahmen weiterer Forschungsprojekte weiterzuentwickeln und zeitnah – wie schon in den im sim<sup>TD</sup> entwickelten Einführungsszenarien kooperativer Systeme – in Regelbetrieb zu nehmen.

## 19. Schlagwörter

C2X Kommunikation, Kooperative Systeme, Kooperative Verkehrszentrale, Straßenverkehrstelematik, Verkehrsmanagement

## 20. Verlag

-

## 21. Preis

-

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report	
3. title  <b>Research Projekt sim<sup>TD</sup></b> Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany <b>Final Report</b>		
4. author(s) (family name, first name(s))  Riegelhuth, Gerd Reusswig, Achim, Dr. Kühnel, Karsten, Dr. Katsaros, Athanasios	5. end of project 30.06.2013	6. publication date 20.02.2014
	7. form of publication Paper book	
	8. performing organization(s) (name, address)  <b>Hessen Mobil – Road and Traffic Management</b> <b>P.O. Box 3227</b> <b>65022 Wiesbaden</b>	
12. sponsoring agency (name, address)  <b>Federal Ministry of for Economic Affairs and Energy</b> <b>53107 Bonn</b>	9. originator's report no. -	10. reference no. 19P8018E
	11. no. of pages 92	
	13. no. of references -	
14. no. of tables 18		15. no. of figures 18
16. supplementary notes -		
17. presented at (title, place, date)  German National Library of Science and Technology (TIB), Hannover, 20.02.2014		

## 18. Abstract

The research project sim<sup>TD</sup> (Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany) was carried out in the frame of the 3<sup>rd</sup> Transport Research Program of the German Government entitled "Mobility and ITS Technologies". Its aim was to propose a new approach of enhancing communication and cooperation between the road traffic system stakeholders of the future by improving interconnection between vehicle-side and road-side subsystems. The contribution of public road network operators to delivering the necessary road-side infrastructure (ITS Road-side Stations (IRS) and ITS Central Station (ICS)) was of major importance and a key-factor for the project success and was secured through the participation of Hessen Mobil as one of the leading public road network operators in the field of Telematics in Germany.

With the aim of fulfilling all necessary requirements for

- improved road traffic information quality for the users of the road infrastructure;
- precise localized danger warning (road works, road accidents, traffic jams etc.) with the resulting positive impact on driver behaviour (improved road traffic safety); and
- improved information on the actual traffic situation distributed by traffic management centres resulting in an optimised road infrastructure utilisation degree due to road traffic management techniques (improved road traffic efficiency),

Hessen Mobil has contributed to delivering following project results:

- development/improvement of C2X applications from the field of traffic security and efficiency as well as complementary services (i.e. information on traffic events) and their analysis/verification against technical and non-technical requirements;
- integration of the above applications for the C2X communication into a single communication system, its implementation for interconnecting road-side infrastructure with vehicle-side units as well vehicle-side units with each other and for centralising the tasks of C2X application/infrastructure control and monitoring;
- testing the above C2X applications und proving their positive impact under real-life and real-time traffic operations during a large-scale field test;
- validation and evaluation of the impact of the developed systems, its subsystems and the integrated technology on traffic operations (among others);
- analysis of operational models and their requirements as well as development of market-based/technical solutions for a large-scale rollout of sim<sup>TD</sup> technology.

The added value of the activities of Hessen Mobil consisted in expanding and complementing existing roadside infrastructure (IRS) in such a large scale as never done before and developing a cooperative ITS Central Station (ICS) for the first time for fulfilling the interconnecting, controlling and monitoring tasks mentioned previously. Hessen test field was optimal in terms of traffic conditions due to its high traffic volumes and its telematic equipment. The results have been convincing and representative for other regions too.

From an institutional perspective sim<sup>TD</sup> has reformed the cooperation between automotive industry, road infrastructure operators, traffic data/information providers and equipment suppliers. Cooperation includes also stronger process interaction that can be achieved by introducing new technology (incl. software) and by making new communication media available.

For the end user of the road infrastructure the positive impact of introducing such an innovative technology on road traffic operations is experienced as reduced travel times (by other words less traffic jams), improved traffic information and increased traffic safety. The user is expected to get support from the implemented services/applications in case of traffic operation disruptions in rush-hour traffic or due to road works, car accidents or large-scale events. In such critical situations the promising sim<sup>TD</sup> technology can contribute to the improvement of the traffic situation as already proved.

Effort in sim<sup>TD</sup> was distributed among the following work-packages (plus a work-package for project management) with the aim of interconnecting road traffic management centres/information providers with road-side and vehicle-side infrastructure and optimizing traffic management:

- WP1 – Requirements Analysis, where the requirements on the subsequent WPs resulting from the project objectives were specified, analysed and documented;
- WP2 – System Design, where all system components and their interfaces, functionalities and interactions were designed and implemented;
- WP3 – System Integration, where the system architecture defined in TP2 and its subsystems were realised;
- WP4 – Test Execution, where the test design took place, the infrastructure of the test area (IRS) and the ICS were built up, and the field and simulation tests were conducted and assessed;
- WP5 – Assessment and General Framework, where the project results were assessed against technical, economical and legal criteria and rollout scenarios were developed.

In this final report the objectives, the effort and the results of the WPs, where Hessen Mobil has contributed to, are introduced.

Sim<sup>TD</sup> project came to its planned end in June 2013. However, Hessen Mobil plans to further develop and improve the ICS and the delivered roadside infrastructure (IRS) in future research projects that it participates in and moreover, to bring them onto market as proposed in sim<sup>TD</sup> scenarios for cooperative systems market launch.

## 19. keywords

C2X Communication, Cooperative Systems, Cooperative Traffic Operations Centre, Road Traffic Telematics, Traffic Management

## 20. publisher

-

## 21. price

-