Sichere Intelligente Mobilität
Testfeld Deutschland

Schlussbericht

01.09.2008 - 30.06.2013

Fraunhofer FOKUS

Version	1.1
Laufzeit des Vorhabens	01.09.2008 – 30.06.2013
Zuwendungsempfänger	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. – Inst. FOKUS
Förderkennzeichen BMBF	16 BV 0812
Fälligkeitsdatum	31.12.2013
Erstellungsdatum	01.09.2013

sim^{TD} wird gefördert und unterstützt durch

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Bundesministerium für Bildung und Forschung
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Dieses Dokument wurde erstellt von Fraunhofer FOKUS

Beiträge wurden verfasst von
Ilja Radusch (Fraunhofer FOKUS)
Horst Rechner (Fraunhofer FOKUS)
Florian Häusler (Fraunhofer FOKUS)

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

© 2013 Fraunhofer FOKUS
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Versionsübersicht

Version	Datum	Beschreibung
0.0	26.05.2013	Dokumentvorlage von IMC
0.1	02.07.2013	Anpassung der Vorlage (IMC)
0.2	11.07.2013	Drafts für Texte in Kapitel1 und Kapitel 2 (IMC)
0.3	17.07.2013	Ergänzungen von DAI
0.4	07.08.2013	Ergänzungen von IMC
0.5	08.08.2012	Ergänzungen von DAI
0.6	08.08.2013	Ergänzungen von IMC
0.6	14.08.2013	Review FFM
1.0	15.08.2013	Finale Version für Partner
1.1	01.09.2013	Inhalte von Fraunhofer FOKUS eingepflegt

Inhaltsverzeichnis

1 Motivation und Zielsetzung 1
1.1 Aufgabenstellung 1
1.1.1 Ausgangslage 1
1.1.2 Allgemeine Ziele 2
1.1.3 Aufgaben 3
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 3
1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand 4
1.3.1 Ausgangslage vor Projektbeginn 4
1.3.2 Frühere Projekte 7
1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 9
2 Planung und Ablauf des Vorhabens 10
2.1 Projektstruktur 10
2.2 Zeitplan und Ablauf 12
2.2.1 Zeitplan 12
2.2.2 Ablauf 14
3 Erzielte Ergebnisse von Fraunhofer FOKUS 15
3.1 TP2 – Systementwurf 15
3.1.1 AP21 – Gesamtarchitektur 15
3.1.2 AP23 – Infrastrukturseitiges Subsystem 15
3.1.3 AP24 – Projekttestsystem 16
4 Zusammenfassung und Ausblick 21
5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse 21
6 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens 23
7 Berichte und Veröffentlichungen 23

1 Motivation und Zielsetzung

1.1 Aufgabenstellung

1.1.1 Ausgangslage

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 kundenwertig wahrgenommen werden und Wirkung zeigen können. Ähnlichen Fragestellungen widmeten sich auch Aktivitäten in den USA und Japan. In Europa sind diese Fragestellungen bei der EU in einer Vielzahl von Projekten etabliert und Bestandteil der strategischen Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Außerdem betreibt das Car-to-Car Communication Consortium (C2C-CC) die Harmonisierung und Standardisierung von Technologien und wichtigen Schnittstellen. Die deutsche Automobilindustrie als Innovationsmotor erweist sich hierbei traditionell als einer der zentralen Impulsgeber und Schrittmacher in Erwartung eines hohen wirtschaftlichen und die Zukunft sichernden Potentials.

Die im nachfolgenden Bild illustrierten Phasen spiegeln diese Entwicklung wider.

Vor 20 Jahren (ABS, ESP, BAS)

vor 10 Jahren (ACC, Spurhaltung)

heute (C2C, C2I)

Abbildung 1.1: Entwicklungsphasen der Fahrzeugassistenzsysteme

Die Implementierung derartig vernetzter Technologien erfordert ein koordiniertes Zusammenspiel von unterschiedlichen Systemen, Funktionen und Beteiligten. Nicht unerhebliche Investitionen von Firmen und der öffentlichen Hand, 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 die öffentliche Hand entschlossen im Projekt sim^{TD} zusammenzuarbeiten. Das deutsche Testfeld war dabei die Voraussetzung für eine mögliche Verbreitung in Europa, um durch enge Zusammenarbeit mit und in dem C2C-CC die nötige Kompatibilität im Sinne einer europaweiten Harmonisierung zu gewährleisten.

1.1.2 Allgemeine Ziele

Die folgende forschungsleitende Hypothese wurde in sim^{TD} formuliert.

> *Das Projekt sim^{TD} schafft die Voraussetzungen für eine nachhaltige Steigerung der Sicherheit im Straßenverkehr und der Verkehrseffizienz 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^{TD} sollte folgender Status bezüglich der Umsetzung der forschungsleitenden Hypothese erreicht sein:

- *Konsolidierung und Ergänzung 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.*

sim^{TD} verfolgte dabei drei grundlegende Ziele:

1. *Verbesserung der Fahr- und Verkehrssicherheit. Dies korrespondiert mit den Zielen des Weißbuchs der EU Kommission.*
2. *Verbesserung des Verkehrsflusses. Hierbei besteht ein besonderes Interesse an einer Effizienzsteigerung durch bessere Ausnutzung vorhandener Verkehrswege, die ohne restriktive Maßnahmen auskommt.*
3. *Erarbeitung von tragfähigen Betreibermodellen und Einführungsszenarien*

1.1.3 Aufgaben

Aus den allgemeinen Zielen wurden die folgenden konkreten Aufgabenstellungen abgeleitet.

- *Hersteller- und funktionsübergreifende Kommunikationslösungen*
- *Integration unterschiedlicher Kommunikationstechnologien*
- *Referenzimplementierung einer ITS Vehicle Station (IVS)*
- *Referenzimplementierung einer ITS Road Side Station (IRS)*
- *Integration der IRS in die Verkehrsinfrastruktur*
- *C2X-Spezifikation und abgesicherte Standardisierungsgrundlagen*
- *Integrierte Simulationslösungen zur Unterstützung der Spezifikations- und Bewertungsprozesse*

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.

Die wesentlichen Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde, bestanden in der Auswahl des Versuchsgebietes sowie in der Zusammensetzung des Konsortiums.

Im Vorfeld des Projektes wurde unter der Leitung des Verbands der Automobilindustrie (VDA) das Rhein-Main-Gebiet als sim^{TD}-Versuchsgebiet ausgewählt. Als wichtige deutsche Verkehrsdrehscheibe mit bedeutenden Verkehrserzeugern wie Flughafen, Messe oder Stadion verfügt das Rhein-Main-Gebiet über ein hohes Verkehrsaufkommen, das die Erforschung aller Verkehrssicherheits- und Verkehrseffizienzfunktionen im normalen Alltagsbetrieb ermöglicht. Zudem bietet die Modellregion Hessen eine hervorragende Infrastrukturausrüstung von Verkehrserfassungs- und Verkehrssteuerungsanlagen sowie alle relevanten Straßenkategorien, die eine Übertragbarkeit auf andere Regionen erlauben.

Bei der Auswahl der Konsortialpartner wurde sehr viel Wert darauf gelegt, dass alle wesentlichen „Stakeholder“ im Umfeld der C2X-Kommunikation in das Projekt sim^{TD} eingebunden sind. Die Partner decken die wesentlichen strategischen Aufgaben ab und zeichnen sich durch eine hohe Kompetenz in ihren jeweiligen Kernbereichen aus. Sie stellen das notwendige Know-how aus dem jeweiligen Bereich bereit und vertreten insbesondere auch die Interessen ihrer Gruppe im Projekt. Voraussetzung für das Erreichen der Projektziele war eine sehr enge Zusammenarbeit zwischen Forschern und Entwicklern führenden deutschen Automobilherstellern, Automobilzulieferern, Kommunikationsunternehmen, Forschungsinstituten sowie der öffentlichen Hand.

Die Bearbeitung der Aufgaben des gemeinsamen Arbeitsplanes erfolgte auf Basis eines Kooperationsvertrages in Form eines Verbundprojektes. Das sim^{TD}-Konsortium bestand aus folgenden Projektpartnern:

Adam Opel AG, AUDI AG, BMW AG, BMW Forschung und Technik GmbH, Daimler AG, Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Volkswagen AG, Robert Bosch GmbH, Continental Teves AG & Co. oHG, Deutsche Telekom AG, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Technische Universität Berlin, Technische Universität München, Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Universität Würzburg, 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^{TD} aufbauen konnte.

1.3.1 Ausgangslage vor Projektbeginn

Einsatzfelder des Verkehrsmanagements

Sicherheit und Effizienz des Verkehrs basieren auf kollektiven Verkehrserfassungs- und -beeinflussungsmaßnahmen, 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 Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen sind.

Datenerfassung

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

Die Verkehrsdaten werden überwiegend mit stationären Detektoren wie Induktionsschleifen oder Infrarot- und Radarsensoren erfasst. Zur Gewinnung der 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 übermittelt.

Zusätzlich wurden vereinzelt Fahrzeuge selbst als Datensensor und Datenlieferant genutzt, indem relevante Fahrzeug- 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.

Hindernisse bzw. Verkehrsstörungen werden überwiegend von Verkehrsteilnehmern fernmündlich der Polizei gemeldet, die ihrerseits die Verkehrszentralen benachrichtigt. Zunehmend organisierten sich auch private Verkehrs- bzw. Staumelder. Lokale Bereiche im Verkehrsnetz, die für die Verkehrssicherheit besonders relevant sind (beispielsweise ein Autobahnabschnitt mit einer temporären Seitenstreifenfreigabe oder eine große innerstädtische Verkehrskreuzung), werden mit Hilfe von Videokameras von den Operatoren der Verkehrszentralen beobachtet. In den Verkehrszentralen werden die Verkehrs- und Umfelddaten 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 Netz- und Streckenbeeinflussungsmaßnahmen zusammenfassen, mit denen Verkehre gleichmäßiger auf Strecken oder in Netzen verteilt und damit effizienter und verträglicher abgewickelt werden können.

Die Anzeige für die dazu nötigen Umleitungsempfehlungen 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 Wechselwegweiser (WWW), dynamische Wegweiser mit integrierter Stauinformation (dWiSta), dynamische Informationstafeln mit Reisezeitanzeige (dIRA) usw. sein. Im städtischen Netz werden Umleitungsempfehlungen mit Hilfe dynamischer Verkehrsinformationstafeln den Verkehrsteilnehmern mitgeteilt. Des Weiteren ist über die Anpassung von Signalprogrammen an Lichtsignalanlagen 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 Wechselverkehrszeichen können bei hoher Verkehrsbelastung oder bei ungünstigen Witterungsbedingungen fahrstreifenbezogene Geschwindigkeits-beschränkungen und weitere verkehrsregelnde Anzeigen dargestellt werden. Bei auftretenden Störungen des Verkehrsablaufs werden die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer so schnell wie technisch möglich gewarnt. Die Anlagen verarbeiten automatisch die gemessenen Verkehrs- und Umfelddaten und werden bedarfs- und situationsorientiert gesteuert.

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 (Anti Block 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 Wireless LAN wurde für eine Nutzung bei Sicherheits-, Verkehrseffizienz- und Komfortanwendungen weiterentwickelt als leistungsfähige Nahbereichskommunikationstechnik in Ergänzung zu zellulärem Mobilfunk (UMTS, GPRS, GSM).

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 so genannten 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 Medienzugriffsverfahren 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^{TD} 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 Standards der dritten Generation für Mobilfunk. Ursprünglich wurde UMTS vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) standardisiert. Er wurde vom 3rd Generation 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 und mit Unterstützung zahlreicher nationaler und europäischer Förderprojekte – wie z.B. des BMBF Projekts Network on Wheels (NoW) und des EU Projekts COMeSafety – eine 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. September 2007 wurde von der WG FM eine ECC Decision für eine Frequenzzuweisung von 30 MHz im Bereich 5,875 bis 5,905 GHz sowie einer 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 Europäischen Union zu untersuchen (EC

Mandat), was typischerweise als Vorbereitung einer EC Entscheidung für eine Spektrumszuweisung dient.

1.3.2 Frühere Projekte

Im Folgenden sind ausgewählte Projekte aufgeführt, auf deren Ergebnissen sim^{TD} aufbauen konnte.

In mehreren nationalen und europäischen Projekten, gefördert oder von der Wirtschaft finanziert, wurden für das vorliegende Vorhaben angestrebte Technologien und Anwendungen erforscht. Dazu zählen Projekte wie FleetNet, Invent, NoW, GST, PReVENT, AKTIV mit den Unterprojekten AKTIV-AS, AKTIV-VS und CoCar, 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 genannten Projekte eine einheitliche Ende-zu-Ende Architektur in dem Maßstab, wie bei sim^{TD} (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), spezifiziert.

Neben den Entwicklungs- und Forschungsprojekten, an deren Ergebnisse sim^{TD} angeknüpft hat, wurden auch Ergebnisse anderer Forschungsprojekte 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. Die nachfolgende Abbildung illustriert die Einbettung von COMeSafety in die internationale Forschungs- und Standardisierungslandschaft.

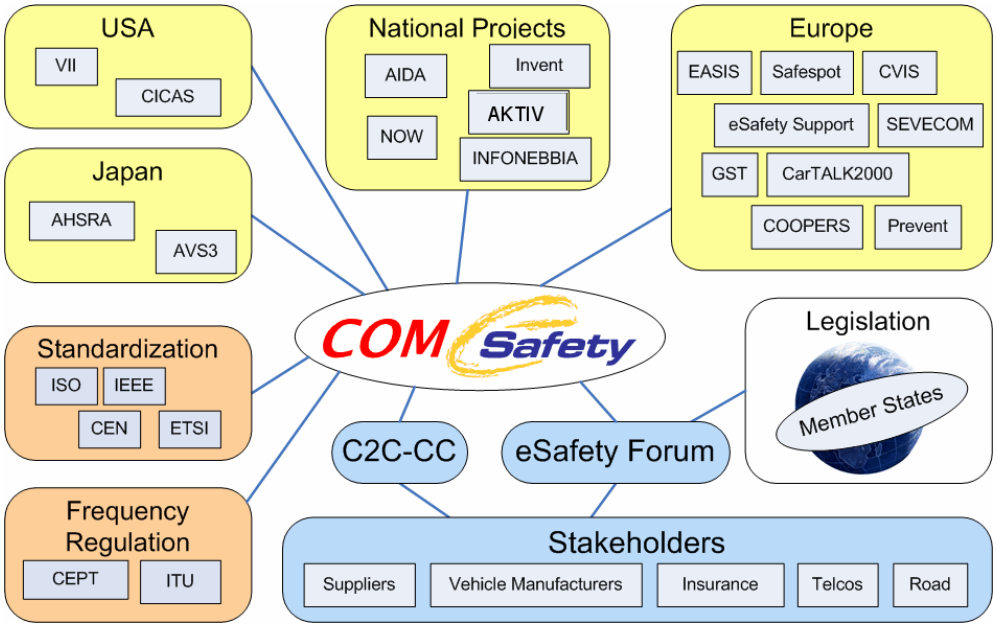

Abbildung 1.2: Einbettung von COMeSafety in die internationale Forschungs- und Standardisierungslandschaft

COMeSafety verfolgt nachstehende Ziele:

- Unterstützung bei der weltweiten Harmonisierung des Funksystems,

- Unterstützung der Frequenzallokation durch EU Standardisierungsgremien,
- Identifikation von Standardisierungsanforderungen zur Kommunikation in sicherheitsrelevanten und verteilten Applikationen,
- Unterstützung bei der Konsolidierung von Projektergebnissen verwandter Forschungsprojekte,
- Unterstützung bei der Harmonisierung von Kommunikationsplattformen und bei der Erarbeitung einer einheitlichen Kommunikationsarchitektur,
- aktive Förderung der Zusammenarbeit und des Informationsaustauschs mit Initiativen in anderen Weltregionen (aktuell USA und Japan).

Durch aktive, so genannte „Liaisons“ zu den Projekten konnte effizient auf die Projektergebnisse zugegriffen werden. COMeSafety hat damit einen wesentlichen unterstützenden Beitrag für sim^{TD} 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.

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Während der Laufzeit von sim^{TD} stand das Projekt in intensivem Austausch mit folgenden Institutionen/Projekten.

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 alle sim^{TD}-Deliverables erhalten.

CoCarX und DRIVE C2X

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

CAR2CAR COMMUNICATION CONSORTIUM (C2C CC).

Im Rahmen des C2C-CC und mit Unterstützung von sim^{TD} 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^{TD} hat deshalb der Organisation die grundlegenden Ergebnisse der sim^{TD}-Architektur und Umsetzung zur Verfügung gestellt.

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^{TD} entwickelte Hardware der ITS Vehicle Station.

VUFO

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

2 Planung und Ablauf des Vorhabens

2.1 Projektstruktur

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Strukturplan von sim^{TD}, 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 Qualitätsmanagement beinhalteten.

TP1-Anforderungsanalyse

Dieses Teilprojekt hatte die Aufgabe eine umfassende Analyse, Spezifikation und Dokumentation der aus den Projektzielen resultierenden Anforderungen an die nachfolgenden umsetzenden 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.

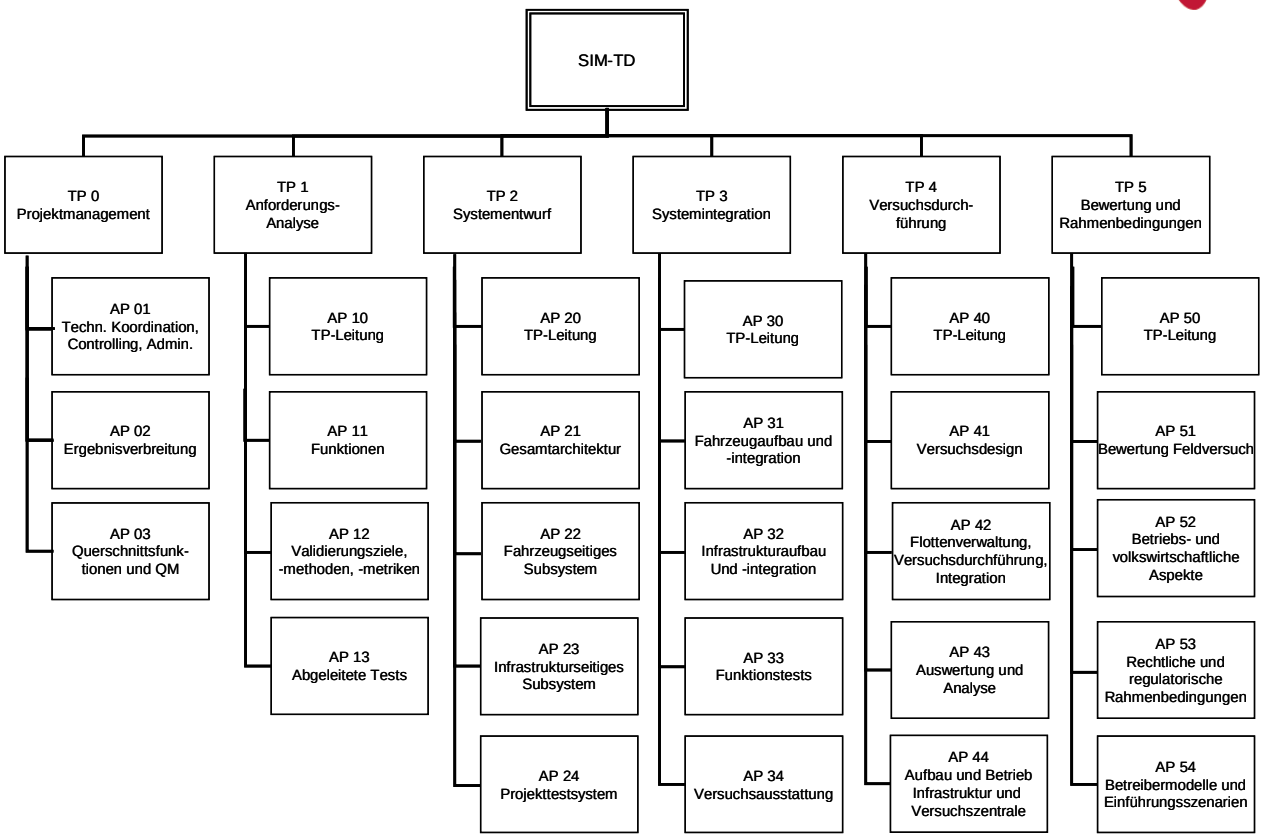

Abbildung 2.1: Struktur des sim^{TD} Projekts

2.2 Zeitplan 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 den folgenden Abbildungen detailliert sind.

Die Projektphase 1 beinhaltete die Aufstellung der Anforderungen an das sim^{TD}-System, die Spezifikation der Funktionen und der Architektur sowie prototypische Implementierungen der ITS Vehicle Stations und der ITS Roadside Stations. Diese Phase wurde im Zeitraum vom 01.09.2008 – 31.10.2010 durchgeführt.

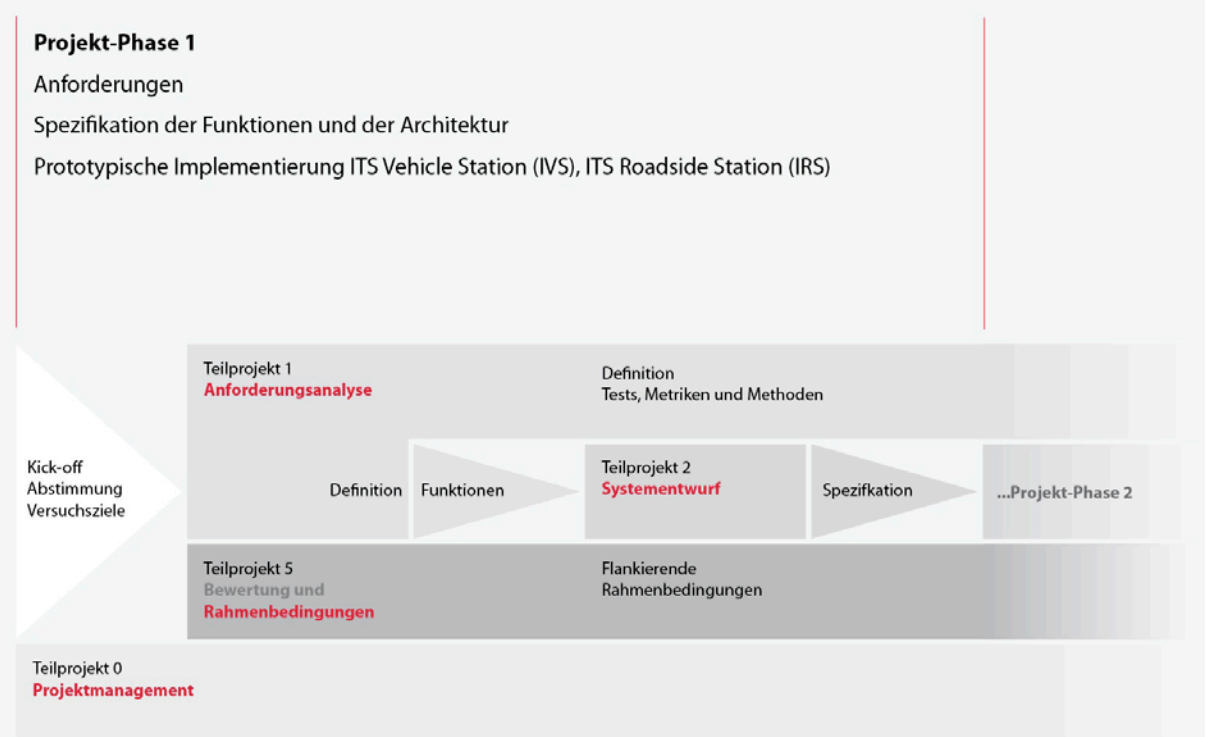

Abbildung 2.2: Inhalte der Phase 1

Die Projektphase 2 beinhaltete die Ausrüstung der Versuchsfahrzeuge, die Produktion der ITS Vehicle Stations und der ITS Roadside Stations, 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.

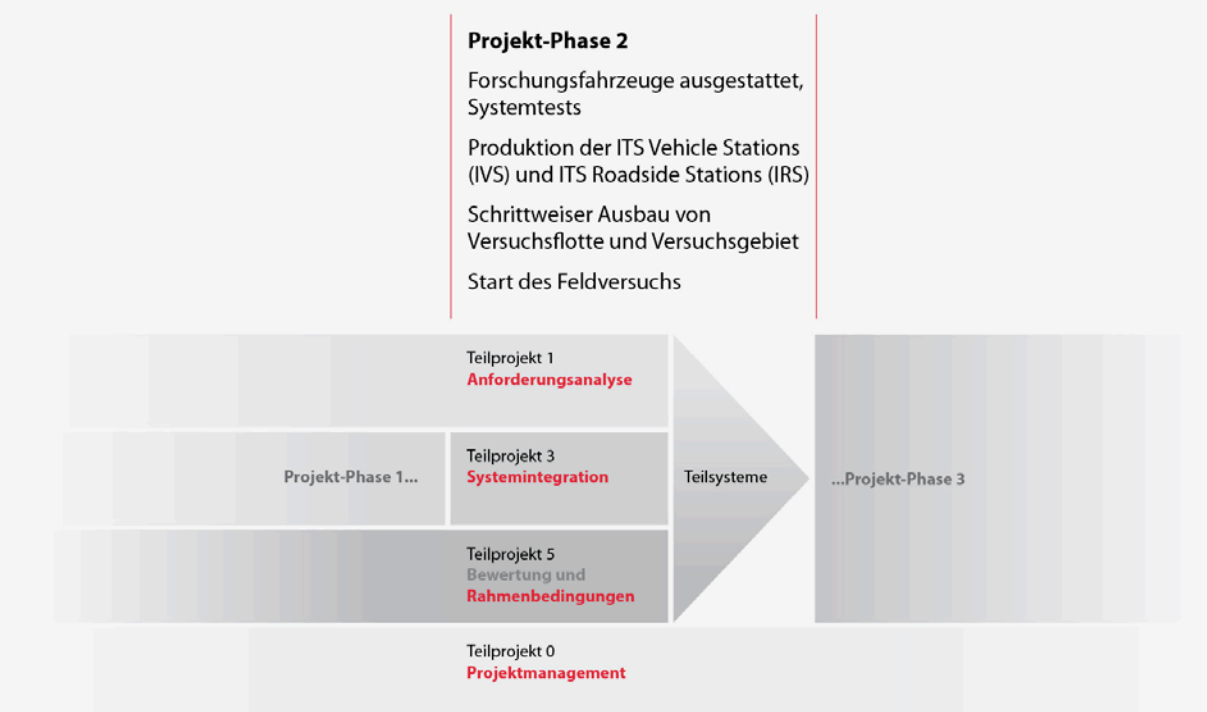

Abbildung 2.3: Inhalte der Phase 2

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.

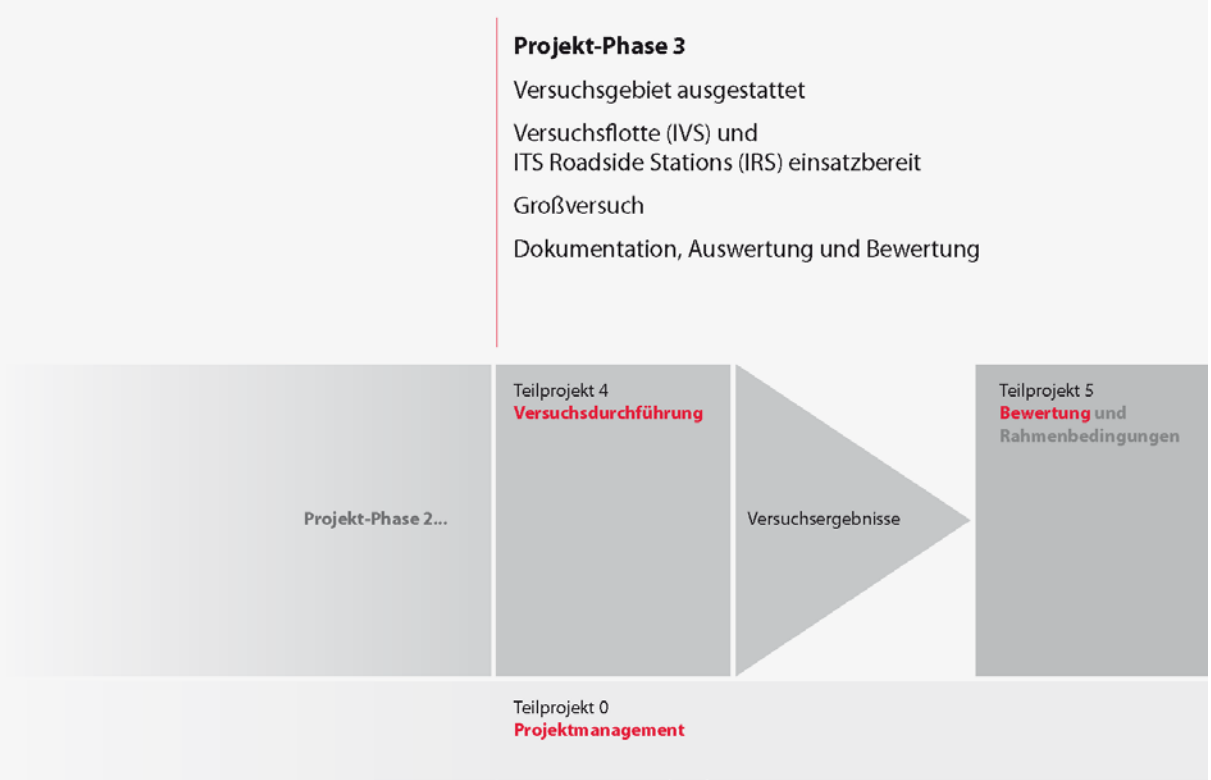

Abbildung 2.4: Inhalte der Phase 3

2.2.2 Ablauf

Das Projekt startete am 01.09.2008 und endete am 30.06.2013. Die folgenden Meilensteine wurden 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 Fraunhofer FOKUS

3.1 TP2 – Systementwurf

3.1.1 AP21 – Gesamtarchitektur

Bei der Gesamtarchitektur hat Fraunhofer FOKUS die Architektur des Testsystems und der Security Komponente auf der CCU eingebracht.

Hierbei hat FOKUS an folgenden Deliverables mitgearbeitet:

D21.1 „Bewertende Übersicht existierender Systemarchitekturen“ – Beiträge zum Sicherheitsdienst, zum Identitätsmanagement und deren Nutzen, sowie Beiträge über den Stand der Technik.

D21.2 „Konsolidierter Systemarchitekturentwurf“ – Schreiben der Kapitel für die Testsystemkomponenten - insbesondere mit dem Schwerpunkt Systemprüfstand. Hierbei wurden die Schnittstellen zum Testsystem, Testprotokolle sowie Benutzungsszenarien beschrieben. Darüber hinaus Integration der Testsystem- und Securitykomponenten in das Gesamtsystem und die UML Modellierung des gesamten Testsystems.

D21.4 „Spezifikation der Kommunikationsprotokolle“ – Spezifikation der Nachrichtenformate für die Testprotokolle sowie der Datenstrukturierung für die Testdaten.

D21.5 „Spezifikation der IT-Sicherheitslösung“ – Zusammenfassung relevanter Vorprojekte, Spezifikation relevanter Bedrohungsszenarien, deren Analyse sowie schützenswerter Komponenten.

Der Hauptverantwortlichen jeder Plattform (VAU, RAU, CCU, Infrastruktur sowie Testsystem) wurden zu einem Architektur-Team zusammengeschlossen, welches die Gesamtarchitektur auf ihr Zusammenspiel hin prüfen sollte. In diesem Team übernahm FOKUS das Testsystem und begleitete es architektonisch weiter. Das Architektur-Team ging später in ein Change Control Board über, welches eine ähnliche Rolle bei Änderungen und Ergänzungen spielte und das System bis zum Ende der Versuche in TP4 begleitete.

3.1.2 AP23 – Infrastrukturseitiges Subsystem

Die Server der Testsystemkomponenten waren integraler Bestandteil des infrastrukturseitigen Subsystems. Insbesondere für die Server für die Versuchsdaten war eine enge Abstimmung mit dem Partner HLSV notwendig.

Folgende Aspekte wurden hierbei festgelegt:

- Planung der manuellen und automatischen Datenübergabe an die Versuchszentrale
- Planung der Datenaufzeichnung in der Infrastruktur
- Planung des Deployment der Testsystemkomponenten auf den Servern der Versuchszentrale
- Definition der Anforderungen an das Netzwerk der HLSV: Anbindung des Prüfstands, Durchgriff auf die Fahrzeuge und die IRSsen
- Anbindung des Testgeländes und des Flottenstützpunktes mit cWLAN (dieser Aspekt wurde später nicht umgesetzt)
- Alternativkonzept zur Übermittlung der Messdaten mit USB-Sticks

- Festlegung der Integrationsschnittstelle Sicherheitsdienst für den GeoCast Server

Sämtliche Aspekte wurden in ein um die ITS Central Station erweitertes UML Modell eingepflegt.

3.1.3 AP24 – Projekttestsystem

Gesehen am Gesamtprojekt lag in diesem Arbeitspaket der Schwerpunkt von Fraunhofer FOKUS. Durch FOKUS wurden alle Testsystemkomponenten mitbetreut, mitentwickelt und getestet - und die Arbeiten im Rahmen der AP-Leitung koordiniert (Entwicklungsprozess, Qualitätssicherung, Abnahmekriterien etc.). Ein Teil der hier beschrieben Projektergebnisse von FOKUS können auch dem AP32 zugeordnet werden. Der inhaltlichen Übersicht halber, werden die Themen jedoch hier im Folgenden gebündelt dargestellt.

Ein besonderer Schwerpunkt lag auf dem Prüfstand, der exklusiv von FOKUS entwickelt wurde.

Prüfstand

Der sim^{TD} -Prüfstand wurde als erster Integrationspunkt und Möglichkeit für erste Funktionstests der Gesamtarchitektur geplant und aufgebaut. Hierzu wurden alle Einzelkomponenten lokal in einem Laboraufbau bei FOKUS in Berlin aufgebaut, vernetzt und mittels eines Prüfstand-PCs die fehlenden Realdaten (z.B. Fahrzeug CAN-Daten, Kommunikationsdaten) eingespielt.

Abbildung 3.2 gibt einen Überblick über die einzelnen Komponenten, die den Prüfstand bildeten.

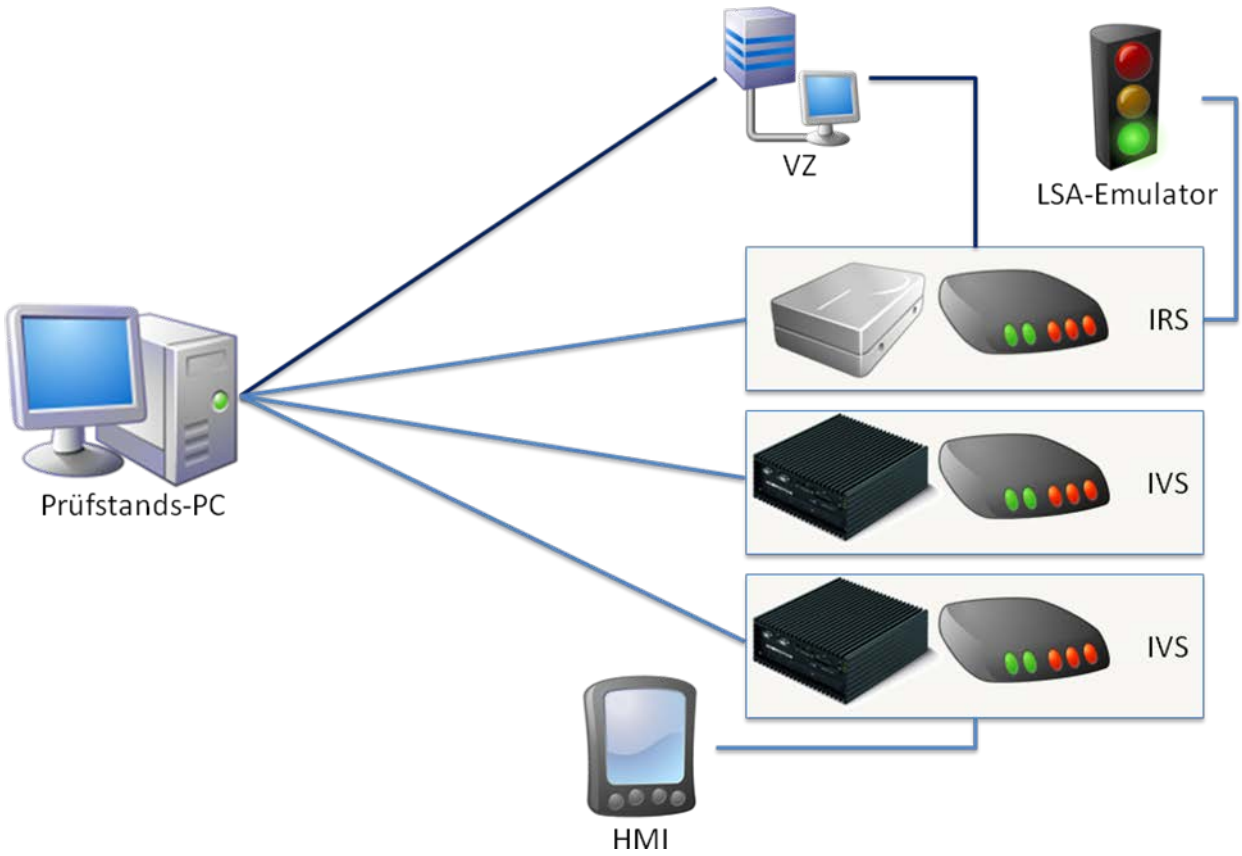

Abbildung 3.2: Schema des sim^{TD} - Prüfstands

Eine Hauptkomponente des Prüfstands war der sog. Prüfstands-PC, auf dem aufgezeichnete oder simulierte Realdaten gegen das System abgespielt wurden und die Rückmeldungen aufgezeichnet und ausgewertet wurden. Die Koordination der Tests fand ebenfalls auf diesem System mittels der von der ETSI standardisierten Testsprache TTCN-3 statt.

Der Prüfstand wurde in Zusammenarbeit mit dem Unterauftragnehmer Testing Technologies IST GmbH in Berlin entwickelt, die insbesondere Expertise im Bereich TTCN-3 und ihre Lizenzen für Testumgebung TTworkbench in das Projekt einbrachten. Mit Hilfe des simTD-Prüfstands und der TTworkbench konnte ein sehr strukturierter und automatisierter Testansatz (insbesondere in Absprache mit Bosch) in simTD etabliert werden.

Die Arbeiten am Prüfstand wurden von Fraunhofer FOKUS sowie im Rahmen einer Unterbeauftragung der Firma Testing Technologies durchgeführt und durch separate Beauftragungen der im Projekt involvierten OEMS weiter unterstützt. Alle Arbeiten wurden von Fraunhofer FOKUS betreut und geleitet. Fraunhofer FOKUS führte regelmäßige Abstimmungstreffen mit dem Unterauftragnehmer Testing Technologies zur Abstimmung des aktuellen Arbeitsstands durch. FOKUS hat letztlich auch Prüfung und Abnahme der Lieferungen des Unterauftragnehmers Testing Technologies abgenommen.

Um die Potentiale des sim^{TD} Prüfstands und der TTCN-3 Lösung im Projekt so gut wie möglich auszuschöpfen hat Fraunhofer FOKUS TTCN-3 Schulungen organisiert und begleitet. Es wurde Schulungsmaterial bereitgestellt und die Vor- und Aufbereitung der Schulungsinfrastruktur verantwortet.

Folgende Teilaspekte waren bei der Entwicklung des Prüfstands besonders relevant, um eine nachhaltige Verwendbarkeit zu gewährleisten:

Aufgezeichnete Realdaten:

Um Realdaten für die Tests aufzeichnen zu können, wurde ein Rekorder entwickelt, der sich in den Fahrzeugen zur VAPI verband und alle Daten vom CAN-Bus und dem GPS-Subsystem aufzeichnete und diese in einem eigens für den Prüfstand entwickelten XML-Datenformat abspeicherte.

FOKUS hat mit dem Recorder Test-Traces aufgezeichnet und den Partnern als Input für ihre Testszenarios zur Verfügung gestellt.

Diese Test-Traces wurden später am Prüfstand von einem Player gegen die dort befindlichen IVS und CCUs abgespielt und simulierten so eine reale Fahrt die dann als wiederholbares Testszenario zum Testen der IVS verwendet wurde. Hierzu musste die VAPI und die Kommunikationskomponenten um zusätzliche Testschnittstellen erweitert werden.

InCar-Simulator

FOKUS hat den InCar-Simulator entwickelt, der in den Prüfstand integriert wurde. Der InCar-Simulator ist eine Komponente, die dafür verantwortlich ist das „System Under Test“ – hier also die fahrzeuginterne Kommunikations- und Anwendungseinheit –synchronisiert mit Daten bespielen zu können, von denen die Systeme in der Laborumgebung ansonsten abgekoppelt wären. Erweiterungen des InCarSimulators wurde in regelmäßigen Abständen vorgenommen, etwa um die Verarbeitung von C2X Nachrichten (zum Einspielen in Umfeldtabelle und den Communication Client) zu unterstützen und eine integrierte Schema Validierung der Tracefiles sowie deren Persistierung zu unterstützen.

Integration in die Versuchszentrale:

Um die Server der Versuchszentrale und die IRS in den Prüfstand zu integrieren war es notwendig eine zusätzliche VPN Verbindung zu erstellen, die den Prüfstands-PC direkt mit den Servern der Versuchszentrale kommunizieren ließ. Dies ermöglichte auch die Integration der lokalen IRS mit dem IRS-Management.

Erstellung von Referenztests:

Um den Partnern die Möglichkeit zu geben, eigene Testabläufe mit TTCN-3 und aufgezeichneten Trace-Files zu erstellen, wurden für jede Funktion im Rahmen eines Unterauftrags Referenztests erstellt, die die Verifikation der Basisfunktionalität der Funktion ermöglichten. Darüber hinaus wurde im Rahmen des W24.3 eine ausführliche Dokumentation der Prüfstands und seiner Verwendung erstellt.

Koordination von Testsitzungen:

Da der Prüfstand der erste Integrationspunkt des Gesamtsystems war, wurde es notwendig, Testsitzungen für alle Partner zu organisieren und zu koordinieren. Hierzu wurden Testwochen angesetzt, in denen den einzelnen Partner jeweils Testeinheiten zugeteilt wurden, in denen sie den Prüfstand vorkonfiguriert nutzen konnten, und ihre eigenen Tests durchführen konnten.

Daneben wurden für die Koordination und die Unterstützung der Partner zahlreiche Präsenztreffen und regelmäßige Telefonkonferenzen abgehalten. Über den gesamten Zeitraum der Nutzung wurde der Prüfstand weiterentwickelt und verbessert, um möglichst vielen Wünschen der Partner Rechnung zu tragen. Darüber hinaus hat FOKUS fortwährend Support bei der Nutzung des Prüfstandes geleistet.

An den Prüfstand wurden vier VAUs, zwei CCUs und eine RAU angebunden. Mit Hilfe des Tools TTworkbench können mehrere ITS Stations synchronisiert angesteuert werden um komplexe Testszenarios zu testen. Existierenden Testmethoden des Partners Bosch wurden in den Prüfstand integriert. Der komplett integrierte Prüfstand wurden zum Meilenstein MS4 demonstriert.

Traceplayers

Neben dem komplett integrierten Prüfstand hat FOKUS auch ein Werkzeug für Partner und Entwickler angeboten, mit Hilfe dessen bereits umfangreiche Integrationstest auf den Entwicklerplattformen durchgeführt werden konnten. Neben umfangreichen Support für die Partner hat FOKUS von Beispielprogrammen und Bedienanleitung erstellt, um Partnern die Nutzung der TracePlayer API zu veranschaulichen.

Konzepte zum Prüfstand und die in sim^{TD} realisierten Testfälle wurden im Rahmen einer Initiative von Fraunhofer FOKUS an die ETSI zur weiteren Standardisierung übergeben.

Anpassung VSimRTI

Die von FOKUS entwickelte integrierte Simulationsumgebung VSimRTI ist von FOKUS so angepasst worden, dass Tracefiles generiert werden können, die vom Traceplayer verarbeitbar sind. U.a. hat FOKUS mit dem Tool Traces für das sim^{TD} -Testgebiet erstellt.

Logging & Datenhandling

Zwei zentrale Bausteine des Testsystems beziehen sich auf das Logging und das Testdatenmanagement, welches beides von FOKUS entwickelt und installiert wurde. Zur strukturierten Bewertung des Feldtests müssen während der Versuchsfahrten vielfältige Daten gesammelt werden, die im Nachgang ausgewertet werden müssen, um das System zu validieren. Da der Umfang der aufzuzeichnenden Daten immens ist, ist hier ein intelligentes Datenlogging entwickelt worden.

In einem ersten Schritt war es dazu notwendig mit den Systemevaluierenden aus TP4 die Anforderungen an die Daten und Qualität zu definieren. Diese Informationen wurden im Wesentlichen in der Messgrößendatenbank aufgenommen. Mit Hilfe der Informationen aus der Messgrößendatenbank hat FOKUS ein Konzept für Logprofile entwickelt. Auf diese Weise konnte auf einfache und transparente Art und Weise der Umfang der aufzuzeichnenden Daten je nach Bedarf angepasst werden. Ein Default-Loggingprofil wurde von FOKUS bereitgestellt.

Daneben hat FOKUS die Stellgrößendatenbank entwickelt und betreut. Hier wurden Systemkonfigurationsparameter zentral hinterlegt, die dann später zum Versuch über die mPRM Schnittstelle in das verteilten ITS Stations verbreitet wurden.

Alle Fragestellungen zum Thema Testdaten wurden in dem Arbeitspaket unter Leitung von FOKUS diskutiert. FOKUS hat parallel Übersichten zu Daten gepflegt und Partner in die Themen eingearbeitet.

Neben dem System zum Auswählen, Bestimmen und Aufzeichnen der Daten ist die zentrale Sammlung und das zentrale Datenmanagement wesentlicher Bestandteil der Arbeit von FOKUS in dem Arbeitspaket gewesen. Dabei ging es insbesondere um die Datenverarbeitungskette, zu der FOKUS eine Arbeitsgruppe geleitet hat. Hier wurde das System definiert, welches die sichere und effiziente Übertragung der Daten von der Datenquelle (vor allem ITS Stations) zur Versuchszentrale, der zentralen Datensammelstelle, implementiert. U.a. hat FOKUS dazu vergleichende Studie zu verschiedenen Konzepten der sicheren Logdatenübertragung und eine Evaluierung der Konzepte hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Realisierbarkeit durchgeführt. Als Fallbacklösung wurde ein Konzept für die sichere Übertragung von Logdaten mit Hilfe von USB Sticks und der Briefpost erarbeitet. Dazu wurde eine eigene Soft- und Hardwarelösung mit der Logstation entwickelt. Als Senke für die Versuchsdaten hat FOKUS die Versuchsdatenspeicherung in der Versuchszentrale konzipiert.

WebScE

Mit dem Webscenario-Editor (WebScE) hat FOKUS aufbauend auf den Arbeiten des Unterauftragnehmers DCAITI ein zentrales Tool zur Vorbereitung, Planung, und Durchführung von den sim^{TD} Tests entwickelt. Die Webapplikation stellt ein zentrales Werzeug dar, um, die Versuche zu operationalisieren und zu organisieren. Am Anfang stand dabei die Recherche und die Evaluierung existierender Tools, die man für diesen Einsatzzweck hätte nutzen können. Dabei stellte sich bald heraus, dass es keine existierende Lösung gibt, die den sehr spezifischen Anforderungen des Projektes gerecht werden würde. Daher entschied man sich gemeinsam mit dem Projektkonsortium eine Eigenentwicklung zu präferieren. Diese wurde vom Unterauftragnehmer DCAITI begonnen und vom Fraunhofer FOKUS weitergeführt und abgeschlossen.

Die Arbeit an dem Tool kann in zwei grundsätzliche Teile ausgebrochen werde: Ein Tooling zur Unterstützung bei der Versuchsplanung und eines für die Unterstützung der Versuchsdurchführung.

Der WebScE ist dabei integriert in die sim^{TD} -Testsystemlandschaft. So werden die mit Hilfe des Tools entwickelten Test-Drehbücher wie die Logdaten zentral gespeichert. Die Instruktionen, die der Toolnutzer während der Versuchsdurchführung in das Tool eingibt werden an die Testfahrer versandt etc.

Nach Entwicklung des Tools hat FOKUS auch die fortdauernde Administration und den Support verarbeitet, dazu zählten u.a. die Erstellung von zusätzlich benötigten Drehbüchern, Logins und Anpassung von existierenden Daten (Telefonnummern etc.), Update auf neue Version von Google Maps und vieles mehr.

Versuchsplanung:

FOKUS hat (in Zusammenarbeit mit dem Unterauftragnehmer DCAITI) mit dem Tool ein Werkzeug den Versuchsplanern (von technischen und nicht-technischen Versuchen) zur Verfügung gestellt, mit dem die Versuche in einer einheitlichen Form beschrieben werden können und operationalisiert werden können. FOKUS hat dazu mit dem Projektkonsortium intensiv diskutiert um möglichst viele Anforderungen mit dem Tool abzubilden. Der erste Schritt für die Spezifizierung war dann die Beschreibung von Nutzungsszenarien für die

Testablaufplanung und Versuchssteuerung. Darauf aufbauend wurde die Webapplikation iterativ und inkrementell von FOKUS und dem Unterauftragnehmer DCAITI entwickelt.

Versuchssteuerung

Der zweite Schwerpunkt des WebScE-Tools adressiert die Unterstützung während des Versuchslaufes. Auch dieser wurde vollständig und in gleicher Art und Weise bei dem das Tool zur Unterstützung der Versuchsdurchführung entwickelt. Das Tool visualisiert die Versuchsdurchführung in Echtzeit und gibt einem Versuchsoperator die Möglichkeit jederzeit den Status des Versuchs zu bewerten und – falls notwendig – korrigierend einzugreifen.

Tool zur Schnellvalidierung

Für eine effiziente Durchführung der Tests und Versuche und anschließender Evaluierung muss frühzeitig festgestellt werden, ob die aufgezeichneten Daten als eine Grundlage für die Evaluierung herangezogen werden können. Um dieses zu verifizieren hat FOKUS ein Werkzeug entwickelt, welches automatisiert und innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit genau dieses leistet.

Flottenmanagementsystem

Schon vor Projektstart wurde festgestellt, dass aufgrund der großen Versuchsflotte von Fahrzeugen ein Flottenmanagement benötigt werden würde. Es wurde entschieden einen professionellen Anbieter solcher Systeme zu beauftragen. FOKUS hat diesen Unterauftrag des Projektes betreut.

In einem ersten Schritt wurde dazu ein Lastenheft zur Ausschreibung des Gemeinsamen Unterauftrages (GUA) von FOKUS verfasst. Angebote von entsprechenden Anbietern wurden eingeholt, auf deren Grundlage sich für eine Firma (www.sauer-os.de) entschieden wurde.

FOKUS hat die Zusammenarbeit mit dem GUA-Nehmer insbesondere technisch begleitet, da eine Integration mit Tools, die von FOKUS entwickelt wurden (WebScE) benötigt wurde. Dabei wurden z.B. Performanceanalyse um das Problem der langsamen Synchronisierung zwischen WebScE und FMS zu finden durchgeführt. Die finale Abnahme wurde von FOKUS vorbereitet und vorgenommen.

Letztlich aber wurde es zur besseren Integration mit anderen simTD Werkzeugen ein zweites Flottenmanagementsystem von FOKUS in Absprache mit den Projektpartnern entwickelt, welches letztlich auch eingesetzt wurde.

Security

Die Security relevanten Arbeiten im Projekt wurden in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe (AG) Security geleistet. Dazu fanden regelmäßige Telefonkonferenzen und physische Treffen statt. Fraunhofer FOKUS hat sich hierbei aktiv gestaltend eingebracht.

Zu Beginn des Projektes wurde die Sicherheitsarchitektur erarbeitet, bei der es Anteile auf der Fahrzeugseite, sowie in der Infrastruktur gibt. Die Spezifikation und Implementierung der Fahrzeugseitigen Anteile viel in den Verantwortungsbereich von Fraunhofer FOKUS. Die Fahrzeugseitigen Anteile wurden dabei anfänglich wie folgt unterteilt. Die Gruppe der Hauptfunktionen HF5.1 stellte die Interaktion zwischen dem Sicherheitsdienst und der Sicherheitsinfrastruktur da, diese sollten ursprünglich auf der Application Unit (AU) laufen. Der Sicherheitsdienst (FOKUS Security Daemon) ist eine native Implementierung der Sicherheitsprotokolle und Zertifikatsformate, der auf der Communication and Control Unit (CCU) läuft. Zusätzlich wurden Schnittstellenbibliotheken zur Integration auf der AU und CCU spezifiziert und implementiert.

Die HF5.1 wurden auf Beschluss der AG Security im weiteren Projektverlauf in den Security Daemon auf der CCU verschoben, um eine Integrierte Sicherheitslösung zu schaffen. Dazu

wurde das Vorgehen geplant und analysiert welche Änderungen am CCU Sicherheitsdienst vorgenommen werden müssen.

Auf Basis der Integrierten HF5.1 wurde die Schnittstelle zur Sicherheits Infrastruktur (PKI) umgesetzt. Diese ist für die Initiale, sowie wiederkehrende Beschlüsselung der mobilen Knoten erforderlich. In umfangreichen Tests am Prüfstand und im Fahrzeug, wurde die korrekte Funktionsweise bestätigt.

Der Security Daemon ist eine auf unseren vorhergehenden Entwicklungen basierte C++ Softwarelösung, die eine Implementierung einer für sim^{TD} angepassten Protokollvariante von IEEE 1609.2-2006 bietet. Sie wurde für die Verwendung auf dem PowerPC Prozessor der sim^{TD} CCU portiert und ausgiebig am Prüfstand und im Fahrzeug getestet. Die Entwicklung wurde von uns unter zur Hilfenahme des bereitgestellten Cross-Compilers durchgeführt.

Die Schnittstellen des Security Daemon sind eine Anbindung an das GeoNetworking von NEC, Verwendung der VAPI Schnittstelle von VW und Logging mit Hilfe der FOKUS Loggingbibliothek und dem Lokalen Syslog, sowie die Schnittstelle zur Steuerung des Identitätsmangement von der AU aus. Für die GeoNetworking Schnittstelle ist eine ANSI C Schnittstellenbibliothek (C-Wrapper) bereitgestellt worden. Die Identitätsmangementschnittstelle zur AU wurde als OSGi Bundle umgesetzt (Java-Wrapper).

Die Implementierungen wurden jeweils in enger Kooperation mit den verantwortlichen Partnern bei NEC und Continental durchgeführt. Planung sowie Integrationstests und Hilfestellung bei der Verwendung der Bibliotheken wurden von FOKUS geleistet. Von FOKUS erstellte Testskripte konnten diese Prozesse unterstützen. Am Ende dieses Prozesses stand ein stark erweiterter Security Daemon mit integriertem Logging, Syslog, VAPI-Anbindung und IPv6 Unterstützung, der stabil und in voll in das CCU Image integriert war.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Für Fraunhofer FOKUS ist das Projekt simTD das zentrale Projekt im Bereich Automotive Communications gewesen. FOKUS hat dabei zwei Schwerpunkte im Projekt gesetzt, zum einen die Entwicklung eines umfassenden Testsystems und die Weiterentwicklung der Sicherheitslösung für vernetzte Fahrzeuganwendungen.

Mit diesen beiden Themen konnte sich FOKUS in der relevanten Community positionieren und wird über das Projekt hinaus diese Themen weiter verfolgen.

5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Ergebnisse	Verwertbarkeit
Spezifikation Testsystem	Die Spezifikation des Systems und die gewonnen Erfahrungen werden in anschließende Forschungsprojekte, wie etwa CONVERGE genutzt. Das DRIVE C2X hat ebenso ein Testsystem entwickelt, welches sich an der Spezifikation des in sim^{TD} entwickelten Systems anlehnt.
Logging	Die hier entwickelten Konzepte und Werkzeuge können in vielen Bereichen verwendet werden, bei denen Daten für die Analyse aufgezeichnet und übertragen werden sollen. Die Architektur der Implementierung ist anpassungsfähig, so davon auszugehen ist, dass die Implementierung weitergenutzt werden kann.
WebScE	Der WebScE ist eine Webanwedung zur Testablaufplanung, Versuchssteuerung und Monitoring. Schon während er simTD Projektlaufzeit wurde deutlich, dass die Entscheidung für eine Webapplikation mit vielen Vorteilen verbunden ist – etwa dass die Implementierung auch zur Laufzeit noch optimiert werden kann. Die Erfahrung, die hier bezüglich der Operationalisierung von Tests gewonnen und implementiert wurden, kann in weiteren Projekten, bei denen verteilte, mobile ITS Anwendungen getestet werden als Managementtool genutzt werden.
Schnellvalidierung	Das Tool für die schnelle Validierung von großen Testdaten ist auf bestimmte Daten optimiert. Die Integration mit dem Hadoop System ist jedoch auch für angepasste Daten nutzbar.

6 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens

Ergebnisse	Verwertbarkeit
Spezifikation Testsystem	Mit der Spezifikation des Testsystems für sim^{TD} wurde ein System entwickelt, welches für alle Teilbereiche eines Feldtests für verteilte Fahrzeuganwendungen eine Unterstützung bietet. Dieses Wissen wurde in sim^{TD} in dieser Form erstmalig entwickelt und auch durch die Durchführung des Feldtest validiert.
Logging	Die hier entwickelten Konzepte und Werkzeuge können in vielen Bereichen verwendet werden, bei denen Daten für die Analyse aufgezeichnet und übertragen werden sollen. Die Architektur der Implementierung ist anpassungsfähig, so davon auszugehen ist, dass die Implementierung weitergenutzt werden kann.
WebScE	Der WebScE ist eine Webanwendung zur Testablaufplanung, Versuchssteuerung und Monitoring. Zu Beginn des Projektes wurde evaluiert inwieweit existierende Lösungen (insbesondere im Flottenmanagement aber auch Simulationssetuptools) Anforderungen, wie sie in sim^{TD} auftreten, erfüllen. Dies war bei keinem System der Fall – weder bei freien noch bei kommerziellen Tools. Mit dem WebScE ist (aufsetzend auf den Arbeiten des Unterauftragnehmers DCAITI) ein Tool entwickelt worden, welches diese spezifischen Anforderungen erfüllt.

7 Berichte und Veröffentlichungen

Hervorzuheben sind die folgenden Arbeiten und Veröffenltichung, die unter Führung oder Mitwirkung von FOKUS entstanden sind:

- Bißmeyer, N., Stuebing, H., Mattheß, M., Stotz, J. P., Schülte, J., Gerlach, M., Friederici, F., simTD Security Architecture: Deployment of a Security and Privacy Architecture in Field Operational Tests, 7th ESCAR Embedded Security in Cars Conference, 2009.
- König, C.; Popescu-Zeletin, R.; Radusch, I.; Großmann, J., Integration der VSimRTI Simulationsumgebung in einen Prüfstand für Car2X-Kommunikation, Berlin, Techn. Univ., Dipl.-Arb., 2012.
- Großmann, J.; Neumann, C.; Hinnerichs, A.; Rechner, H.; Hecker, T.; Radusch, I., Test von verteilten C2X-Applikationen, Gesellschaft für Informatik: Informatik 2010 - Service Science - neue Perspektiven für die Informatik, Band 2 : 27.09. - 01.10.2010 in Leipzig. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2010. (GI-edition - lecture notes in informatics - proceedings P-176), 491-496
- Approaches for Testing V2X Systems: ITS World Congress, 22.-26. Oktober 2012, Wien.

- Großmann, J.; Radusch, I.; Neumann, C.; Hinnerichs, A.; Pietsch, S.; Stanca-Kaposta, B., Testing Distributed C2X Systems with TTCN-3: TTCN-3 User Conference (T3UC), 7.-9. Juni 2011, Bled, Slovenien.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht

3. Titel
Verbundvorhaben: sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland), simTD-KOM – Kommunikationssystem,
Teilvorhaben: FhG - FOKUS

4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2013
Radusch, Ilja Rechner, Horst Häusler, Florian	6. Veröffentlichungsdatum -
	7. Form der Publikation -
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS Kaiserin-Augusta-Allee 31 10589 Berlin	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 16 BV 0812
	11. Seitenzahl 28
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben -
	14. Tabellen 2
	15. Abbildungen 7

16. Zusätzliche Angaben
-

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)
-

18. Kurzfassung
Der Schlussbericht beschreibt die Arbeiten und Ergebnisse von Fraunhofer FOKUS im Förderprojekt Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland (sim^{TD}) innerhalb des Teilprojektes (TP) 2.
In einem ersten Schritt wird das Projekt in Gänze kurz vorgestellt, um den Kontext der beschriebenen Arbeiten herzustellen, dazu gehören die Beschreibung der Ausgangslage, der Projektziele, und die daraus abgeleiteten Aufgaben, die Organisation, Zeitplanung etc. im Projekt.
Letztliche werden die konkreten Arbeiten, übernommenen Ausgaben und erzielten Ergebnisse von Fraunhofer FOKUS in TP2 erläutert. Der Fokus liegt bei der Beschreibung dabei vor allem auf den Tätigkeiten, die im Arbeitspaket 24 vorgenommen worden sind. Arbeitspakete sind inhaltliche und organisatorische Teile eines Teilprojektes. Ein Großteil der Arbeiten innerhalb von TP2 wurde in diesem Arbeitspaket verrichtet. Fraunhofer FOKUS war zudem Arbeitspaketleiter.

19. Schlagwörter
sim^{TD}, Car2X, FOT, V2X

20. Verlag -	21. Preis -

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report (Schlussbericht)
3. title Joint research project: sim^{TD} (Safe and Intelligent Mobility – Test Field Germany), simTD-KOM – Communication System, Subproject: FhG - FOKUS	
4. author(s) (family name, first name(s)) Radusch, Ilja Rechner, Horst Häusler, Florian	5. end of project 30.06.2013
	6. publication date -
	7. form of publication -
8. performing organization(s) (name, address) Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS Kaiserin-Augusta-Allee 31 10589 Berlin	9. originator's report no.
	10. reference no. 16 BV 0812
	11. no. of pages 28
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references -
	14. no. of tables 2
	15. no. of figures 7
16. supplementary notes -	
17. presented at (title, place, date) -	
18. abstract The final report (Schlussbericht) describes the work perfoemd and the results achieved by Fraunhofer FOKUS within the context of subproject 2 (Teilprojekt 2) of the project Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland (sim^{TD}). At first the project is introduced in genral (not limited to subproject 2). That serves the goal that the context is set. It includes the description of the starting point and sssumptions at the beginning of the project, the project's goals, the relevant main tasks, the organization and time schedule of the project. Finally, the concrete works and achieved outcomes from Fraunhofer FOKUS are presented. The main focus is on work package 24. Every subproject in simTD consists of multiple work packages. Fraunhofer FOKUS main tasks were performed within the work package 24 and it has been the work package leader.	
19. keywords sim^{TD}, Car2X, FOT, V2X	
20. publisher -	21. price -