

CONVERGE

COmmunication Network VEhicle Road Global Extension

Vorschlag für einen Car2X-Systemverbund

Schlussbericht

01.08.2012 – 31.10.2015

Version	1.0
Laufzeit des Vorhabens	01.08.2012 – 31.10.2015
Zuwendungsempfänger	Robert Bosch GmbH
Förderkennzeichen BMBF	16 BV 1203
Förderkennzeichen BMWi	19 P 12005C
Fälligkeitsdatum	30.04.2016
Erstellungsdatum	04.02.2016

Gefördert von



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Dieses Dokument wurde erstellt von der Robert Bosch GmbH.

Beiträge wurden verfasst von

Kurt Eckert – Robert Bosch Car Multimedia GmbH

Dr. Hendrik Fuchs – Robert Bosch GmbH

Dr. Hans Löhr – Robert Bosch GmbH

Dr. Gunther Schaaf – Robert Bosch GmbH

Florian Wildschütte – Robert Bosch GmbH

Projektkoordination

Prof. Dr. Horst Wieker
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes
Campus Alt-Saarbrücken
Goebenstr. 40
D-66117 Saarbrücken
Germany

Telefon +49 681 5867 195
Fax +49 681 5867 122
E-mail wieker@htw-saarland.de

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.

© 2015 Robert Bosch GmbH

Versionsübersicht

Version	Datum	Beschreibung
0.0	17.09.2015	Dokumentenvorlage htw saar
0.1	27.10.2015	RB-spezifische Anpassungen und Grobstruktur der Unterkapitel
0.2	12.11.2015	Ergänzungen zu Kap. 1 & 2
0.3	21.11.2015	Feinstruktur der Unterkapitel zu Kap. 3
0.4	30.11.2015	Erste Version Textbeiträge zu Kap. 3
0.5	10.12.2015	Überarbeitete Version Textbeiträge zu Kap.3
0.6	15.12.2015	Erste vollständige Gesamtversion
0.7	25.01.2016	Einarbeitung der Review-Ergebnisse
1.0	04.02.2016	Finale Version

INHALTSVERZEICHNIS

1	MOTIVATION UND ZIELSETZUNG.....	3
1.1	Aufgabenstellung.....	3
1.1.1	Ausgangslage	3
1.1.2	Allgemeine Ziele	4
1.1.3	Aufgaben	4
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	5
1.3	Wissenschaftlicher und technischer Stand	5
1.3.1	Ausgangslage vor Projektbeginn	5
1.3.2	Informations- und Assistenzsysteme in Fahrzeugen	6
1.3.3	Verkehrsinformationen	8
1.3.4	Kommunikationstechnologien	10
1.3.5	Gesamtarchitektur	13
1.3.6	Frühere Projekte	14
1.4	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	17
2	PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	19
2.1	Projektstruktur	19
2.2	Zeitplan und Ablauf	21
2.2.1	Zeitplan	21
2.2.2	Ablauf	22
3	ERZIELTE ERGEBNISSE ROBERT BOSCH GMBH	23
3.1	AP0 – Projektmanagement und Organisation.....	23
3.2	AP0.4 – Querschnittsfunktion IT-Security.....	23
3.3	AP1 – Konzeption eines Car2X-Systemverbundes – Rollenmodelle und Anforderungen	23
3.3.1	Anforderungen und Zielsetzung	23
3.3.2	Vorgehensweise	24
3.3.3	Erreichte Ergebnisse	26
3.4	AP2 – Architektur und Schnittstellen eines Car2X-Systemverbundes.....	26
3.4.1	Anforderungen und Zielsetzung	26
3.4.2	Vorgehensweise	28
3.4.3	Erreichte Ergebnisse	29
3.4.4	Bewertung und Ausblick	39

3.5	AP3 – Verkehrszentralen und ITS-Dienstleister	40
3.5.1	Task Force Demonstrations-Szenario Wrong Way Driver Warning (WWDW)	40
3.5.2	Task Force Demonstrations-Szenario Logistik-Kette	43
3.6	AP4 – Mobilfunk-Kommunikation	44
3.7	AP5 – IRS-Kommunikation und IRS-Netze	44
3.8	AP6 – Mobiler Knoten	45
3.8.1	Anforderungen und Zielsetzung	45
3.8.2	Vorgehensweise	45
3.8.3	Erreichte Ergebnisse	49
3.9	AP7 – Integration, Verifizierung und Demonstration	65
3.9.1	Anforderungen und Zielsetzung	65
3.9.2	Vorgehensweise	66
3.9.3	Erreichte Ergebnisse	67
3.9.4	Abschlussdemonstration	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.10	AP8 – Abschließende Bewertung	74
3.10.1	Anforderungen und Zielsetzung	75
3.10.2	Vorgehensweise	75
3.10.3	Erreichte Ergebnisse	76
3.10.4	Bewertung und Ausblick	76
3.11	AP-übergreifende Arbeiten zur IT-Security	76
3.11.1	Anforderungen und Zielsetzung	76
3.11.2	Vorgehensweise	77
3.11.3	Erreichte Ergebnisse	77
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	84
5	NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE	86
6	FORTSCHRITT AUF DEM GEBIET DES VORHABENS	87
7	BERICHTE UND VERÖFFENTLICHUNGEN	88

1 MOTIVATION UND ZIELSETZUNG

1.1 Aufgabenstellung

1.1.1 Ausgangslage

Im Bereich der Verkehrsmanagement-, Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssysteme wurden in den vergangenen Jahren bemerkenswerte Fortschritte erzielt. Forschungsprojekte wie AKTIV und sim^{TD} haben Grundlagen gelegt und dabei u.a. die Fahrzeug-zu-Infrastruktur- und Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation, einschließlich innovativer Anwendungen, beleuchtet. Einer der Schwerpunkte bisheriger Projekte war die WLAN-Technologie gemäß IEEE 802.11p bzw. ETSI ITS-G5. Ein anderer die Nutzung von Mobilfunk für kooperative Fahrzeuganwendungen.

Auch im Bereich der kommerziellen und öffentlichen Informationssysteme hat es Fortschritte gegeben. Neben den weit verbreiteten und allgemein zugänglichen Systemen der öffentlichen Hand (z. B. Wechselwegweiser, RDS TMC) werden kommerzielle Mobilitätsdienste angeboten oder sind in Planung (z. B. von Fahrzeugherstellern oder Herstellern von mobilen Endgeräten). Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl branchenspezifischer Dienste, etwa im Logistikbereich oder dem öffentlichen Personenverkehr. All dies hat jedoch zu parallel existierenden Systemen geführt, die in ihrer Vielfalt die theoretisch möglichen Synergien kaum nutzen können. Gleichzeitig sind sie nur bedingt interoperabel und aufgrund mangelnder Flexibilität im funktionalen und operativen Ansatz zumeist nur unter hohem Kostenaufwand an neue Anforderungen anzupassen, wie sie z. B. aus künftigen Fahrerassistenzsystemen zum verbrauchsoptimierten und unfallvermeidenden Fahren erwachsen. Das Problem der Kopplung entsprechender Einzelsysteme ist auch international noch ungelöst. Entsprechender Handlungsbedarf wurde kürzlich von den Standardisierungsorganisationen ISO, CEN und ETSI gemeinsam identifiziert.

Zusammen betrachtet gibt es also einerseits Projekte, die hervorragende Grundlagenarbeit in den jeweiligen Bereichen geleistet haben, aber aufgrund ihrer Aufgabenstellung nur begrenzt an systemübergreifenden Aspekten arbeiten konnten. Auf der anderen Seite beobachten wir proprietäre, vertikal integrierte kommerzielle Lösungen, die mögliche Synergieeffekte nicht optimal nutzen und dadurch kaum ökonomisch skalierbar sind. Die bis dato auf den Markt gekommenen Systeme haben nicht zu einem konsistenten, konsensgetriebenen Ansatz geführt. Letztlich droht eine Monopolisierung proprietärer Segmentlösungen, wichtige sozioökonomische Zielsetzungen bleiben auf der Strecke.

Ziel des Projektes CONVERGE war es, diese Situation grundlegend zu ändern und einen Vorschlag für einen Car2X-Systemverbund zu machen. Bezogen auf die globale Zielsetzung, einen effizienten, sicheren und umweltfreundlichen Verkehrsfluss zu erreichen, soll aufbauend auf den Erkenntnissen aus AKTIV-VM, sim^{TD}, CoCar(X) sowie

weiteren europäischen Projekten eine vollständig neue Kommunikations-, Dienste- und Organisationsarchitektur entwickelt werden.

1.1.2 Allgemeine Ziele

Zukunftsweisende Verkehrsmanagementansätze und Fahrzeugsicherheitsaspekte wachsen immer mehr zusammen und zu ihrer Realisierung wird ein hybrider, komplementärer Einsatz unterschiedlicher Kommunikationstechnologien zwischen Fahrzeugen und Infrastruktursystemen immer wichtiger. Innovative Assistenzsysteme, die auf prädiktiven Streckendaten aufbauen, bedürfen direkter und aktueller Informationen.

Das Ziel des Vorhabens CONVERGE war es, eine gesamtheitliche Systemarchitektur zur flexiblen Interaktion zwischen unterschiedlichsten Dienst Anbietern und Kommunikationsnetzbetreibern (Mobilfunk und IRS-Netze auf Basis ETSI ITS-G5) in einer dezentralen, skalierbaren Struktur zu entwickeln.

Es sollte ein Konzept für eine gesamtheitliche Systemarchitektur erarbeitet werden, die eine dezentrale Erfassungs-, Verarbeitungs- und Bereitstellungsstruktur für den transparenten Datenaustausch zwischen fahrzeug- und zentralenseitigen ITS-Dienst Anbietern und -nutzern ermöglicht und damit die Basis für neue Verkehrsteuerungen, Mobilitätsdienste und -funktionen bildet. Sie sollte damit die Voraussetzung für eine Erhöhung der Effektivität und Sicherheit im Verkehr schaffen. Das Architekturkonzept sollte Erweiterungsmöglichkeiten für die übrigen Länder der EU beinhalten.

Die gesamtheitliche Systemarchitektur sollte die Ergänzung neuer Dienste und Quellen ermöglichen und einfachste Prozesse zum Austausch von aktuellen Daten für Mobilitätsdienste und für Verkehrssteuerung bieten. Dabei sollte der Aufwand an Integrations- und Prozessanpassungen minimiert werden.

Im Projekt sollte eine unterstützende Ende-zu-Ende Sicherheitsarchitektur, samt entsprechenden Sicherheitssystemdiensten und Autorisierungsmethoden erarbeitet, analysiert, bewertet und prototypisch realisiert werden.

1.1.3 Aufgaben

Basierend auf den allgemeinen Zielen wurden folgende Aufgabenstellungen für das Projekt CONVERGE aufgestellt:

- Entwicklung einer verteilten Kommunikationsarchitektur
- Integration hybrider Kommunikationstechnologien
- Entwicklung eines umfassenden Sicherheitskonzeptes
- Prototypische Implementierung
- Evaluation und Verifikation von Prototyp und Architektur

- Identifizierung technischer und sozioökonomischer Rollen zur Untersuchung der ökonomischen Machbarkeit und
- Umsetzung eines „betreiberlosen“ Betriebsmodells

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Neben der eigentlichen Projektidee war die Zusammensetzung des Konsortiums die entscheidende Voraussetzung für die Durchführung des Projektes.

Die Auswahl der Partner musste die verschiedenen Stakeholder einer neuartigen Kommunikationsarchitektur im Bereich intelligenter Verkehrssysteme berücksichtigen. Dies sind die klassischen Hersteller und Zulieferer der Automobilindustrie als Vertreter der mobilen Teilnehmer zusammen mit den Mobilfunkanbietern und -zulieferern. Letztere sind auch für die Kommunikation über Mobilfunk notwendig. Für die hybride Kommunikation mussten Partner mit entsprechender Expertise in ETSI ITS-G5 für sowohl Fahrzeug- als auch Infrastrukturkommunikation eingebunden werden. Wichtig war auch die Infrastrukturseite mit ihren kooperativen Verkehrszentralen. Auch der Bereich der Standardisierung und natürlich die IT-Sicherheit sollten vertreten sein. Die Zusammensetzung der beteiligten Stakeholder sollte sowohl Industrieunternehmen als auch Forschungseinrichtungen und Hochschulen und Vertreter der öffentlichen Hand beinhalten.

Aus diesen Anforderungen fanden sich auf Basis eines Konsortialvertrages folgende Partner zusammen:

Adam Opel AG, BMW Forschung und Technik GmbH, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Ericsson GmbH, Fraunhofer Institut AISEC, Fraunhofer Institut FOKUS, Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes – htw saar (Konsortialführer), PTV Planung Transport Verkehr AG, Robert Bosch GmbH, Vodafone GmbH, Volkswagen AG.

Zusätzlich waren als assoziierte Partner die Bundesnetzagentur und das Straßenverkehrsamt der Stadt Frankfurt am Main mit im Projekt.

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 CONVERGE aufbauen konnte.

1.3.1 Ausgangslage vor Projektbeginn

Gegenstand des Projektes CONVERGE war eine gesamtheitliche Systemarchitektur für den Informationsaustausch zwischen Anbietern und Kunden von ITS-Diensten und -daten unter Einbindung mobiler Knoten mittels hybrider Kommunikation (Mobilfunk und IRS auf Basis ETSI ITS-G5). Für die mobilen Knoten sollte dabei eine hinsichtlich der verfügbaren

Kommunikationsnetze transparente Anbindung an die dienstanbieterseitige Infrastruktur möglich sein.

Entsprechend der Komplexität der Aufgabenstellung waren beim Stand der Technik verschiedene Themen zu betrachten und bezüglich der Notwendigkeit einer Weiterentwicklung im Sinne der Aufgabenstellung zu bewerten.

1.3.2 Informations- und Assistenzsysteme in Fahrzeugen

Verkehrsinformationen sind über das Internet von öffentlichen und privaten Internetdiensten, Automobilclubs und regionalen Plattformen (Verkehrsverwaltungen der Regionen) verfügbar. Für den Fahrer schließt es sich bei der Erfüllung seiner Fahraufgabe aber aus, Verkehrsinformationen im Internet zu suchen. Daher ist zwischen Informationen zu unterscheiden, die dem Fahrer im Fahrzeug während der Fahrt verfügbar gemacht werden und Informationen, die vor Fahrtbeginn (oder von einem Mitfahrer) gesammelt und ausgewertet werden können.

Eine wichtige Rolle spielen die über Rundfunk ausgestrahlten Verkehrsinformationen und Verkehrswarmmeldungen. Zu deren Empfang ist ein Rundfunkgerät nötig, welches in den meisten Fahrzeugen vorhanden ist.

Als weitere Informationsquelle können Navigationsgeräte genannt werden. Hier kann zwischen im Fahrzeug fest verbauten Geräten und Mobilgeräten sowie zwischen Onboard- und Offboard-Navigation unterschieden werden. Moderne Navigationsgeräte können Verkehrsinformationen des Traffic Message Chanel (TMC) auswerten und bei der dynamischen Routenberechnung berücksichtigen. Die TMC-Informationen sind allerdings in ihrer Vollständigkeit (Beschränkung auf Hauptstraßennetz) und in der Detaillierung (nur Angabe von Streckenabschnitten und Fahrrichtungen) begrenzt. Zusätzlich gibt es von der Erfassung eines Verkehrereignisses bis zur Bereitstellung der Information Verzögerungen. Defizite existieren bei der Datenerfassung, in der Verarbeitungskette und in der zeitnahen Zustellung in die relevanten Regionen. Die Erfahrung zeigt, dass dadurch die Aktualität der TMC-Informationen in vielen Fällen nicht ausreicht.

Bei hochwertigen Navigationsgeräten kann die Onboard-Navigation durch Online-Informationen ergänzt werden (z. B. Connected Drive (BMW), Google Navigation (Audi, VW)). Besonders auf dem nordamerikanischen Markt werden weitere ITS-Dienste für Anwendungen aus dem Bereich Safety and Security angeboten, wie z. B. Finden des Fahrzeugs, Nachverfolgen seines Weges, Warnmeldung per SMS bei Verlassen eines definierten Bereiches durch das (von einem anderen Fahrer gelenkte) Fahrzeug und Fernentriegelung (z. B. Onstar, ATX, Hughes Telematics).

Im gewerblichen Bereich werden Verkehrsinformationen, teilweise auf spezielle Anforderungen zugeschnitten (z. B. für LKW), auch von Flottenmanagementdiensten geliefert.

Zukünftige Fahrzeugfunktionen, wie sie z. B. in den nationalen Forschungsprojekten AKTIV, sim^{TD} und KOLINE untersucht wurden, unterstützen den Fahrer bei der Fahraufgabe und mit auf den Kontext zugeschnittenen Verkehrs- und Straßendaten sowie durch andere Mobilitätsinformationen.

Von zukünftigen Fahrerinformationssystemen könnten z. B. zum Thema „Straßenvorausschau“ folgende Informationen angezeigt werden: Aktuelle Höchstgeschwindigkeit, Spersperrung, Breite bei Fahrbahnverengung, Fahrbahnführung im Baustellenbereich, statische und wandernde Tagesbaustellen, Ursache für Stau, geschätzte Durchfahrzeit durch Staubereich, Straßenwetter.

Mobilitätsrelevante Zusatzinformationen könnten beispielsweise sein: Points-of-Interest (POI), Ladestationen für Elektrofahrzeuge, freie Parkplätze, Parkkosten, Parkhaus-Zusatzinformation (z. B. geringe Einfahrtshöhe, keine Gasfahrzeuge, keine Ladestation für Elektrofahrzeuge), Entfernung vom Parkplatz zum tatsächlichen Ziel.

Zukünftige Assistenzsysteme zur strategischen Routenoptimierung ermitteln eine optimierte Route nach einstellbaren Kriterien, z. B. für Hybridfahrzeuge, bzgl. Emission, Kosten und Zeit. Es können auch Aspekte wie multimodaler Verkehr und Mitfahrbörsen berücksichtigt werden.

Ein großes Potenzial zur Verbesserung der Verkehrseffizienz und der Verkehrssicherheit wird bei Assistenzsystemen zur taktischen Fahrtoptimierung gesehen. Hier werden zur Unterstützung eines vorausschauenden Fahrens Geschwindigkeits- und Beschleunigungsempfehlungen aufgrund der aktuellen Verkehrslage und Verkehrsregelung gegeben. Dadurch sinkt der Energieverbrauch und die Verkehrssicherheit steigt aufgrund situationsangepasster Geschwindigkeiten. Die Wirkung wird noch weiter gesteigert, wenn diese Informationen in Systemen zur automatisierten Längsregelung Verwendung finden und z. B. die Sensorsignale eines ACC-Systems ergänzen.

Weiterhin werden in einer Reihe von Forschungsprojekten Funktionen untersucht, die auf einer Kommunikation der Fahrzeuge mit der Verkehrsinfrastruktur beruhen. Beispielsweise wird durch die Kommunikation mit ITS-Road-Side-Station (IRS) an Lichtsignalanlagen (LSA) fahrzeugseitig ein Ampelphasenassistent realisiert, der dem Fahrer Informationen über die Schaltphasen liefert und entsprechende Fahrempfehlungen gibt. Infrastrukturseitig ist auf Basis der Kommunikation der Fahrzeuge mit der LSA-IRS die lokale Verkehrslage in der Umgebung der LSA ermittelbar und eine optimierte LSA-Steuerung realisierbar (z. B. in KOLINE).

Die genannten zukünftigen Informations- und Assistenzsysteme erfordern eine entsprechend aktuelle und exakte Basis an Verkehrs- und Straßeninformationen bzw. Straßenzustandsinformationen.

Im urbanen Raum werden Baustellen durch die Tiefbauämter eingerichtet. Teilweise erfolgt eine Information darüber an die Verkehrsbehörden. Im Allgemeinen existiert aber kein Automatismus für die Informierung über eingerichtete Baustellen und deren Aktualisierung. Auch wird die Art der Verkehrsstörung durch die Baustelle typischerweise nicht mitgeteilt, wie Spersperrung, Spurverengung oder Baumaßnahme auf Gehwegen. Entsprechend erfolgt keine oder nur in seltenen Fällen eine Abschätzung der von der Störung ausgehenden verkehrlichen Wirkung.

Es liegen auch keine Informationen über wandernde Störungen und deren verkehrliche Wirkung vor, wie z. B. durch Fahrzeuge der Müllabfuhr oder Kehrmaschinen verursachte Störungen. Ebenso fehlen beispielsweise auch Informationen über die Störungen, die durch das Halten von Lieferservice-Fahrzeugen mit Sondergenehmigung in Zonen mit Halteverbot verursacht werden.

Neben der Verkehrslageerhebung der öffentlichen Hand wird in Deutschland die Verkehrslage auch privatwirtschaftlich erhoben. Dies verbessert die Datenlage insbesondere von Straßen der zweiten und dritten Kategorie (Bundesstraßen, Landstraßen, Kreisstraßen, innerstädtische Straßen), wo keine Infrastruktur zur Erfassung der Verkehrslage vorhanden ist. Hierzu betrachtet man z. B. die Bewegung von Mobilfunkgeräten in Mobilfunknetzen (z. B. Vodafone). Die so gewonnenen Informationen besitzen aber nur eine eingeschränkte Informationstiefe und sind in der Regel öffentlich kaum zugänglich.

Weiterhin werden die Technologien Floating Car Data (FCD) bei Fahrzeugen und Floating Probe Data (FPD) bei Mobilgeräten eingesetzt. Hier werden per Mobilfunk GPS-basierte Ortskoordinaten und Zeitstempel an den Server eines ITS-Dienstanbieters gesendet (z. B. MILE Traffic and Travel, T-Systems, TomTom). Daneben wird auch privatwirtschaftliche Sensorinfrastruktur auf Autobahnen genutzt (DDG).

Eine Weiterentwicklung von FCD stellt Extended Floating Car Data (XFCD) dar, bei dem zusätzlich Informationen der Fahrzeugsensorik verwendet werden. Dies können beispielsweise mithilfe der Raddrehzahlsensoren ermittelte Reibwerte der Straße sein, womit Aussagen über Straßenglätte möglich sind. Als ein anderes Beispiel können Informationen der Verkehrszeichenerkennung genannt werden. Damit lassen sich z. B. Abweichungen von der im Fahrzeug vorhandenen digitalen Karte feststellen und dem Server eines ITS-Dienstanbieters mitteilen.

Aufgrund der unterschiedlichen Informationstiefen (globale oder lokale Informationen) und der teilweise räumlich unvollständigen Informationserfassung, weichen die Verkehrslagen der öffentlichen Hand und der unterschiedlichen privaten Anbieter voneinander und der erfahrbaren Realität ab.

Bei den über das Internet verfügbaren Verkehrsinformationen von öffentlichen und privaten Internetdiensten und regionalen Plattformen der Verkehrsverwaltungen der Regionen existiert in Deutschland keine zusammenhängende Darstellung der Verkehrslage. Sie ist nur in Teilen und auf verschiedenen Internetseiten und Portalen verfügbar und dabei uneinheitlich dargestellt.

Einen Ansatz zur Erleichterung der Abgabe und des Bezugs von verkehrsrelevanten Daten sowie eine Vereinfachung der Geschäftsprozesse aller Beteiligten stellt der Mobilitätsdatenmarktplatz (MDM) dar. Er richtet sich nicht an die Verkehrsteilnehmer sondern ausschließlich an den Bereich Business-to-Business. Es sollen neue Möglichkeiten des Verkehrsmanagements für die öffentlichen Straßenbauverwaltungen durch den vereinfachten Datenaustausch mit Dritten geschaffen werden. Privaten Anbietern soll die Schaffung neuer Dienste erleichtert werden.

Zurzeit wird ein zentrales Portal mit strukturierten Informationen über verfügbare Verkehrsdaten einzelner Organisationen und existierender (Teil-)Plattformen erstellt. Dieses bietet Funktionen zum Anbieten, Suchen und Abonnieren von verkehrsrelevanten Daten. Die Abwicklung des Datenaustauschs zwischen den Partnern findet über standardisierte Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle statt. Eine Vereinfachung der Geschäftsprozesse für alle Beteiligten, insbesondere auch eine Verringerung des technischen und organisatorischen Aufwandes der Datengeber und Datennehmer soll eine verbesserte Erschließung der Potentiale vorhandener Datenquellen ermöglichen.

Dateninhalte können sein: Messwerte aus Verkehrs- und Umfelddetektoren und daraus abgeleitete Daten (z. B. Verkehrslage, Reisezeiten), Verkehrsmanagementmaßnahmen (z. B. Alternativroutenempfehlungen, Strategien, Schaltzustände von Wechselverkehrszeichen), Parkrauminformationen, Baustellendaten, Gefahren- und Ereignismeldungen (z. B. Stau, Unfall, Sperrung), weitere Daten (z. B. Wetterdaten, Prognosen).

1.3.4 Kommunikationstechnologien

Bei zukünftigen Systemen zum Verkehrsmanagement und bei zukünftigen Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen müssen Daten und Informationen zwischen den Fahrzeugen, zwischen Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur, zwischen Fahrzeugen und zentralenseitigen Systemen sowie zwischen zentralenseitigen Systemen von Verkehrszentralen, ITS-Dienstanbietern, Netzbetreibern und Content-Providern ausgetauscht werden. Hierzu sind verschiedene Kommunikationstechnologien erforderlich.

Die Kommunikation zwischen den zentralenseitigen Systemen erfolgt mit etablierten Technologien unter Verwendung der Kommunikationsträger Glasfaser und Kabel, der Kommunikationsprotokolle TCP/IP, HTTP, FTP und dem Datenprotokoll DATEX II. Für die

Kommunikation mit den Fahrzeugen müssen Funktechnologien eingesetzt und kompatible und effiziente Kommunikationsprotokolle definiert werden.

Die verschiedenen Fahrerinformations- und -assistenzfunktionen sowie verkehrliche Anwendungen haben unterschiedliche Anforderungen an die Funktechnologie bezüglich Latenz und räumlicher Abdeckung sowie der Bandbreite. Je nach Anwendungsfall ist Mobilfunk und/oder WLAN-basierte Kommunikation (ETSI ITS-G5) einzusetzen.

Die am weitesten verbreitete Broadcast-Technologie ist der analoge UKW-Rundfunk, der z. B. zur Aussendung von Daten im Traffic Message Channel (TMC) genutzt wird. Ein digitaler Broadcast ist über DAB (Digital Audio Broadcast) oder DVB-T/H (Digital Video Broadcast Terrestrial bzw. Handhelds) möglich. Über diese Systeme werden die Daten typischerweise im TPEG (Transport Protocol Expert Group) Format übertragen. Beide Verfahren sind unidirektional, d.h. ein Rückkanal vom Fahrzeug zur Infrastruktur steht nicht zur Verfügung.

Zur bidirektionalen Kommunikation mit der Infrastruktur werden GPRS (General Packet Radio System) mit der Ausbaustufe EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) und UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) mit den Ausbaustufen HSDPA/HSUPA (High Speed Downlink/Uplink Packet Access) genutzt. Die Ausbaustufen EDGE, HSDPA und HSUPA ermöglichen durch den Einsatz verbesserter Kodierungsverfahren einen deutlich gesteigerten Datendurchsatz. Für UMTS konnte der Datendurchsatz z. B. von 384 Kbit/s nach Einführung von HSDPA zunächst auf 14,4 Mbit/s gesteigert werden. Mittels Anwendung von Features wie MIMO und Dual Carrier Techniken können bis zu 84,4 Mbit/s erreicht werden. Weitere Optimierungen wurden im Bereich der Latenzzeiten und der Eignung für Datenanwendungen vorgenommen. Alle genannten Technologien sind immer noch kommerziell verfügbar.

Darüber hinaus befanden sich die Netze auf Basis der so genannten Long Term Evolution (LTE) Technologie im Aufbau. Mit LTE wurde zum ersten Mal ein ausschließlich auf Datenübertragung mittels Internet Protocol (IP) ausgelegtes Mobilfunk-Netzwerk entwickelt, in dem z. B. auch Telefonie mit einem Voice-over-IP (VoIP) Dienst abgebildet wird. Neben einer weiteren Steigerung der maximalen Datenraten wurde in LTE die Latenz weiter deutlich optimiert. Auch die Zeitspanne, die zum Aufbau einer Datenverbindung benötigt wird, konnte auf unter 100 ms gesenkt werden.

LTE ist im Gegensatz zu Vorgängersystemen sehr flexibel in verschiedensten Frequenzbändern einsetzbar und wird es daher ermöglichen, die Frequenzbänder der so genannten digitalen Dividende optimal zu nutzen. Dieser Frequenzbereich (in Deutschland z. B. bei 800 MHz) ist aufgrund der besonders günstigen Funkausbreitungseigenschaften in Kombination mit weiteren verfügbaren Frequenzen ausgezeichnet für eine flächendeckende Breitbandversorgung geeignet. Darüber hinaus hat die Bundesnetzagentur (BNetzA) den Ausbau der Flächendeckung mit LTE eng an die Vergabe

der Lizenzen gekoppelt. Im Verbund mit den HSPA-Netzen ist daher in den nächsten Jahren mit einer annähernd flächendeckenden Versorgung mit mobilen Breitbandzugängen zu rechnen.

Als Ergänzung zu den unidirektionalen Broadcast-Technologien wie DAB und DVB bieten Mobilfunknetze auch die Möglichkeit, Daten effizient an größere Nutzergruppen zu übertragen. Hierzu wurde der Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) entwickelt. Ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung von MBMS war die Optimierung des Datentransports bei gleichzeitiger Übertragung multimedialer Datenströme an mehrere Nutzer. Während klassische Broadcast-Anwendungen (wie Rundfunk und Fernsehen) eine großflächige Informationsverteilung in eine Richtung (vom Sender zum Empfänger) ermöglichen, bietet MBMS die Möglichkeit, in einem Kommunikationsnetz nur eine bestimmte Gruppe ("Multicast", nur 3G) oder auch alle angeschlossenen Nutzer ("Broadcast") anzusprechen.

MBMS wurde bereits vor geraumer Zeit durch 3GPP standardisiert. Ausrüster können auch bereits entsprechende Produkte anbieten. MBMS ist jedoch aufgrund der zurzeit noch geringen Nachfrage am Markt wenig verbreitet.

Innerhalb der Forschungsinitiative AKTIV hat das Teilprojekt Cooperative Cars (CoCar) zeigen können, dass auch zellulare Mobilfunksysteme am Beispiel von UMTS gewisse kooperative Fahrzeuganwendungen ermöglichen können. Dabei hat sich herausgestellt, dass zellulärer Mobilfunk im Anwendungsbereich der Gefahrenwarnungen einsetzbar ist. Die in CoCar vorgestellte Lösung fügt sich dabei komplementär in Ad-hoc-Fahrzeugkommunikationslösungen basierend auf ETSI ITS-G5 ein und forciert die Markteinführung solcher kooperativen Dienste, die sich die Vorteile beider Technologien zu Nutze machen.

Das Nachfolgeprojekt CoCarX bewertete die Eignung der LTE-Netze für Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation. Es konnte eine im Vergleich zu UMTS signifikante Verbesserung der Netzperformanz, insbesondere der für die Realisierung von zeitkritischen Anwendungen relevanten Latenzzeiten nachgewiesen und prototypisch demonstriert werden. Zusätzlich wurde eine Lösung zur Bereitstellung mobilfunkspezifischer Funktionen wie der Priorisierung bestimmter Nachrichten oder getrennten Abrechnungsmöglichkeiten verschiedener Dienstklassen erarbeitet.

Standard-WLAN (IEEE 802.11 a/b/g/n/ac/...) wurde für den stationären Betrieb entwickelt. Diese Protokolle sind zu langsam, um Fahrzeugen eine schnelle und spontane Kommunikation zu ermöglichen. Der Frequenzbereich von 2,4 GHz (IEEE 802.11b/g) sowie 5,2 GHz bis 5,8 GHz (IEEE 802.11a) wird von verschiedenen Arten von Geräten verwendet, so dass sicherheitskritische Übertragungen häufig durch diese anderen Geräte blockiert werden würden. Mit IEEE 802.11p erfolgte eine Anpassung des IEEE 802.11-Standards auf mobile Umgebungen, zugeschnitten auf die in den USA verfügbaren Frequenzen. ETSI ITS-G5 ist die Anpassung von IEEE 802.11p auf die europäischen Frequenzen.

Für die Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation wurde 2008 ein EU-weites Frequenzband im Bereich 5,9 GHz (30 MHz Band breite, 5875 MHz - 5905 MHz) allokiert. Diese Frequenzen dürfen nur für Anwendungen aus dem Bereich der Verkehrssicherheit und der Verkehrseffizienz verwendet werden. Seitens der EU wurde 2009 das Standardisierungsmandat „Mandate M/453: Co-operative systems for Intelligent Transport in the field of information and communication technologies“ erteilt, das eine Standardisierung bis Ende 2012 vorgibt.

2002 wurde durch europäische Automobilhersteller das Car2Car Communication Consortium (C2C-CC) gegründet. Damalige Partner waren Audi, BMW, Daimler, Volkswagen, CRF, Renault, Opel, Honda, Bosch, Continental, Delphi, NEC, Hitachi, Denso, DLR, IMST, IHP, Fraunhofer und andere. Das Ziel ist es, die Technologie der Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation auf Basis von ETSI ITS-G5 voranzutreiben und in den Markt einzuführen, um durch kooperative Systeme die Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz zu erhöhen. Das C2C-CC unterstützt die Standardisierungsarbeiten des ETSI TC ITS.

Die Erforschung und Entwicklung der Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation ist Gegenstand einer Reihe von nationalen Projekten, wie z. B. sim^{TD} sowie EU-Projekten wie PreDRIVE C2X und DRIVE.

1.3.5 Gesamtarchitektur

Eine gesamtheitliche Systemarchitektur für den Informationsaustausch zwischen Anbietern und Kunden von ITS-Diensten und -Daten unter Einbindung mobiler Knoten mittels hybrider Kommunikation (Mobilfunk und IRS auf Basis von ETSI ITS-G5) war nicht verfügbar. Es existierten lediglich Architekturen für Teilaspekte, wie die im Stand der Technik beschriebene Architektur der Verkehrsinformationsdienste in Deutschland. Daneben gab es einzelne spezifische Architekturen, die auf spezielle Anwendungen und Kundengruppen-Telematiklösungen zugeschnitten sind (z. B. Connected Drive von BMW, HD-Traffic von TomTom).

Für mobile Knoten existierte keine Systemarchitektur für einen transparenten Zugang zu heterogenen Kommunikationsnetzen, bestehend aus parallelen Mobilfunknetzen mehrerer Betreiber und IRS-Netzen. Eine gleichzeitige komplementäre Nutzung mehrerer Kommunikationstechnologien war nicht erforscht.

Die Arbeiten bei CEN/ISO und ETSI TC ITS bezogen sich auf ein Rahmenwerk für eine ITS-Architektur. Dieses definierte im Wesentlichen Gerätearchitekturen und Applikationsverhalten. Auf die Untersuchung verschiedener Netztopologien (z. B. zentral, hierarchisch, verteilt) zur Realisierung eines ITS-Systemverbundes wurde nur wenig eingegangen. Der heterogene Ansatz wurde bisher nicht betrachtet.

Abbildung 2 zeigt die Sicht von ISO/CEN zum damaligen Forschungsbedarf im Bereich der kooperativen Systeme. Der Bezug zu den Forschungsschwerpunkten im Car2X-Systemverbund ist in dieser gestrichelt markiert.

Die heute im Betrieb und im Aufbau befindlichen Mobilfunk-Datennetze sind nicht an den speziellen Anforderungen intelligenter Verkehrssysteme orientiert. Forderungen an die Mobilfunk-Datennetz-Architektur, die aus der für das Verkehrsmanagement wichtigen Komponente Mobilfunk-Geocast erwachsen, sind noch nicht ausreichend untersucht. Ebenso sind Fragen zur Erweiterung der Architektur der Verkehrsinformationsdienste um die Möglichkeit der Nutzung eines Mobilfunk-Geocast nicht beantwortet.

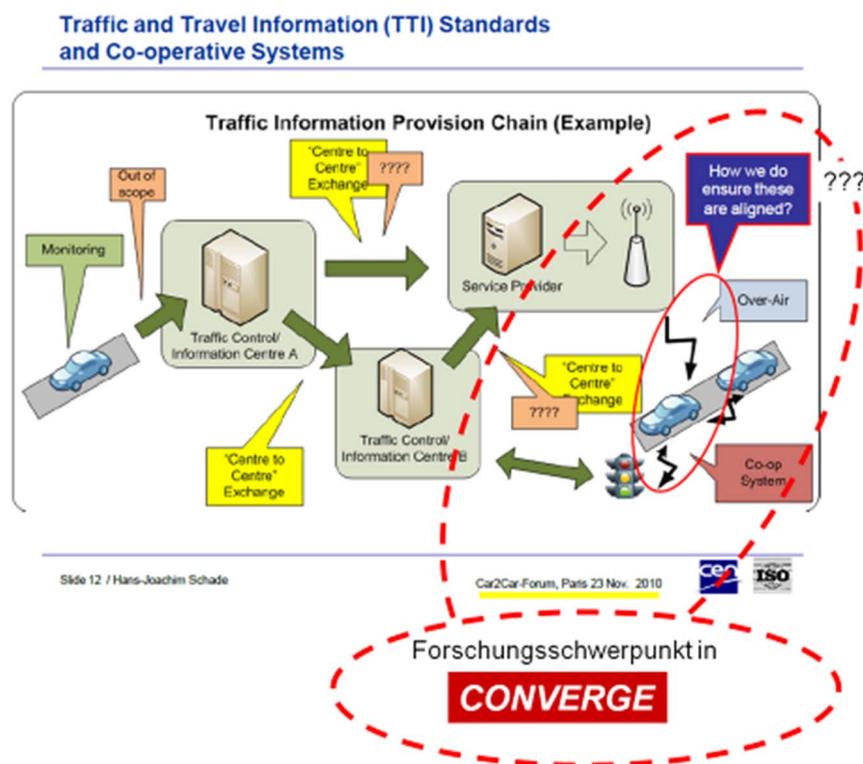


Abbildung 2: Identifizierter Forschungsbedarf (ISO/CEN)

Eine gesamtheitliche Systemarchitektur für den Informationsaustausch zwischen Anbietern und Kunden von ITS-Diensten und -daten unter Einbindung mobiler Knoten erfordert eine Weiterentwicklung der Rollen und der Formen der Zusammenarbeit der einzelnen Stakeholder. Hierzu sind keine Ergebnisse bekannt.

1.3.6 Frühere Projekte

Im Folgenden ist eine Auswahl von Projekte beschrieben auf deren Ergebnissen CONVERGE aufbaut.

Sichere und intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland (sim^{TD})

Das Ziel des Förderprojektes sim^{TD} (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland) war die Demonstration und Untersuchung der Wirksamkeit von Anwendungen aus den Bereichen Verkehrseffizienz/Mobilität, Verkehrssicherheit/Gefahrenwarnung und ergänzende Dienste. sim^{TD} war ein Feldtest für kooperative Systeme in der Region Hessen-Rhein-Main, der über den Demonstrator-Status hinausging und dimensioniert war, um Technologien und Systeme für Car2X-Kommunikation in einem operativen Umfeld zu testen und zu validieren.

sim^{TD} wurde gefördert und unterstützt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

Im Rahmen von sim^{TD} erfolgte der prototypische Aufbau eines beispielhaften infrastrukturseitigen Kommunikationsnetzes. Hierbei wurden die Verkehrsbehörden durch die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation und die Vernetzung von IRS mit zentralenseitigen Servern eingebunden. Das Zugangsnetz der Fahrzeuge zu den Servern für Verkehrsdaten und Mobilitätsinformationen wurde als heterogenes System realisiert mit 2G/3G-Funktechnologien (GSM/UMTS) als Grundversorgungsebene und Nahbereichskommunikation (basierend auf ETSI ITS-G5) als Zusatzversorgung für den Echtzeitbetrieb.

Gegenstand des Projektes war u.a. die Erstellung von Funktionsmustern für die fahrzeug- und infrastrukturseitigen Systeme, die Untersuchung der Wirksamkeit von Car2X-Anwendungen in Bezug auf die Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz, die Untersuchung der Praxistauglichkeit der Car2X-Technologien in einem operativen Umfeld (Skalierbarkeit, Nachweis der Markttauglichkeit) sowie die Untersuchung der Möglichkeiten einer Markteinführung und eines kostensparenden Betriebs von Infrastruktur-Kommunikationseinrichtungen.

Aufbauend auf die sim^{TD} Komponenten mussten in CONVERGE etliche Erweiterungen vorgesehen werden. In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind die Verwendung von sim^{TD} Komponenten und die Erweiterung der Fahrzeug- und Infrastrukturkomponenten dargestellt.

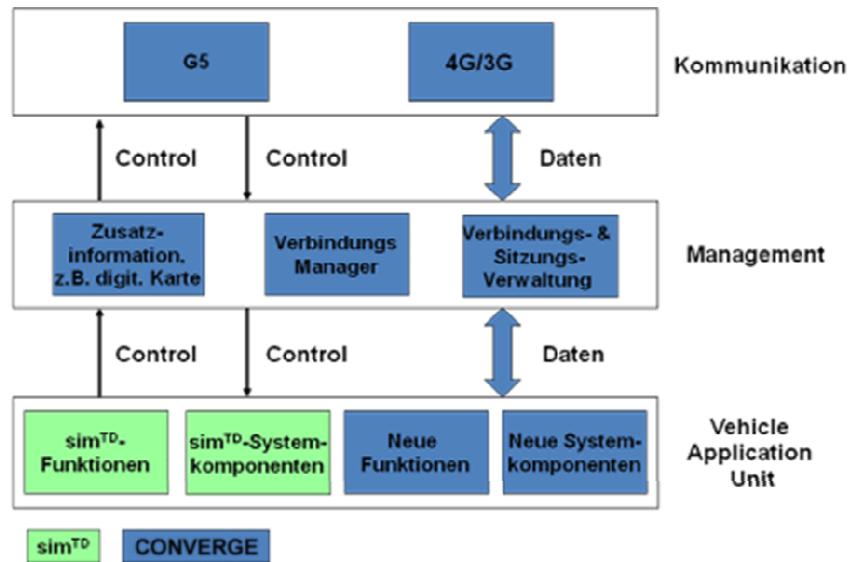


Abbildung 3: Erweiterung der sim^{TD} Fahrzeugkomponenten



Abbildung 4: Erweiterung der Infrastrukturkomponenten (blaue Boxen in CONVERGE)

AKTIV CoCarX

Aufbauend auf den Resultaten des Projektes CoCar hat das Projekt Cooperative Cars Extended (CoCarX) zwei Hauptarbeitsbereiche definiert: Einerseits sollten die Einsatzmöglichkeiten der neuen Mobilfunktechnologie Long Term Evolution (LTE) für kooperative Fahrzeuganwendungen erforscht werden. Zusätzlich wurde in wichtigen Bereichen die Ausführung mobilfunkbasierter Systeme für kooperative Fahrzeuganwendungen detailliert. Basierend auf der Technologie IP Multimedia Subsystem (IMS) entwickelt CoCarX ein Verfahren zur Bereitstellung von Dienstgüte auf der Funkstrecke und zur differenzierten Abrechnung. In Kooperation mit sim^{TD} wurde eine erste Version eines hybriden Kommunikationssystems entwickelt. Außerdem wurde die Anbindung von Verkehrsinformationsdiensten untersucht und ein verbessertes Geocast-Verfahren entwickelt.

CoCarX lieferte Ergebnisse, die im Projekt CONVERGE genutzt und weiterentwickelt wurden. Konzeptionell stellen die Inhalte als Ganzes einen sehr wichtigen Startpunkt für die Arbeiten im AP4 dar. Mit Beginn der Prototypentwicklung im Projekt CONVERGE war die Technik LTE in vielen Bereichen schon kommerziell verfügbar und somit auch für Fahrtests nutzbar, während im Projekt CoCarX nur sehr wenige Bereiche versorgt waren. Aufbauend auf den Projektergebnissen wurden die Komponenten zur drahtlosen Kommunikation so erweitern bzw. ergänzt, dass je nach Bedingungen und Erfordernissen die optimale Nutzung des heterogenen pWLAN/Mobilfunk-Zugangsnetzwerks gewährleistet war. Die Geocast-Komponente floss in das Projekt CONVERGE ein und wurde dort weiter entwickelt. Relevante Fragestellungen waren dabei die Anbindung externer Server und Systeme, der Zugriff des Systemverbundes auf die Qualitätsparameter des Mobilfunks sowie die Nutzung gemeinsamer Quality of Service Mechanismen der heterogenen Zugangsnetze.

SEIS

Im BMBF geförderten Projekt SEIS - Sicherheit in Eingebetteten IP-basierten Systemen wurde die sichere Verwendung des Internetprotokolls (IP) für die Kommunikation von Steuergeräten im Fahrzeug erforscht. Hierzu wurden Sicherheitsarchitekturen zur Absicherung der internen Kommunikation, der Kommunikation mit der Außenwelt und der Middleware entwickelt.

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Während der Laufzeit von CONVERGE stand das Projekt im Austausch mit folgenden Institutionen und Projekten.

Cooperative ITS Corridor Rotterdam – Frankfurt/M. – Wien

Die Einführungsinitiative für Kooperative Systeme im Korridor Niederlande – Deutschland – Österreich hat sich die Realisierung zweier Car-to-Infrastructure-Anwendungen zum Ziel gesetzt. In enger Abstimmung mit relevanten Stakeholdern aus der Automobilindustrie und deren Zulieferern sowie den Straßeninfrastrukturprovidern wurden zeitgleich zum CONVERGE-Projekt die Arbeiten zur Vorentwicklung der technischen Komponenten und der organisatorischen Rahmenarchitektur gestartet.

Die personellen und institutionellen Überschneidungen in beiden Projekten ermöglichten einen Austausch zwischen den Partnern beider Projekte, welcher auch stattfand. Aufgrund der Überschneidungen der Zeitpläne beider Projekte war eine direkte Überführung von Teilen der CONVERGE-Architektur für die Day1-Anwendungen und der Systemarchitektur allerdings nicht möglich. Es ist jedoch beabsichtigt, die Ergebnisse von CONVERGE in zukünftige Spezifikationen der Systemkomponenten und insbesondere einer Systemarchitektur für Day2-Anwendungen zu berücksichtigen.

C2C-CC / Amsterdam-Group

Die Ideen einer umfassenden Architektur wurden sowohl von Automobilstelle im Car2Car Communication Consortium (C2C-CC) als auch von der Infrastrukturseite in der Amsterdam Group mit Interesse aufgenommen. Beide Institutionen wurden über den aktuellen Stand kontinuierlich informiert. In der Arbeitsgruppe Architektur (WG-ARCH) des C2C-CC wird momentan die CONVERGE-Architektur als vielversprechende Grundlage für die Architektur der nächsten Jahre im Bereich ITS gesehen.

ETSI / ISO

In der in CONVERGE entwickelten Systemarchitektur wurden die Standards für kooperative Systeme wie sie in der TC 204 der ISO und der ETSI TC ITS entwickelt wurden berücksichtigt. Etwaige Probleme, wie etwa in Bereich der Profilierung des Security Standards, wurden aufgezeigt. Die Architektur wurde in den entsprechenden Arbeitsgruppen vorgestellt und eine entsprechende Diskussion begonnen.

3GPP

Mit Abschluss des Projektes wurde die Standardisierungsphase für die Erweiterung der direkten Device-to-Device Kommunikation für LTE gestartet. Im Zuge der vorbereitenden Arbeiten wurde ein Study-Item vorgeschlagen, dass sich speziell EDGE mit der C2C/C2X Kommunikation beschäftigt. In diese Arbeit werden die Erfahrungen aus CONVERGE hinsichtlich der hybriden Kommunikationsanforderungen einfließen. Diese können für die Standardisierung der 5. Generation Mobilfunk ebenfalls verwendet werden.

2 PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS

2.1 Projektstruktur

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Strukturplan von CONVERGE, der die Aufgaben auf die folgenden 10 Arbeitspakete abbildete.



Abbildung 5: Projektstruktur

AP0 Projektmanagement

Dieses Arbeitspaket bestand aus vier Unterarbeitspaketen, die die Projektadministration, die technische Koordination, die Ergebnisverbreitung sowie Querschnittsfunktionen und Qualitätsmanagement beinhalteten. Eine besondere Rolle kam der Querschnittsfunktion IT-Security zu, die nachfolgend als eigenes AP beschrieben wird.

AP0.4 Querschnittsfunktion IT-Security

Das Arbeitspaket 0.4 koordinierte die Arbeiten im Bereich IT-Security, welche in den jeweiligen anderen Arbeitspaketen durchgeführt wurden. Hierdurch konnte ein schlüssiges IT-Security-Gesamtkonzept AP-übergreifend entwickelt werden.

AP1 – Konzeption eines Car2X-Systemverbundes – Rollenmodelle und Anforderungen

Das Arbeitspaket 1 hatte die Aufgabe die beteiligten Akteure mit ihren unterschiedlichen Rollen zu identifizieren, die adressierten Optimierungspotentiale und zugehörigen Use-Cases abzuleiten und als Ergebnis die Referenzszenarien (inklusive Bewertungskriterien in Zusammenarbeit mit AP8) für Bewertung und Demonstration festzulegen.

AP2 – Architektur und Schnittstellen eines Car2X-Systemverbundes

Aufgabe des AP2 war die Erstellung einer Systemarchitektur inklusive der Systemkomponenten des ITS-Gesamtsystems und ihrer Schnittstellen. Basis der Architektur waren die in AP1 definierten Anforderungen.

AP3 – Verkehrszentralen und ITS-Dienstanbieter

Im Arbeitspaket 3 wurden sämtliche Anpassungen, die bei den Verkehrszentralen, ITS-Dienstanbietern und zentralseitigen Security-Komponenten zur Realisierung der Architektur notwendig waren, definiert und prototypisch umgesetzt.

AP4 – Mobilfunk-Kommunikation

Die Ausgestaltung der mobilfunktechnischen Aspekte war der Mittelpunkt im Arbeitspaket 4. Es wurden notwendige mobilfunkspezifische Komponenten definiert und prototypisch umgesetzt. Durch den Einsatz von Simulationen wurde eine Leistungsuntersuchung der mobilfunkspezifischen Funktionen durchgeführt.

AP5 – IRS-Kommunikation und IRS-Netze

Arbeitspaket 5 hat das Potenzial von ETSI-G5 hinsichtlich des Datenverkehrs zwischen Fahrzeug und IRS anhand repräsentativer Kommunikationsszenarien analysiert, eine Spezifikation von IRS und IRS-Netzen erstellt und diese prototypisch umgesetzt.

AP6 – Mobiler Knoten

Im Arbeitspaket 6 wurde die bestehende Architektur des Fahrzeugsystems aus Vorgängerprojekten um die in CONVERGE spezifischen Komponenten erweitert. Die Architektur wurde prototypisch umgesetzt, integriert und entsprechenden Funktionstests unterzogen.

AP7 – Integration, Verifizierung und Demonstration

Im Arbeitspaket 7 wurden die spezifizierten und implementierten Teilsysteme und Use-Cases einem integrativen Test unterzogen und mithilfe der für die Demonstration ausgewählten Szenarien überprüft. AP7 hat auch die für die Bewertung des Systems notwendigen Fahrversuche durchgeführt und die Demonstration koordiniert.

AP8 – Abschließende Bewertung

Das Arbeitspaket 8 hat auf Basis der Anforderungen aus den Arbeitspaketen 1 bis 6 die technischen Bewertungskriterien definiert und mit AP7 entsprechende Versuche

durchgeführt. Die nicht-technische Bewertung erfolgte auf Basis der Ergebnisse aus den Arbeiten der Arbeitspakete 1 und 2. Zusammen mit den Ergebnissen aus AP7 fand eine finale Bewertung des Gesamtsystems statt.

2.2 Zeitplan und Ablauf

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

2.2.1 Zeitplan

Das Projekt gliedert sich grob in drei Phasen, welche im Folgenden erläutert werden.



Abbildung 6: Projektphasen

In der ersten Projektphase wurden die Anforderungen an das CONVERGE System aufgestellt, verschiedene Architekturvarianten erarbeitet und eine CONVERGE Systemarchitektur ausgewählt, die ökonomischen und technischen Rollen erarbeitet und die Bewertungskriterien definiert. Diese Phase wurde im Zeitraum vom 01.08.2012 bis 31.07.2014 durchgeführt.

In der zweiten Projektphase wurde eine prototypische Implementierung der Architektur durchgeführt, die Systembausteine Infrastruktur, IRS-Netz, Mobilfunk und Mobiler Knoten integriert und zu einem Gesamtsystem zusammengefügt. Diese Phase wurde im Zeitraum vom 01.08.2014 bis zum 30.04.2015 durchgeführt.

In der dritten und letzten Phase wurden die Messwerte zur Verifikation des prototypischen Systems erhoben, die Bewertung der Implementierung, Architektur und ökonomischen Umsetzbarkeit durchgeführt, das Rollenmodell finalisiert und das Projekt an zwei Veranstaltungen der Öffentlichkeit präsentiert. Diese Phase dauerte vom 01.05.2015 bis zum 31.10.2015.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Gesamtüberblick des zeitlichen Ablaufs des Projektes.

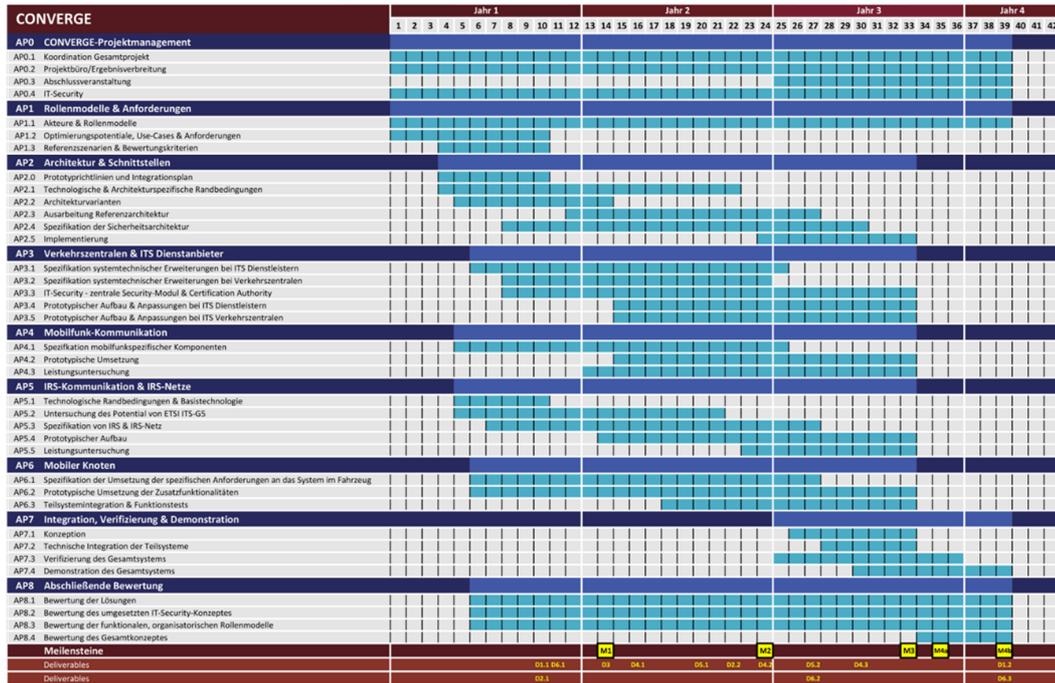


Abbildung 7: Zeitplan

2.2.2 Ablauf

Das Projekt startete am 01. August 2012 und endete am 31. Oktober 2015. Die folgenden Meilensteine wurden erreicht:

- M1 – Funktionale Anforderungen und Architekturvarianten (D3) [Sept. 2013]
- M2 – Architektur des Car2X-Systemverbundes (D4, zweite Version) [Juli 2014]
- M3 – Ablieferung der Prototyp-Komponenten [April 2015]
- M4a – Präsentation des Prototyps [Juni 2015]
- M4b – Fertigstellung von Deliverable D6 [Okt. 2015]

3 ERZIELTE ERGEBNISSE ROBERT BOSCH GMBH

Hinweis: Das AP0 wurde in zwei Abschnitte aufgeteilt. Die Arbeitspakete AP0.1, AP0.2 und AP0.3 beinhalten die organisatorischen Aspekte des Projektes. Das Arbeitspaket AP0.4 ist ebenfalls ein organisatorisches Arbeitspaket, bezieht sich aber speziell auf die Inhalte des Projektes, die sich mit dem Thema Security beschäftigen.

3.1 AP0 – Projektmanagement und Organisation

Das Arbeitspaket 0 wurde vom BMWi und dem BMBF gefördert. Die Gesamtprojektkoordination (AP0.1) wurde vom BMBF, das Projektbüro und die Ergebnisverbreitung (AP0.2) wurde zu Projektbeginn vom BMBF und später vom BMWi und schließlich die Abschlussveranstaltung (AP0.3) wurde vom BMWi gefördert.

3.2 AP0.4 – Querschnittsfunktion IT-Security

Das Arbeitspaket 0.4 wurde vom BMBF gefördert.

Aufgabe des AP0.4 war die AP-übergreifende Koordination der Arbeiten zur IT-Security. Dies erfolgte im Rahmen des CONVERGE Security Teams, das von den Security Spezialisten der mit dem Thema befassten Konsortialpartner gebildet wurde. Aufgrund des AP-übergreifenden Charakters dieser Arbeiten wird der BOSCH-Beitrag nicht einzelnen Arbeitspaketen zugeordnet sondern kompakt in einem gesonderten Kapitel (3.11) beschrieben.

3.3 AP1 – Konzeption eines Car2X-Systemverbundes – Rollenmodelle und Anforderungen

Das Arbeitspaket 1 wurde vom BMBF gefördert.

3.3.1 Anforderungen und Zielsetzung

Grundvoraussetzung für die Konzeption des in CONVERGE zu definierenden Car2X-Systemverbundes war zunächst die Identifikation der beteiligten Akteure und ihrer Rollen. Diese sollten in die bestehende Systemlandschaft eingeordnet werden. Mit dem neuen Car2X-Systemverbund sollten verkehrliche und ökologische Verbesserungen einhergehen. Zu ihrer Identifikation fanden eine Bedarfsanalyse der Akteure bzw. Nutzer und eine betriebswirtschaftliche Bewertung statt. So konnten Lücken oder Defizite der Umsetzung in den vorhandenen Systemen erkannt und hieraus neue Anforderungen an neue Funktionalitäten herausgearbeitet werden. AP1 stellte in diesem Sinne eine Vorarbeit dar, um den Car2X-Systemverbund zum optimalen Nutzen der Akteure konzipieren und aufbauen zu können.

Auf diesen Vorarbeiten aufbauend fand eine Identifikation von Use-Cases statt. Dabei sollte eine Orientierung am visionären Szenario des Car2X-Systemverbundes erfolgen.

3.3.2 Vorgehensweise

In AP1 wurde zu allererst zur Darstellung einer Übersicht des kompletten Systemverbundes von allen Partnern gemeinsam ein Weltbild entwickelt. Es ist in Abbildung 8 mit seinen drei Schichten Backend/Backbone Level, Network Level, Mobility Level, sowie integrierter Security dargestellt. Dies geschah aufgrund der Erfahrung dass die Projektpartner sehr unterschiedlichen Vorstellungen und Herangehensweisen aufgrund ihrer unterschiedlichen Herkunft und Interessensbereiche hatten. Die Arbeiten zum Weltbild legten die Grundlage für die Identifizierung der im Car2X-Systemverbund beteiligten Akteure und der Identifikation notwendiger Rollen. Beispiele für solche Rollen waren Nachfolgend die identifizierten ökonomische Rollen wie Business Management, Data Gathering and Preparation, Services, usw. aber auch technische Rollen wie System Management, Legislation and Standardization.

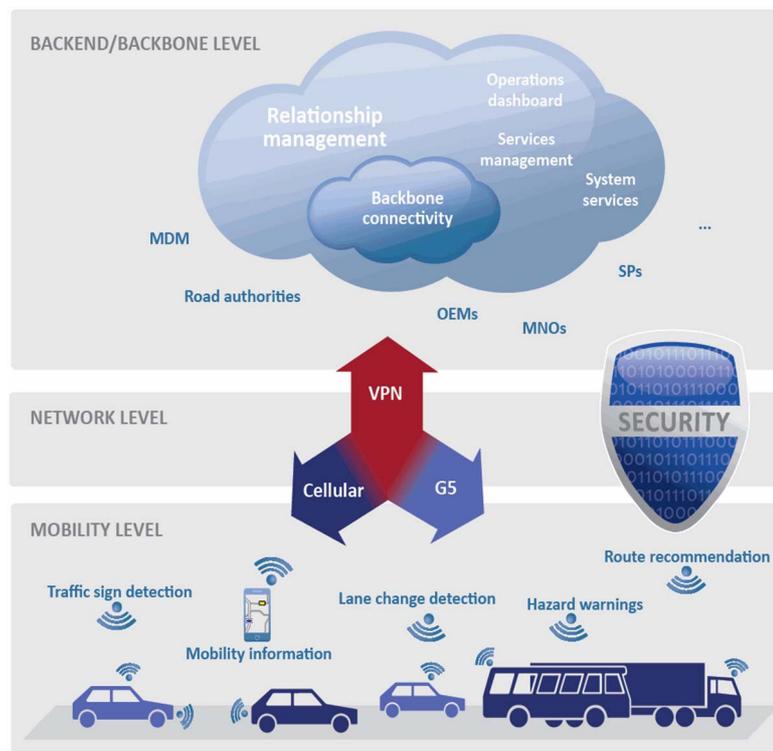


Abbildung 8: CONVERGE Weltbild

Für die Formulierung der Use Cases fand zunächst eine Sammlung von möglichen Use Cases statt. Dies geschah im Rahmen einer Zielableitung aus übergeordneten Zielen für den Car2X-Systemverbund. Vor ihrer eigentlichen Formulierung wurden tabellarische Vorlagen für ihre systematische und formalisierte Beschreibung definiert und bereitgestellt, die im weiteren Projektverlauf noch weiter ergänzt wurden. Mit ihrer Hilfe wurden die initial gesammelten Use Cases und zugehörige Anforderungen weiter ausgearbeitet. Zu nennen sind diverse Use Cases im Themenfeld „Local Hazard Warning“ wie Hinderniswarnung, elektronisches Bremslicht, etc., das Parkplatzbuchungssystem und das Life Cycle Management im Car2X-Systemverbund.

An der Erstellung des Deliverable D1.1 (Operative Anforderungen und Rollenmodelle) beteiligte sich BOSCH in sämtlichen Phasen von der Strukturerstellung über diverse Entwürfe bis hin zu seiner Fertigstellung. Hierzu fanden auch zwei Abstimmungstreffen und zahlreiche Telkos statt die jeweils eine angemessene Vor- und Nachbearbeitung erforderten. Inhaltlich wurden u. a. die einzelnen Use Cases zu sogenannten User Stories gebündelt, wobei BOSCH bei der Ausarbeitung der User Stories „Mobile Road Works Service“ und „Local Hazard Warning“ eine gestaltende Rolle einnahm und bei der Ausarbeitung der Beschreibung des visionären Szenarios „Business Cooperation“ BOSCH Inhalte beisteuerte. Als einer der Reviewer des Deliverables D1.1 war BOSCH entscheidend an der Fertigstellung dieses Deliverables beteiligt und konnte in einem aufwändigen Reviewprozess zur Sicherstellung eines positiven Ergebnisses des AP1 beitragen. Zu erwähnen ist noch, dass die Erstellung von D1.1 in enger Abstimmung mit AP2 erfolgte. Beim Deliverable 1.2 „Final Operational Requirements and Role Models“ erfolgte keine Mitwirkung durch BOSCH.

Im Nachgang der Fertigstellung von D1.1 wurden auf einem vom Steuerkreis initiierten Workshop mit dem Thema „Kommunikation zu den Stakeholdern“ zwei zusätzliche Use Case Szenarien identifiziert, die für die Validierung und Demonstration Verwendung finden sollten:

- Falschfahrerwarnung (Wrong Way Driver Warning , WWDW) mit dem Hauptaugenmerk auf der effizienten Verteilung der Warnung über den ITS Systemverbund mittels der hybriden Kommunikation
- Logistik-Kette – ein Flottenmanagementsystem inklusive Buchung von gesicherten Parkplätzen unter Berücksichtigung eines „Estimated Time of Arrival“-Services (ETA), um zu zeigen, ob und wie ein Zusammenschalten von Diensten unter Verwendung des ITS Systemverbunds funktioniert

Die Anforderungen an die IT-Security und Privacy wurden aufgrund ihrer besonders hohen Bedeutung gesondert behandelt und bearbeitet. Mit Hilfe von Bedrohungs- und Risikoanalysen werden zentrale Anforderungen identifiziert. Zu nennen sind der Aufbau einer PKI-gestützten Sicherheitsarchitektur, die Sicherheitsanforderungen aus dem Rollenmodell abbildet.

Die identifizierten Use-Cases wurden schließlich zu Referenzszenarien zusammengestellt und ihnen in enger Abstimmung mit AP8 Bewertungskriterien (technisch, verkehrlich, ökologisch und ökonomisch) zugeordnet. Dieses Ergebnis floss in die AP7-Arbeiten (Aufbau der Demonstratoren, Durchführung der Demonstrations- und Bewertungsszenarien) sowie Bewertung in AP8 ein.

Des Weiteren wurden die AP1-Arbeiten regelmäßig mit AP2 abgestimmt und relevante Ergebnisse übergeben. So fand als Übergangspunkt zur Gestaltung der Systemarchitektur in AP2 eine erste Zerlegung des Systems in funktionale Einheiten statt.

3.3.3 Erreichte Ergebnisse

In AP1 wurde das CONVERGE-Weltbild entwickelt in dem die verschiedenen Schichten des Car2x-Systemverbundes dargestellt werden. Es fand eine Identifikation der im Car2X-Systemverbund beteiligten Akteure und der von ihnen ausgeübten Rollen statt. Aus einem Zielentfaltungsprozess wurden

- 15 übergeordnete Ziele,
- 68 Use-Cases und
- 89 Anforderungen (davon 41 Anforderungen an die Security)

abgeleitet, die in einer Use Case und Requirements Matrix systematisch und kompakt dargestellt wurden. Im Einzelnen wurden alle elementaren Use Cases sowie die zugehörigen Anforderungen beschrieben. Das Ganze wurde um eine textuelle Beschreibung – die User Stories – ergänzt. Use Cases und übergeordnete technischen Rollen bildeten sie die Grundlage für die Erarbeitung der Systemarchitektur in AP2. Die Ergebnisse sind im Detail in den Deliverables D1.1 und D1.2 beschrieben.

3.4 AP2 – Architektur und Schnittstellen eines Car2X-Systemverbundes

Das Arbeitspaket 2 wurde vom BMBF gefördert.

In der Rolle als Leiter dieses Arbeitspaketes sowie in zahlreichen inhaltlichen Beiträgen vor allem bei der Spezifikation der fahrzeugseitigen Komponenten und Teilen der übergeordneten Systemstruktur sowie bei der Erstellung von Vorgehensweisen für eine strukturierte Erarbeitung der Architekturkonzepte hat BOSCH entscheidend zur Erarbeitung der Ergebnisse dieses Arbeitspaketes, welches eines der wesentlichen Projektergebnisse darstellt, beigetragen.

3.4.1 Anforderungen und Zielsetzung

Ziel des AP2 war es, die im Rahmen von AP1 im Deliverable D1 erstellten übergeordnete Ziele, Anwendungsfälle und Anforderungen zunächst in detaillierte technische Anforderungen umzusetzen und aus diesen dann eine Gesamtarchitektur zu entwerfen und als Referenzarchitekturvorschlag zu dokumentieren. Darüber hinaus wurden in Abstimmung mit AP7 hier die Randbedingungen und Regeln für die Erstellung und den Test des Demonstrators festgelegt (AP2.1). Schließlich sollten hier auch diejenigen Architekturkomponenten des Demonstrators implementiert werden, die Bestandteil des Systemverbundes sind und nicht explizit zu einem der anderen Arbeitspakete gehören.

Wesentliche Eckpunkte der zu erstellenden Gesamtarchitektur ergaben sich bereits aus der Vorhabensbeschreibung, diese wurden dann durch die Detaillierte Ausarbeitung der Use Cases in AP1 weiter verfeinert.

Ein ITS-Gesamtsystem hat die übergeordnete Aufgabe, seinen Nutzern eine Plattform für die Bereitstellung und Nutzung von ITS-Diensten zur Verfügung zu stellen. Diese ITS-Dienste werden durch den Austausch von Informationen zwischen verschiedenen, am

System beteiligten Stakeholdern erst ermöglicht oder zumindest erheblich verbessert. Ein ITS-Dienst bedingt also in der Regel die Vernetzung von ITS-Diensteanbietern und ITS-Dienstnutzern. Um eine möglichst universelle Basis hierfür bereitzustellen, muss das ITS-Gesamtsystem unter anderem folgende Randbedingungen berücksichtigen:

- Anbindung von privaten (z. B. Fahrzeughersteller, ADAC) wie öffentlichen (z. B. Verkehrszentralen, Kommunen) ITS-Dienstnutzern und ITS-Diensteanbietern
- ITS-Dienst-Verfügbarkeit in beliebigen geographischen Zielgebieten, verantwortungs- und länderübergreifend.
- Unterstützung von heterogenen Zugangssystemen (z. B. Mobilfunk, ETSI ITS-G5)
- Abbildung der im Gesamtkontext bestehenden Rollen
- Unterstützung von kostenpflichtigen wie kostenfreien ITS-Diensten
- Sicherung der übertragenen Nachrichten und des Zugangs zum System gegen Angriffe von außen und gegen unbefugte Nutzung des Systems und der Daten
- Sicherstellung der Privatsphäre der am System beteiligten Nutzer im Rahmen der bestehenden Datenschutzrichtlinien
- Einhaltung von IT-Security-Mechanismen zur Sicherstellung der Informationssicherheit und Privatsphäre der am System beteiligten Entitäten
- Offenheit für neue Anwendungen, ITS-Dienste, ITS-Diensteanbieter, ITS-Dienstnutzer und Zugangsnetzbetreiber
- Skalierbarkeit in Bezug auf Nutzerzahlen und ITS-Dienste

In vorangegangenen Forschungsprojekten wurde auf Seite der Architektur ein Rahmenwerk geschaffen und in verschiedenen Gremien standardisiert. Dieses Rahmenwerk blieb allerdings an verschiedenen Stellen noch sehr vage bzw. ließ wesentliche Teilaspekte offen. Dies betrifft vor Allem die Vernetzung der in besagtem Rahmenwerk definierten Geräte und Applikationen.

So wurde z. B. wenig auf die Untersuchung verschiedener Netztopologien (z. B. zentral, hierarchisch, verteilt) in Bezug auf ihre Eignung zur Realisierung eines Car2X-Systemverbundes eingegangen. Die Wahl einer geeigneten Netztopologie kann sich jedoch sehr entscheidend auf die Leistungsfähigkeit (z. B. Latenz, Komplexität, Betriebsaufwand, Erweiterbarkeit, Sicherheitsmechanismen) des Gesamtsystems auswirken und muss somit Bestandteil einer Komplettbeschreibung des Systems sein.

Ein wirklich hybrider Einsatz der Zugangstechnologien, bei dem sich diese funktions-, zuständigkeits- und gebietsübergreifend ergänzen, und dadurch ein aus Applikationssicht weitgehend transparentes Gesamtsystem bilden, wurde vor CONVERGE nicht oder nicht ausreichend untersucht.

Auch bei betrieblichen Aspekten wie der Verwaltung von Teilnehmern, Möglichkeiten zur Abrechnung kommerzieller Dienste oder den notwendigen Erweiterungen und Anpassungen zur Bereitstellung eines nahtlosen zuständigkeits-, regions- und länderübergreifenden Systems blieben wesentliche Fragen offen.

Im Rahmen des AP2 sollten verschiedene dieser offenen Punkte in Bezug auf die Architektur von ITS-Systemen untersucht und Lösungen erarbeitet werden. Hierzu gehören die folgenden Themen:

- Erarbeitung von Vorschlägen für Netztopologien des ITS-Systemverbundes unter Berücksichtigung der im Arbeitspaket 1 definierten Rollenmodelle
- Untersuchung und Optimierung des hybriden Funkzugangs
- Erstellung eines Konzeptes zur Realisierung eines zuständigkeits- und länderübergreifende Gesamtsystems
- Definition einer betreiber- und zugangssystemunabhängigen Schnittstelle zur funktechnischen Anbindung der Fahrzeuge
- Definition einer offenen Schnittstelle für die Anbindung von kommerziellen und nichtkommerziellen ITS-Diensten auf der Infrastrukturseite
- Möglichkeiten zur Abrechnung von kostenpflichtigen ITS-Diensten

Hierzu wurde die Systemarchitektur inklusive der Systemkomponenten des ITS-Gesamtsystems und ihrer Schnittstellen detailliert definiert und prototypisch realisiert.

Neu im Vergleich zu bisherigen Forschungsprojekten war hier die Einführung des Begriffes Car2X-Systemverbund, welcher als Beschreibung einer Plattform zur Vernetzung der Fahrzeuge (mit Anbindung über verschiedenen Zugangstechnologien wie zellulärer Mobilfunk oder ETSI ITS-G5) einerseits, und verschiedener Anbieter und Nutzer von ITS-Diensten auf Infrastrukturseite andererseits dient.

3.4.2 Vorgehensweise

Zur Erstellung der Car2X-Systemverbund Architektur wurden zunächst, aufbauend auf AP1, die funktionalen und rollenspezifischen Anforderungen an die Nutzer des Car2X-Systemverbundes analysiert um zusätzliche technologische und architekturenspezifische Erfordernisse und Randbedingungen daraus abzuleiten. Danach wurden verschiedene mögliche Architekturalternativen zusammengestellt und auf ihre Eignung in Bezug auf die gegebenen Anforderungen untersucht. Hierbei waren Ergebnisse aus, und die Anlehnung an bestehende Ansätze (z. B. sim^{TD}, AKTIV, CVIS) und Standards (z. B. ETSI ITS, CALM) ein wesentliches Kriterium.

Als Ergebnis der Auswertung der ermittelten Alternativen wurde eine Referenzarchitektur definiert und im Detail beschrieben. Hierbei sollten neben der Software- und Netzsicht auch operative, sicherheitstechnische und rechtliche Rahmenbedingungen aus AP1 einfließen.

Da AP2 die übergeordnete (teilsystemübergreifende) Architektur festlegt, wurden hier in Vorbereitung der in AP7 durchzuführenden Arbeiten auch die Prototyprichtlinien und ein entsprechender Integrationsplan erarbeitet.

Als Abschluss des Arbeitspaketes war AP2 unterstützend bei der Implementierung der Referenzarchitektur beteiligt um Fragestellungen, welche im Rahmen der Implementierung auftauchten aus Architektursicht zu beantworten. Bei der Implementierung sollte soweit als möglich eine Anlehnung an bestehende Forschungsprojekte wie sim^{TD}, CoCar(X) und AKTIV erfolgen.

Im Rahmen der Implementierung der Referenzarchitektur ergaben sich zahlreiche Hinweise und Feedback, welches zum Teil Anpassungen an einzelnen Teilen der Architekturspezifikation notwendig machte. Dieses Feedback wurde in einem systematischen Prozess gesammelt, bewertet und dann im Rahmen einer finalen Version der Architekturspezifikation festgehalten und dokumentiert.

Das folgende Schaubild zeigt die im Rahmen von AP2 zu erarbeitenden Deliverables und deren Zusammenhang untereinander und zu Ergebnissen der anderen Arbeitspakete.

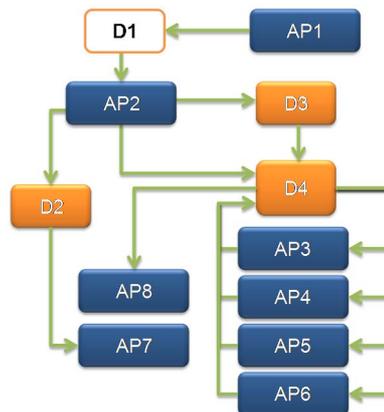


Abbildung 9: AP2 Deliverables und deren Zusammenhang untereinander und zu Ergebnissen anderer APs

3.4.3 Erreichte Ergebnisse

Das Deliverable D2 - Richtlinien zur Erstellung der Prototypkomponenten, wurde in diesem Arbeitspaket erstellt. In dieses Deliverable flossen wesentliche Erfahrungen aus Vorgängerprojekten, vor allem sim^{TD} und CoCar(X) ein. Wichtige Punkte innerhalb von D2 waren die Aufstellung einer Rahmenarchitektur für die Integration der Prototyp Komponenten, die Aufstellung von Regeln und Vorgaben für eine möglichst effiziente Zusammenarbeit und die technischen Randbedingungen unter welchen die Prototypkomponenten integriert werden (z. B. genutzte Tools, Datenbanken, IT Umgebungen, ...). Da die Randbedingungen teilweise auch von der Referenzarchitektur abhingen bzw. sich erst im Rahmen der weiteren Arbeiten an den Details der Architektur verfestigen, wurde dieses Dokument als „lebendes“ Dokument betrachtet, begleitete das Projekt in mehreren Version und wurde dabei immer wieder ergänzt und angepasst.

Die erarbeiteten technologischen und architektur-spezifischen Randbedingungen wurden im Deliverable D3 dokumentiert. Zur Erstellung des Deliverables D3 - technische Anforderungen und Architekturvarianten, wurde zunächst der Begriff Architektur im Sinn

von AP2 genauer eingegrenzt. Hierzu wurden verschiedene Aspekte einer Systemarchitektur innerhalb einer Expertengruppe diskutiert und dann hieraus die im CONVERGE Kontext relevanten Aspekte festgehalten. Dazu gehörten auch Festlegungen zur Art und Weise der Dokumentation und Darstellung des Architekturbildes mit Hilfe einer Untermenge der in UML und SysML definierten Strukturelemente. Im Rahmen verschiedener Workshops wurde zunächst ein Verfahren erarbeitet, welches bei der strukturierten Umsetzung der Ergebnisse aus AP1 in detaillierte technische Anforderungen helfen sollte. Hierbei wurden sowohl die Vorgehensweise, als auch die erwarteten Ergebnisse (Erkennung funktionaler Komponenten, Bestimmung von Architekturentscheidungspunkten) festgelegt und durch die Erstellung von Templates ein Rahmen für die Bearbeitung vorgegeben. Dieses Verfahren wurde daraufhin beispielhaft für die User Stories Local Hazard Warning (LHW) und Road Works Warning (RWW) durchgespielt, nochmals korrigiert und im Weiteren bei der Bearbeitung der einzelnen Use Cases aus D1.1 angewendet. Das verwendete Verfahren sah dabei die technische Detaillierung der Use Cases aus D1.1 in 3 Phasen des Lebenszyklus dieser Use Cases innerhalb des Systemverbundes vor. Es wurden zunächst die Abläufe durchgespielt und analysiert, welche notwendig sind, um das Gesamtsystem soweit vorzubereiten, dass der operationelle Betrieb des Use Cases beginnen kann. Danach wurden die operationellen Details untersucht, und zum Abschluss auch die zur vollständigen Entfernung der beteiligten Komponenten und Funktionalitäten aus dem Gesamtsystem notwendigen Vorgehensweisen bestimmt.

Aus jeder dieser 3 Phasen ergaben sich notwendige funktionale Komponenten sowie zu klärende Fragestellungen und technische Anforderungen.

Schließlich wurde durch Zusammenführung der Ergebnisse der Einzeluntersuchungen eine Gesamtsicht ermittelt, welche die Summe der Komponenten für die Abdeckung aller Use Cases, sowie die verbleibenden wesentlichen Fragestellungen für die Architektur des Gesamtsystems wiedergibt. In Abbildung 10 ist das Vorgehen dargestellt.

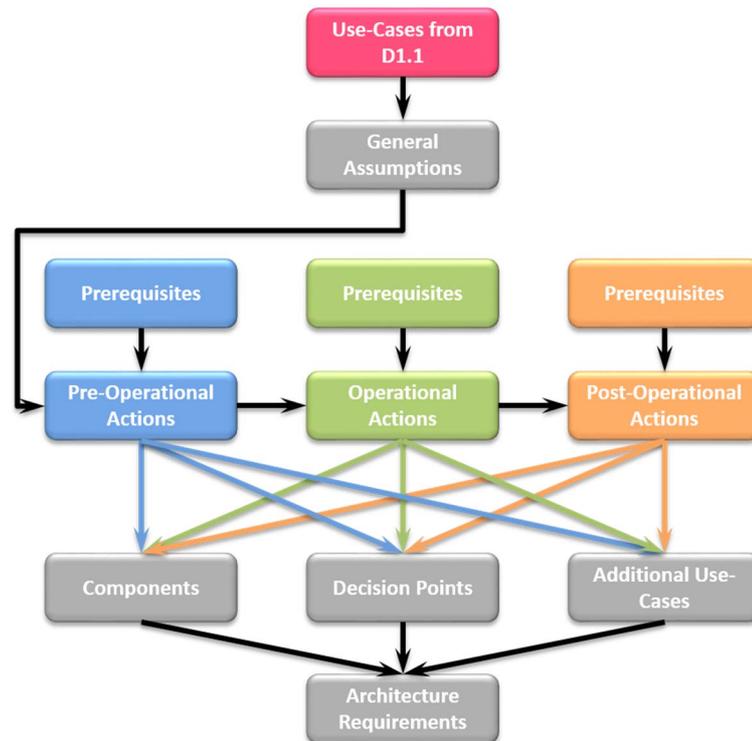


Abbildung 10: Illustration des Vorgehens zur Ableitung der Architektur

Als Ergebnis des beschriebenen Verfahrens wurden für alle Use Cases in einer einheitlichen strukturierten Darstellung Komponenten, Aktivitäten für die prä-operationelle, operationelle und post-operationelle Phase eines Use Cases im späteren Betrieb des Car2X-Systemverbundes festgehalten. Im Folgenden ist beispielhaft für den Use Case UC-SP-04 eines dieser Ergebnisse dargestellt nämlich ein Ablaufstruktogramm der prä-operationellen Phase mit beteiligten Komponenten und deren Zusammenwirken.

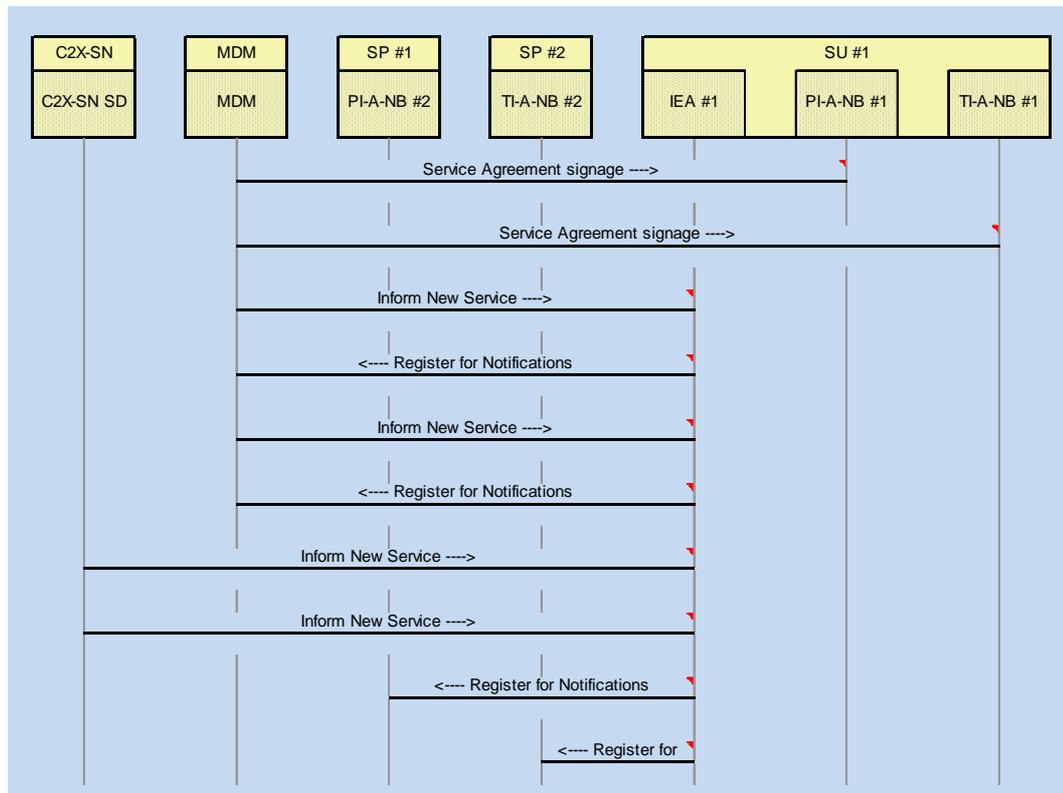


Abbildung 11: Exemplarische Darstellung des Ablaufstruktogramms der prä-operationellen Phase für einen Use Case mit beteiligten Komponenten und deren Zusammenwirken

Zusätzlich erfolgten eine Strukturierung der vorgegebenen Use Cases und eine Einteilung in verschiedene Gruppen.

Ausgehend vom zuvor beschriebenen Vorgehen, welches ein Gerüst von Architekturkomponenten, deren Zusammenwirken und Anforderungen an diese festlegt, wurden verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung dieser Architekturbausteine ermittelt, analysiert und miteinander verglichen. Aufbauend auf dieser Voranalyse wurde ein erstes Bild der Gesamtarchitektur aufgestellt. Beispielhaft kann hier auf die Komponente des Geomessaging verwiesen werden. Für diese Komponente wurde zunächst analysiert, welche Lösungen oder Teillösungen bereits existieren, hierzu wurden unter anderem Vorgängerprojekte wie sim^{TD} oder CoCarX nochmals analysiert. So wurden zum Beispiel die Vor- und Nachteile einer Platzierung des Geomessaging Servers in unterschiedlichen Teilen der Gesamtarchitektur (Netzwerkschicht, Backend Schicht) ermittelt und verglichen. Schließlich ergab sich aus dieser Analyse die in CONVERGE vorgeschlagene Lösung einer mehrstufigen und verteilten Ausprägung des Geomessaging Konzeptes mit Proxy im Backend und den eigentlichen Server Komponenten in den jeweiligen Kommunikationsnetzen. Andere mit der gleichen Methodik untersuchte Punkte waren:

- Berücksichtigung von Quality of Service
- Netzzugang und Auswahl

- Datenqualität
- Service Management
- Zugang zu externen Diensten wie z. B. dem MDM

Auch die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden im Deliverable D3 dokumentiert.

Nachdem in den vorherigen Arbeitspaketen das Bild der Architektur des Car2X-Systemverbundes festgelegt wurde, erfolgte die detaillierte Ausarbeitung, im Rahmen des Deliverables D4, welches in 3 Versionen begleitend zu ersten Implementierungsansätzen erstellt wurde. Zunächst wurde Anhand der Vorarbeiten ein Gesamtarchitekturbild aufgestellt.

Neben den technischen Komponenten in den 3 Ebenen Mobiler Knoten, Kommunikationsnetz und Backend wurde im Zuge der detaillierten Ausarbeitung erkannt, dass eine zusätzliche Schicht notwendig wird, um das Gesamtbild zu vervollständigen. In dieser sogenannten Governance-Ebene wurde definiert, welche organisatorischen und regelgebenden Instanzen notwendig sind, um den Rahmen für einen späteren operationellen Betrieb des Car2X-Systemverbundes zu schaffen. Auch diese Instanzen wurden als Architekturkomponenten mit Schnittstellen und Aufgaben betrachtet, so dass schließlich ein Gesamtbild entstand, welches sowohl die technischen als auch die organisatorischen und regulatorischen Gesichtspunkte des Systemverbundes zusammenfasst. Abbildung 12 zeigt eine Übersicht zur Architektur des Car2X-Systemverbunds mit den 4 Ebenen.

Auf dieser Detaillierungsstufe wurden sämtliche Komponenten detailliert beschrieben, und alle Schnittstellen zwischen diesen Komponenten konkret bis auf die notwendige Genauigkeit erarbeitet.

Für jede Komponente wurden hierzu eine Beschreibung, die Eingangs- und Ausgangsparameter und genutzter Schnittstellen mit den jeweiligen funktionalen und nicht-funktionalen Bestandteilen beschrieben. Für die Schnittstellen wurden neben einer funktionalen Beschreibung die Protokollstruktur, das statische und dynamische Verhalten und ebenfalls funktionale und nicht-funktionale Anforderungen und Eigenschaften beschrieben. Falls notwendig, wurden zusätzlich Vorschläge für eine Programmierschnittstelle (API) erstellt.

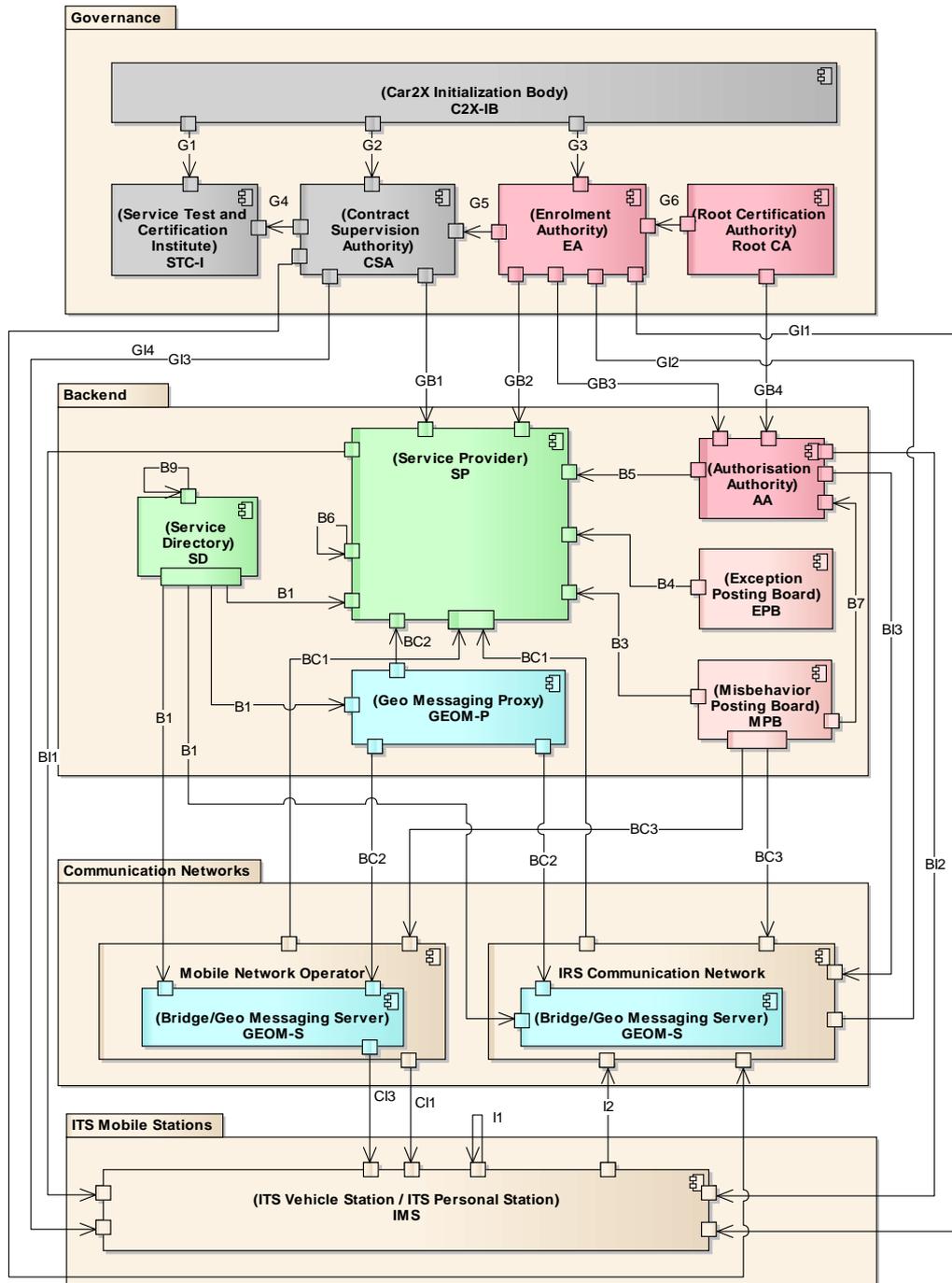


Abbildung 12: Übersicht zur Architektur des Car2X-Systemverbunds mit den 4 Ebenen „Governance“, „Backend“, „Communication Networks“ und „ITS Mobile Stations“

Hierbei wurde Wert auf mögliche Wiederverwendung bestehender Technologien gelegt, und falls notwendig Ergänzungen bzw. Neufestlegungen erstellt.

In einer zweiten Detaillierungsstufe wurde dann in den Schichten Mobiler Knoten, Kommunikationsnetz und Backend noch eine weitere Unterteilung in Subkomponenten und entsprechende Schnittstellen durchgeführt. Neben der Dokumentation im

Deliverable D4 wurde die Architektur als Vorbereitung für die spätere Implementierung in Enterprise Architect, einem Systemdesigntool, implementiert. So konnten die in AP2 gemachten Arbeiten sehr effizient bei der späteren Implementierung im Rahmen des Projektes genutzt werden.

Da die Gesamtarchitektur im Detail im genannten Deliverable D4 nachzulesen ist, soll hier nicht jede Komponente bzw. Schnittstelle nochmals beschrieben werden, sondern einige als besonders wichtig eingestufte Teile dieser Architektur, welche wesentlich zum Erreichen der zu Beginn gestellten Anforderungen beitragen, detaillierter betrachtet werden.

Eines der wesentlichen Ziele des Vorhabens war es, eine Möglichkeit zu schaffen, mit der Backenddienste sich gegenseitig über ihr Vorhandensein und ihre Leistungsmerkmale informieren können und somit durch Dienste-Vernetzung ganz neue oder verbesserte Dienste zu realisieren. Hierbei sollte besonders Wert auf Offenheit, Erweiterbarkeit und Flexibilität geachtet werden. Im Rahmen der Spezifikation der CONVERGE Gesamtarchitektur wurde daher ein Dienste Management Konzept erstellt, welches eines der Kernbausteine des Gesamtsystems bildet. Die folgenden beiden Bilder geben einen Überblick über das Konzept und zeigen die beiden Betriebsmodi zur Dienste Bereitstellung und Nutzung.

• **Service Advertisement**

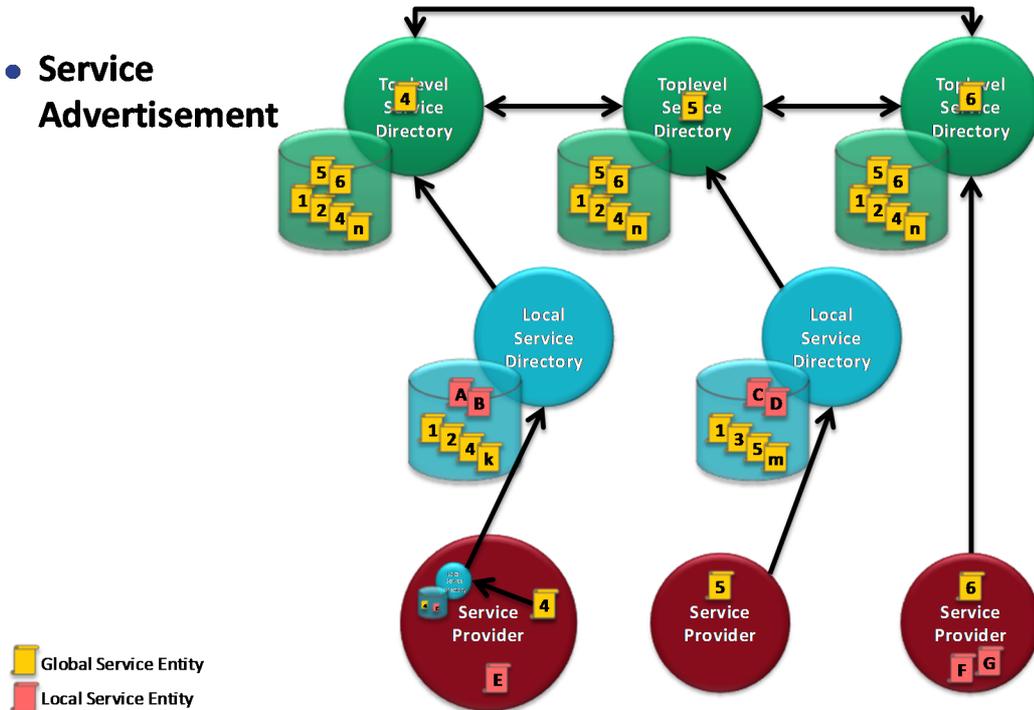


Abbildung 13 Dienste Management Konzept: Service Advertisement

• **Service Discovery**

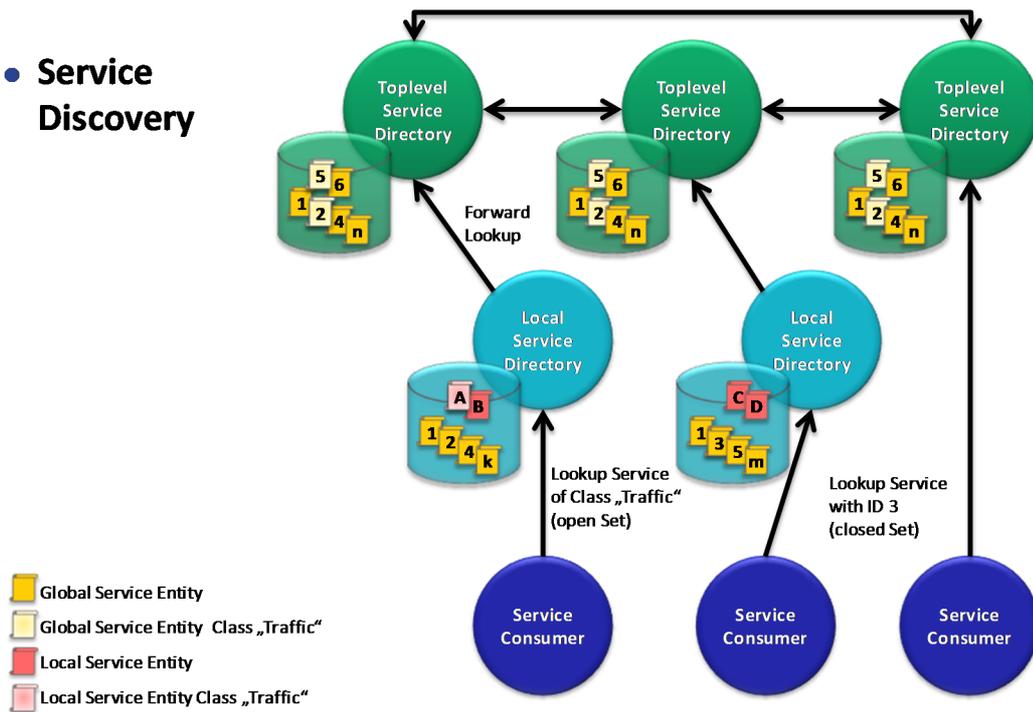


Abbildung 14 Dienste Management Konzept: Service Discovery

Die Erstellung dieses Teils der Architektur erfolgte in Anlehnung an bekannte Internet Mechanismen (z. B. Domain Name Service DNS). Grundlage des Konzepts ist eine mehrschichtige Topologie von sogenannten Service Directories (SDs), welche speziell die Kriterien Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und Offenheit adressiert. Auf der obersten Schicht existieren sogenannten Top-Level SDs welche durch Einhaltung bestimmter vordefinierter Regeln sicherstellen, dass jedes dieser Toplevel SDs immer zeitnah Wissen über alle im System verfügbaren Dienste besitzt. Darunter können weitere Schichten existieren, welche immer jeweils nur einen Teil der Dienste kennen. Durch Weiterleitung von Anfragen an die nächsthöhere Stufe nach vorgegebenen Regeln ist trotzdem sichergestellt, dass eine vollständige Beantwortung von Anfragen nach Diensten erfolgt. Durch dieses verteilte Konzept ist gewährleistet, dass ein Kompromiss zwischen Aufwand und Latenz bezüglich der Verteilung der Information erreicht werden kann. Außerdem garantiert dieses Konzept eine möglichst gute Robustheit des Systems gegen Ausfälle und Veränderungen im laufenden Betrieb und gewährleistet zusätzlich die geforderte Unabhängigkeit von einzelnen Betreibern.

Eine weitere Kernanforderungen an die hier erstellte Architektur des Car2X-Systemverbundes war es, eine Möglichkeit zu schaffen, Nachrichten an mobile Teilnehmer verteilen zu können, ohne dabei Wissen über die besonderen Eigenschaften der Kommunikationsinfrastruktur zu besitzen, bzw. auf diese besonderen Eigenschaften eingehen zu müssen. Um diese Anforderung zu erfüllen, wurde innerhalb der Architektur ein zweistufiges Konzept konzipiert und detailliert beschrieben, welches eine Technologie-agnostische Verteilung von Nachrichten in geographische Gebiete nach

Interessenslage des mobilen Teilnehmers (z. B. Information über Wetterbedingungen) oder entsprechend bestimmter Eigenschaften des Empfängers (z. B. an alle LKWs) ermöglicht. Das folgende Bild gibt einen Überblick über das erstellte Konzept.

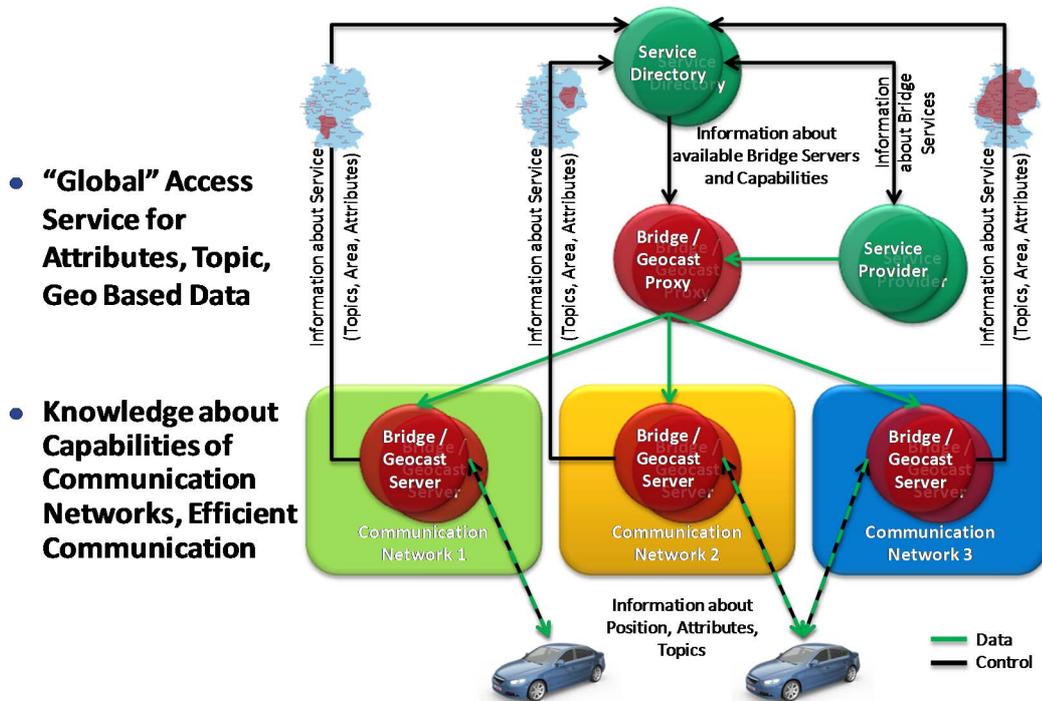


Abbildung 15 2-stufiges Geoserver/Bridge Konzept zur agnostischen Verteilung von Nachrichten in geographische Gebiete und/oder in Abhängigkeit von Nachrichtenattributen

Man erkennt das zweistufige Konzept, welches als einheitlichen Zugang für die Verteilung der Nachrichten eine sogenannte Proxy Komponente vorsieht, welche dann wiederum die Verteilung der Nachrichten an sogenannte Geoserver übernimmt, welche angepasst an die Gegebenheiten der jeweiligen Kommunikationstechnologie die konkrete Verteilung der Nachrichten durchführen. Die folgenden Bilder zeigen die beiden im Rahmen des Projektes implementieren Varianten (Mobilfunk Unicast Geoserver/Bridge und ETSI ITS G5 basierter Broadcast Geoserver). Hierbei wurde zur Vereinfachung die Proxy-Komponente nicht dargestellt.

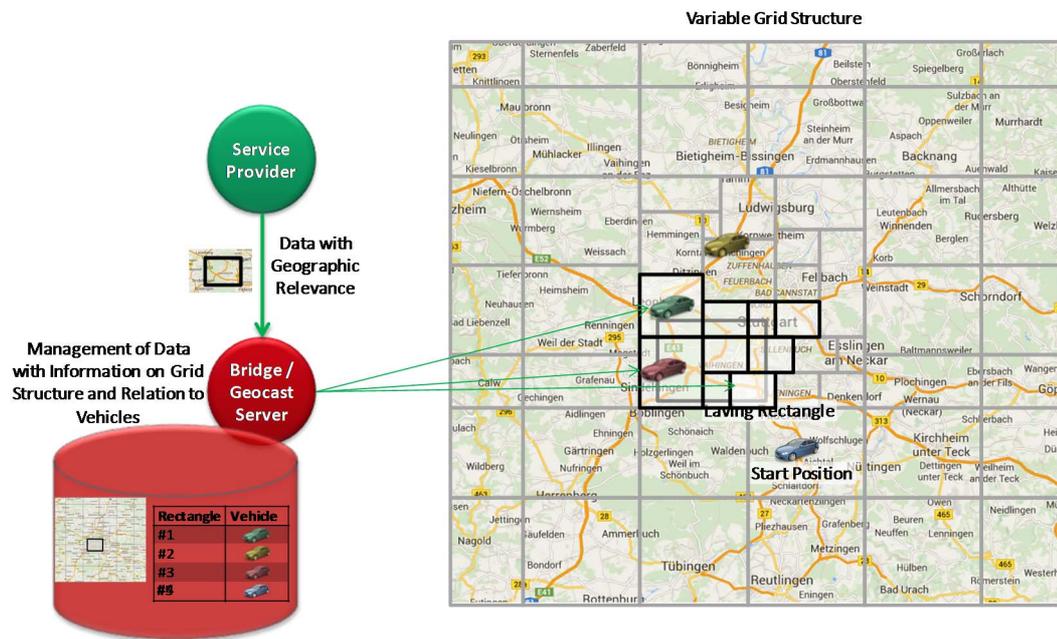


Abbildung 16 Mobilfunk Unicast Geoserver/Bridge

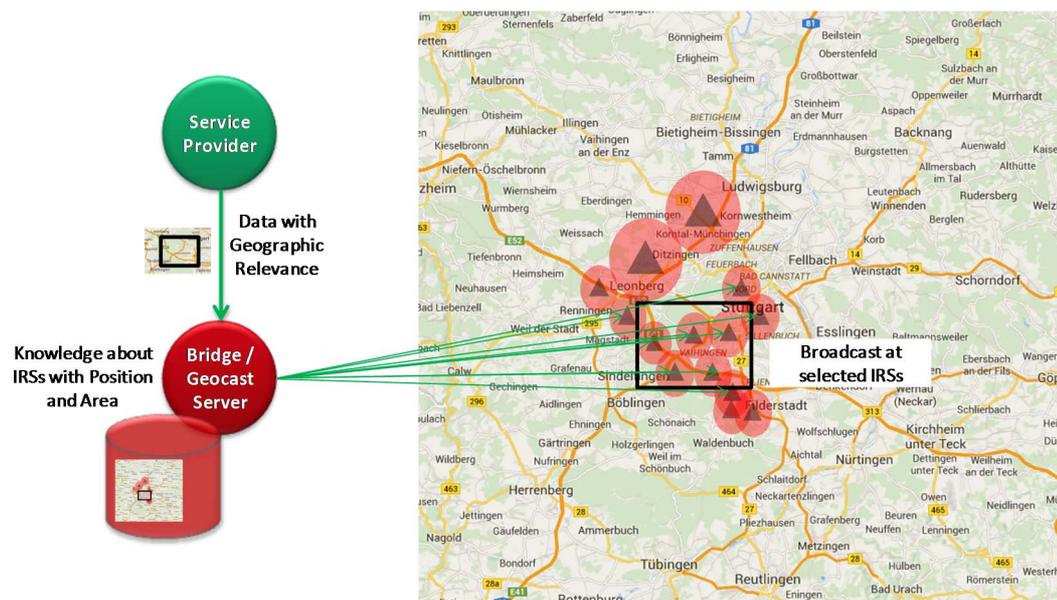


Abbildung 17 ETSI ITS G5 basierter Broadcast Geoserver

Um die Kriterien Offenheit, Erweiterbarkeit und Flexibilität zu gewährleisten, wurde bei der Erstellung des Konzeptes konsequent auf eine Nutzung des zuvor erwähnten Dienst-Konzeptes zurückgegriffen, welches somit nicht nur die Nutzung und Zusammenschaltung von Diensten nach außen ermöglicht, sondern auch als Basis für systeminterne Konzepte verwendet wird. So basiert die Zusammenarbeit der verschiedenen Komponenten im zuvor beschriebenen Geocast/Bridge genannten Konzept auf einem Austausch von Informationen über Leistungsmerkmale der Komponenten (z. B. Information über Abdeckungsgebiete der einzelnen Geoserver oder deren Verfügbarkeit) über den zuvor

bereits erwähnten Service Management Mechanismus. Hierdurch kann auch gewährleistet werden, dass neue Nachrichtentechnologien ergänzt werden können, ohne bestehende Implementierungen zu beeinflussen. So muss ein neuer Geoserver welcher z. B. neue Verteilungstechnologien wie Local Cloud bzw. Mobile Edge Computing nutzen will, lediglich die vorgegebenen Regeln des Service Konzeptes einhalten, um eine Erweiterung auch auf diese neue Technologie weitestgehend ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebes möglich zu machen.

Im Rahmen der Planung der Implementierung des Gesamtsystems und der Vorarbeiten zur späteren Validation des Car2X-Systemverbundes zeigte sich, dass eine spezifische Implementierung von Komponenten und Schnittstellen, welche außerhalb der nachfolgend beschriebenen Einteilung in die Arbeitspakete 3 bis 6 erfolgen muss, nicht oder nur in sehr geringem Maß gegeben ist. Es wurde daher als sinnvoller erachtet, alle Arbeiten welche zur Implementierung von Komponenten und Schnittstellen gehören, in den nachfolgenden beschriebenen Arbeitspaketen zu verankern, und aus AP2 nur Zuarbeit zu leisten. Eine genaue Beschreibung der erzielten Ergebnisse erscheint daher hier nicht nötig und es sei auf die nachfolgenden Kapitel verwiesen.

3.4.4 Bewertung und Ausblick

Die im Rahmen von CONVERGE erarbeitete Systemarchitektur konnte anhand der Referenzimplementierung und der erfolgten Auswertung im AP8 nachweisen, dass die wesentlichen vorgegebenen Anforderungen an den Car2X-Systemverbund erfüllt werden konnten. Neben der Erarbeitung des technischen Rahmens für einen Car2X-Systemverbund wurde auch der rechtliche und organisatorische Rahmen mit berücksichtigt und in Form eines zusätzlichen sogenannten Governance Layers dargestellt. In dieser Architekturschicht werden Entitäten spezifiziert, welche zur Erstellung und zum Betrieb eines solchen Systemverbundes unumgänglich sind. Wesentliche Komponente ist hier der Car2X Initialization Body, welcher ein Gremium darstellt, das die Regeln für den Car2X-Systemverbund festlegt und verwaltet und somit quasi eine legislative Funktion darstellt. Darüber hinaus wurden mit der Contract Supervision Authority (CSA) und der Service Test and Certification Institution (STC-I) Instanzen definiert, welche den Zu- und Austritt zum System sowie die Konformität von im System bereitgestellten und genutzten Diensten überwachen.

Allerdings können diese Definitionen nur ein erster Schritt hin zu einem operativen Aufsetzen und Betrieb eines solchen Systems sein. Wesentlich für den weiteren Erfolg der in CONVERGE erarbeiteten Grundlagen in einem zukünftigen Betrieb solcher Systeme wird sein, möglichst zeitnah erste Schritte zur Überführung in diesen Betrieb zu unternehmen. Hier haben bereits erste Aktivitäten stattgefunden. So hat das C2C-CC erste Schritte dahingehend unternommen, die in CONVERGE erarbeiteten Grundlagen zu begutachten und als Basis für die Definition einer Einführung von C2X zu verwenden. Der ITS-Korridor basiert ebenfalls in wesentlichen Teilen auf den in CONVERGE erarbeiteten

Prinzipien. Somit gibt es sowohl auf der öffentlichen als auch auf der privaten Seite erste Aktivitäten, um die Ergebnisse dieses Projektes weiter zu verwenden. Ein Informationsaustausch mit den Gremien, die in den vereinigten Staaten für ähnliche Aufgaben zuständig sind, hat erste positive Rückläufe nach sich gezogen und somit kann davon ausgegangen werden, dass Architekturprinzipien und Ideen auch dort übernommen werden.

3.5 AP3 – Verkehrszentralen und ITS-Dienstleister

Das Arbeitspaket 3 wurde vom BMWi gefördert.

Im Rahmen der Mitarbeit im AP3 hat BOSCH sich an der Konzeption und Entwicklung der beiden für die Validierung und Demonstration ausgewählten Use Cases Falschfahrerwarnung (Wrong Way Driver Warning, WWDW) und Logistik-Kette beteiligt. Darüber hinaus wurden die AP3 Aktivitäten hinsichtlich Abstimmung bzgl. Der Gesamtarchitektur begleitet.

3.5.1 Task Force Demonstrations-Szenario Wrong Way Driver Warning (WWDW)

3.5.1.1 Anforderungen und Zielsetzung

Der Use Case WWDW wurde mit dem Ziel ausgewählt, die nachfolgenden Aspekte des CONVERGE Systems demonstrieren zu können:

- Nutzung der hybriden Kommunikation (ITS G5, Mobilfunk)
- Signifikante Reduktion der Zeitspanne zwischen Detektion des Falschfahrers und Warnung der anderen Verkehrsteilnehmer
- Verbesserung der Verkehrs- und Fahrsicherheit durch Vermeidung schwerer Unfälle

3.5.1.2 Vorgehensweise

Für die detaillierte Ausarbeitung des Demonstrations-Szenarios WWDW wurde eine Task Force mit Beteiligung von BOSCH etabliert. Die Arbeiten umfassten eine generelle Planung zum Vorgehen und die Ausarbeitung der User-Story. Auf technischer Seite waren verschiedene Punkte zu klären, so der Mechanismus der Detektion (IVS, IRS, Straßeninfrastruktur, etc.), die Durchführung einer Demonstration, insbesondere Anforderungen an einen Demonstrationsort sowie weitere Fragen, z. B. zu Security, Privacy, Datenqualität, Haftung.

Im Rahmen von AP3 erfolgte die Konzeption und Entwicklung der WWDW. Umsetzung in den Versuchsfahrzeugen, Integration in das Gesamtsystem, Test und Demonstration waren Gegenstand von AP7 und werden dort beschrieben.

3.5.1.3 Erreichte Ergebnisse

Bei der Konzeption und Entwicklung der WWDW hat BOSCH im Wesentlichen eine begleitende und beratende Rolle eingenommen. Als Car2X-Funktion gliederte sich der WWDW in die üblichen Bestandteile:

- Detektion des Ereignisses
- Nachrichtenverbreitung
- Relevanzprüfung
- Warnentscheidung und –anzeige.

Dabei lag der Fokus gemäß der Zielsetzung an den Use Case auf der effizienten Nachrichtenverbreitung sowie auf der späteren Realisierung im Fahrzeug als Voraussetzung für die Demonstration und den Möglichkeiten der Demonstration selbst.

Die Detektion erfolgte sehr einfach durch einen Vergleich der Fahrtrichtung des Falschfahrer-Fahrzeugs mit der Solltrajektorie vorgegeben durch den bekannten Verlauf der Autobahnabfahrt. Konkret wurden von einer dort platzierten IRS die CAMs des Falschfahrer-Fahrzeugs aufgenommen und mit der Topologie der Abfahrt verglichen. Durch dieses Tracking wurde ein Unterschied im Heading von ca. 180° erkannt was zu einer Klassifizierung dieses Fahrzeugs als Falschfahrer führte und die Aussendung einer Warnmeldung (DENM) triggerte. Genauso wurde nach einem Wendemanöver von 180° das nun korrekte Heading des Falschfahrers erkannt und die Warnung aufgehoben. Um eine fehlerhafte Aufhebung der Warnung durch einen Pseudonymwechsel des Falschfahrer-Fahrzeugs während des Trackings zu verhindern wurde in der IVS der Pseudonymwechsel solange unterdrückt wie sie sich in Reichweite einer IRS befand.

Fahrzeuge in der Nähe des Falschfahrer-Fahrzeugs (d. h. in Kommunikationsreichweite der IRS) erhielten direkt eine DENM und konnten prüfen, ob das Ereignis sie überhaupt betraf und wie seine aktuelle Dringlichkeit war. Entsprechend wurde ggfs. eine HMI-Anzeige ausgelöst, z. B.

- ein bloßer Hinweis auf einen Falschfahrer in der Nähe
- eine Empfehlung, nicht auf die betroffene Autobahn aufzufahren
- eine Information über die Annäherung an das Falschfahrer-Fahrzeug mit Abstandsanzeige
- bzw. bei zusätzlicher Dringlichkeit eine deutliche Warnung

Zusätzlich wurde der Fahrer im Falschfahrer-Fahrzeug gewarnt und mit Handlungsempfehlungen versorgt. Die Anzeigen sind in Abbildung 18 zusammengefasst.

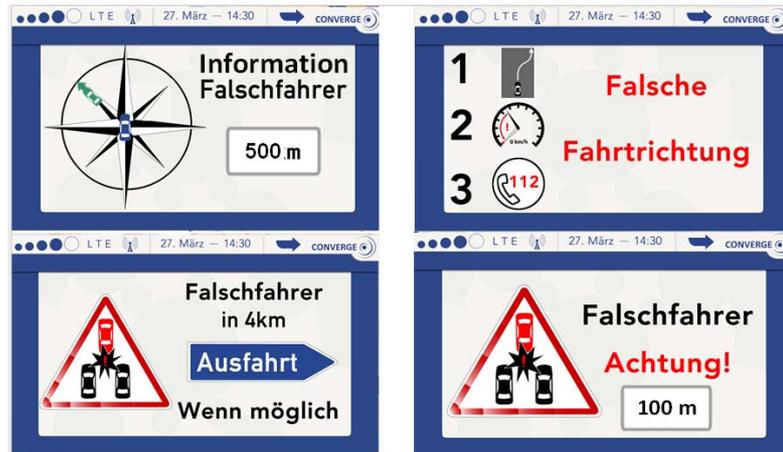


Abbildung 18: HMI-Anzeigen der Wrong Way Driver Warning (WWDW)

Die Nachrichtenverbreitung sollte auf schnellstmögliche Weise erfolgen und alle relevanten Fahrzeuge erreichen. Dies wurde in drei Unterzielen zusammengefasst

- Rechtzeitiger Empfang der Nachricht um einen möglichst hohen Sicherheitsgewinn durch Unfallvermeidung zu erzielen
- Nachrichtenverbreitung in ein definiertes geographisches Gebiet, da das Ereignis nur interessant ist für Fahrzeuge, die auf derselben Fahrbahn wie der Falschfahrer unterwegs sind, jedoch nicht für Fahrzeuge auf der Gegenfahrbahn
- Ressourceneffizienz: nicht betroffene Fahrzeuge sollen keine Nachricht empfangen

In Abbildung 19 ist der hybride WWDW-Nachrichtenfluss veranschaulicht.

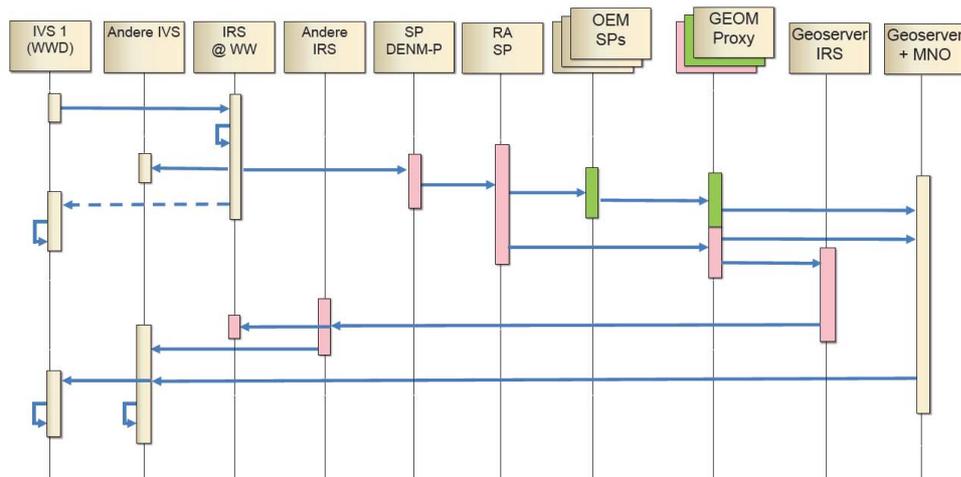


Abbildung 19: Sequenzdiagramm des hybriden WWDW-Nachrichtenflusses

Zu erkennen ist die „Eigenwarnung“ des Falschfahrers durch von der IRS versendete DENMs. Derselbe Pfad ermöglicht auch eine Warnung von anderen Fahrzeugen in Funkreichweite (C2C). Im Allgemeinen werden die Nachrichten aber über den Service-

Provider (SP) „Straßenverkehrsbehörde (RA)“ über einen Proxy an die beiden Geoserver gesendet. Der Geoserver (IRS) bestimmt anhand des Verbreitungsgebiets der DENM jene IRS an die die Nachricht zur weiteren Verbreitung an andere Fahrzeuge gesendet wird. Der Geoserver für den Mobilfunk sorgt für eine entsprechende Verbreitung über die Mobilfunkstationen. Außerdem ist noch ein zusätzlicher Pfad innerhalb des Backends zu erkennen. Hier reicht der SP der RA die DENMs an andere SP (z. B. von OEMs) weiter. Diese nutzen ebenfalls das Mobilfunknetz zur Verbreitung der DENM an „ihre Kunden“, d. h. an die entsprechenden IVS.

3.5.2 Task Force Demonstrations-Szenario Logistik-Kette

3.5.2.1 Anforderungen und Zielsetzung

Zur Demonstration des Service-Management-Konzepts wurde das Demonstrations-Szenario Logistik-Kette definiert. Ziel dieses Szenarios war es zu zeigen, ob und wie ein Zusammenschalten von Diensten unter Verwendung des erarbeiteten Service Management Konzeptes möglich ist, und dass daraus neue oder verbesserte Dienste entstehen können.

Das Szenario Logistik-Kette beinhaltet ein Flottenmanagementsystem, das durch die im Systemverbund über das Service Directory verfügbaren Dienste „Buchung von gesicherten Parkplätzen“ und „Estimated Time of Arrival“ (ETA) zu einem signifikant verbesserten Dienst erweitert wird. Dabei soll insbesondere aufgezeigt werden, dass folgende Punkte erreicht werden können:

- die verbesserte Kooperation zwischen Servicebetreibern durch Nutzung der Mechanismen des Systemverbunds
- der verbesserte Informationsaustausch und die verbesserte Auslastung von Laderampen, Parkplätzen, etc.
- die Reduktion von Fahrzeiten und Schadstoffemissionen

3.5.2.2 Vorgehensweise

Die Ausarbeitung des Demonstrations-Szenarios „Logistik-Kette“ erfolgte im Wesentlichen durch BOSCH, HessenMobil und PTV. In AP3 konzentrierten sich die Arbeiten auf die Konzeption und Entwicklung der Demonstrations-Szenarien. Umsetzung, Integration in das Gesamtsystem, Test und Demonstration waren Gegenstand von AP7 und werden dort beschrieben.

3.5.2.3 Erreichte Ergebnisse

Kern des Konzeptes war ein durch PTV bereitgestellter Dienst (ETA, Estimated Time of Arrival), welcher aus verschiedenen Informationen eine Vorhersage für Ankunftszeiten entlang einer Route mit verschiedenen Stopps erlaubt. Das Szenario besteht neben dem ETA Dienst aus einem Routenplanungsdienst, einem Verkehrsinformationsdienst und einem von BOSCH eingebrachten Parkplatzreservierungsdienst. Bei der Planung der Route beim Disponenten eines Flottenbetreibers wurde die Route mit den geplanten Stopps an

den ETA-Dienst übermittelt, welcher wiederum den Verkehrsinformationsdienst als eine Quelle für die Ankunftszeitvorhersage nutzt. Der Parkplatzreservierungsdienst nutzt wiederum den ETA-Dienst, um Informationen über ein rechtzeitiges Eintreffen des Transportes am Parkplatz zu erhalten und gegebenenfalls, z. B. bei Staus, die reservierten Plätze wieder frei zu geben bzw. auf andere Parkplätze umzuplanen, wenn ein rechtzeitiges Eintreffen des Transportes nicht mehr gegeben ist. Dieses Szenario ist in Abbildung 20 dargestellt.

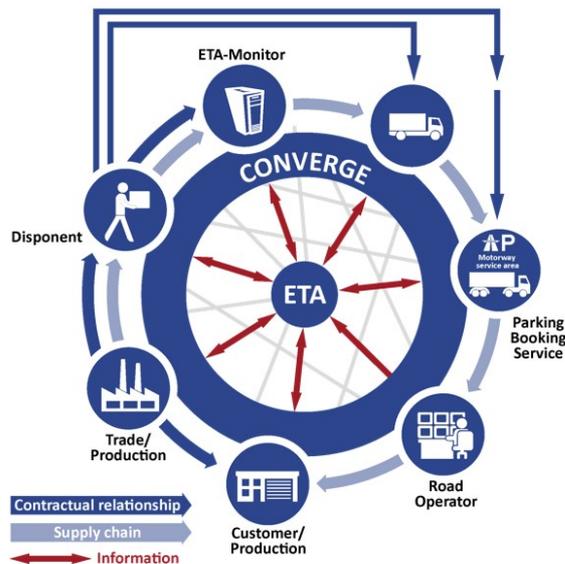


Abbildung 20 Schematische Darstellung des Logistikszenarios mit den beteiligten Diensten

Im Rahmen der detaillierten Definition des Logistikszenarios beteiligte sich BOSCH an der Konzepterstellung und an der Implementierung der relevanten Anteile für die Einbindung des Parkplatzreservierungsdienstes in die Gesamtkette.

3.6 AP4 – Mobilfunk-Kommunikation

Das Arbeitspaket 4 wurde vom BMBF gefördert.

Im AP4 war BOSCH lediglich begleitend tätig und hat an diversen Abstimmungstreffen und Telkos – insbesondere im Hinblick auf die von BOSCH verantwortlich geleiteten Arbeiten zur Architektur des Systemverbunds – teilgenommen.

3.7 AP5 – IRS-Kommunikation und IRS-Netze

Das Arbeitspaket 5 wurde vom BMBF gefördert.

Im AP5 war BOSCH lediglich begleitend tätig und hat an diversen Abstimmungstreffen und Telkos – insbesondere im Hinblick auf die von BOSCH verantwortlich geleiteten Arbeiten zur Architektur des Systemverbunds – teilgenommen.

3.8 AP6 – Mobiler Knoten

Das Arbeitspaket 6 wurde vom BMWi gefördert.

3.8.1 Anforderungen und Zielsetzung

Das Ziel von AP6 war die Entwicklung und prototypische Umsetzung des mobilen Knotens als Teilsystem des CONVERGE-Gesamtsystems entsprechend der spezifischen Anforderungen an den Funktionsrechner und das Kommunikationssystem im Fahrzeug. Hierzu arbeitete AP6 eng mit den APs 1 bis 5 zusammen. Nach Abstimmung mit den anderen Arbeitspaketen wurden der Umfang und die Qualität der zu liefernden Funktionen und Komponenten festgelegt. Basis für diese Überlegungen war die in AP2 entwickelte Architektur. Als Basis für die On-Board-Elektronik konnte teilweise auf Kernkomponenten aus dem Projekt sim^{TD} zurückgegriffen werden. Um die CONVERGE-Architektur im Fahrzeug abzubilden, wurden diese um die erforderlichen Zusatzfunktionalitäten erweitert, wie z. B.:

- Ergänzung der Kommunikationseinheit um LTE
- Unterstützung der hybriden Kommunikation
- Anpassung des Antennenkonzepts, um auch LTE abzudecken
- Neue Systemkomponenten wie Entscheider und Security

Weiterhin wurde das Verbindungsmanagement zwischen den Fahrzeugen und den Verkehrs-Infrastruktursystemen neu entwickelt, um eine Optimierung in Abhängigkeit von den spezifischen Use Cases, der Straßenverkehrssituation und der Umfeldsituation sowie verschiedener Quality-of-Service-Parameter der Funkschnittstelle zu ermöglichen. Dafür musste der zugrunde gelegte Fahrzeugrechner ergänzt (CAN Modul, Mobilfunkmodul) und angepasst (neue Funktionen, neue Systemkomponenten) werden. Das HMI musste erweitert werden, um neue Funktionen darstellen zu können. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Security im Gesamtsystem. So musste auch der Mobile Knoten um entsprechende Software-Komponenten und ein Hardware-Security-Modul (HSM) erweitert werden.

Letztendlich wurde der mobile Knoten in AP6 gemäß der Anforderungen, die sich aus der Systemarchitektur ergaben, aufgebaut und für die Nutzung und Integration im Gesamtsystem (AP7) vorbereitet. Hierzu waren intensive Tests anhand detailliert ausgearbeiteter Testpläne notwendig.

3.8.2 Vorgehensweise

Das AP6 war in drei Teilarbeitspakete gegliedert.

- AP6.1 Spezifikation der Umsetzung der spezifischen Anforderungen an das System im Fahrzeug
- AP6.2 Prototypische Umsetzung der Zusatzfunktionalitäten
- AP6.3 Teilsystemintegration und Funktionstests

Im AP6.1 wurde die Spezifikation für das fahrzeugseitige System zur Umsetzung der spezifischen Anforderungen für den Einsatz im Fahrzeug erarbeitet. Dies gelang durch die Konsolidierung, weitere Vertiefung und Anpassung der Forschungsergebnisse aus AP1 bis AP5, die direkten Einfluss auf das Fahrzeugverhalten hatten. Insbesondere orientierte sich die Spezifikation an der CONVERGE-Systemarchitektur aus AP2 und erlaubte die Umsetzung von Funktionalitäten gemäß der definierten Anforderungen aus AP1 für den in AP3 definierten Funktionsumfang. Für die Systemarchitektur im Fahrzeug waren Teilkomponenten für die Mobilfunkkommunikation und die ETSI ITS-G5-Kommunikation aus den Arbeitspaketen 4 und 5 zu berücksichtigen.

Das von BOSCH geleitete AP6.2 war verantwortlich für die Bereitstellung der Basis HW- und SW-Plattform sowie die Umsetzung und Implementierung der in AP6.1 definierten zusätzlichen und angepassten Systemkomponenten für das fahrzeugseitige CONVERGE System. Hier wurde insbesondere das in sim^{TD} aufgebaute Wissen zur Software-Entwicklung und –Integration genutzt, um die Implementierung effizient zu gestalten. Die HW- und SW-Komponenten wurden dem AP6.3 für die Teilsystemintegration bereitgestellt.

In AP6.3 erfolgten die Teilsystemintegration und der Funktionstest für den mobilen Knoten. Zusammen mit AP6.1 und AP6.2 wurden dazu Methoden für eine zuverlässige Evaluierung der Komponenten definiert. Diese beinhalteten z. B. den Test der Kommunikation zwischen dem Funktionsrechner und den verschiedenen Kommunikationsmodulen, dem Verbindungs-Manager sowie der CAN-Schnittstelle. Die Testumgebung und die Testmuster für die Komponententests des Mobil Knotens wurden gemeinsam mit AP6.2 bereitgestellt.

Zur Koordination des AP6 wurde das AP-Leitungsteam, bestehend aus dem AP-Leiter und den Teil-AP-Leitern, etabliert. Im Rahmen einer monatlich stattfindenden Status-Telko stimmte sich das Leitungsteam ab und informierte über den Projektfortschritt sowie die aktuellen Arbeiten. Je nach Bedarf wurden zusätzlich alle 2-3 Monate Abstimmungstreffen sowie Telkos zur Diskussion von Systemkomponenten oder Detailproblemen organisiert. Für die Entwicklung und Umsetzung des mobilen Knotens waren folgende Schritte notwendig:

- Mitarbeit beim Entwurf der Gesamtsystemarchitektur
- Anforderungsanalyse für den mobilen Knoten
- Spezifikation von Entwicklungsprozess und Entwicklungshandbuch
- Hardwareauswahl/Hardwareentwicklung
- Systemmodellierung (UML)
- Schnittstellenspezifikation (API)
- Implementierung der Komponenten
- Iterative Integration aller Komponenten
- Tests/Optimierung/Diagnose

3.8.2.1 Entwurf und Modellierung

BOSCH hat intensiv an der Schnittstellenspezifikation für den mobilen Knoten mitgearbeitet und Erfahrungen aus Vorgängerprojekten mit eingebracht. Dazu wurde unter Verwendung des Tools „Enterprise Architect“ ein UML Modell für das CONVERGE System aufgesetzt und kontinuierlich ergänzt. Die Schnittstellen orientierten sich an der CONVERGE-Systemarchitektur.

Voraussetzung für eine effiziente prototypische Umsetzung der Zusatzfunktionalitäten im Fahrzeug ist die Einigung auf gemeinsam zu nutzenden Entwicklungswerkzeuge und Entwicklungsprozesse. Dazu gehören u.a. die Bereitstellung eines einheitlichen Dateiablagesystems mit zugehöriger Versionsverwaltung, ein Änderungsprozess mit (automatischer) Verfolgung, die Bereitstellung von Formularen und Vorlagen für regelmäßig wiederkehrende Aufgaben und Dokumentationen, klare Beschreibung von Schnittstellen, Tests (Komponenten und System), Best Practices zur Implementierung (native code, etc.) und eine einheitliche Entwicklungs- und Testumgebung. All diese Punkte wurden aufgegriffen und im AP62-Entwicklungshandbuch berücksichtigt.

3.8.2.2 Umsetzung

Zu Beginn des Projektes war die Spezifikation der Gesamtsystemarchitektur noch nicht abgeschlossen. Daher wurden zunächst diejenigen Komponenten des mobilen Knotens betrachtet, die auch bereits ohne Kenntnis der endgültigen Gesamtsystemarchitektur als unverzichtbar identifiziert worden sind. Insbesondere wurden hier die Hardware-Randbedingungen bzgl. Antenne, Anschluss eines Hardware-Security-Moduls (HSM), des auszuwählenden LTE-Moduls sowie erste Vorschläge für den Hardwareaufbau des mobilen Knotens diskutiert. Besonderes Augenmerk lag auch auf der Klärung, welche QoS-Parameter im LTE-System verfügbar sind.

Für die wichtigen Systemkomponenten erfolgten intensive Abstimmungen im Rahmen von diversen Telefonkonferenzen und Meetings. Die Entscheider-Komponente zur Auswahl des geeigneten Kommunikationskanals wurde intensiv diskutiert. Eine Fragestellung war, wie ein Verteilmechanismus zu wählen ist, um die Verbreitung von Nachrichten im Verbund möglichst optimal zu gestalten. Die Auswahl eines geeigneten LTE-Moduls, welches die Anforderungen an die Kommunikation erfüllt und eines Antennensystems wurden getroffen.

Nach den Diskussionen zum Aufbau (HW und SW Architektur) des mobilen Knotens erfolgte die Implementierungsphase. Grundlage für die Zusammenarbeit war das AP62 Entwicklungshandbuch, in dem alle wichtigen Informationen zur Implementierung beschrieben waren. Ziel des Handbuches war es, die prototypische Umsetzung der Zusatzfunktionalitäten auf dem mobilen Knoten effizient zu unterstützen. Aufgrund der in sim^{TD} gemachten Erfahrungen, beschrieb dieses Handbuch alle notwendig

erscheinenden Informationen über Prozesse und Regeln der Zusammenarbeit, um einen funktionsfähigen mobilen Knoten effizient zu erstellen.

3.8.2.3 Teilsystemintegration

Ziel der Teilsystemintegration war es, den mobilen Knoten so zu entwickeln und zu integrieren, sodass die Hardware und die Software des Fahrzeugsystems ausreichend stabil und zuverlässig funktionierten. Die Tests für den Use-Case der Falschfahrerwarnung sollten problemlos durchgeführt werden können. Eine wesentliche Herausforderung in AP6 bestand darin, die Softwarekomponenten von verschiedenen Softwareentwicklungsteams zu koordinieren und auf dem mobilen Knoten zu integrieren. Nachdem die Softwarekomponenten einen gewissen Reifegrad erreicht hatten, wurden fünf mehrtägige Teilsystemintegrationsworkshops durchgeführt. Diese hatten zum Ziel, mit allen relevanten Entwicklern das System im Fahrzeug zu integrieren.

Im Rahmen der Vorbereitung zu den Teilsystemintegrationsworkshops wurden jeweils Agenda-Punkte und zugehörige Foliensätze mit Statusinformationen und Diskussionspunkten erstellt. In der AP-Leiter-Runde wurde der Arbeitsplan weiter detailliert und die weitere Vorgehensweise festgelegt. Zur Verfolgung von auftretenden Fragen, Problemen, etc. wurde eine „Offene Punkte Liste“ (OPL) angelegt, die kontinuierlich gepflegt und nachverfolgt wurde. Für die Verfolgung des Arbeitsfortschritts wurden Zwischenmeilensteine definiert. Weiterhin wurde eine Liste mit den bei jedem Partner verantwortlichen AP6-Ansprechpartnern erstellt, um klare Kommunikationspfade zu etablieren. Somit war es möglich, iterativ den mobilen Knoten zu entwickeln. Zunächst wurde jeweils der aktuelle Stand der Systeme diskutiert und alle Fahrzeugsysteme auf denselben Stand gebracht. Anschließend wurden einige Standardtests durchgeführt. Hierzu gehörten u. a. Tests der Ortung, der Zeitsynchronisation, der Mobilfunkverbindung, des Zugriffs auf die Fahrzeugsensordaten (CAN), der Vernetzung der einzelnen Teilkomponenten des mobilen Knotens untereinander, des Nachrichtenversands und der Security-Funktionalitäten. In jedem Workshop wurden Ziele definiert, die es zu erreichen galt. Diese Ziele wurden auf die Komponenten heruntergebrochen und den Entwicklern zugeordnet. Nach jedem Tag wurde ein Resümee gezogen und die Arbeiten für den kommenden Tag geplant. So konnte in den Workshops stets strukturiert und zielorientiert gearbeitet werden. Am Ende der Workshops wurden die Ziele für den nächsten Workshop definiert und Arbeiten für die Phase zwischen den Treffen festgelegt. Entscheidend für den Erfolg war die Tatsache, dass alle verantwortlichen Experten für die einzelnen Systemkomponenten vor Ort verfügbar waren, um auftretende Probleme gemeinsam zu beheben.

3.8.3 Erreichte Ergebnisse

3.8.3.1 Entwurf und Modellierung

Entwicklungsprozess und Entwicklungshandbuch

Im Entwicklungshandbuch sind alle notwendigen Informationen über Prozesse und Regeln der Zusammenarbeit für eine effiziente prototypische Umsetzung des mobilen Knotens dokumentiert. Neben erklärenden Hintergrundinformationen sind vor allem Prozessbeschreibungen für die Integration festgelegt.

Der Integrationsvorgang in CONVERGE stellt dabei besondere Anforderungen, die im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden müssen

- verschiedene Fahrzeugprototypen, die miteinander funktionieren sollen
- parallele Entwicklung von Systemkomponenten und Funktionen
- kurze Entwicklungszeit mit kurzen Testzeiträumen
- unterschiedlicher Reifegrad der zu integrierenden SW Komponenten

Anhand der Anforderungen wurde ein iterativer Entwicklungsprozess abgeleitet, der auf verbindlichen Akzeptanzkriterien basiert, die die Übergabe von Entwicklungsergebnissen regelt. Diese Kriterien gewährleisten den notwendigen "Reifegrad" der Software, verbessern die Weiterverwendung durch Partner (z. B. API) und reduzieren den Aufwand für die Fehlersuche und Fehlerbehebung.

Die einzelnen Iterationsstufen während der Entwicklung des mobilen Knotens sind im nachfolgenden Bild dargestellt. Die Übergabe der entwickelten Komponenten, die die Akzeptanzkriterien erfüllen, geschieht in der interaktiven Entwicklungsphase.

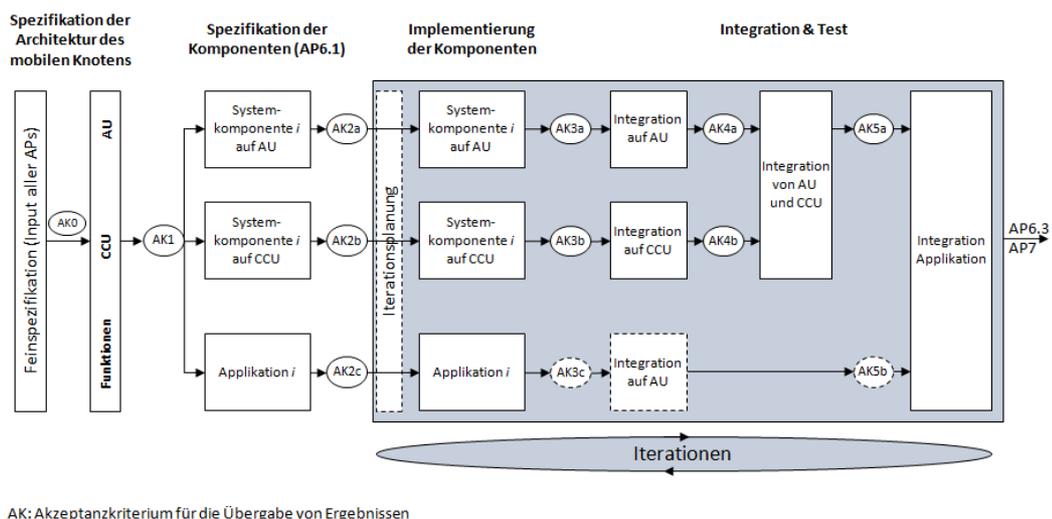


Abbildung 21: Schematische Darstellung des Entwicklungsprozesses

Im Zuge der Entwicklungsarbeiten erfolgt eine kontinuierliche Überarbeitung und Anpassung der Details des iterativen Entwicklungsprozesses mit entsprechender Dokumentation im Entwicklungshandbuch.

Darüber hinaus wurden folgende Arbeiten im Kontext der Entwicklungsarbeiten geleistet:

- Auswahl und Bereitstellung von Entwicklungswerkzeugen
 - Einheitliches Dateiablagensystem mit zugehöriger Versionsverwaltung (Subversion, SVN)
 - UML-Tool „Enterprise Architect“ zur Modellierung des Systems sowie zur Beschreibung der Schnittstellen
 - Issue tracking tool Redmine für die automatische Verfolgung im Änderungsmanagementprozess
 - Erarbeitung von Formularen und Vorlagen für regelmäßig wiederkehrende Aufgaben und Dokumentationen
- Analyse von Vorgängerprojekten, speziell sim^{TD}, im Hinblick auf die Architektur (HW und SW) des mobilen Knotens und der verwendeten Mechanismen.
- Zusammenstellung und Aufbereitung von Lessons Learned aus sim^{TD} um
 - technische und organisatorische Probleme zu identifizieren
 - geeignete Lösungsansätze zu sammeln
 - Abläufe zu überdenken und für CONVERGE zu optimieren
 - etablierte Prozesse für CONVERGE zu übernehmen

Konzeption und Spezifikation der Architektur des mobilen Knotens

Die erforderlichen Systemkomponenten inkl. Beschreibung der Herausforderungen und zu erarbeitender Lösungen für die kritischen Fragestellungen wurden identifiziert und spezifiziert. Die Architektur des mobilen Knotens wurde mit dem Tool Enterprise Architect (EA) erarbeitet. BOSCH hat das im Projekt genutzte Modell hinsichtlich Übersichtlichkeit, korrekter Nutzung der UML Notation sowie redundanter Komponenten komplett überarbeitet. Die in CONVERGE entworfene Architektur des mobilen Knotens wurde mit der in Abbildung 22 dargestellten ETSI Architektur für eine ITS Vehicle Station (IVS) verglichen.

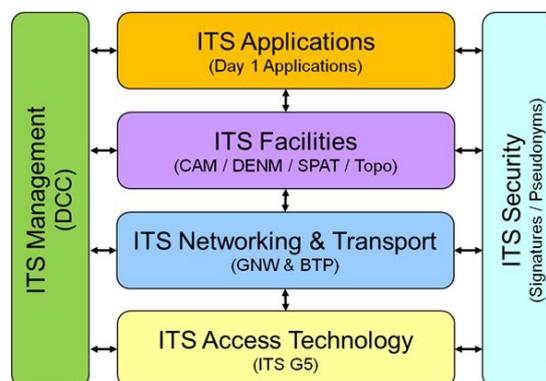


Abbildung 22: ETSI Architektur einer ITS Vehicle Station

Die Architektur des mobilen Knotens wurde hinsichtlich ihrer Struktur und Nomenklatur der Komponenten überarbeitet, um Konformität mit der ETSI Architektur zu erreichen. Das Ergebnis ist in Abbildung 23 dargestellt

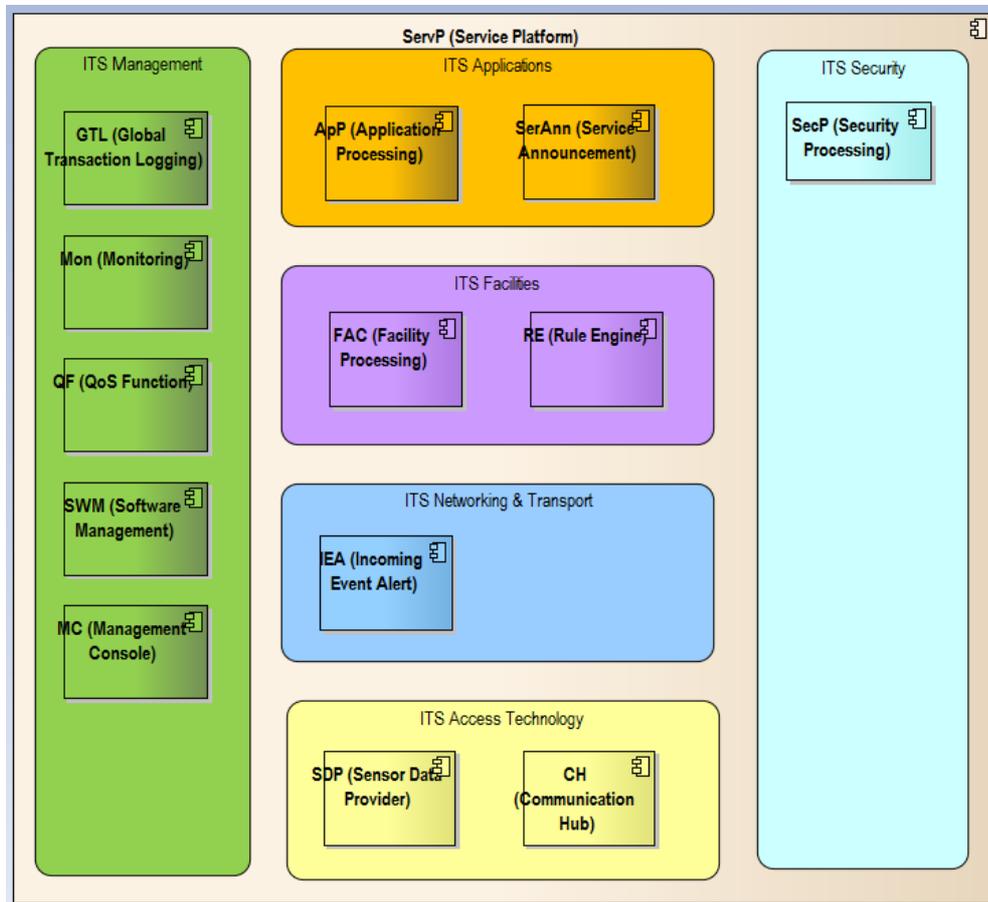


Abbildung 23: ETSI-konforme Darstellung der CONVERGE Architektur des mobilen Knotens

Weitere Änderungen waren die Neustrukturierung im Project Browser, insbesondere die Anteile des mobilen Knotens (IVS Architecture); Aufteilung in Hardware, Interactions und Software, die Vorbereitungen zur einfachen Modellierung von Interfaces durch verbesserte Darstellung der Interfaceklassen, die regelmäßige und umfangreiche Abstimmung mit den betroffenen Partnern, die Bereitstellung eines einheitlichen Dateiablagesystems mit zugehöriger Versionsverwaltung SVN sowie die Zuordnung von Verantwortlichkeiten für die Softwarekomponenten und Nachverfolgung der Entwicklung.

Die Erstellung diverser Diagramme wie Hardware Architektur und Komponenten Modelle für den mobilen Knoten mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad (Component Model Overview, Management Services, Sensor Data Provider, etc.) war ebenfalls Teil der Neustrukturierung. Abbildung 24 zeigt beispielhaft das Diagramm „Component Model

Sensor Data Provider“. Dort ist das Interface „Data Listener“ für den Zugriff auf die Sensordaten des Fahrzeuges dargestellt.

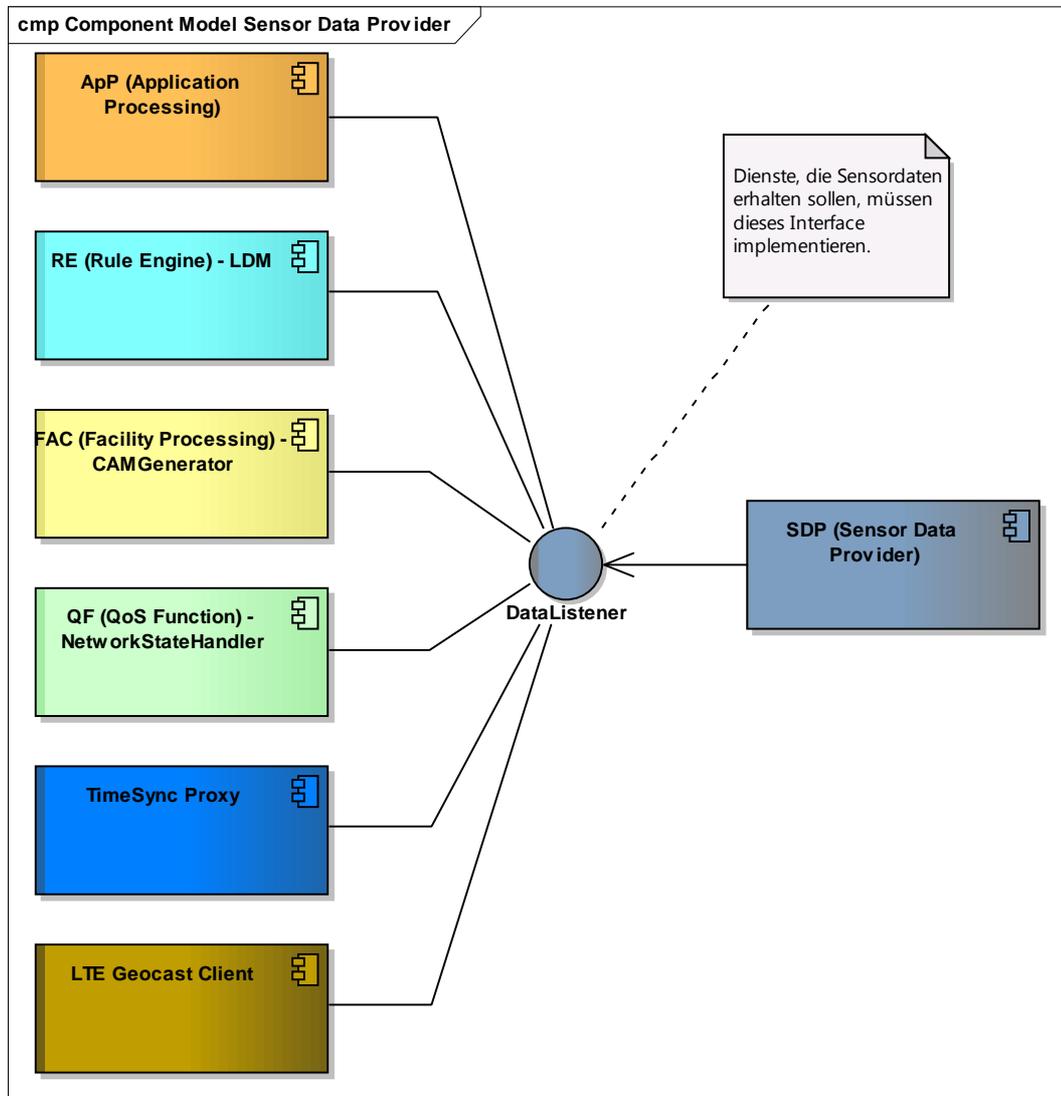


Abbildung 24: Komponentendiagramm Sensor Data Provider

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen exemplarisch Ausschnitte aus den EA-Diagrammen. In Abbildung 25 ist eine Übersicht über das Komponentenmodell des mobilen Knotens und in Abbildung 26 das Komponentenmodell des mobilen Knotens mit relevanten Schnittstellen und Softwarekomponenten dargestellt.

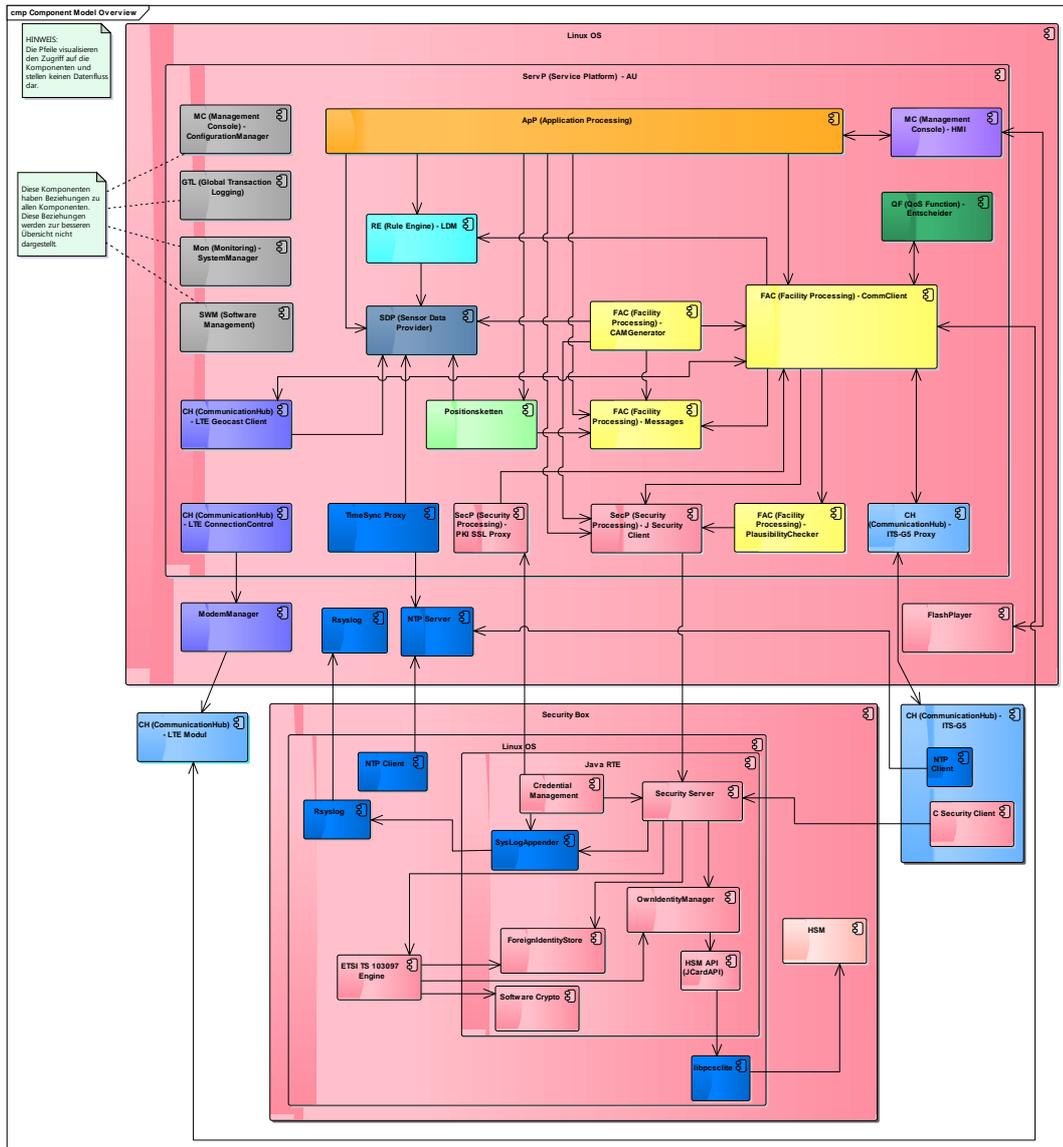


Abbildung 25: Übersicht Komponentenmodell Mobiler Knoten

3.8.3.2 Umsetzung

Konzeption und Aufbau des Demonstrators für den mobilen Knoten

Aus der Definition und Entwicklung der Systemarchitektur für den mobilen Knoten wurde eine intensive Anforderungsanalyse abgeleitet, um das System ausreichend stabil und zuverlässig für den Test zu bekommen.

Die Aufteilung der Kommunikationsschichten folgte den Überlegungen von C2C-CC und ETSI. Aufgrund der vielfältigen Projektanforderungen wurde die Aufteilung in einen Funktionsrechner (Vehicle Application Unit, VAU), eine Einheit für die ITS G5 Kommunikation (Communication Control Unit, CCU) sowie einen Security-Rechner

(Security Box) beschlossen. GPS-, LTE- und CAN-Modul waren dabei in den Funktionsrechner integriert.

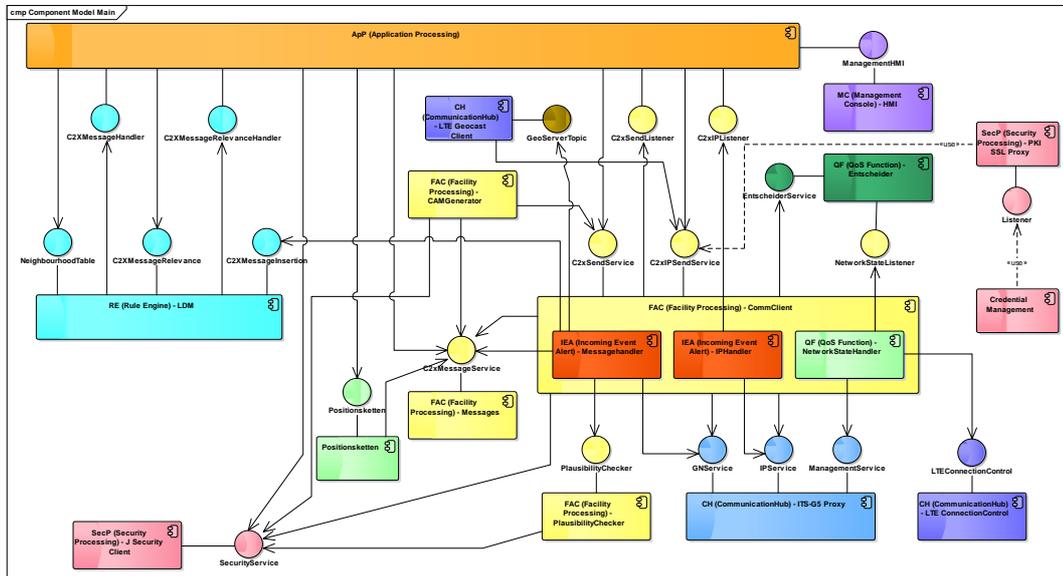


Abbildung 26: Komponentenmodell mit Schnittstellen

Eine solche Trennung der Aufgaben gewährleistete, dass genügend Systemressourcen (Rechnerleistung, Speicher, etc.) zur Verfügung standen, damit die relevanten Projektziele umgesetzt werden konnten. Weiterhin wurde die Komplexität der Einzelsysteme in einem vertretbaren Rahmen gehalten. Abbildung 27 zeigt die Architektur des mobilen Knotens mit der Verteilung auf die drei genannten HW-Komponenten.

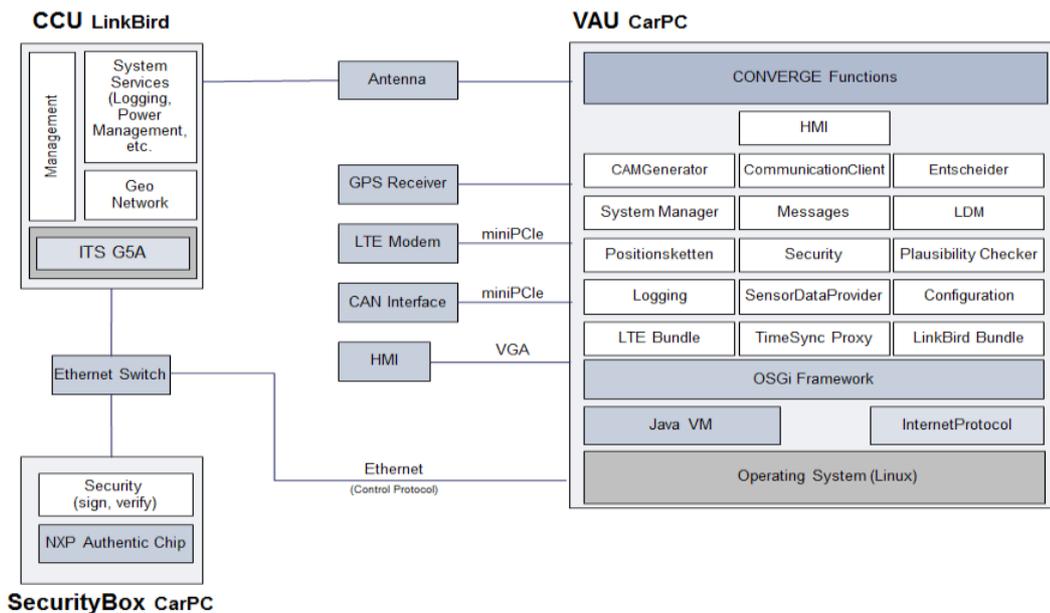


Abbildung 27: Architektur des mobilen Knotens mit Verteilung auf HW-Komponenten

Die CONVERGE Funktionen, z. B. die Falschfahrerwarnung, und die notwendigen Systemkomponenten wurden auf der durch einen CarPC unter Linux realisierten Vehicle Application Unit (VAU) implementiert. Die Entwickler wurden durch die Bereitstellung eines Software Development Kits unterstützt, das insbesondere den einfachen Zugriff auf die verschiedenen Systemschnittstellen, z. B. für die Kommunikation (CCU/Mobilfunk), die Position, Security und Systemservices (HMI, Logging, CommunicationClient, etc.), ermöglichte und somit eine flexible Entwicklung erlaubte. Über die gemeinsame CONVERGE API (Application Programming Interface) konnten die CONVERGE Funktionen auf diese verschiedenen Services zugreifen.

Folgende HW-Komponenten bilden das Fahrzeugsystem:

- CarPC (Nexcom VTC 6200)
- LTE Modul (Sierra Wireless MC7710)
- GPS Modul (SiRF star III high performance GPS Chip)
- CAN Interface (PCAN-miniPCle)
- ITS-G5 Kommunikation (NEC Linkbird-MX)
- Security Box (Nexcom VTC 6200) einschließlich HSM
- Antenne (von BMW bei Fa. Delphi beauftragter Prototyp)
- HMI (Display)

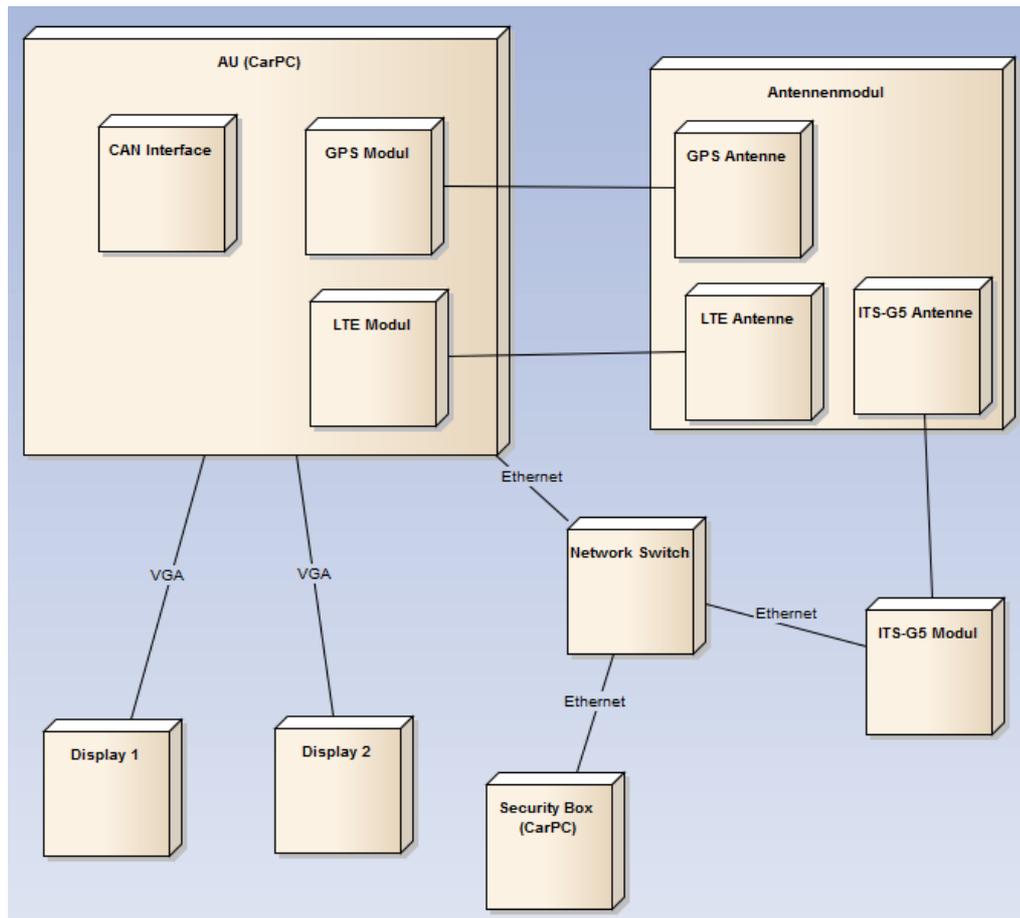


Abbildung 28: Hardware des mobilen Knotens

Die Basissoftwarekomponenten des mobilen Knotens waren:

- Betriebssystem (Ubuntu 12.04)
- OSGi Framework (ProSyst mBS OSGi Framework)
- JVM (Oracle Java 7)

Um das System flexibel und stabil zu halten, wurde das Servicekonzept auf einem OSGi-Framework aufgebaut. Die Implementierung aller Software-Komponenten erfolgte daher ausschließlich in Form von sog. OSGi-Bundles, um die Robustheit, Wartbarkeit und Integrierbarkeit in CONVERGE beherrschbar zu halten. OSGi erleichtert es, Anwendungen und ihre Dienste über ein Komponentenmodell zu verwalten. Komponenten bestehen aus einem oder mehreren OSGi-Bundles. Ein Bundle veröffentlicht seine Schnittstellen per Registry und ist dann von anderen Bundles verwendbar. Bundles können zur Laufzeit eingespielt, aktualisiert und wieder entfernt werden. Ein OSGi-Bundle besteht in der Regel aus mehreren Klassen in mehreren Packages.

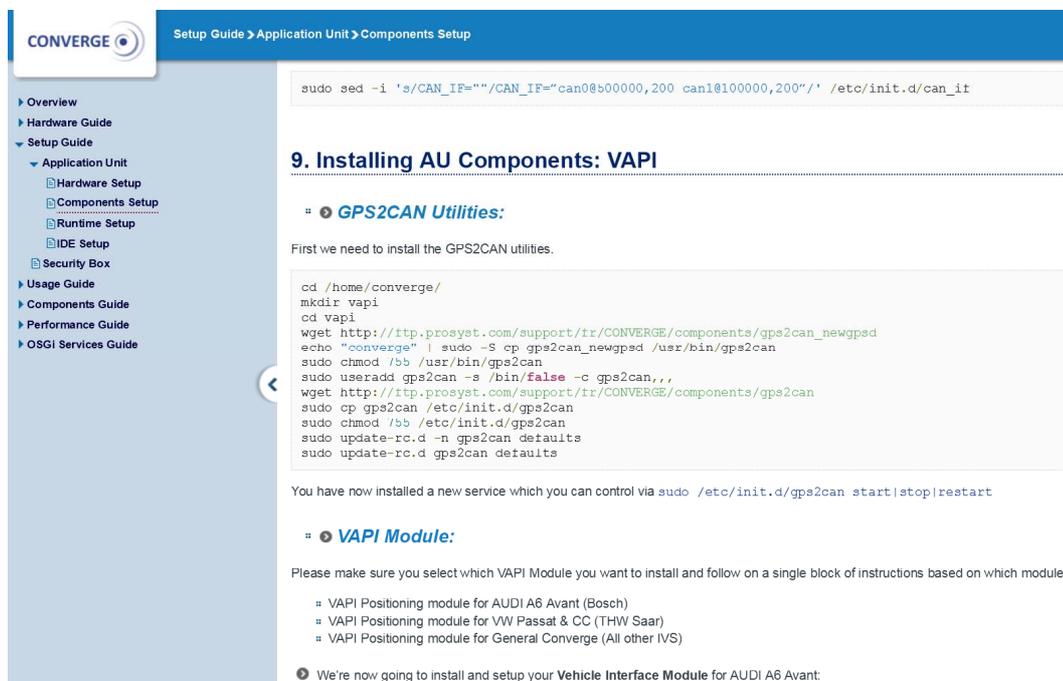
Am Aufbau des Demonstrators für den mobilen Knoten war BOSCH maßgeblich beteiligt. So wurden Hilfsmittel für die Inbetriebnahme des mobilen Knotens erstellt. Dies waren die Implementierung von Testfunktionen zur Stimulation von Ereignissen, die

Visualisierung von Szenarien und Nachrichten sowie die Generierung von CAN-Traces zur Simulation von relevanten Szenarien.

Weiterhin hat BOSCH einige komplette CONVERGE Systeme bestehend aus VAU, SecurityBox und LinkBird mit Hilfe der von BOSCH bereitgestellten Online-Dokumentation aufgesetzt. Auch die Erstellung und der ausführliche Test einer umfangreichen Dokumentation mit diversen Hilfen zum Aufsetzen der CONVERGE Software für den mobilen Knoten sowie Anleitungen zu verschiedenen Komponenten war Arbeit von BOSCH. Hier wurden folgende Informationen zur Verfügung gestellt:

- Der Hardware Guide informiert über den Einbau und die Verwendung der Hardware (CarPC, CAN, GPS, LTE, LinkBird, etc.)
- Der Setup Guide beschreibt detailliert die Installation der Software (Basissoftware und CONVERGE Komponenten)
- Der Usage Guide enthält wichtige und nützliche Hinweise für die Nutzung des Systems
- Der Components Guide enthält Informationen zu unterstützenden Tools
- Der Performance Guide beschreibt die Möglichkeiten zu Lastmessung des Systems
- Der OSGi Services Guide gibt einen schnellen Überblick über die wichtigsten OSGi Services für die Entwickler

Diese Dokumentation wurde kontinuierlich gepflegt und im Versionsverwaltungssystem SVN bereitgestellt. Abbildung 29 zeigt einen Screenshot der Online-Dokumentation.



The screenshot shows the 'CONVERGE' online documentation interface. The breadcrumb navigation at the top reads 'Setup Guide > Application Unit > Components Setup'. A sidebar on the left contains a navigation menu with items like 'Overview', 'Hardware Guide', 'Setup Guide', 'Application Unit', 'Hardware Setup', 'Components Setup', 'Runtime Setup', 'IDE Setup', 'Security Box', 'Usage Guide', 'Components Guide', 'Performance Guide', and 'OSGi Services Guide'. The main content area displays a terminal command at the top: `sudo sed -i 's/CAN_IF=""/CAN_IF="can0@b00000,200 can1@100000,200"/' /etc/init.d/can_it`. Below this is the section header '9. Installing AU Components: VAPI'. A sub-section titled 'GPS2CAN Utilities:' follows, with the text 'First we need to install the GPS2CAN utilities.' and a code block containing the following commands: `cd /home/converge/; mkdir vapi; cd vapi; wget http://ftp.prosyst.com/support/tr/CONVERGE/components/gps2can_newgpsd; echo "converge" | sudo -S cp gps2can_newgpsd /usr/bin/gps2can; sudo chmod /bb /usr/bin/gps2can; sudo useradd gps2can -s /bin/false -c gps2can,,; wget http://ftp.prosyst.com/support/tr/CONVERGE/components/gps2can; sudo cp gps2can /etc/init.d/gps2can; sudo chmod /bb /etc/init.d/gps2can; sudo update-rc.d -n gps2can defaults; sudo update-rc.d gps2can defaults`. Below the code, it states: 'You have now installed a new service which you can control via `sudo /etc/init.d/gps2can start|stop|restart`'. Another sub-section 'VAPI Module:' follows, with the text 'Please make sure you select which VAPI Module you want to install and follow on a single block of instructions based on which module:' and a list of options: 'VAPI Positioning module for AUDI A6 Avant (Bosch)', 'VAPI Positioning module for VW Passat & CC (THW Saar)', and 'VAPI Positioning module for General Converge (All other IVS)'. A final note states: 'We're now going to install and setup your Vehicle Interface Module for AUDI A6 Avant.'

Abbildung 29: Screenshot der Online-Dokumentation

Die im Laufe des Projektes von BOSCH bereitgestellten Hilfsmittel für die Nutzung des mobilen Knotens (MK) sind in nachfolgender Liste aufgeführt:

- Erstellung eines CONVERGE CAN Players, um eine Fahrt mit einem MK ohne Fahrzeugdatenzugriff zu realisieren. CAN Daten werden vorher in einem Fahrzeug aufgenommen und können dann entsprechend abgespielt werden
- Implementierung eines Tools zur Analyse des Nachrichtenverlaufes im MK
- Bereitstellung des CommandInterfaces, um Funktionen auf der VAU mit bestimmten Ereignissen zu triggern
- Erstellung diverser Skripte zur Steuerung der VAU. (Update der Software, Start der Mobilfunkverbindung und der Software, Löschen der Logdateien, etc.)
- Implementierung von Testfunktionen zur Stimulation von Ereignissen
- Visualisierung von Szenarien und Nachrichten
- Generierung von CAN-Traces zur Simulation von relevanten Szenarien
- Virtualisierung des mobilen Knotens
- Erstellung/Überwachung Konzept zur Softwarelieferung
- Aufbau von virtuellen AUs zur Nachbildung mehrerer Fahrzeuge auf einem Rechner zur Vereinfachung diverser Tests

Logging-Konzept für den mobilen Knoten

BOSCH hat einen Vorschlag für ein effizientes Logging für den mobilen Knoten erarbeitet und umgesetzt. Es sieht die Nutzung eines auf der VAU angesiedelten zentralen Logging Mechanismus vor. Dieser Mechanismus empfängt alle Logeinträge der anderen Komponenten (Security Box und CCU). Logeinträge können dann in einer Datei abgelegt (z. B. syslog) oder auf mehrere Dateien verteilt sein (z. B. kernel, syslog). Für die Auswertung in AP8 wurde ein eigenes Logfile vorgesehen. Alle Logeinträge sind einheitlich formatiert und menschenlesbar. Sie lassen sich einfach z. B. mit Excel weiterverarbeiten. Für die Formatierung der Logeinträge wurden Regeln festgelegt. Ein Logeintrag setzt sich aus den Werten TIME, B_ID, TH_ID, LEVEL, MESSAGE zusammen. Es wurden die in OSGi vorgegebenen Loglevel genutzt und ein weiterer Level für die Evaluierung eingeführt. Folgende Loglevel standen den Entwicklern zur Verfügung:

ERROR	Logged message indicates that an entity is not functional or some error has occurred. Its number equivalent is 1.
WARNING	Logged message warns that some problems will probably be encountered in the future. Its number equivalent is 2.
INFO	Logged message is only for additional information. Its number equivalent is 3.
DEBUG	Logged message can be used to debug an application and as a result solve some problem. Its number equivalent is 4.
EVALUATION	Data/Metadata relative to services/components.

Dieser Vorschlag wurde im Projektverlauf umgesetzt und im Laufe der Integrationsworkshops stetig verbessert. Die Projektpartner waren so in der Lage, Fehler schneller zu identifizieren und ein effizientes Debugging der einzelnen Systemkomponenten und Funktionen im mobilen Knoten durchzuführen.

Die Trennung zwischen den Debug-Informationen und den Informationen, die zur Auswertung in AP8 genutzt werden sollten, erwies sich als sehr vorteilhaft. Somit waren alle relevanten Daten in einer Datei verfügbar. Die Auswertung war somit wesentlich einfacher, weil die Datenmenge auf das Notwendige begrenzt war.

Ein Logeintrag sah (inhaltlich) beispielsweise folgendermaßen aus:

TIME	B_ID	TH_ID	LEVEL	MESSAGE
Fri, 07 Mar 2014 08:38:29 UTC	6		INFO	[OSGiFramework] [ConfigService] [Internal_Ref1] Initial configuration data of PID: mbs.cameras.manager.pid has been processed
Fri, 07 Mar 2014 08:38:29 UTC	6		DEBUG	[CarPC_System] [LogFileSysLog] [/var/log/sys/] Init Started
Fri, 07 Mar 2014 08:38:29 UTC	76		ERROR	[OSGiFramework] [HTTP_Bundle] [Internal_Ref1] Register RTSP URL stream handler

Zur Darstellung der Logeinträge wurde das Tool Log Analyzer ausgewählt, s. Abbildung 30.

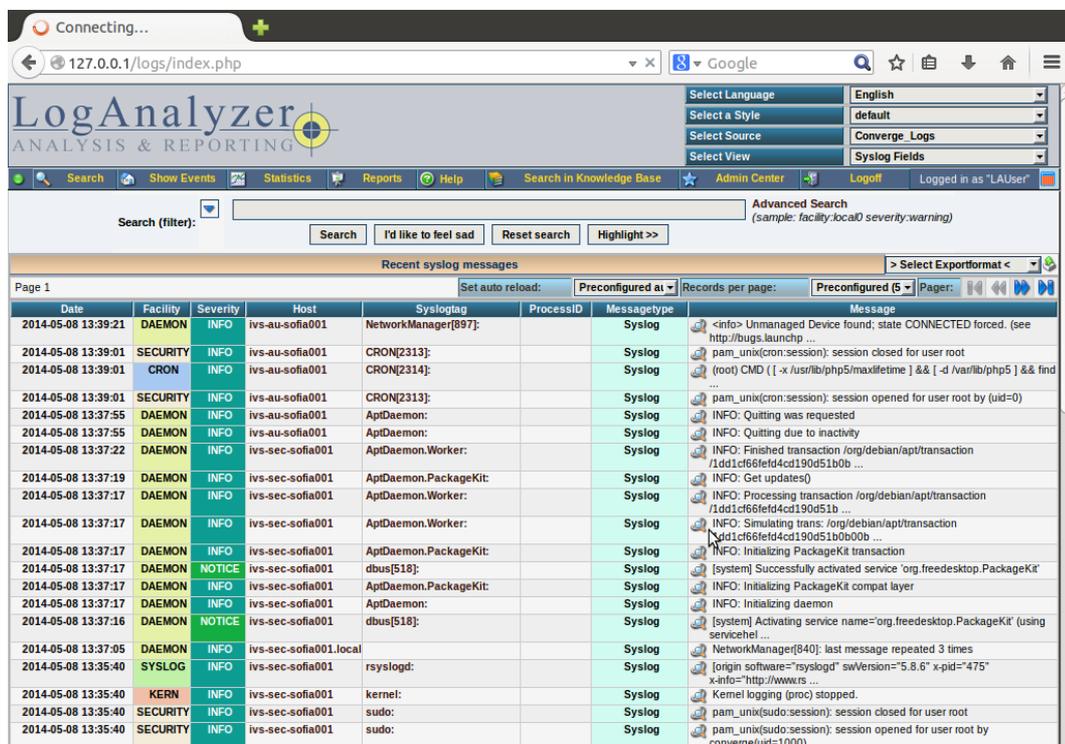


Abbildung 30: Screenshot des Log Analyzers

3.8.3.3 Teilsystemintegration

Die Teilsystemintegration wurde hauptsächlich in mehrtägigen Workshops durchgeführt, bei denen die Entwickler die Teilsystemkomponenten gemeinsam in Betrieb nehmen und testen konnten. Insbesondere war auf diese Weise eine effiziente Fehlersuche und Problembehandlung möglich, da die verantwortlichen Experten für die Teilsystemkomponenten alle vor Ort verfügbar waren. Bei den Treffen wurden auch die Versuchsfahrzeuge mit einbezogen, um die entwickelte Software sofort im Verkehr testen zu können. Um den Überblick über die Software zu wahren, wurde ein Softwareabgabeprozess für die Workshops definiert. Dieser Prozess beschrieb das Vorgehen der Entwickler, Softwarelieferungen ordnungsgemäß abzulegen, damit alle Partner ein und denselben Softwarestand zur Verfügung hatten. Nur so konnten sinnvolle Tests durchgeführt werden.

BOSCH war bei allen Workshops zur Entwicklung des mobilen Knotens vertreten und hat die Treffen maßgeblich mitgestaltet. Nach 7 Workshops war der Mobile Knoten soweit integriert, dass das Teilsystem der Gesamtsystemintegration übergeben wurde. Abbildung 31 zeigt einige Eindrücke von den diversen Integrationsworkshops. Arbeiten mit BOSCH Beteiligung waren unter anderem das Aufsetzen und Pflegen der OPL für die Workshops, die detaillierte Planung der Arbeiten mit zusätzlichen Meilensteinen und genauen Definitionen von Teilaspekten und –aufgaben sowie die kontinuierliche Entwicklung und Schärfung des Entwicklungsprozesses. Das Entwicklungshandbuch war während der Integrationsphase sehr hilfreich.



Abbildung 31: Eindrücke von den Integrationsworkshops

Weiterhin wurde auch die Abstimmung mit den verschiedenen Komponentenverantwortlichen zur Integration von Linkbird, HMI, Security Box, Application Unit und weiteren Komponenten. (Startup, Logging, Zeitsynchronisation) von BOSCH koordiniert. Abbildung 32 zeigt die prototypische Umsetzung des Teilsystems Mobiler Knoten.



Abbildung 32: Prototypische Umsetzung des mobilen Knotens

Während der Teilsystemintegrationsworkshops war es wichtig, das System zu analysieren, um Probleme zu erkennen und zu lösen. Hierzu hat BOSCH wesentliche Beiträge geleistet, die nachfolgend näher beschrieben werden.

Systemanalyse für den mobilen Knoten

BOSCH hat Messungen zur Erfassung von Latenzzeiten durchgeführt. Gemessen wurde innerhalb vom CONVERGE System und LTE. Dabei sollten Latenzzeiten so gut wie möglich dem beteiligten Teilsystem zugeordnet werden, um den Einfluss durch LTE und das CONVERGE System klar voneinander zu trennen. Die Grundlage für die Auswertung der Messergebnisse war der interne OSGi Logging-Mechanismus. Jedes Bundle auf dem mobilen Knoten ist in der Lage, Logeinträge zu erzeugen. So konnten alle relevanten Ergebnisse und Parameter gesammelt werden. Alle Einträge wurden dabei zentral in einer Textdatei gespeichert, um sie so einfach auszuwerten. Zur genauen Verfolgbarkeit der Nachrichten, wurden eine eindeutige Nachrichten ID und ein Millisekunden genauer Zeitstempel benötigt.

Für die Erfassung von LTE Signalparametern wurden AT Kommandos der LTE Hardware genutzt. Für die Kommunikation mit dem LTE Modem stellt der Hersteller eine Reihe von AT Kommandos zu Verfügung. Bei LTE lassen sich damit neben RSSI, SINR, RSRP und RSRQ Wert auch der TAC, die Cell ID, das LTE Band und der UE Status abrufen. Die Werte wurden unter Angabe eines Zeitstempels mit Millisekundengenauigkeit in eine eigene Logdatei geschrieben.

Neben dem OSGi Log und dem LTE Log wurden noch Daten aus dem Backend (Geoserver) genutzt, die den Erhalt und Versand von Nachrichten beinhalten. So können die Verarbeitungszeiten auf Anwendungsebene erfasst werden. Der in Abbildung 33 dargestellte Nachrichtenfluss wurde so untersucht.

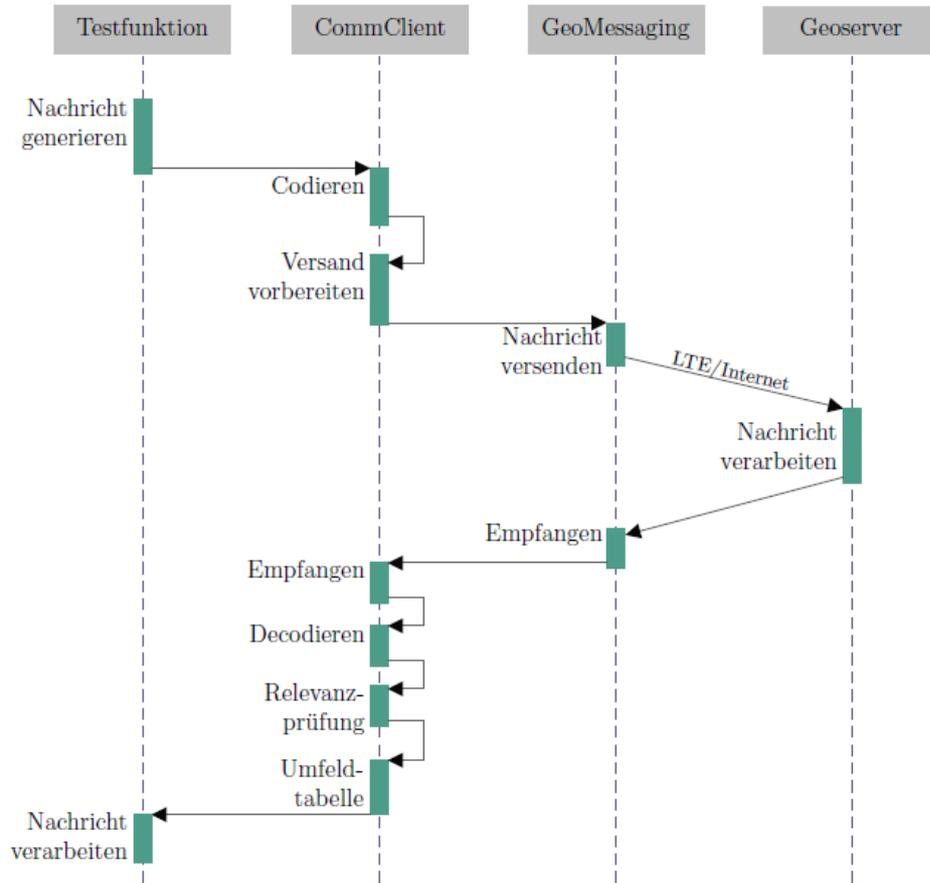


Abbildung 33: Darstellung des Nachrichtenflusses

Abbildung 34 zeigt die Messpunkte für die Latenzzeitmessungen im Gesamtsystem.

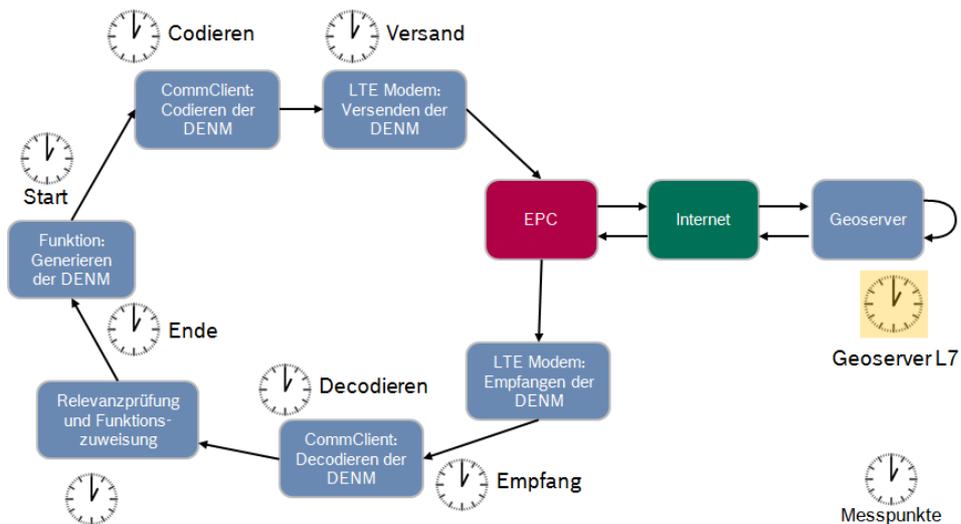


Abbildung 34: Latenzzeitmesspunkte

Die Latenzzeiten wurden durch Auswertung von verschiedenen Messfahrten ermittelt. Die Abbildung 35 zeigt eine detaillierte Übersicht der Ende-zu-Ende Latenz über die gerundete Mittelwertbildung der Teilfunktionen. Die beteiligten CONVERGE Funktionen beim Senden und Empfangen sind als CONVERGE Tx und Rx Latenz zusammengefasst.

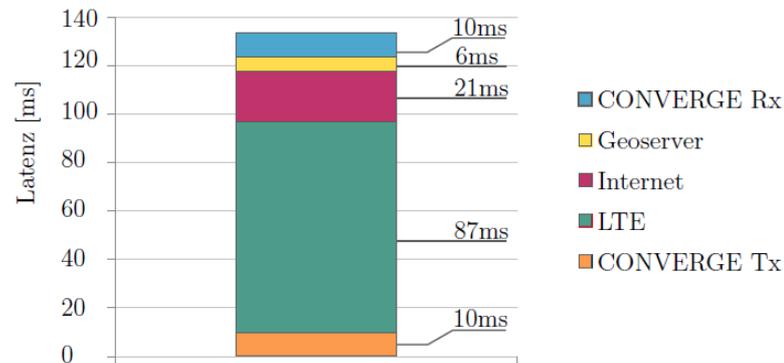


Abbildung 35: Verteilung der Latenzzeiten auf Systemkomponenten

Logginganalyse

Bei der Integration und der Fehlersuche im mobilen Knoten sind Logdaten unerlässlich. Logging hat aber auch Einfluss auf das Systemverhalten. Wenn große Datenmengen geloggt werden, wird das System langsamer. BOSCH hat eine Logginganalyse für den mobilen Knoten durchgeführt, um die Grenzen der Systembeeinflussung festzustellen. Das Messsystem bildeten die jeweils aktuelle Software und ein kontinuierlicher CAM-Versand (2Hz). Es wurden die erzeugten Logeinträge pro Sekunde von wichtigen Systemkomponenten bei unterschiedlichen OSGi Log-Debug-Leveln gemessen. Der Loglevel wurde bei den unterschiedlichen Bundles separat gemessen.

Die Messungen zeigen, dass eine hohe Logging-Rate schnell erreicht wird. Wenn mehrere Systemkomponenten gleichzeitig loggen, wird die Systemauslastung schnell kritisch.

Abbildung 36 zeigt die Messergebnisse zur Aufteilung der Logeinträge auf wichtige Bundles bei Debug-Level 3 für unterschiedliche Auslastung des Systems durch CAMs.

Abbildung 37 zeigt die Messergebnisse zur relativen Änderung der Aufteilung der Logeinträge auf wichtige Bundles bei unterschiedlicher Auslastung des Systems durch CAMs.

Aufteilung der Logeinträge bei DEBUG 3 auf Bundles bei unterschiedlicher Auslastung

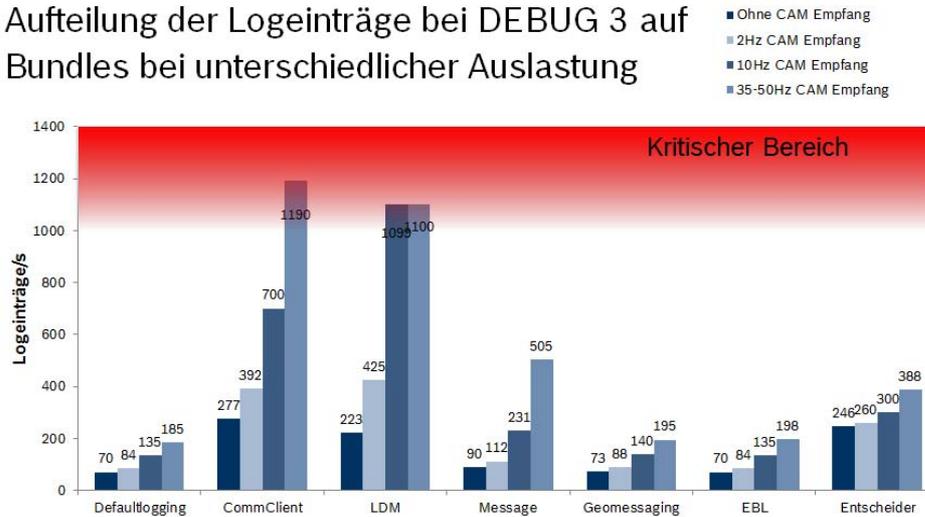


Abbildung 36: Messergebnisse zur Aufteilung der Logeinträge auf wichtige Bundles bei Debug-Level 3 für unterschiedliche Auslastung des Systems durch CAMs

Relative Änderungen bei unterschiedlicher Auslastung durch CAMs ohne Einfluss des Defaultloggings

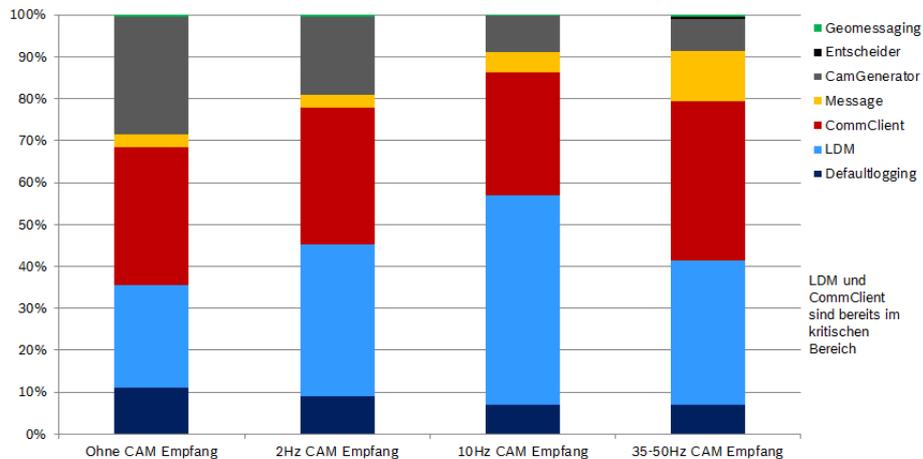


Abbildung 37: Messergebnisse zur relativen Änderung der Aufteilung der Logeinträge auf wichtige Bundles bei unterschiedlicher Auslastung des Systems durch CAMs

Um den Einfluss der Logging-Rate auf die Verlangsamung des Gesamtsystems zu messen, wurde für unterschiedliche Logging-Raten jeweils über die Dauer von 60 Sekunden gemessen, ab welcher Rate es zu zusätzlichen Verzögerungen bei der Verarbeitung der Nachrichten kommt und wie groß die zusätzlichen Verzögerungen bei Überschreitung dieser Rate ausfallen. Ab einer Rate von ca. 1000 Einträgen/s wirkt sich das Logging stark verlangsamernd auf das Gesamtsystem aus, s. Abbildung 38.

Logging-Rate [Einträge/s]	Zusätzliche Verzögerung
0 – 1000	Keine nennenswerte (<< 1s)
> 1000	1 – 3 s
> 1100	1 – 6 s
> 1300	6 – 30 s

Abbildung 38: Messergebnisse zum Einfluss der Logging-Rate auf die Systemauslastung

3.9 AP7 – Integration, Verifizierung und Demonstration

Das Arbeitspaket 7 wurde vom BMWi gefördert.

3.9.1 Anforderungen und Zielsetzung

Das Ziel von AP7 war es, die verschiedenen Teilsysteme (Backendsysteme und Mobiler Knoten) zu integrieren und zu testen, damit zu Projektende der Demonstrator zuverlässig funktionierte. Der in CONVERGE entwickelte Car2X-Systemverbund sollte anhand von Demo-Szenarien präsentiert werden. Das System sollte dabei insbesondere anhand eines verkehrlichen Szenarios mit unterschiedlichen ITS-Diensteanbietern dargestellt werden. Die Funktion Falschfahrerwarnung und das LogistikszENARIO wurden für die Abschlussdemonstration gewählt. Um dieses Ziel zu erreichen, nahm das AP7 die Rolle des Systemintegrators ein. Auf Basis der von AP2 vorgeschlagenen Referenzarchitektur und deren prototypischer Implementierung wurden die Teilsysteme aus den AP2 bis AP6 im Rahmen mehrerer Test- und Integrationsstufen zusammengefügt.

Zum Gesamtsystem integriert werden mussten die einzelnen Teilsysteme, die bereits von den anderen Arbeitspaketen implementiert und getestet wurden. Dies waren die zentralseitigen Komponenten wie Server der Verkehrszentrale und der OEMs, Kommunikationssysteme wie Mobilfunk und ETSI ITS-G5, der Mobile Knoten im Fahrzeug, sowie Komponenten zur Vernetzung der Einzelkomponenten, wie die Geoserver und die Security-Komponenten.

Für die Verifizierung wurden im AP7 Testspezifikationen erstellt, die auf den Teilsystemtestspezifikationen basierten. Dadurch wurde sichergestellt, dass die einzelnen Teilsysteme mit genau spezifizierten und teilweise automatischen Tests verifiziert werden konnten. In den Testspezifikationen waren klare Angaben zum Vorgehen und zu den Übergabewerten wie z. B. Fahrzeugzugriff, Kommunikation etc. definiert. Eine besondere Herausforderung war die Nachrichtenverfolgung in der gesamten Kette von Teilsystemen. Die Nachrichten mussten in allen Teilsystemen nachverfolgbar sein, um die definierten Bewertungskriterien zu überprüfen.

Weiterhin mussten auch die in AP3 entwickelte Funktion Falschfahrerwarnung (Wrong Way Driver Warning, WWDW) sowie das Logistik Szenario in das Gesamtsystem integriert und getestet werden, so dass diese bei der Abschlussdemonstration gezeigt werden konnten.

Letztendlich war die Konzeption, Vorbereitung und Durchführung der Abschlussdemonstration ein weiterer Kernpunkt im AP7.

3.9.2 Vorgehensweise

Das AP7 war in vier Unterarbeitspakete gegliedert.

- AP7.1 Konzeption
- AP7.2 Technische Integration der Teilsysteme
- AP7.3 Verifizierung des Gesamtsystems
- AP7.4 Demonstration

In AP7.1 fand die Konzeption von Verifizierung und Demonstration statt. Der Arbeitsfortschritt des ganzen AP7 wurde überwacht und dokumentiert. Zentrale Arbeitsergebnisse waren die Erstellung der Testspezifikation, in der Testfälle einschließlich Security-Testfälle definiert worden sind. Zudem wurden Vorgaben für Verifizierung, Messgrößen usw. definiert. Diese Vorgaben und Kriterien bildeten die Entscheidungsgrundlage für das Bestehen eines Tests.

Das AP7.2 war verantwortlich für die Integration der entwickelten Teilsysteme. Zusammengeführt werden mussten die zentralseitigen Komponenten wie Server der Verkehrszentrale und der OEMs, Kommunikationssysteme wie Mobilfunk und ETSI ITS-G5, der Mobile Knoten im Fahrzeug, sowie Komponenten zur Vernetzung der Einzelkomponenten, wie die Geoserver und die Security-Komponenten.

AP7.3 hat Ende-zu-Ende-Tests zur Verifizierung des Gesamtsystems auf Basis der Use-Cases Falschfahrerwarnung und Logistikscenario durchgeführt.

Das AP7.4 plante alle technischen Aspekte der Abschlussdemonstration. Zur Vorbereitung wurden die Demonstrations-Szenarien definiert, ein Storybook für die Durchführung der zu demonstrierenden Use-Cases erstellt und das geeignete Gebiet ausgewählt.

Zur Koordination des AP7 wurde ein AP-Leitungsteam, bestehend aus dem AP-Leiter, den Teil-AP-Leitern und BOSCH etabliert. Im Rahmen von regelmäßig stattfindenden Telefonkonferenzen stimmte sich das Leitungsteam ab und informierte über den Projektfortschritt sowie die aktuellen Arbeiten. Ein wichtiger Punkt war auch, die anstehenden Gesamtsystemintegrationsworkshops zu planen.

Um das Gesamtsystem so zu integrieren, dass die Hardware und die Software aller entwickelten Teilsysteme ausreichend stabil und zuverlässig funktionierten, wurden sechs Gesamtsystemintegrationsworkshops in Frankfurt bei Hessen Mobil durchgeführt. Die Abschlussdemonstration der Falschfahrerwarnung und des Logistik Szenarios sollten möglichst problemlos durchgeführt werden können. Eine wesentliche Herausforderung in AP7 bestand darin, die Teilsysteme von den verschiedenen Partnern zu integrieren. Nachdem alle Teilsysteme bereits einen gewissen Reifegrad bei der Übergabe an AP7

erreicht hatten, wurden in den Gesamtsystemintegrationsworkshops alle Komponenten nach und nach zusammengeführt. Hierzu waren sämtliche Entwickler der unterschiedlichen Komponenten notwendig.

Die Gesamtsystemintegrationsworkshops waren ähnlich strukturiert wie die Teilsystemintegrationsworkshops aus AP6. Es wurden Agenda-Punkte und zugehörige Foliensätze mit Statusinformationen und Diskussionspunkten erstellt. Zur Verfolgung von auftretenden Fragen, Problemen, etc. wurde eine "Offene Punkte Liste" (OPL) angelegt, die kontinuierlich gepflegt und nachverfolgt wurde. Weiterhin wurde die Liste mit den verantwortlichen Ansprechpartnern aus AP6 weiter verwendet und erweitert, um klare Kommunikationspfade zu haben.

Bei den Workshops wurde zunächst der aktuelle Stand der Systeme diskutiert und alle Systeme auf einen sinnvollen Teststand gebracht. Einige Standardtest wurden durchgeführt. Hierzu gehörten Tests der Fahrzeuge und deren Kommunikation, der IRS und der Backendserver. In jedem Workshop wurden Ziele definiert, die es zu erreichen galt. Diese Ziele wurden auf die Systeme heruntergebrochen und den Entwicklern zugeordnet. Nach jedem Tag wurde ein Resümee gezogen und die Arbeiten für den kommenden Tag geplant. So konnte in den Workshops immer strukturiert und zielorientiert gearbeitet werden. Am Ende der Gesamtsystemintegrationsworkshops war das CONVERGE Gesamtsystem entwickelt.

Um die Abschlussdemonstration in Frankfurt vorzubereiten, wurden zwei Demonstrationsvorbereitungsworkshops durchgeführt. Hier wurde hauptsächlich der Use Case Falschfahrerwarnung auf dem ausgewählten Straßenabschnitt erprobt und optimiert.

Im Hinblick auf die CONVERGE-Ergebnispräsentation war es notwendig, einen weiteren Workshop durchzuführen, bei dem Messdaten für die Evaluierung des Systems aufgenommen werden konnten.

3.9.3 Erreichte Ergebnisse

3.9.3.1 Gesamtsystemintegration

Die Gesamtsystemintegration wurde hauptsächlich in mehrtägigen Workshops durchgeführt, bei denen die Entwickler aller Teilkomponenten gemeinsam das Gesamtsystem schrittweise in Betrieb genommen und getestet haben. Da bei jedem Workshop alle für die Teilsysteme bzw. die zentralen Systemkomponenten verantwortlichen Entwickler anwesend waren, war eine effiziente Fehlersuche und Problembehandlung möglich. Bei allen Treffen wurden die Versuchsfahrzeuge, die Roadside Stations, das Kommunikationssystem und die Backendserver mit einbezogen, um die Änderungen in der Software sofort testen zu können. BOSCH war bei allen Workshops mit einem Versuchsfahrzeug vertreten und hat die Treffen maßgeblich

mitgestaltet. Nach 6 Workshops war das CONVERGE System soweit integriert, dass die Demovorbereitungen für die Use Cases Falschfahrerwarnung und LogistikszENARIO beginnen konnten. Abbildung 39 zeigt das ausgerüstete CONVERGE Versuchsfahrzeug von BOSCH.



Abbildung 39: Das ausgerüstete CONVERGE Versuchsfahrzeug von BOSCH

Ein zentrales Element bei den Workshops war der umfangreiche Test der Kommunikationskette. Zunächst wurde die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten schrittweise getestet. Dazu wurde die Konnektivität zwischen den Kommunikationspartnern im ersten Schritt durch ein IPv6 Ping getestet, bevor richtige Nutzdaten übertragen werden konnten.

Die Gesamtkommunikationskette sah folgendermaßen aus:

```

Fahrzeugsystem (ITSG5) → Roadside Station → DENM-Proxy
    → HM-ServiceProvider → OEM-ServiceProvider → GeomessagingProxy
    → GeomessagingServer (htw saar und Ericsson) → Roadstation (ITSG5)
    → Fahrzeugsystem (ITSG5 und LTE).
  
```

Im weiteren Verlauf konnten über die Kommunikationskette die C2X Nachrichten CAMs und DENMs mit Security verarbeitet und korrekt über den Geoserver an weitere Fahrzeuge verteilt werden. Nun war das System in der Lage, die Falschfahrerwarnungen für das Demonstrations-Szenario Ende-zu-Ende zu verteilen.

3.9.3.2 Use Cases für die Demonstration und Validierung

Demonstrations-Szenario Wrong Way Driver Warning

Die in AP3 konzipierte Funktion „Wrong Way Driver Warning (WWDW)“ wurde prototypisch implementiert und im Fahrzeug in Betrieb genommen.

Für die Demonstration wurden verschiedene Überlegungen zu Szenarien und Verortung angestellt. Z. B. wurde über einen durch Baumaßnahmen temporär stillgelegten Autobahnabschnitt oder einen großen Parkplatz diskutiert. Leitziel war dabei ein möglichst hoher Grad an Realismus unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Sicherheitsbelangen. Schließlich erfolgte die Demonstration an der Messebehelfsausfahrt der BAB 5 in Frankfurt am Main. Hier konnte ein Fahrzeug ohne Gefährdung des Autobahnverkehrs in realistischer Weite die Ausfahrt verkehrt herum entlang fahren und so als Falschfahrer detektiert werden. Sowohl im Falschfahrer-Fahrzeug als auch bei der anschließenden Autobahnfahrt, bei der ein anderes Fahrzeug in der Ausfahrt gesehen werden konnte wurde so ein hoher Grad an Realismus erzielt (Abbildung 40).



Abbildung 40: Messeausfahrt Frankfurt am Main. Blick aus dem Falschfahrer-Fahrzeug, das in verkehrter Fahrtrichtung steht.

Nachdem das Fahrzeug seine Rolle als Falschfahrer gespielt hatte, wendete es und wurde nun nicht mehr als Falschfahrer angesehen. Anschließend fuhr es die BAB 5 in südlicher Richtung entlang wo es als nicht direkt betroffenes Fahrzeug lediglich über das Vorhandensein eines Falschfahrers (mittlerweile hatte ein anderes Demo-Fahrzeug diese Rolle übernommen) informiert wurde. Bei der folgenden Fahrt in nördlicher Richtung wurde die Messeausfahrt passiert und einige 100 m vorher erfolgte die Warnung. Die in Abbildung 41 gezeigten Grafiken illustrieren den Ablauf der Demonstration.



Abbildung 41: Ablauf der Demonstration zur Funktion Wrong Way Driver Warning (WDDW)

Die Machbarkeit der Funktion „Wrong Way Driver Warning (WDDW)“ wurde anhand ihrer prototypischen Implementierung gezeigt. Bei der erfolgreich durchgeführten Fahrdemonstration wurde ihr Nutzen nachgewiesen.

Demonstrations-Szenario Logistik-Kette

Beim Aufbau des Logistikszenarios beteiligte sich BOSCH durch die Weiterentwicklung des bestehenden Parkplatzreservierungsdienstes und dessen Anpassung an die Möglichkeiten und Erweiterungen, die sich durch die Vernetzung mit dem ETA Service ergaben. Dazu wurde der bestehende Parkplatzreservierungsdienst zunächst vom operativen Dienst isoliert, um mögliche negative Einflüsse auf den operativen Dienst zu vermeiden. Danach wurde der Reservierungsdienst um die Möglichkeiten zur Nutzung des ETA Dienstes ergänzt und entsprechende algorithmisch und auf Seite der Benutzeroberfläche angepasst. Schließlich erfolgten eine Integration in das Gesamt Demonstrationssystem und der Test sowie die Nutzung des so entstandenen Demonstrators bei der Projektpräsentation in Frankfurt.

Da eine Demonstration des Szenarios im realen Verkehr aufgrund der zeitlichen Anforderungen nicht sinnvoll realisierbar war, wurde auf eine Virtualisierung zurückgegriffen. Für die Projektpräsentation wurde daher eine Standdemo vorbereitet, bei der ein Operator die verschiedenen an der Logistik-Kette beteiligten Dienste am Beispiel einer virtuellen Tour eines Speditionsfahrzeugs vorführt. Abbildung 42 zeigt die Screenshots der Operatorbildschirme der an der Logistik-Kette beteiligten Dienste sowie die Darstellung ihres Zusammenwirkens.



Abbildung 42: Screenshots der Operatorbildschirme der an der Logistik-Kette beteiligten Dienste sowie die Darstellung ihres Zusammenwirkens

Das spezifizierte und implementierte LogistikszENARIO hat eindrucksvoll belegt, dass die in CONVERGE erarbeiteten Konzepte zur Vernetzung von Diensten auf Basis des mehrstufigen Service Directory Mechanismus tragfähig sind und sich zur Ergänzung bestehender oder zur Generierung neuer Dienste nutzen lassen. Verschiedene bestehende Dienste konnten, obwohl nicht von Anfang an dafür konzipiert, zusammen geschaltet und deren erfolgreiches Zusammenarbeiten demonstriert werden. Der Logistik Use Case hat sehr gut gezeigt, dass das Potential, welches in einer nach CONVERGE Prinzipien erstellten Dienste-Vernetzung liegt, sehr gut genutzt werden kann um neue oder verbesserte Dienste zu erzeugen und damit zur Steigerung der Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit oder zur Erzeugung neuer Geschäftsmodelle im ITS Bereich beizutragen.

3.9.3.3 Projektpräsentation

Die Projektergebnisse und Validierungs-Szenarien wurden der Öffentlichkeit in zwei getrennten Veranstaltungen präsentiert. Zentraler Bestandteil der ersten Veranstaltung, die am 24.06.2015 im Veranstaltungszentrum HOLM in Frankfurt/Main stattfand, war die Vorstellung der CONVERGE Architektur und ausgewählter Teilaspekte sowie die Demonstration der Validierungs-Szenarien. Neben einer Pressekonferenz und einer kurzen Vortagsreihe zu ausgewählten Themen wurde den Besuchern vor allem die Gelegenheit zu einem intensiven Austausch mit den Entwicklern anhand der fünf nachfolgend aufgeführten Standdemos gegeben:

- CONVERGE System-Architektur
- CONVERGE Security-Architektur
- CONVERGE Kommunikationsnetzwerke
- CONVERGE Validierungs-Szenario Logistik-Kette
- CONVERGE Validierungs-Szenario Falschfahrerwarnung

Darüber hinaus stand die parallel dazu in Kleingruppen organisierte Fahrdemo zum Validierungs-Szenario Falschfahrerwarnung im Mittelpunkt der Veranstaltung. Abbildung 43 zeigt einige Eindrücke der Fahrdemo.



Abbildung 43: Fahrdemonstration des Validierungs-Szenarios Falschfahrerwarnung

Abbildung 44 zeigt die Standdemo zum Validierungs-Szenario Logistik-Kette und Abbildung 45 einige weitere Eindrücke der Projektpräsentation.



Abbildung 44: Standdemonstration des Validierungs-Szenarios Logistik-Kette



Abbildung 45: Eindrücke von der Projektpräsentation im HOLM in Frankfurt/Main

Der zweite Teil der Abschlusspräsentation fand am 13.10.2015 beim BMWi in Berlin statt. Dort wurden die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung sowie der finalen Bewertung präsentiert. Abbildung 46 zeigt einige Eindrücke von der Veranstaltung.



Abbildung 46: Eindrücke von der Präsentation der wissenschaftlichen Ergebnisse beim BMWi in Berlin

3.10 AP8 – Abschließende Bewertung

Das Arbeitspaket 8 wurde vom BMWi und dem BMBF gefördert. Die Förderung der Bewertung der (technischen) Lösung (AP8.1) und die Bewertung der IT-Security (AP8.2) erfolgte durch das BMBF und die Förderung der Bewertung der funktionalen und

organisatorischen Rollenmodelle (AP8.3) sowie die Gesamtsystembewertung (AP8.4) erfolgte durch das BMWi.

3.10.1 Anforderungen und Zielsetzung

Für BOSCH war es besonders wichtig, das in AP2 konzipierte und in den Arbeitspaketen AP3 – AP6 exemplarisch erstellte Gesamtsystem in Bezug auf eine zukünftige Tauglichkeit im Produktiveinsatz zu bewerten. Daher beteiligte sich BOSCH in AP8 sowohl an der Erstellung der Bewertungsmethodik und der Bewertungskriterien als auch bei der Anwendung dieser Vorarbeiten in der eigentlichen Bewertung. Hier erfolgten Beiträge und Mitarbeit in zahlreichen Workshops über die Dauer des Projektes.

Die erarbeitete Vorgehensweise und die erzielten Ergebnisse sind den verschiedenen Versionen des Deliverables D6 zu entnehmen.

3.10.2 Vorgehensweise

Die erarbeitete Vorgehensweise ist im Deliverable D6.2 definiert. Auf der Ebene der Anforderungen und Use Cases wurde das Konzept einer quantitativen gewichteten Bewertung von einzelnen Requirements bzw. Use Cases als Basis gewählt. Wesentliche Aufgaben zur Erstellung dieses Konzeptes waren die Festlegung der Gewichte der einzelnen Kriterien, sowie die Festlegung nachvollziehbarer Messgrößen, welche zur Bewertung heran gezogen werden sollten. Darüber hinaus wurde als Bewertungsmaßstab ein fiktives „optimales“ Gesamtsystem definiert, welches ein wesentliches Bewertungsziel darstellte. Hier war BOSCH vor allem an der Definition der Bewertungsmaßstäbe für Use Cases im Bereich Security und Dienste beteiligt. Im Einzelnen waren dies folgende Punkte:

- REQ-SEC-GEN-008 –Ensure platform (IVS/IRS) integrity
- REQ-SEC-GEN-011 –Defined interfaces for anonymization
- UC-C2X-102_01 Subscribe service
- UC-C2X -102_02 Download software
- UC-C2X _02_03 Install software
- UC-C2X -102_04 Activate service
- UC-C2X-102_05 Update service
- UC-C2X-102_06 Discontinue service
- UC-C2X-102_07 Uninstall software
- UC-C2X-102_08 Unsubscribe service
- UC-ComNet-01 Message distribution
- G_SP_003 “Dynamic Quality of Services”

Auf Ebene der Goals und Metagoals erfolgte eine qualitative Bewertung im Wesentlichen durch Analyse und Dokumentation der Spezifikation. Hier war BOSCH an der Definition der Metagoals sowie an Reviews der Bewertungsergebnisse beteiligt. Bei der ökonomischen Bewertung, sollte festgestellt werden, wie hoch die Bereitschaft der

Projektpartner zur Umsetzung der im CONVERGE Gesamtsystem erarbeiteten Aufgaben ist. Hierzu wurde ein Bewertungskonzept auf Basis einer auszufüllenden Matrix erstellt und dieses dann durch Vertreter der Projektpartner angewendet. BOSCH war hier im Rahmen der Befragung und der Abgabe der ökonomischen Bewertung aus Firmensicht beteiligt.

3.10.3 Erreichte Ergebnisse

Durch die im Projekt erarbeitete systematische Vorgehensweise zur Bewertung der Projektergebnisse und der Anwendung dieser Vorgehensweise auf die erzielten Ergebnisse konnte sichergestellt werden, dass während der Laufzeit des Projektes eine Überwachung der Resultate und eine Abschließende Bewertung möglich war. Die Bewertungsergebnisse sind schlüssig und fast durchweg sehr positiv. Sie wurden im zweiten Teil der Abschlusspräsentation beim BMWi in Berlin zusammen mit den Ergebnissen der wissenschaftlichen Begleitforschung öffentlich vorgestellt.

3.10.4 Bewertung und Ausblick

Die erzielten Bewertungsergebnisse stellen sicher, dass die in CONVERGE erarbeiteten Resultate die eingangs des Projektes festgelegten Anforderungen erfüllen, und die vorgegebenen Use Cases gut abdecken. Sowohl das Gesamtergebnis als auch die Bewertung einzelner Use Cases sowie der Goals und Metagoals sind sehr positiv und belegen die Tauglichkeit der erstellten Konzepte und der Architektur für die gestellten Aufgaben.

Die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung zeigen, dass auf Seiten der Konsortialpartner für alle wesentlichen Systemkomponenten eine grundsätzliche Bereitschaft vorliegt, Aufgaben im Rahmen eines möglichen Aufbaus des Car2X-Systemverbundes zu übernehmen. Für alle wesentlichen Aufgaben lag die Bereitschaft einer Mitwirkung mehrerer wichtiger Partner vor, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das erstellte Konzept ökonomisch tragfähig ist.

3.11 AP-übergreifende Arbeiten zur IT-Security

Die Arbeiten zur IT-Security erfolgten weitestgehend AP-übergreifend im Rahmen des CONVERGE Security Teams und werden daher hier separat in einem eigenen Abschnitt zusammengefasst. Die diesbezüglichen Arbeiten von BOSCH wurden in etwa zu gleichen Teilen vom BMBF und vom BMWi gefördert.

3.11.1 Anforderungen und Zielsetzung

Im Rahmen der Querschnittsfunktion IT-Security wurden die CONVERGE User Stories und Use Cases hinsichtlich Security und Privacy analysiert. Security-relevante Use Cases wurden hinzugefügt (beispielsweise bezüglich des Beitritts neuer Teilnehmer zum

Systemverbund) und Security- und Privacy-Requirements abgeleitet. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf folgende Punkte gelegt:

- Gewährleistung der IT-Security für die vollständige Ende-zu-Ende-Kette
- Konzeptionierung einer von vornherein vollständig in die Architektur des Car2X-Systemverbunds eingebetteten IT-Security Lösung
- Flexibilität für erforderliche Anpassungen zur Gewährleistung von zukünftig steigenden Anforderungen, z. B. längere Schlüssel, neue kryptographische Verfahren, etc.

3.11.2 Vorgehensweise

Aufgrund des querschnittlichen Charakters der Arbeiten zur IT-Security wurde das CONVERGE Security Team etabliert, das von den Security Spezialisten der mit dem Thema befassten Konsortialpartner gebildet wurde und in dem auch BOSCH maßgeblich mitgewirkt hat. Die IT-Security-spezifischen Konzepte wurden im Rahmen dieses Teams in enger Abstimmung mit den Arbeitspaketen 2, 3, 4, 5 und 6 erarbeitet. Dazu wurden regelmäßig Abstimmungstreffen und Telkos durchgeführt. Auf Basis der Use Cases und Requirements wurde ein umfassendes Sicherheitskonzept erstellt.

3.11.3 Erreichte Ergebnisse

3.11.3.1 Sicherheitskonzept und -architektur

Als wesentliches Ergebnis aus der Use Case und Requirements Analyse wurde festgestellt, dass je nach Use Case unterschiedliche Security- und Privacy-Profile angewendet werden sollten. In den meisten Fällen ist Integrität (also der Schutz gegen manipulierte Nachrichten) sehr wichtig, wohingegen Vertraulichkeit (also der Schutz gegen unerlaubtes mitlesen von Nachrichten) meist keine oder nur eine geringe Rolle spielt – gerade bei Safety-relevanten Use Cases wie Warnungen, die ja von allen potentiellen Empfängern auch gelesen und verstanden werden sollen.

Die CONVERGE Architektur sieht Komponenten für die Security auf verschiedenen Ebenen vor, angefangen beim Governance Layer, über die Backendschicht bis zur Mobilitätsebene.

Für die Absicherung der hybriden Kommunikation im Systemverbund müssen verschiedene Kombinationen von Kommunikationskanälen mit jeweils unterschiedlichen Protokollen berücksichtigt werden. Hierzu wurden verschiedene Architekturvarianten aufgestellt und geeignete Protokolle für die verschiedenen Kommunikationswege sowie eine adäquate Architektur ausgewählt. Das resultierende Sicherheitskonzept sieht eine durchgängige Ende-zu-Ende Sicherheit vor, wobei der finale Empfänger anhand kryptographischer Signaturen verifizieren kann, dass die Nachricht von einem autorisierten Sender stammt und unterwegs nicht manipuliert wurde. Dies wird durch den konsequenten Einsatz der ETSI-Standards erreicht (insbesondere ETSI TS 103 097 für Zertifikats- und Nachrichtenformate). Für den Schutz der Privatsphäre werden

wechselnde Pseudonyme für die IVS verwendet. Für die prototypische Umsetzung im Rahmen von CONVERGE wurde die vom C2C-CC betriebene Pilot-PKI angebunden. Auch die vom C2C-CC vorgeschlagenen Trust Assurance Levels wurden in das Sicherheitskonzept integriert.

Die Architektur auf Mobilitätsebene beinhaltet ein einheitliches Konzept für IRS und IVS. So konnte auch für den Demo-Prototypen die gleiche Security-Hardware und Software eingesetzt werden.

Des Weiteren sieht die CONVERGE-Lösung ein Konzept für „Misbehavior Handling“ vor, um den Missbrauch von fehlerhaften oder manipulierten IVS und IRS (bzw. deren Zertifikate) behandeln zu können. Hierfür sieht die CONVERGE-Sicherheitsarchitektur ein „Misbehavior Posting Board“ vor, das Berichte über beobachteten Missbrauch sammelt und somit eine Grundlage für Entscheidungen über den eventuell nötigen Rückruf von Zertifikaten bzw. Teilnehmern bietet, siehe Abbildung 47.

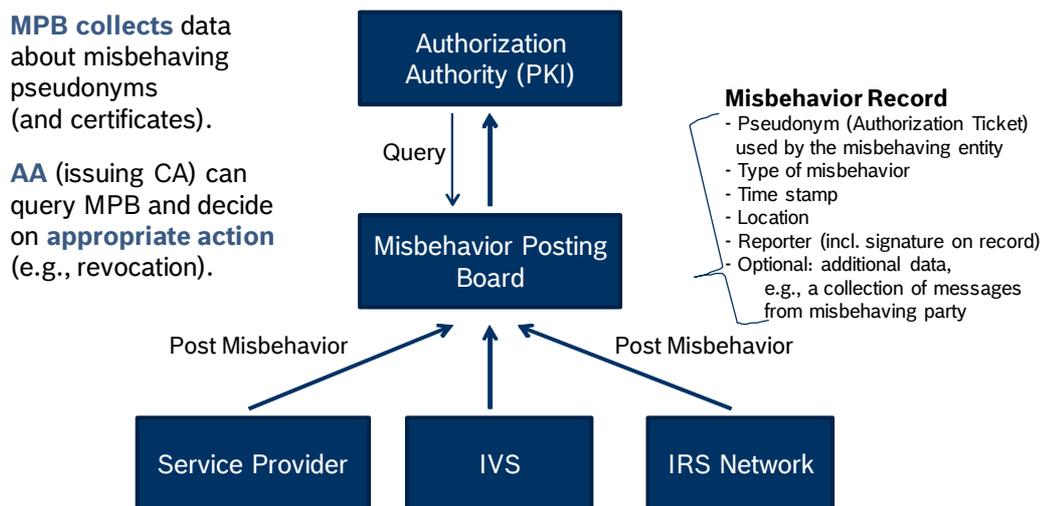


Abbildung 47: Das Misbehavior Posting Board Konzept

3.11.3.2 Prototypische Umsetzung und Demonstration des Sicherheitskonzeptes

Prototypisch umgesetzt wurden im Rahmen von CONVERGE alle Teile der Sicherheitsarchitektur, die für die Demonstrations-Szenarien (Falschfahrerwarnung und LogistikszENARIO) benötigt wurden. Dies beinhaltet insbesondere die Anbindung an die C2C-CC Pilot-PKI, die Signaturgenerierung und –verifikation in IVS, IRS und Backend, als auch Privacy-Aspekte wie den Pseudonymwechsel. Somit wurde die durchgängige Ende-zu-Ende-Absicherung im CONVERGE-Systemverbund unter realistischen Bedingungen gezeigt, wobei die kryptographischen Schlüssel in einem Hardware-Securitymodul sicher gespeichert wurden.

Demonstrations-Szenarien für Security- und Privacy-Aspekte wurden von BOSCH innerhalb des Security-Teams maßgeblich entworfen und mitgestaltet. So konnte der Pseudonymwechsel mit einem vom Fraunhofer Institut AISEC entwickelten Tool anschaulich demonstriert werden, welches die Fahrzeuge als farbige Punkte auf einer Karte darstellt, wobei jeder Punkt immer dann seine Farbe verändert, wenn das entsprechende Fahrzeug das Pseudonym wechselt, s. Abbildung 48.

Bei BOSCH-internen Veranstaltungen wurde außerdem ein Angriffsszenario vorgeführt, bei dem manipulierte Nachrichten von einem Angreifer am Straßenrand verschickt wurden. Im Fahrzeug konnte man dann beobachten, wie bei deaktivierter Security fälschlicherweise Warnungen angezeigt wurden. Nach Aktivierung der Security (also der CONVERGE-StandardEinstellung) wurden die manipulierten Nachrichten jedoch abgelehnt und die falschen Warnmeldungen wurden im Fahrzeug nicht mehr angezeigt. Dieses Vorgehen ermöglichte es, auch so unanschauliche Themen wie Security einem breiten Publikum eingängig zu präsentieren.

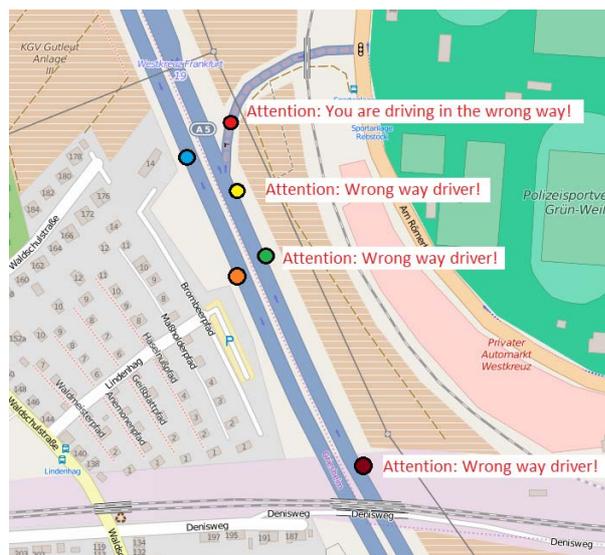


Abbildung 48: Visualisierung der Pseudonymisierung (Visualisierungstool von AISEC)

3.11.3.3 Forschungsergebnisse und Publikationen

BOSCH arbeitete im Rahmen von CONVERGE an Forschungsfragen zum Thema Car2X Privacy. Hierbei wurden mehrere Forschungsergebnisse erzielt und auf wissenschaftlichen Konferenzen bzw. in einem Journal publiziert.

PUCA: A pseudonym scheme with user-controlled anonymity for vehicular ad-hoc networks (VANET)

Bei dieser Arbeit handelt es sich um ein Verfahren zum Einsatz von anonymen Credential-Systemen (ACS) zur Verbesserung von C2X Privacy. Es wurde auf der renommierten IEEE Vehicular Networking Conference (VNC) 2014 veröffentlicht und präsentiert [3].

Standards für zukünftige Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET) sehen die Verwendung von Pseudonym-Zertifikate zur sicheren und datenschutzfreundlichen Authentifizierung von Nachrichten vor. Aktuelle Vorschläge bieten aber keinen ausreichenden Schutz, wenn Backend-Systeme nicht vertrauenswürdig sind, etwa weil sie durch einen Hacker-Angriff kompromittiert wurden. In diesem Beitrag wird das PUCA Pseudonym-Verfahren vorgestellt, das vollständige Anonymität garantiert und die Privatsphäre der Teilnehmer auch dann schützt, wenn Backend-Systeme nicht vertrauenswürdig sind, s. Abbildung 49. Das Verfahren verwendet anonyme Credentials für die Authentifizierung am Backend, die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen wird jedoch nicht verändert. Dadurch ist es kompatibel mit bestehenden Standards. Durch die Verwendung von sogenannten n-show Credentials wird verhindert, dass ein Fahrzeug mehr Pseudonyme abrufen kann als vorgesehen. Das PUCA Verfahren gibt Autofahrern die Kontrolle über ihre Privatsphäre zurück und erlaubt gleichzeitig den Rückruf der Teilnahmeberechtigung auf Wunsch des Teilnehmers selbst.

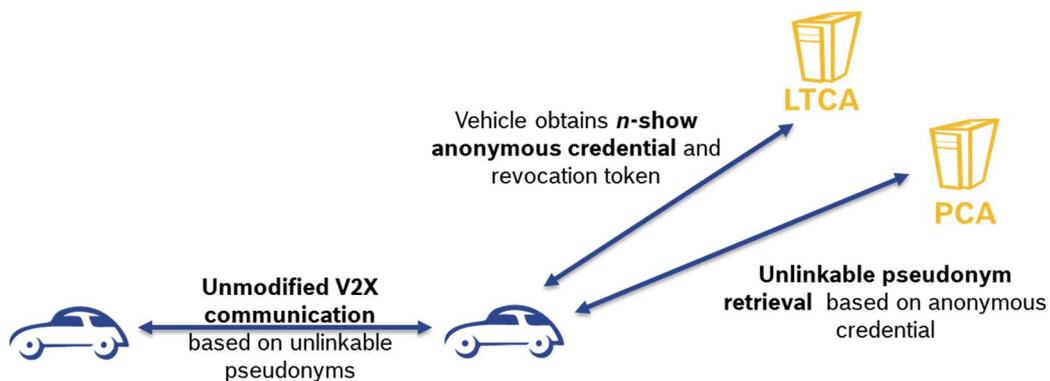


Abbildung 49: Das PUCA-Verfahren

REWIRE - Revocation without Resolution: A Privacy-friendly Revocation Mechanism for Vehicular Ad-Hoc Networks.

BOSCH entwickelte eine Methode zum Zertifikatsrückruf mittels Trusted Computing für privatsphärenfreundliche Pseudonymisierungsverfahren (Veröffentlichung und Präsentation auf der Konferenz TRUST 2015, siehe [4]).

In diesem Beitrag wird ein neuartiger Ansatz zum Ausschluss von Teilnehmern aus einem Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) vorgestellt, der ohne Pseudonym-Resolution auskommt. Der Ansatz ermöglicht den Ausschluss des Absenders einer Nachricht, ohne dass dessen Identität ermittelt werden muss. Zu diesem Zweck wird eine Austrittsaufforderung per Broadcast oder Geocast versandt, auf die nur der Besitzer des Pseudonyms, mit dem die betreffende Nachricht signiert wurde, reagiert. Die vorgeschriebene Reaktion bei Empfang einer Austrittsaufforderung wird durch die vertrauenswürdige Komponente (Trusted Component) erzwungen, die die Integrität der V2X Onboard-Unit sicherstellt. Das vorgestellte Verfahren ergänzt datenschutzfreundlichen Pseudonym-Verfahren, die keine Pseudonym-Resolution

bieten, um die Möglichkeit zum Ausschluss von Teilnehmer auf Basis gesendeter Nachrichten, was eine wichtige Voraussetzung für deren Einsatz in der Praxis darstellt.

PUCA: A Pseudonym Scheme with strong privacy guarantees for vehicular ad-hoc networks

Hierbei handelt es sich um eine Erweiterung und Anpassung des Pseudonymisierungsschema PUCA (siehe oben) um das privatsphärenfreundliche Rückrufverfahren REWIRE (siehe oben). Diese Arbeit wurde im Journal „Ad-Hoc Networks“ (Elsevier, 2015) veröffentlicht [5].

Pseudonym-Zertifikate stellen den Stand der Technik zur datenschutzfreundlichen Nachrichtenauthentifizierung in Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) dar. Bestehende Verfahren behandeln jedoch vor allem den Schutz der Teilnehmer untereinander. Privacy gegenüber Backend-Providern wird (wenn überhaupt) nur mit organisatorischen Maßnahmen adressiert, die umgangen werden können, wenn verschiedene Parteien zusammenarbeiten. Dies stellt eine Bedrohung für die Privatsphäre der Teilnehmer dar, wenn Backend-Provider nicht uneingeschränkt vertrauenswürdig sind.

In diesem Beitrag wird das erweiterte PUCA Pseudonym-Verfahren vorgestellt, das vollständige Anonymität garantiert und die Privatsphäre der Teilnehmer auch dann schützt, wenn Backend-Systeme nicht vertrauenswürdig sind. Das Verfahren verwendet anonyme Credentials für die Authentifizierung am Backend, die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen wird jedoch nicht verändert. Dadurch ist es kompatibel mit bestehenden Standards. Für den Ausschluss von Teilnehmern, die ungültige Nachrichten senden, wird ein datenschutzfreundliches Ausschlussverfahren eingesetzt, das keine Pseudonym-Resolution benötigt. Mit den vorgestellten Verfahren wird gezeigt, dass starker und nachvollziehbarer Datenschutz für VANETs erreicht werden kann, ohne dabei auf die üblichen Sicherheitsanforderungen wie Sybil-Resistenz und Revocation zu verzichten.

A Framework for Evaluating Pseudonym Strategies in Vehicular Ad-hoc Networks.

BOSCH entwickelte ein Framework zur Evaluierung verschiedener Pseudonymwechselstrategien (Veröffentlichung und Präsentation auf der Konferenz ACM WISEC 2015, siehe [7]).

Der übliche Ansatz zur datenschutzfreundlichen Authentifizierung in Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET) ist die Verwendung von Pseudonym-Zertifikaten. Dabei hängt der Grad der „Location-Privacy“, die Benutzer gegenüber einem Angreifer genießen, sowohl von dessen Empfangsbereich und Angriffsstrategie als auch von der Pseudonym-Wechselstrategie der Benutzer ab.

In diesem Beitrag wird ein generisches Framework vorgestellt zur Untersuchung und zum Vergleich von Pseudonym-Wechselstrategien, im Hinblick darauf, welchen Schutz sie gegenüber einem realistischen, örtlich beschränkten, passiven Angreifer bieten. Zur

beispielhaften Anwendung des Frameworks wird eine neue Angriffsstrategie vorgestellt, die einen hohen Erfolg bei der Verfolgung Fahrzeugen erzielt und damit die erreichbare Location Privacy einschränkt. Mit Hilfe der Angriffsstrategie werden verschiedene Pseudonym-Wechselverfahren untersucht. Der hohe Erfolg des Angreifers zeigt, dass weitere Forschung zu diesem Thema nötig ist.

3.11.3.4 Bewertung der Security- und Privacy-Lösung

Im Rahmen der Querschnittsfunktion IT-Security wurden von Beginn des Projektes an Bewertungskriterien für alle Security- und Privacy-Requirements aufgestellt. Daraufhin wurden Evaluierungskriterien erarbeitet, die dann abschließend für die Bewertung der einzelnen Requirements, der Use Cases und der Projektziele verwendet wurden und so in eine umfassende Gesamtbewertung der Security- und Privacy-Lösung mündeten. Bei dieser Vorgehensweise war BOSCH maßgeblich an allen Schritten beteiligt.

Die Bewertungskriterien wurden baumartig strukturiert, was eine feingranulare Bewertung erlaubte. Diese ausführliche Gesamtbewertung der Security- und Privacy-Lösung ergab, dass CONVERGE ein solides Security- und Privacy-Konzept entworfen und prototypisch umgesetzt hat. Die Gesamtbewertung des Security-Ziels auf Basis der Einzelbewertung der verschiedenen Kriterien, ergab, dass die zu Beginn des Projektes gesetzten Ziele hinsichtlich Security von der CONVERGE-Lösung weitgehend erreicht wurden. Natürlich konnten nicht alle Anforderungen innerhalb des Projektes tiefgehend behandelt werden, daher verweist CONVERGE wo immer möglich auf bereits vorhandene Projekte oder Aktivitäten und baut auf deren Ergebnissen auf. Insbesondere wurden existierende Standards im CONVERGE Sicherheitskonzept verwendet, beispielsweise für Nachrichtenformate, Zertifikate, oder auch Kommunikationssicherheit.

Für die Produktentwicklung ist die Leistungsfähigkeit (Performance) der Sicherheitslösung ein entscheidender Aspekt. In einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt wie CONVERGE kann aber der Fokus nicht in dem Maße auf Optimierung und Performance-Messung liegen, wie es für ein reales Produkt nötig wäre. Jedoch weisen die Resultate von CONVERGE darauf hin, dass die Implementierung einer Car2X Sicherheitslösung mit der nötigen Echtzeitperformance möglich sein sollte.

Die aktuellen Standards und Spezifikationen von ETSI und C2C-CC besitzen den Nachteil, dass die Aktualisierung und Anpassung kryptographischer Algorithmen und Parameter nicht betrachtet werden. Derzeit wird in C2C-CC und ETSI daran gearbeitet, mehr Flexibilität in zukünftige Versionen der Standards zu bringen. Außerdem wird daran gearbeitet, Standards für minimale Sicherheitsanforderungen (insbesondere für IVS und IRS) zu schaffen, welche die Teilnehmer erfüllen müssen, um der Car2X-Kommunikation beizutreten.

3.11.3.5 Vertrauenswürdigkeit des mobilen Knotens: Kooperation mit dem Car-2-Car Communication Consortium

Security-Aspekte die nicht direkt im Kern von CONVERGE lagen, jedoch für eine praktische Einführung eines Car2X-Systemverbundes von hoher Relevanz sind, wurden in Kooperation mit dem Car-2-Car Communication Consortium (C2C-CC) bearbeitet. Hierbei war BOSCH in der Working Group Security (WG Sec) direkt beteiligt und leitete die Task Force „In-Vehicle Security and Trust Assurance Levels“.

Die Vertrauenswürdigkeit der Teilnehmer spielt im Car2X-Systemverbund eine besonders wichtige Rolle, da das Sicherheitsniveau des Senders direkt Auswirkungen auf den Empfänger einer Nachricht hat, der sich auf ihren Inhalt verlässt. Die Signatur auf einer Nachricht verhindert nur die unbemerkte Manipulation nach dem Signieren; für den Empfänger ist jedoch ebenfalls wichtig, dass eine korrekte Nachricht signiert wurde, wofür eine Mindestabsicherung des Senders nötig ist. Dies führt dazu, dass für eine erfolgreiche Umsetzung und Einführung eines Car2X-Systemverbundes ein gemeinsames, herstellerübergreifendes Verständnis der notwendigen Mindestanforderungen unerlässlich ist.

Um diese Mindestanforderungen festzulegen, wird in der Task Force „In-Vehicle Security and Trust Assurance Levels“ aktuell an der Erstellung eines Common Criteria Protection Profiles gearbeitet. Dieses soll das „Trust Assurance Level 2“ ausgestalten, welches derzeit als angemessen für Day1 Use Cases angesehen wird (siehe z. B. „Trust Assurance Levels of Cybercars in V2X Communication“, ACM CyCar2014). Dieses Protection Profile (PP) beinhaltet die Definition von Sicherheitsanforderungen an die C2X On-Board Unit und dient so der Festlegung eines gemeinsamen Mindestsicherheitsniveaus. Ein erster Entwurf des PP existiert bereits und zahlreiche Kommentare und Änderungsanforderungen wurden gesammelt und diskutiert um in der nächsten Version des Profils Berücksichtigung zu finden.

Diese Arbeiten zur Vertrauenswürdigkeit des mobilen Knotens (in Form von „Trust Assurance Levels“) wurden im Rahmen des C2C-CC erbracht und werden dort weitergeführt, um auch außerhalb des CONVERGE-Konsortiums Akzeptanz zu finden.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Rahmen von CONVERGE wurde die Systemarchitektur für einen Car2X-Systemverbund erarbeitet und in einem umfangreichen, öffentlich verfügbaren Deliverable spezifiziert. Zentrale Kriterien dabei waren Offenheit, Erweiterbarkeit und Flexibilität. Die Architektur beinhaltet die drei technischen Ebenen Mobiler Knoten, Kommunikationsnetz und Backend sowie die sogenannte Governance Ebene, welche die für einen späteren operationellen Betrieb erforderlichen organisatorischen und regulatorischen Gesichtspunkte berücksichtigt.

Wesentliche Bestandteile des technischen Rahmens sind das Dienste Management Konzept zur Bekanntmachung und Vernetzung von Backend-Diensten, das Bridge/Geocast Konzept zur Gewährleistung der Technologie-agnostischen, Attribut- oder Themen-gesteuerten Verteilung von Nachrichten in geographische Gebiete sowie ein durchgängiges Ende-zu-Ende Sicherheitskonzept, das einerseits mittels kryptographischer Signaturen sicherstellt, dass empfangene Nachrichten nicht manipuliert wurden und von einem autorisierten Sende stammen, und andererseits durch die Verwendung von wechselnden Pseudonymen den Schutz der Privatsphäre ermöglicht.

Die technische Machbarkeit wurde anhand einer Referenzimplementierung nachgewiesen, die auch Basis der erfolgreichen Projektdemonstration war, für die exemplarisch die beiden Demonstrations-Szenarien „Wrong Way Driver Warning“ und „Logistik-Kette“ konzipiert und umgesetzt wurden. Daneben diente die Referenzimplementierung auch der Erfassung von diversen für die abschließende Verifikation und Bewertung des CONVERGE Systems benötigten technischen Messgrößen. Mittels der systematischen Auswertung der erfassten Messgrößen konnte nachgewiesen werden, dass die wesentlichen vorgegebenen Anforderungen an den Car2X-Systemverbund erfüllt werden konnten. Die erzielten Bewertungsergebnisse zeigen, dass die in CONVERGE erarbeiteten Resultate die eingangs des Projektes festgelegten Anforderungen erfüllen und die vorgegebenen Use Cases gut abdecken. Sowohl das Gesamtergebnis als auch die Bewertung einzelner Use Cases sowie der Goals und Metagoals sind sehr positiv und belegen die Tauglichkeit der erstellten Konzepte und der Architektur für die gestellten Aufgaben.

Neben der Erarbeitung des technischen Rahmens für einen Car2X-Systemverbund wurde auch der rechtliche und organisatorische Rahmen mit berücksichtigt und in Form eines zusätzlichen sogenannten Governance Layers dargestellt. In dieser Architekturschicht wurden Entitäten spezifiziert, welche zur Erstellung und zum Betrieb eines solchen Systemverbundes unumgänglich sind. Wesentliche Komponente ist hier der Car2X Initialization Body, welcher ein Gremium darstellt, das die Regeln für den Car2X-Systemverbund festlegt und verwaltet und somit quasi eine legislative Funktion darstellt. Darüber hinaus wurden mit der Contract Supervision Authority (CSA) und der Service Test and Certification Institution (STC-I) Instanzen definiert, welche den Zu- und Austritt zum

System sowie die Konformität von im System bereitgestellten und genutzten Diensten überwachen.

Allerdings können diese Definitionen nur ein erster Schritt hin zu einem operativen Aufsetzen und Betrieb eines solchen Systems sein. Wesentlich für den weiteren Erfolg der in CONVERGE erarbeiteten Grundlagen in einem zukünftigen Betrieb solcher Systeme wird sein, möglichst zeitnah erste Schritte zur Überführung in diesen Betrieb zu unternehmen. Hier haben bereits erste Aktivitäten stattgefunden. So hat das C2C-CC erste Schritte dahingehend unternommen, die in CONVERGE erarbeiteten Grundlagen zu begutachten und als Basis für die Definition einer Einführung von C2X zu verwenden. Der ITS-Korridor basiert ebenfalls in wesentlichen Teilen auf den in CONVERGE erarbeiteten Prinzipien. Somit gibt es sowohl auf der öffentlichen als auch auf der privaten Seite erste Aktivitäten, um die Ergebnisse dieses Projektes weiter zu verwenden. Ein Informationsaustausch mit den Gremien, die in den vereinigten Staaten für ähnliche Aufgaben zuständig sind, hat erste positive Rückläufe nach sich gezogen und somit kann davon ausgegangen werden, dass Architekturprinzipien und Ideen auch dort übernommen werden.

Die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung zeigen, dass auf Seiten der Konsortialpartner für alle wesentlichen Systemkomponenten eine grundsätzliche Bereitschaft vorliegt, Aufgaben im Rahmen eines möglichen Aufbaus des Car2X-Systemverbundes zu übernehmen. Für alle wesentlichen Aufgaben lag die Bereitschaft einer Mitwirkung mehrerer wichtiger Partner vor, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das erstellte Konzept ökonomisch tragfähig ist.

5 NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE

Im Rahmen des Forschungsprojekts CONVERGE konnte gezeigt werden, dass die vorgeschlagenen Spezifikationen und theoretischen Überlegungen mittels der erstellten Referenzimplementierung exemplarisch realisiert und demonstriert werden konnten. Somit konnte ein funktionsfähiges Gesamtsystem mit ausreichender Performanz dargestellt werden. Im Nachgang müssen die getroffenen Überlegungen daraufhin überprüft werden, ob Sie das Potential für einen tragbaren Konsens im Rahmen von über Deutschland hinaus gültigen Standardisierungsaktivitäten haben.

Mit der Schaffung von Voraussetzungen zur Realisierung von C2X Funktionen übergreifend über OEMs, Verkehrszentralen und Ländergrenzen hinweg sowie des heterogener Funkzugangs zu den mobilen Knoten einerseits und zu infrastrukturseitigen Diensten andererseits, hat die in CONVERGE entwickelte Architektur des Car2X-Systemverbunds die Basis für die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen für die Einführung von C2X Funktionen gelegt.

Aufbauend auf dieser Basis werden die in CONVERGE gesammelten Erfahrungen und entwickelten Technologien bei der zukünftigen Entstehung von Bosch Produkten im Bereich der Fahrerinformation und Fahrerassistenz einfließen. Neben Produkten im für Bosch traditionell besetzten Bereich der Fahrzeugausstattung wird hier auch angestrebt, Erfahrungen und Erkenntnisse über ein mögliches Engagement als Dienste- und Datenanbieter im Bereich von ITS-Systemen zu sammeln, und somit die Basis für Produkte über das bestehende Portfolio hinaus zu schaffen.

6 FORTSCHRITT AUF DEM GEBIET DES VORHABENS

Das EU-Projekt MOBiNET untersuchte während der Projektlaufzeit von CONVERGE unter anderem die Geschäftsaspekte von kooperativen IRS-Architekturen. Hier wurde wesentlich stärker als in CONVERGE die Beteiligung der unterschiedlichen Stakeholder geprüft und daraus ein Framework entwickelt, welches die Geschäftsinteraktionen strukturiert. Der aktuelle Arbeitsstand von MOBiNET wurde in CONVERGE vorgestellt und die Auswirkungen auf die CONVERGE Architektur berücksichtigt. Da MOBiNET zum Projektende von CONVERGE noch nicht abgeschlossen war, konnten die endgültigen Ergebnisse nicht betrachtet werden.

Im Zuge der Vorbereitungen für eine Mandatierung von C2X in USA wurden dort ebenfalls Anstrengungen unternommen, einen einheitlichen Rahmen für die Architektur für ITS zu definieren (<http://www.standards.its.dot.gov/DevelopmentActivities/CVReference>). Im Rahmen der Arbeiten zur Gesamtarchitektur in CONVERGE gab es hierzu Kontakte mit dem zuständigen Programm Manager beim US-DOT (Steve Sill). Hierbei wurden verschiedene Informationen ausgetauscht und festgestellt, dass die gewählten Ansätze sich ähneln und weitestgehend kompatibel sind. Das Plattform Projekt in USA hat Interesse geäußert, Ansätze von CONVERGE in der dortigen Ausarbeitung der Architektur Plattform zu verwenden.

Parallel zu den Arbeiten in CONVERGE entstand, vorangetrieben durch die EU, im Rahmen der FiWare Initiative eine Middleware-Plattform für die Entwicklung und Bereitstellung von Anwendungen für das zukünftige Internet und dessen Dienste. Auf dieser Plattform aufbauend sind eine Reihe von Projekten im Bereich Smart-Cities, Nachhaltiger Transport, Logistik etc. entstanden (https://www.fiware.org/success_stories). Durch die Entstehung solcher Plattformen kann eine Realisierung der in CONVERGE aufgezeigten Architektur effizient und zukunftsicher erfolgen. Die Möglichkeiten hierzu sollten weiter geprüft werden.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des „Internet der Dinge“ und der starken Verbreitung von Dienste-basierten „Cloud“ Lösungen ergaben sich während der Projektlaufzeit von CONVERGE eine große Anzahl von Projekten und Aktivitäten, deren Aufzählung den Rahmen dieses Dokumentes sprengen würden. Als Beispiele seien hier die Aktivitäten auf Seiten der Mobilfunkprovider im Bereich Weiterentwicklung und Ausrollen von M2M, die Standardisierungsarbeiten bei ETSI M2M oder die Entstehung und Weiterentwicklung von Cloud Plattformen wie Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud oder die Bosch IoT Cloud genannt.

7 BERICHTE UND VERÖFFENTLICHUNGEN

[1] Kurt Eckert, Matthias Mann, “Car2X System Network architecture and possible application”, Detroit, ITS World Congress 2014.

[2] Kurt Eckert, Matthias Mann, “Car2X System Network architecture and possible application”, Berlin, POSNAV 2014.

[3] David Förster, Frank Kargl, and Hans Löhr, “PUCA: A pseudonym scheme with user-controlled anonymity for vehicular ad-hoc networks (VANET)”, in Vehicular Networking Conference, IEEE, Dec. 2014, pp. 25–32.

[4] David Förster, Hans Löhr, Jan Zibuschka, and Frank Kargl, “REWIRE – Revocation without resolution: A privacy-friendly revocation mechanism for vehicular ad-hoc networks”, in Trust and Trustworthy Computing, ser. LNCS, vol. 9229, Springer, Aug. 2015, pp. 193–208.

[5] David Förster, Frank Kargl, and Hans Löhr, “PUCA: A pseudonym scheme with strong privacy guarantees for vehicular ad-hoc networks”, Ad Hoc Networks, 2016, pp. 122–132.

[6] David Förster, Frank Kargl, and Hans Löhr, “Datenschutzfreundliche Authentifizierung in der Car-to-X Kommunikation”, in 31. VDI/VW Gemeinschaftstagung Automotive Security, ser. VDI-Berichte, vol. 2263, VDI Wissensforum GmbH, Oct. 2015, pp. 129–134.

[7] David Förster, Frank Kargl, and Hans Löhr, “A framework for evaluating pseudonym strategies in vehicular ad-hoc networks”, in Proceedings of the 8th ACM Conference on Security & Privacy in Wireless and Mobile Networks (WiSec), ACM, Jun. 2015, 19:1–19:6.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN ---	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Schlussbericht der Robert Bosch GmbH zum öffentlich geförderten Projekt CONVERGE - COmmunication Network VEHicle Road Global Extension	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Fuchs, Hendrik Eckert, Kurt Löhr, Hans Schaaf, Gunther Wildschütte, Florian	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.10.2015
	6. Veröffentlichungsdatum 15.02.2016
	7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Robert Bosch GmbH Robert Bosch Platz 1 70839 Gerlingen-Schillerhöhe	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ---
	10. Förderkennzeichen 16 BV 1203
	11. Seitenzahl 91
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben ---
	14. Tabellen ---
	15. Abbildungen 49
16. Zusätzliche Angaben ---	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) ---	
18. Kurzfassung Im Rahmen von CONVERGE wurde die Systemarchitektur für einen Car2X-Systemverbund erarbeitet und in einem umfangreichen, öffentlich verfügbaren Deliverable spezifiziert. Zentrale Kriterien dabei waren Offenheit für neue Akteure, Erweiterbarkeit und Flexibilität. Die Architektur beinhaltet die drei technischen Ebenen Mobiler Knoten, Kommunikationsnetz und Backend sowie die sogenannte Governance Ebene, welche die für einen späteren operationellen Betrieb erforderlichen organisatorischen und regulatorischen Gesichtspunkte berücksichtigt. Wesentliche Bestandteile des technischen Rahmens sind das Dienste Management Konzept zur Bekanntmachung und Vernetzung von Backend-Diensten, das Bridge/Geocast Konzept zur Gewährleistung der Technologie-agnostischen, Attribut- oder Themen-gesteuerten Verteilung von Nachrichten in geographische Gebiete sowie ein integriertes durchgängiges Ende-zu-Ende Sicherheitskonzept, das einerseits mittels kryptographischer Signaturen sicherstellt, dass empfangene Nachrichten nicht manipuliert wurden und von einem autorisierten Sender stammen, und andererseits durch die Verwendung von wechselnden Pseudonymen den Schutz der Privatsphäre ermöglicht. Die technische Machbarkeit wurde anhand einer Referenzimplementierung nachgewiesen, die auch Basis der erfolgreichen Projektdemonstration war, für die exemplarisch die beiden Demonstrations-Szenarien „Wrong Way Driver Warning“ und „Logistik-Kette“ konzipiert und umgesetzt wurden. Mittels der systematischen Auswertung von erfassten Messgrößen konnte nachgewiesen werden, dass die wesentlichen vorgegebenen Anforderungen an den Car2XSystemverbund erfüllt werden konnten. Die erzielten Bewertungsergebnisse zeigen weiterhin auch, dass die in CONVERGE eingangs des Projekts vorgegebenen Use Cases gut abgedeckt werden. Neben der Erarbeitung des technischen Rahmens für einen Car2X-Systemverbund wurde auch der rechtliche und organisatorische Rahmen mit berücksichtigt und in Form eines zusätzlichen sogenannten Governance Layers dargestellt. In dieser Architekturschicht werden Entitäten spezifiziert, welche zur Erstellung und zum Betrieb eines solchen Systemverbundes unumgänglich sind. Die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung zeigen, dass auf Seiten der Konsortialpartner für alle wesentlichen Systemkomponenten eine grundsätzliche Bereitschaft vorliegt, Aufgaben im Rahmen eines möglichen Aufbaus des Car2X-Systemverbundes zu übernehmen.	
19. Schlagwörter Car2X Kommunikation; Car2X Systemverbund; Flexible, verteilte, offene und zukunftssichere Architektur; Rollenbasiertes Informationsmodell; Hybrides Zugangsnetz; Integriertes IT-Security Konzept; Service Management Konzept; Bridge/Geocast Konzept; Anwendungsszenario Falschfahrerwarnung; Anwendungsszenario Transport und Logistik; Organisatorischer, betrieblicher und regulatorischer Überbau	
20. Verlag ---	21. Preis ---

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN ---	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title Final report of Robert Bosch GmbH on the publicly funded project CONVERGE - COmmunication Network VEHicle Road Global Extension	
4. author(s) (family name, first name(s)) Fuchs, Hendrik Eckert, Kurt Löhr, Hans Schaaf, Gunther Wildschütte, Florian	5. end of project 31.10.2015
	6. publication date 15.02.2016
	7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address) Robert Bosch GmbH Robert Bosch Platz 1 70839 Gerlingen-Schillerhöhe	9. originator's report no. ---
	10. reference no. 16 BV 1203
	11. no. of pages 91
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references ---
	14. no. of tables ---
	15. no. of figures 49
16. supplementary notes ---	
17. presented at (title, place, date) ---	
18. abstract In CONVERGE the system architecture of a Car2X systems network has been elaborated, which has been specified in a comprehensive publicly available deliverable. Central criteria for the development have been openness for further actors, extensibility and flexibility. The architecture consists of the three technical layers Mobile Station, Communication Network and Backend supplemented by a so-called Governance Layer which takes into account the necessary organizational and regulatory aspects for a future operational service. Key elements of the technical framework comprise a service management concept for announcing and networking of backend services, a bridge/geocast concept to allow for technology agnostic, attribute or context controlled distribution of messages into selected geographic areas, as well as an integrated end-to-end IT security concept, which on one hand ensures that received messages are originating from an authorized sender and are not manipulated by using cryptographic signatures, and on the other hand supports privacy protection by switching pseudonyms. The technical feasibility has been proven on the basis of a reference implementation which also built the foundation of the successful project demonstrations, for which the two demonstration scenarios Wrong Way Driver Warning and Transport and Logistics have been developed and implemented. A systematical evaluation of recorded measurements has provided evidence that all essential predetermined requirements for the Car2X systems network could be fulfilled. Furthermore, the achieved results have shown that the preselected use cases are covered well by the CONVERGE solution. Beside the development of the technical framework for a Car2X systems network the organizational and regulatory aspects required for a future operational service have been taken into account by the introduction of a Governance Layer where the necessary entities, e.g. a Car2X Initialization Body, are specified. The results of an economic assessment have shown that on the part of the consortium partners for all essential system components a principle readiness exists to take over tasks in a possible establishment of a Car2X systems network.	
19. keywords Car2X Communication; Car2X Systems Network; Flexible, distributed, open and future proof Architecture; Role based Information Model; Hybrid Communication Network Access; Integrated IT Security Concept; Service Management Concept; Bridge/Geocast Concept; Validation Scenario Wrong Way Driver Warning; Validation Scenario Transport and Logistics; Organizational, Operational and Regulatory Superstructure	
20. publisher ---	21. price ---

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN ---	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Schlussbericht der Robert Bosch GmbH zum öffentlich geförderten Projekt CONVERGE - COmmunication Network VEhicle Road Global Extension	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Fuchs, Hendrik Eckert, Kurt Löhr, Hans Schaaf, Gunther Wildschütte, Florian	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.10.2015 6. Veröffentlichungsdatum 15.02.2016 7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Robert Bosch GmbH Robert Bosch Platz 1 70839 Gerlingen-Schillerhöhe	9. Ber. Nr. Durchführende Institution --- 10. Förderkennzeichen 19 P 12005C 11. Seitenzahl 91
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) i 53107 Bonn	13. Literaturangaben --- 14. Tabellen --- 15. Abbildungen 49
16. Zusätzliche Angaben ---	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) ---	
18. Kurzfassung <p>Im Rahmen von CONVERGE wurde die Systemarchitektur für einen Car2X-Systemverbund erarbeitet und in einem umfangreichen, öffentlich verfügbaren Deliverable spezifiziert. Zentrale Kriterien dabei waren Offenheit für neue Akteure, Erweiterbarkeit und Flexibilität. Die Architektur beinhaltet die drei technischen Ebenen Mobiler Knoten, Kommunikationsnetz und Backend sowie die sogenannte Governance Ebene, welche die für einen späteren operationellen Betrieb erforderlichen organisatorischen und regulatorischen Gesichtspunkte berücksichtigt.</p> <p>Wesentliche Bestandteile des technischen Rahmens sind das Dienste Management Konzept zur Bekanntmachung und Vernetzung von Backend-Diensten, das Bridge/Geocast Konzept zur Gewährleistung der Technologie-agnostischen, Attribut- oder Themen-gesteuerten Verteilung von Nachrichten in geographische Gebiete sowie ein integriertes durchgängiges Ende-zu-Ende Sicherheitskonzept, das einerseits mittels kryptographischer Signaturen sicherstellt, dass empfangene Nachrichten nicht manipuliert wurden und von einem autorisierten Sender stammen, und andererseits durch die Verwendung von wechselnden Pseudonymen den Schutz der Privatsphäre ermöglicht.</p> <p>Die technische Machbarkeit wurde anhand einer Referenzimplementierung nachgewiesen, die auch Basis der erfolgreichen Projektdemonstration war, für die exemplarisch die beiden Demonstrations-Szenarien „Wrong Way Driver Warning“ und „Logistik-Kette“ konzipiert und umgesetzt wurden. Mittels der systematischen Auswertung von erfassten Messgrößen konnte nachgewiesen werden, dass die wesentlichen vorgegebenen Anforderungen an den Car2XSystemverbund erfüllt werden konnten. Die erzielten Bewertungsergebnisse zeigen weiterhin auch, dass die in CONVERGE eingangs des Projekts vorgegebenen Use Cases gut abgedeckt werden.</p> <p>Neben der Erarbeitung des technischen Rahmens für einen Car2X-Systemverbund wurde auch der rechtliche und organisatorische Rahmen mit berücksichtigt und in Form eines zusätzlichen sogenannten Governance Layers dargestellt. In dieser Architekturschicht werden Entitäten spezifiziert, welche zur Erstellung und zum Betrieb eines solchen Systemverbundes unumgänglich sind.</p> <p>Die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung zeigen, dass auf Seiten der Konsortialpartner für alle wesentlichen Systemkomponenten eine grundsätzliche Bereitschaft vorliegt, Aufgaben im Rahmen eines möglichen Aufbaus des Car2X-Systemverbundes zu übernehmen.</p>	
19. Schlagwörter Car2X Kommunikation; Car2X Systemverbund; Flexible, verteilte, offene und zukunftssichere Architektur; Rollenbasiertes Informationsmodell; Hybrides Zugangsnetz; Integriertes IT-Security Konzept; Service Management Konzept; Bridge/Geocast Konzept; Anwendungsszenario Falschfahrerwarnung; Anwendungsszenario Transport und Logistik; Organisatorischer, betrieblicher und regulatorischer Überbau	
20. Verlag ---	21. Preis ---

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN ---	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title Final report of Robert Bosch GmbH on the publicly funded project CONVERGE - COmmunication Network VEHicle Road Global Extension	
4. author(s) (family name, first name(s)) Fuchs, Hendrik Eckert, Kurt Löhr, Hans Schaaf, Gunther Wildschütte, Florian	5. end of project 31.10.2015 6. publication date 15.02.2016 7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address) Robert Bosch GmbH Robert Bosch Platz 1 70839 Gerlingen-Schillerhöhe	9. originator's report no. --- 10. reference no. 19 P 12005C 11. no. of pages 91
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references --- 14. no. of tables --- 15. no. of figures 49
16. supplementary notes ---	
17. presented at (title, place, date) ---	
18. abstract <p>In CONVERGE the system architecture of a Car2X systems network has been elaborated, which has been specified in a comprehensive publicly available deliverable. Central criteria for the development have been openness for further actors, extensibility and flexibility. The architecture consists of the three technical layers Mobile Station, Communication Network and Backend supplemented by a so-called Governance Layer which takes into account the necessary organizational and regulatory aspects for a future operational service.</p> <p>Key elements of the technical framework comprise a service management concept for announcing and networking of backend services, a bridge/geocast concept to allow for technology agnostic, attribute or context controlled distribution of messages into selected geographic areas, as well as an integrated end-to-end IT security concept, which on one hand ensures that received messages are originating from an authorized sender and are not manipulated by using cryptographic signatures, and on the other hand supports privacy protection by switching pseudonyms.</p> <p>The technical feasibility has been proven on the basis of a reference implementation which also built the foundation of the successful project demonstrations, for which the two demonstration scenarios Wrong Way Driver Warning and Transport and Logistics have been developed and implemented. A systematical evaluation of recorded measurements has provided evidence that all essential predetermined requirements for the Car2X systems network could be fulfilled. Furthermore, the achieved results have shown that the preselected use cases are covered well by the CONVERGE solution.</p> <p>Beside the development of the technical framework for a Car2X systems network the organizational and regulatory aspects required for a future operational service have been taken into account by the introduction of a Governance Layer where the necessary entities, e.g. a Car2X Initialization Body, are specified.</p> <p>The results of an economic assessment have shown that on the part of the consortium partners for all essential system components a principle readiness exists to take over tasks in a possible establishment of a Car2X systems network</p>	
19. keywords Car2X Communication; Car2X Systems Network; Flexible, distributed, open and future proof Architecture; Role based Information Model; Hybrid Communication Network Access; Integrated IT Security Concept; Service Management Concept; Bridge/Geocast Concept; Validation Scenario Wrong Way Driver Warning; Validation Scenario Transport and Logistics; Organizational, Operational and Regulatory Superstructure	
20. publisher ---	21. price ---