

UR:BAN

Verbundprojekt UR:BAN

Urbaner Raum:
Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement
Projektsäule Vernetztes Verkehrssystem (VV)

Schlussbericht Teilvorhaben BMW AG

Laufzeit des Vorhabens:	01.01.2012 - 31.12.2015
Berichtszeitraum:	01.01.2012 - 31.12.2015
Zuwendungsempfänger:	BMW AG
Förderkennzeichen (FKS):	19P11007C
Fälligkeitsdatum:	30.06.2016
Ansprechpartner:	Stefan Feit

Gefördert durch:



Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekträger: TÜV Rheinland Consulting GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungen	5
Übersicht.....	6
Bericht.....	7
1 Kurzdarstellung.....	7
1.1 Aufgabenstellung	7
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	10
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	13
1.4 Anknüpfung an wissenschaftlichen und technischen Stand	17
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	19
2 Eingehende Darstellung	20
2.1 Erzielte Ergebnisse	20
2.2 Zahlenmäßiger Nachweis	56
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	56
2.4 Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses	57
2.5 Fortschritte bei anderen Stellen	57
2.6 Veröffentlichungen	57
Literatur und Referenzen	58

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Zusammenwirken der UR:BAN-VV Applikationen im Netz	8
Abbildung 2:	Übersicht Funktionen, Applikationen und Verantwortlichkeiten UR:BAN VV	9
Abbildung 3:	Projektstruktur UR:BAN VV	14
Abbildung 4:	Zusammenfassung Ablaufplanung UR:BAN VV, Teilpaket US	16
Abbildung 5:	Zusammenfassung umgesetzter Ablauf UR:BAN VV, Teilpaket US	17
Abbildung 6:	Gesamtübersicht „Urbane Straßen“	21
Abbildung 7:	Präsentation und Fahrzeugdemonstrator auf der OCA Tagung 02.10.14.....	24
Abbildung 8:	Veranstaltungshalle mit Ständen der UR:BAN Halbzeitpräsentation in Braunschweig	25
Abbildung 9:	Stand TP-US und Demofahrzeug BMW auf der Halbzeitpräsentation	25
Abbildung 10:	Aufbau Stände und Demonstratoren zur Abschlussveranstaltung	26

Abbildung 11:	TP-US Stand mit Fahrzeugdemonstrator	27
Abbildung 12:	Relationen zwischen Bedürfnissen, Anwendungsfällen, Anforderungen und Spezifikationen, als Grundlage für die späteren Projektphasen [2]..	29
Abbildung 13:	Beispiel UseCase, Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2 -.....	32
Abbildung 14:	Komponenten der Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2	36
Abbildung 15:	Umsetzungen der BMW HMI mit Grünband im Tacho (links) und Zustandsanzeige mit Pfeil (rechts)	37
Abbildung 16:	Unterschiedliche Entwürfe zur Darstellung unsicherer LSA-Schaltzeiten mit verschiedenen Wahrscheinlichkeiten (,Tacho-Darstellung‘ des Grünbands).....	38
Abbildung 17	Laborumgebung zur Simulation von Befahrungen im Testfeld	39
Abbildung 18:	Architektur der IT-Lösung für die Service Provider Applikation.....	42
Abbildung 19:	Abbildung von DATEX II Schaltzeitinformation auf TPEG-TSI.....	43
Abbildung 20	Meldung von BMW Flottendaten für das Grüne-Welle-Qualitätsmanagement US-6	44
Abbildung 21	Format der BMW Flottendaten für das Grüne-Welle-Qualitätsmanagement US-6.....	44
Abbildung 22:	Neuentwickelte HMI BMW Fahrzeugapplikation Grüne-Welle- und Verzögerungsassistent.....	48
Abbildung 23:	Analyse-Tool zur Darstellung von Knotenpunkten mit verfügbaren Ampelphasenprognosen in Düsseldorf (Visualisierung: Google Earth™)	49
Abbildung 24:	Dienste Schnittstellen Urbane Straße	50
Abbildung 25:	Datenformat für die Rückmeldung von Befahrungsdaten für die verkehrliche Wirkungsbewertung	51
Abbildung 26:	Auswertebereich für die Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen von US-1/2 BMW [6]	52

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Abkürzungsverzeichnis	5
Tabelle 2:	Funktionale Komponenten US-1 und US-2	36
Tabelle 3:	Interfaces US-1 und US-2	36
Tabelle 4:	Private Dienste-Schnittstelle – Interfaces	41
Tabelle 5:	Ergebnisübersicht der Effizienzbewertung von US-1/2 BMW für normale (oben) und hohe (unten) Verkehrsnachfrage [6]	53

Tabelle 6: Ergebnisübersicht der Umweltbewertung von US-1/2 BMW für mittlere Verkehrsnachfrage (11-12 Uhr) [6].....	54
Tabelle 7: Ergebnisübersicht der Umweltbewertung von US-1/2 BMW für hohe Verkehrsnachfrage (16-17 Uhr) [6].....	55

ABKÜRZUNGEN

Abkürzung	Definition
API	Application Interface
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
C2X	Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Infrastruktur-Kommunikation
CAN	Controller Area Network (Fahrzeug-Datenbus)
ECU	LSA-Steuergerät (Electronic Control Unit)
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
HMI	Human Machine Interface
IL	Intelligenter Leitkegel
ITS	Intelligent Transport Systems (auf deutsch: IVS Intelligente Verkehrssysteme)
IVS	Intelligente Verkehrssysteme
KFZ	Kraftfahrzeug
LSA	Lichtsignalanlage
MDM	Mobilitäts Daten Marktplatz
OCA	Open Traffic Systems City Association
OCIT	Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems
SW	Software
TISA	Traveller Information Services Association
TPEG	Transport Protocol Experts Group
TSI	Traffic Signal Information
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (Mobilfunkstandard)
VIS	Vehicle ITS Station
VMZ	Verkehrsmanagementzentrale

Tabelle 1: Abkürzungsverzeichnis

ÜBERSICHT

Dieser zusammenfassende Schlussbericht beschreibt die Arbeiten der BMW AG im Förderprojekt UR:BAN, Projektsäule Vernetztes Verkehrssystem, für den gesamten Projektzeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2015. Der Bericht ist folgendermaßen strukturiert.

Kurzdarstellung:

Neben der Aufgabenstellung der BMW AG und den Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde, werden die Struktur des Projektes und dessen zeitlicher Ablauf mit Bezug auf die Aktivitäten von BMW beschrieben. Weiterhin wird der technische Stand zu Beginn des Projektes dargestellt.

Eingehende Darstellung

Wesentlicher Teil der eingehenden Darstellung ist die ausführliche Beschreibung der im Projekt durch die BMW AG erzielten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse sowie die Aktivitäten und Entwicklungsschritte die hierzu erforderlich waren (Kapitel 2.1). Die Ergebnisse sind nach Arbeitspaketen strukturiert und werden den ursprünglichen Projektzielen gegenübergestellt.

Auf Basis der beschriebenen Ergebnisse und Leistungen wird weiterhin die Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten in UR:BAN-VV dargestellt (Kapitel 2.3), insbesondere auch hinsichtlich der Verwertbarkeit der Ergebnisse und deren zu erwartender Nutzen bei der Entwicklung zukünftiger intelligenter Verkehrssysteme (Kapitel 2.4). Der Bericht wird abgeschlossen mit einer kurzen Übersicht des Fortschritts an anderen Stellen (Kapitel 2.5) sowie den bisher erfolgten Veröffentlichungen (Kapitel 2.6).

BERICHT

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Weltweit lässt sich eine zunehmende Urbanisierung der Gesellschaften beobachten, sodass sich die Mobilitätsräume immer stärker in die Richtung der Kernstädte verschieben. Damit einher geht eine wachsende Verkehrsnachfrage, die zu großen Teilen durch den motorisierten Individualverkehr befriedigt wird, was in den städtischen Straßennetzen zu hohen Verkehrsdichten und zu energetisch wie verkehrlich suboptimalen Abläufen führt. Die Zahlen am Beispiel Düsseldorf belegen diese Tendenz eindrücklich: bei ca. 500.000 Einwohnern im Kernbereich hat das städtische Verkehrsnetz ca. 400.000 Einpendler zu bewältigen, die zu 75% mit den motorisierten IV nutzen. Dies führt besonders im Hinblick auf den Ressourcenbedarf und die notwendige Minimierung von Schadstoffbelastungen zu Konflikten. Neue Antriebskonzepte sind zwar bereits entwickelt und werden sukzessive größere Bedeutung erlangen, müssen aber zur Ausnutzung ihres Potenzials mit der Infrastrukturseite optimal kooperieren. Hierzu müssen die Rahmenbedingungen im deutschen und europäischen Raum in Betracht gezogen werden.

Die Projektsäule „Vernetztes Verkehrssystem“ (VV) der Forschungsinitiative UR:BAN hatte deshalb zum Ziel, die Verkehrseffizienz in urbanen Räumen zu optimieren, bei gleichzeitiger Senkung des Emissionsausstoßes. Hierzu sollte eine intelligente Verkehrsinfrastruktur aufgebaut und prototypisch mit Fahrzeugen des Straßenverkehrs vernetzt werden, wobei bei Letzteren insbesondere Elektro- und Hybridantriebe berücksichtigt werden sollten und weiterhin auch typische „Kurzstrecken-Fahrzeuge“, wie elektrifizierte Zweiräder. Darauf aufbauend sollten Applikationen zur intelligenten und vorausschauenden Verkehrssteuerung sowie Fahrerassistenzsysteme zur Optimierung der Fahreffizienz und des Energieverbrauchs entwickelt und demonstriert werden.

Insbesondere sollte ermöglicht werden, zukünftige fahrzeugseitige Assistenzsysteme auf die Charakteristik unterschiedlicher Antriebssysteme abzustimmen. Die Interaktion mit der Infrastruktur sollte dazu die erforderlichen Umfeldinformationen aus dem straßenseitigen Verkehrssystem liefern. Gleichzeitig sollten auch neue Möglichkeiten eröffnet werden, die Infrastruktursteuerung unter Nutzung der jeweils spezifischen Charakteristika der Antriebssysteme zu optimieren und damit in einem kooperativen Umfeld die Effizienz des Straßenverkehrs zu steigern.

Diese Ziele spiegeln sich in den vier Teilprojekten „Smarte Kreuzung“ (SK), „Urbane Straßen“ (US), „Regionales Netz“ (RN) und „Kooperative Infrastruktur (KI) wider, deren Ausprägung schematisch in der untenstehenden Abbildung 1 dargestellt ist.



Abbildung 1: Zusammenwirken der UR:BAN-VV Applikationen im Netz

Das Teilprojekt „Regionales Netz“ hatte die Entwicklung einer energieoptimierten Navigation zum Ziel, bei der außer Länge und Reisezeit der Routen noch weitere Navigationskriterien zum Einsatz kommen sollten. Dabei wird, basierend auf einer hochgenauen, aktuellen Verkehrslage und Prognose sowie unter Berücksichtigung von Verkehrsmanagementstrategien, eine hinsichtlich der Antriebsform des Fahrzeugs (z.B. Diesel, Hybrid oder Elektro) energieeffiziente strategische Route berechnet.

Aufbauend auf der energieoptimalen Routenwahl sollten im Teilprojekt „Urbane Straßen“ fahrzeuginterne Informations- und Assistenzsysteme mit den Lichtsignalsteuerungen auf der Strecke verbrauchsideal verknüpft werden. Dem Fahrzeug wird dabei ein elektronischer Horizont zur Verfügung gestellt, bestehend aus den zu erwartenden Geschwindigkeiten, exakten Haltepunkten, Standzeiten und einer LSA-Schaltzeitprognose entlang des Fahrwegs.

Der Austausch von Informationen zwischen Lichtsignalanlagen, Fahrzeugen sowie Radfahrern und Fußgängern zur optimierten Verkehrsabwicklung standen im Mittelpunkt des Teilprojektes „Smarte Kreuzung“. Eine auf die exakten Wartezeiten an der LSA, die mikroskopische, spurfeine, lokale Verkehrslage und die Routenwahl des Fahrzeuges abgestimmte Interaktion wird durch den dezentralen Informationsaustausch zwischen Lichtsignalanlagen und Fahrzeugen ermöglicht.

Im Teilprojekt „Kooperative Infrastruktur“ sollten städtische Zentralen im Hinblick auf die Anforderungen aus den oben beschriebenen Infrastruktur-Applikationen und Fahrzeug-Funktionen weiterentwickelt werden. Insbesondere sollten dabei Referenzsysteme entstehen, die durch die kommunalen Betreiber auf weitere Anwendungsfelder übertragen werden können.

Die nachfolgende Abbildung 2 stellt die in den Teilprojekten zu entwickelten Komponenten mit den jeweils verantwortlichen Partnern dar.

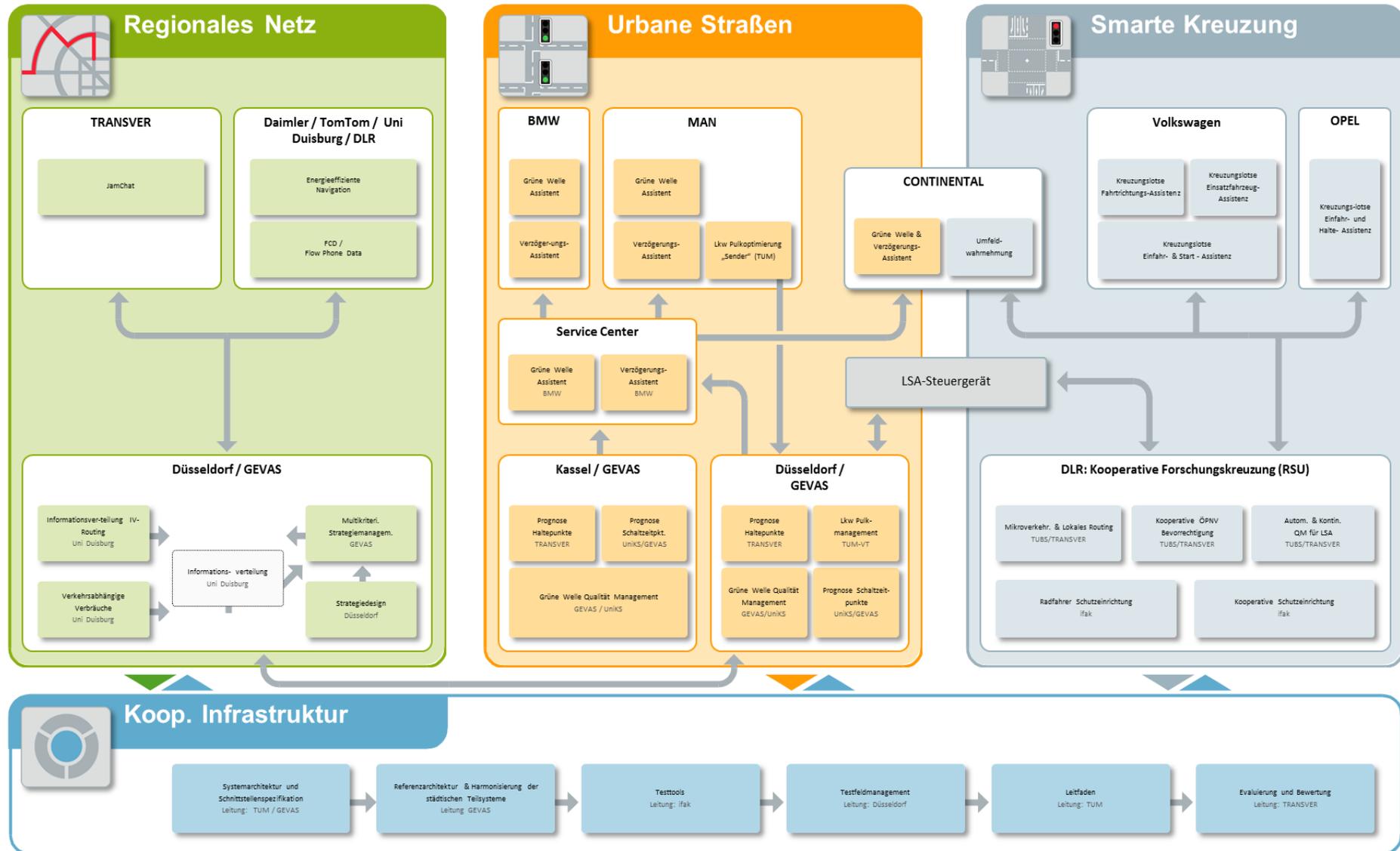


Abbildung 2: Übersicht Funktionen, Applikationen und Verantwortlichkeiten UR:BAN VV

Die BMW AG war verantwortlich für die Koordination der gesamten Projektsäule VV und hatte weiterhin die Leitung des Teilprojekts Urbane Straßen (TP-US) inne, das auch die technischen Entwicklungsaktivitäten der BMW AG beinhaltete. Im Einzelnen hatte das TP-US die Umsetzung der folgenden Fahrzeugfunktionen und Infrastrukturapplikationen zum Ziel:

- Funktionen US-1 „Verzögerungsassistent“ und US-2 „Grüne-Welle Assistent“ für energieeffizienteres Fahren im Lichtsignalgesteuerten Straßennetz;
- Applikation US-3 „Schaltzeitprognose“ zur Berechnung der am wahrscheinlichsten eintretenden zukünftigen Signalisierungszustände an LSA, als Basis für die Fahrzeugfunktionen US-1 und US2;
- Applikation US-4 zur „Prognose von Haltepunkten und Haltedauern“ von Fahrzeugen an LSA;
- Applikation US5 „Lkw-Pulkmanagement“ zur Reduktion der Halte und der Emissionen von LKW im städtischen Straßennetz;
- Applikation US-6 „Grüne Welle Qualitätsmanagement“ zur automatisierten Analyse der Koordination von LSA entlang von Streckenzügen;
- Applikation „Service Provision“ für übergreifende Arbeiten zur Bereitstellung und Übertragung von Daten (z.B. Traffic Signal Information TSI), insbesondere durch Verkehrsdaten-zentralen.

Die technischen Aktivitäten der BMW AG konzentrierten sich vor allem auf die Fahrzeugfunktionen US-1 „Verzögerungsassistent“ und US-2 „Grüne Welle Assistent“ sowie das US-7 „Service Provision“ und die Datenbereitstellung für US-6 „Grüne Welle Qualitätsmanagement“. Die Arbeiten und Ergebnisse der BMW AG werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die folgenden Punkte geben zusammenfassend die relevantesten Aspekte bzgl. der Voraussetzungen des Projekts wieder:

Urbane Bereiche

Als Urbane Bereiche im Sinne von UR:BAN werden große Ballungsräume betrachtet, aber auch mittelgroße Städte, die als Wirtschafts- und Versorgungszentrum für die angrenzende Region dienen. Diese Gebiete beginnen unmittelbar angrenzend an eine Kernstadt und reichen hinaus in die Siedlungsgebiete des Einzugsraumes. Sie sind gekennzeichnet durch starke Pendlerströme mit Mischverkehr (öffentlicher Verkehr, motorisierter Individualverkehr, Fahrrad etc.).

Generell führt die fortschreitende Urbanisierung dazu, dass immer mehr Menschen im städtischen Raum leben. In Industriestaaten wie Deutschland liegt der Anteil der städtischen Bevölkerung heute bei 85%. Dieser Trend entwickelt sich weltweit und innerhalb von Europa unterschiedlich. Während besonders außerhalb von Europa aber auch in einigen europäischen Staaten ein klarer Trend zu Megacities mit mehreren Millionen Einwohnern zu verzeichnen ist, ist die

siedlungsstrukturelle Entwicklung Deutschlands durch eine „dezentrale Konzentration“ gekennzeichnet mit mittelgroßen Städten (100-500 T Einwohner) sowie wenigen Großstädten mit einer Einwohnerzahl um die 1 Million. Die Mobilitätsbedürfnisse und die Situation im Verkehrssystem in diesen Ländern unterschieden sich grundlegend von denen in Megacities.

Als Folge nimmt die Mobilität nicht nur in den Städten selbst zu, auch die Einzugsbereiche der Pendler stellen eine nicht zu vernachlässigende Größe in den urbanen Regionen dar. Der motorisierte Straßenverkehr ist mit einem Anteil von ca. 60% aller Wege der mit Abstand bedeutendste Verkehrsträger und ermöglicht damit die Mobilität und Versorgung der Bewohner. Schon heute überschreitet aber der Verkehr in den Ballungsräumen regelmäßig die Kapazitätsgrenzen mit den bekannt negativen Folgen für die Verkehrsteilnehmer, die Volkswirtschaft und die Umwelt.

In den Städten führen die vielfältigen Nutzungsansprüche zu immer mehr Konflikten im begrenzten Straßenraum, was zu energetisch und verkehrlich nicht optimalen Abläufen führt. Gleichzeitig steigen die Anforderungen hinsichtlich des Umwelt- und Klimaschutzes sowie der Reduktion von Schadstoffemissionen und Lärm, wobei zudem ein Ausgleich sehr unterschiedlicher Nutzeransprüche befriedigt werden muss. Kooperative Infrastruktur- und Fahrzeugsysteme können hier durch ein verkehrs- und energieoptimiertes Fahren zu einem harmonischeren und gleichmäßigeren Verkehrsablauf führen.

Energie, Klima und Umwelt

In den weiter wachsenden städtischen Ballungsräumen müssen auch bei knapper werdenden Primärenergieressourcen und bei steigenden Anforderungen an den Umwelt- und Klimaschutz die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung befriedigt werden. Deshalb sind die eingesetzte Energie sowie die Reisezeiten und die Betriebs- und Allgemeynkosten des Verkehrs zu minimieren. Mit der Verfügbarkeit neuer Antriebsarten wird das Spektrum der Zielkorridore noch um die Reichweitenaspekte des jeweiligen Fahrzeuges ergänzt.

Hinsichtlich der Umweltbelastungen sind insbesondere die CO₂- und NO₂-Emissionen zu berücksichtigen. Das Klimagas CO₂ ist hauptverantwortlich für den weltweiten Klimawandel und es wird politisch gefordert, den Ausstoß an Treibhausgasen signifikant zu senken, wobei ein großer Teil der CO₂ Emissionen des Verkehrs durch den Straßenverkehr verursacht wird. Durch verbrauchsarme Motoren konnte in den letzten Jahren bereits – trotz weiter steigender Verkehrsleistungen – eine Verringerung der CO₂ Emissionen ermöglicht werden, es sind jedoch hinsichtlich der angestrebten umweltpolitischen Ziele noch deutliche Verbesserungen erforderlich. Auch die NO₂ Emissionen konnten in den letzten Jahren gesenkt werden, es ist jedoch insbesondere in Städten und im stadtnahen Bereich eine Stagnation festzustellen, so dass auch hier weitere Anstrengungen erforderlich sind, um die z.B. in der Bundes-Immissionschutzverordnung für Deutschland festgelegten Ziele zu erreichen.

Bisher erfolgte eine Optimierung des Verkehrsgeschehens in getrennter Weise durch die Öffentliche Hand mit kollektiven Maßnahmen (z.B. LSA-Steuerung oder WWW) während die Verkehrsteilnehmer individuell optimierte Lösungen bevorzugen (z.B. Navigationssysteme). Wesentliches Ziel von UR:BAN VV war, eine Verschneidung dieser öffentlichen und individuellen Zielkorridore zu ermöglichen und für eine umfassende Optimierung des Verkehrsgeschehens zu nutzen.

Antriebstechnik

Bestimmen heute hauptsächlich Diesel- und Benzingetriebene Fahrzeuge den Flottenmix eines Ballungsraums, so wird sich dies in Zukunft stark ändern. Insbesondere die seit einigen Jahren in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückten Elektrofahrzeuge werden in Metropolen mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Ein zukünftiges Verkehrssystem wird einen deutlich heterogeneren Mix an Antriebsformen aufweisen als heute und stellt somit neue Anforderungen an die Netzplanung, Versorgung und Informationsbereitstellung.

Assistenz- und Informationssysteme

Bereits heute wächst die Zahl der im Markt befindlichen Serienfahrzeuge mit Fahrerassistenz- und Informationssystemen, auch aus Gründen der Verbrauchsoptimierung. Fast alle Neufahrzeuge besitzen heute z.B. Start-Stopp-Automatik oder Schaltpunktanzeigen und Navigationsgeräte sind inzwischen weit verbreitet. Gängige Verkehrsinformationssysteme und kollektive Verkehrssteuerungen sind jedoch bisher auf diese Veränderungen nicht ausgelegt und adressieren nicht die dort entstehenden Potenziale.

Assistenz- und Informationssysteme für den sicheren und effizienten Verkehr wurden in den letzten Jahren vornehmlich für den Außerortsbereich entwickelt. Durch die technische Entwicklung und steigende Anzahl von Assistenzsystemen ergeben sich jedoch zunehmend Chancen zur Anwendung im urbanen Bereich. In diesem Vorhaben sollten deshalb kooperativ unterschiedliche Informationsquellen genutzt und zu einer umfassenden Fahrerassistenz zusammengeführt werden.

System und Kommunikation

Die Einführung von kooperativen Systemen in der Infrastruktur bringt wichtige Investitionsentscheidungen mit sich. Nur wenn der energetische und verkehrliche Nutzen solcher Systeme dargestellt werden kann, werden die Kommunen und Straßennetzbetreiber zu Investitionen in den Ausbau der Infrastruktur bereit sein, insbesondere bezüglich der benötigten Kommunikationsinfrastruktur.

Es wurden in den letzten Jahren bereits zahlreiche Projekte im C2X-Umfeld durchgeführt und ihr Nutzen konnte im Allgemeinen nachgewiesen werden. Mit UR:BAN sollten insbesondere Applikationen für städtische Anwendungen entwickelt und untersucht werden. Kooperative Infrastruktur- und Fahrzeugsysteme im urbanen Umfeld sollten dabei auch die Anforderungen von Fußgängern, Radfahrern sowie des öffentlichen Verkehrs berücksichtigen. Kooperative Systeme bieten hier große Potenziale, was sich auch in den Vorgaben des ITS Action Plans der EU widerspiegelt. Generell kann die Umsetzung einer leistungsfähigen Kommunikationsinfrastruktur als Voraussetzung für Kooperative Infrastruktur- und Fahrzeugsysteme betrachtet werden.

Verkehrsteilnehmer

Das Thema Klimaschutz wird von weiten Teilen der Bevölkerung als hoch relevant eingeschätzt. So zeigt z.B. eine Prognos-Studie aus dem Jahr 2009, dass mehr als drei Viertel der befragten Personen Klimaschutz als wichtig oder sehr wichtig einschätzen, wobei ein starker Zusammenhang zwischen Mobilität und Klimaschutz gesehen wird.

Fahrzeuge mit einem geringeren Kraftstoffverbrauch werden dabei von den Verbrauchern als eine der wichtigsten Maßnahmen im Umfeld Klimaschutz und Verkehr eingeschätzt, sodass davon auszugehen ist, dass die Verkehrsteilnehmer diesen neuen Technologien sehr offen gegenüberstehen und diese schnell akzeptieren werden. Als ein Indikator kann beispielsweise die bereits stattfindende Entwicklung bei Diensten auf mobilen Endgeräten gelten, deren Verbreitung seit der Verfügbarkeit entsprechender Technologie (z.B. Smartphones und Navigationssysteme) und sinnvoller Dienste (u.a. Verkehrsinformationen) rasant zunimmt. Da der Verkehrsteilnehmer ein Bedürfnis nach einem optimierten Fahrtablauf hat, wird er Dienste akzeptieren, die ihm diese komplexen Fragestellungen abnehmen.

Umfeld und Standards

Maßnahmen zur Verkehrslenkung und Fahrerassistenzsysteme können maßgeblich zur Effizienzsteigerung im Verkehr beitragen. Weitere Verbesserungen lassen sich durch den verstärkten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) erreichen, da hierdurch Informationsqualität verbessert und der Informationsaustausch zwischen Infrastruktur, Service Providern und Fahrzeugen ausgebaut werden kann und somit eine effizientere Nutzung der Verkehrsinfrastruktur ermöglicht wird.

Wesentlich sind dabei offene Standards zur Sicherung der Interoperabilität der Systeme. UR:BAN VV hatte deshalb zum Ziel, soweit wie möglich die vorhandenen Standards zu verwenden bzw. weiterzuentwickeln, z.B. die OCIT / OTS-Standards im Bereich der kommunalen Teilsysteme. Dadurch sollten Möglichkeiten erschlossen werden, kooperative Systeme auf der öffentlichen Seite als übertragbare Referenzimplementierung einzuführen.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

1.3.1 Projektstruktur

Die Arbeiten zur Projektsäule „Vernetztes Verkehrssystem“ waren gemäß der Vorhabensbeschreibung [1] in die vier Teilprojekte „Kooperative Infrastruktur (KI)“, „Regionales Netz“ (RN), „Urbane Straße“ (US) sowie „Smarte Kreuzung“ (SK) untergliedert. Die Teilpakete RN, US und SK erstellten dabei die Fahrzeugfunktionen und verkehrlichen Applikationen für die unterschiedlichen städtischen Bereiche, während in dem TP-KI die Arbeiten zu der übergreifenden Kommunikations- und IT-Infrastruktur zur Umsetzung der anderen TPs gebündelt waren.

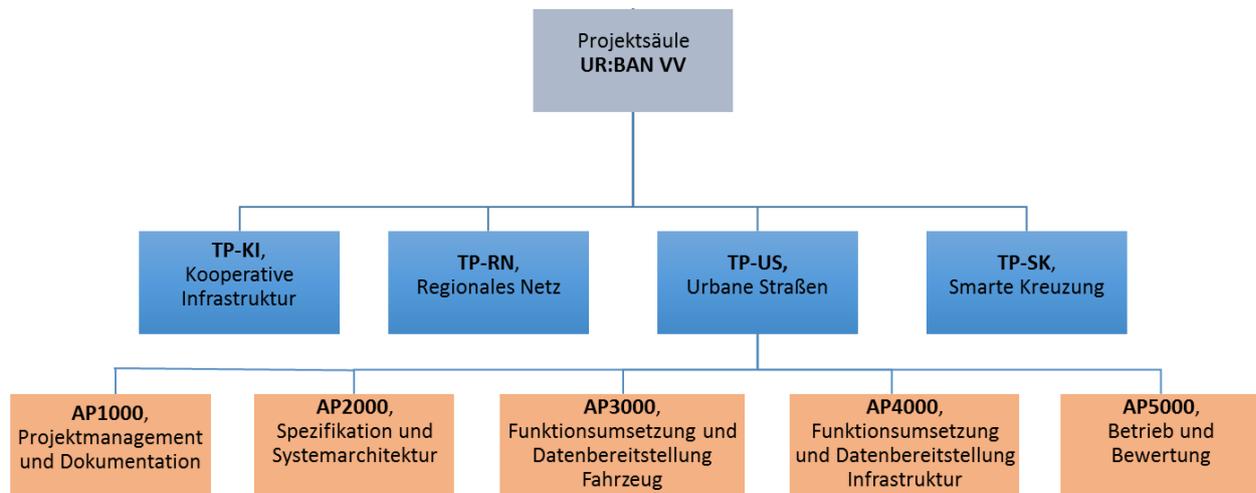


Abbildung 3: Projektstruktur UR:BAN VV

Die Aktivitäten der Teilpakete RN, US und SK wurden wiederum entsprechend den einzelnen Projektphasen in Arbeitspakete gegliedert. Die Projektstruktur ist in Abbildung 3 dargestellt, wobei darin die Arbeitspakete nur anhand des TP-US als Beispiel ausgeführt sind, sie wurden jedoch in ähnlicher Weise auch für die Teilpakete RN und SK aufgesetzt:

- AP 1000 – Projektmanagement und Dokumentation:
Tätigkeiten zur Projektsteuerung und -koordination sowie zur Ergebnisverbreitung.
- AP 2000 – Spezifikation Funktions- und Systemarchitektur und Bewertung:
Konzeption und Definition der für das Teilprojekt Urbane Straßen geplanten Funktionen und Applikationen (US-1 bis US-7, siehe auch Kap. 1.1), insbesondere Schnittstellen, Funktionen, Architekturen und Grundlagen für die Durchführung von Tests und Demonstrationen.
- AP 3000 – Fahrzeugseitige Funktionsumsetzung und Datenbereitstellung:
Umsetzung der Fahrzeugfunktionen gemäß den Spezifikationen aus AP 2000 und Aufbau von Fahrzeug-Versuchsträgern bzw. mobilen Plattformen (Smartphones).
- AP 4000 – Infrastrukturseitige Funktionsumsetzung und Datenbereitstellung:
Umsetzung der Infrastrukturapplikationen gemäß den Spezifikationen aus AP 2000 und Aufbau von Demonstratoren für die Versuchs- und Testfelder in den jeweiligen Verkehrsmanagementzentralen der Städte,
- AP 5000 – Betrieb und Bewertung
Tests zur Funktionsüberprüfung der Fahrzeugversuchsträger, der mobilen Endgeräte und der Infrastruktur-Demonstratoren sowie technische Bewertung und Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen der neu entwickelten Funktionen/Applikationen in den einzelnen Test- und Versuchsfeldern, als Basis für die gesamtheitliche Bewertung im AP 7000 des TP-KI .

Das Teilprojekt „Kooperative Infrastruktur (KI) wies durch seinen übergreifenden Aufgabenbereich eine etwas andere AP-Struktur auf; da die BMW AG aber an KI nicht direkt beteiligt war wird

hier nicht näher darauf eingegangen, sondern auf die Vorhabensbeschreibung bzw. die Berichte der Projektpartner verwiesen.

1.3.2 Planung und zeitlicher Ablauf

Für UR:BAN-VV wurden vier übergreifende Projektmeilensteine geplant, an denen die Arbeitsergebnisse aller Partner in einem Meilensteinbericht zusammengefasst und dem BMWi und dem Projektträger zur Verfügung gestellt wurden:

- MS 1 – Systemarchitektur und Spezifikation:
Für diesen Meilenstein wurde der zugehörige Bericht in zwei Teile untergliedert:
 - Teil 1 mit Beschreibung der Anwendungsfälle und der Demonstratoren mit zugehörigen Nutzergruppen und adressierten Optimierungspotentialen; davon abgeleitet Definition von technischen Use Cases als Grundlage für die Erarbeitung der UR:BAN-VV Systemarchitektur und des Bewertungskonzepts.
 - Teil 2 mit Spezifikation der in den einzelnen Teilpaketen zu erstellenden Systembestandteile, insbesondere deren technische Konzeption, technische Komponenten, Schnittstellen und Verantwortlichkeiten der Partner.
- MS 2 – Integration & Aufbau Versuchsträger:
Zusammenfassung des Entwicklungsstands zur Halbzeit des Projekts, insbesondere die bis dahin erfolgten technischen Umsetzungen von Systemkomponenten mit zugehörigen Abstimmungen und technischen Festlegungen, Stand der Systemintegration sowie Umsetzung der einzelnen Applikationen und Versuchsträger zur Halbzeitpräsentation.
- MS 3 – Testfeldaufbau und Versuchsplanung:
Der Meilensteinbericht beschreibt die Abbildung der realisierten Anwendungsfälle auf die Test- und Prüffelder und den Aufbau der Versuchsplanung für die technischen, verkehrlichen und energetischen Tests, wobei eine einheitliche Beschreibung der Versuchsplanung der Teilprojekte von UR:BAN VV verfolgt wurde.
- MS 4 – Bewertung:
Der Meilensteinbericht präsentiert teilprojektübergreifend die Ergebnisse von Demonstration und Bewertung, sowie die Evaluierung und Hochrechnung der gesamtheitlichen verkehrlichen Wirkungen. Der Bericht stellt gleichzeitig den offiziellen Abschluss des Projektes dar.

Zusätzlich zu den Meilensteinen wurde für ca. 2 Jahre nach Projektstart eine Halbzeitpräsentation geplant, bei der der Öffentlichkeit die abgestimmten Konzepte sowie erste demonstrierbare Zwischenergebnisse gezeigt werden sollten. Weiterhin geplant war eine Abschlusspräsentation zum Ende des Projekts.

Der Ausstieg der PTV AG aus dem Projekt im 1. Halbjahr 2013 bedingte noch gewisse Anpassungen des Projektplans und der Verantwortlichkeiten. Insbesondere übernahm ab diesem Zeitpunkt die BMW AG die Koordination von UR:BAN-VV und die Planung und Zuordnung der Projektaktivitäten wurde teilweise überarbeitet. Der daraus resultierende Ablaufplan des Teilpakets

US mit Arbeitspaketen, Meilensteinen und Veranstaltungen ist in untenstehender Abbildung 4 zusammengefasst.

AP		Quartal															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1000	Projektmanagement und Dokumentation																
2000	Spezifikation Funktions- und Systemarchitektur und Bewertung																
3000	Fahrzeugseitige Funktionsumsetzung und Datenbereitstellung																
4000	Infrastrukturseitige Funktionsumsetzung und Datenbereitstellung																
5000	Betrieb und Bewertung																
	Meilensteine				MS1				MS2				MS3				MS4
	Präsentationen				▼				▼				▼				▼

Halbzeitpräsentation

Abschlusspräsentation

Abbildung 4: Zusammenfassung Ablaufplanung UR:BAN VV, Teilpaket US

Der tatsächliche Projektablauf im Teilpaket US entsprach im Wesentlichen der oben dargestellten, angepassten Projektplanung. Bedingt durch die Umplanung im 1. Halbjahr 2013 wurde der Meilensteinbericht 1 - Teil 2 „Spezifikation“ mit ca. 3 Monaten Verspätung erarbeitet, was aber ohne negative Auswirkung auf den weiteren Projektverlauf blieb. Bei der Umsetzung des „LKW-Pulkmanagement“ kam es zu Verzögerungen bei der Systemarchitektur und Spezifikation, sodass auch die nachfolgende Implementierung verspätet durchgeführt wurde (AP3000/4000). Da die Applikation jedoch keine Grundlage war für andere US-Aktivitäten, waren die Verspätungen für das übrige Teilprojekt unkritisch und es war auch keine Änderung des Kostenplans erforderlich. Weiterhin erwies sich die Evaluierung und Hochrechnung der gesamtheitlichen verkehrlichen Wirkungen (AP5000) als aufwändiger als gedacht, sodass der Meilensteinbericht 4 – „Bewertung“ mit ca. 12 Wochen Verspätung ausgeliefert wurde.

Generell konnten aber die angestrebten Ergebnisse erreicht werden; die zeitliche Ablaufplanung erwies sich als schlüssig und konnte bis auf die oben beschriebenen Abweichungen plangemäß umgesetzt werden. Insbesondere wurden wie geplant die Projektergebnisse durch groß angelegte Veranstaltungen einem breiteren Publikum vorgestellt, nämlich durch die Halbzeitpräsentation im Mai 2014 in Braunschweig und durch die Abschlussveranstaltung im Oktober 2015 in Düsseldorf.

Der für das Teilpaket US umgesetzte Ablauf mit Arbeitspaketen, Meilensteinen und Veranstaltungen ist in untenstehender Abbildung 5 dargestellt.

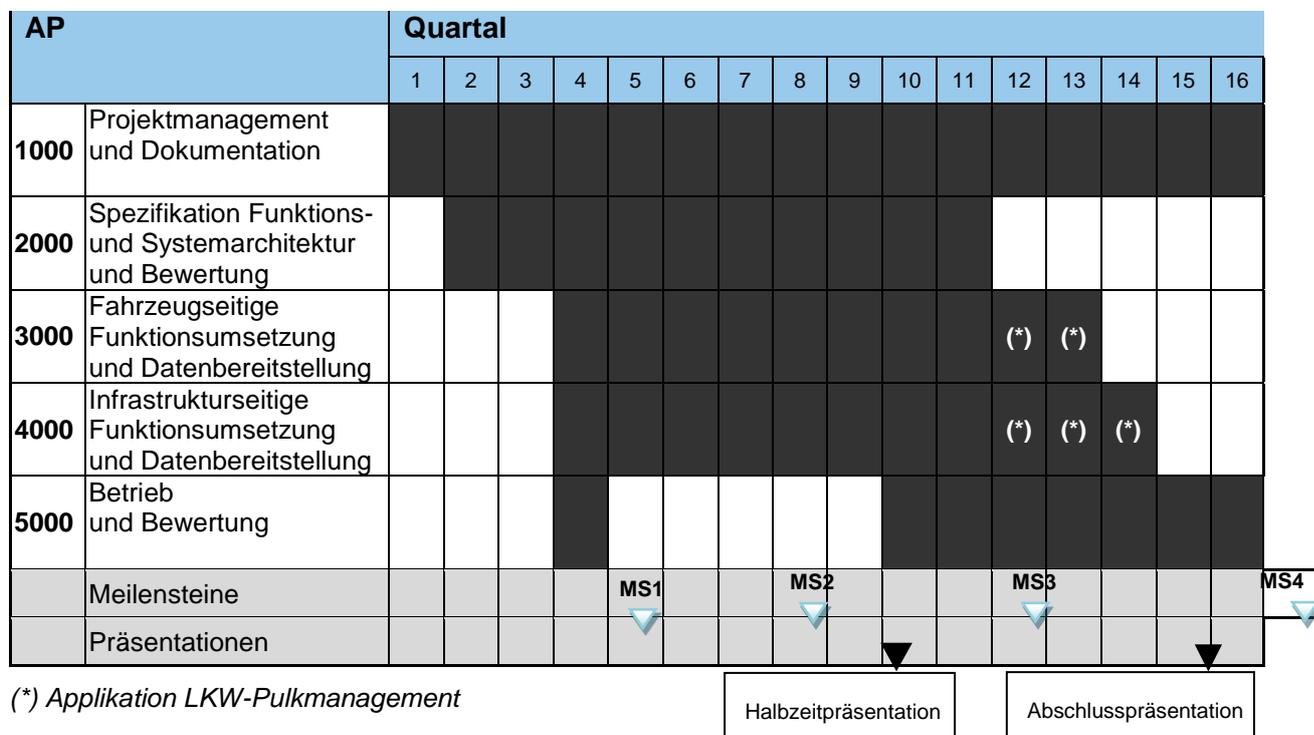


Abbildung 5: Zusammenfassung umgesetzter Ablauf UR:BAN VV, Teilpaket US

1.4 Anknüpfung an wissenschaftlichen und technischen Stand

Die in UR:BAN VV umgesetzten Applikationen integrieren Technologien und Verfahren aus verschiedenen Bereichen, insbesondere Verkehrstechnik/Verkehrsmanagement, Kommunikationstechnik und Assistenzsystemen im Fahrzeug. Nachfolgend wird auf den technischen Stand in diesen Bereichen zum Beginn des Projekts eingegangen.

Verkehrstechnik und Verkehrsmanagement:

Während in der Vergangenheit verkehrstechnische Managementsysteme vor allem im Bereich der Außerortssteuerung aufgebaut wurden, ist seit den 90er Jahren ein verstärkter Aufbau von verkehrstechnischer Infrastruktur auch für die städtischen Straßennetzen zu beobachten. Insbesondere wurden leistungsfähige kommunale Verkehrsmanagementzentralen aufgebaut und daran bestehende bzw. neue Lichtsignalanlagen angebunden, sodass die dort vorhandenen Detektordaten und Steuerungsinformationen verfügbar gemacht werden konnten. Diese Entwicklung wurde durch die Etablierung von einheitlichen Kommunikationsstandards unterstützt (z.B.

OCIT). Weiterhin werden aktuell Anstrengungen unternommen, die einzelnen Managementzentralen zu vernetzen und die erhobenen Daten externen Providern von Mobilitätsdiensten zur Verfügung zu stellen, z.B. mit dem Mobilitäts-Daten Marktplatz (MDM, siehe auch Abschnitt „Kommunikation“ unten).

Grundsätzlich waren damit die technischen Voraussetzungen zum Aufbau von kooperativen Systemen und Dienstleistungen gegeben. Zu Projektbeginn waren jedoch viele der von den Fahrzeugen benötigten aktuellen Informationen über Zustände der Verkehrssteuerung und verkehrliche Maßnahmen nicht oder nur teilweise zugänglich, beispielsweise fehlten Werkzeuge zur geo- oder kartenreferenzierten Eingabe von verkehrlichen Maßnahmen (z.B. Baustellen). Auch waren Informationen zur Verkehrslage nur eingeschränkt verfügbar. Insbesondere können durch Detektoren zwar Verkehrsstärke und Geschwindigkeit an Querschnitten gemessen werden, es fehlten jedoch die für Fahrzeugapplikationen wesentlichen Angaben zu Reisezeiten an Streckenabschnitten im Netz, wie sie z.B. durch Floating Car Messungen möglich sind.

Schließlich fehlten Mechanismen zur Verteilung von Informationen der Zentralen an die Fahrzeuge, bzw. umgekehrt zur Übertragung von Sensordaten und Reisezeiten vom Fahrzeug an die verkehrstechnische Infrastruktur. Ein wesentliches Ziel von UR:BAN-VV war deshalb die fahrzeugbasierte Messung von genauen und aktuellen Reisezeiten an Streckenabschnitten und Knotenpunkten mit hoher räumlicher Auflösung sowie deren Weiterleitung an die infrastrukturseitigen Managementsysteme.

Kommunikation:

Die Kommunikation zwischen lokalen Steuerungsanlagen (z.B. LSA oder WWW) oder Messeinrichtungen und städtischen Verkehrsmanagementzentralen wurde bereits weitgehend standardisiert und ist Stand der Technik. Auch für den Austausch von Daten zwischen Zentralen bestanden zur Projektbeginn geeignete Verfahren, die jedoch zu Projektbeginn teilweise noch nicht umfassend validiert und etabliert waren. Die Implementierung und Validierung dieser Standards war deshalb ein weiterer Schwerpunkt von UR:BAN-VV.

Bei der Kommunikation zwischen Verkehrszentralen und Fahrzeugen konnte zum Projektstart bei den unteren Protokollschichten auf den Stand der Technik aufgebaut werden, d.h. auf performante Mobilfunknetze mit IP-basierter Datenkommunikation (UMTS, LTE etc.). Entsprechende Kommunikationseinrichtungen sind bereits in vielen Fahrzeugen eingebaut, insbesondere im Premium-Bereich. Auf Applikations- und Architekturebene liefen zum Projektbeginn vielfältige Bemühungen zur Standardisierung seitens der EU und auch auf nationaler Ebene. Die Anwendung der hierbei entstehenden Standards wurde von den UR:BAN-VV Projektpartnern als Voraussetzung für kostengünstige Systeme und Services sowie eine möglichst flächendeckende Einführung der im Projekt zu entwickelnden Applikationen angesehen. Daher wurden laufende C2X-Aktivitäten zur Entwicklung von höheren Protokollstandards, Systemarchitekturen und Business-Modellen durch die UR:BAN-VV Partner intensiv beobachtet und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit überprüft, z.B. die Arbeiten des nationalen Forschungsprojekts CONVERGE (sichere und offene C2X Architekturen und Zugangsmodelle) oder des internationalen Standardisierungsgremiums TISA (Kommunikationsstandards für Verkehrs- und Reiseinformationen, z.B.

Protokollfamilie TPEG). Weiterhin sollten die F&E-Aktivitäten des Vorhabens „Mobilitätsdatenmarktplatz“ (MDM) in UR:BAN-VV validiert werden. Der MDM stellt definierte Schnittstellen zum Datenaustausch zwischen Erzeugern und Nutzern von verkehrsrelevanten Informationen und Diensten zur Verfügung und eröffnet neue Möglichkeiten im Bereich Verkehrsmanagement Service-Provisioning.

Ein weiterer Themenschwerpunkt des Projekts war die Entwicklung von Applikationen, die auf direkter Kommunikation zwischen Fahrzeugen oder mobilen Endgeräten aufbaut (C2X). Auch hier waren bereits Standardisierungsaktivitäten im Gange, insbesondere durch die ETSI und CEN/ISO, die in dem Projekt berücksichtigt werden konnten.

Assistenzsysteme in Fahrzeugen und mobile Endgeräte:

Navigationssystemen sind in KFZ weit verbreitet und es besteht am Markt ein breites Angebot an fahrzeugintegrierten oder mobilen Endgeräten. Auf Basis eines Kartenmodells des Straßennetzes und der GPS-Position des Fahrzeugs ermöglichen diese Systeme eine optimale Zielführung hinsichtlich verschiedener Kriterien, z.B. Fahrzeit oder Weglänge. Ebenfalls häufig in die Geräte integriert sind Ausgaben von aktuellen Gefahrenwarnungen oder Hinweisen zu Störungen, die durch einen öffentlichen oder privaten Provider per Rundfunk oder Mobilfunk verbreitet werden. Dynamische Navigationssysteme berücksichtigen außerdem aktuelle Reisezeiten auf Strecken, die ebenfalls durch einen Diensteanbieter bereitgestellt werden.

Die o.g. Informationen sind jedoch kollektiv und nicht individualisiert und unterstützen nur bedingt ein energieeffizientes Fahren von einzelnen Verkehrsteilnehmern. Insbesondere bieten marktübliche Geräte keine Funktionen, um Brems- und Anfahrvorgänge von Fahrzeugen an LSA-gesteuerten Knotenpunkten zu vermeiden, was zu erhöhtem Kraftstoffverbrauch und zu Emissionen von Lärm, Abgasemissionen und Feinstaub führt.

Dieses Problem wurde durch die in UR:BAN-VV entwickelten kooperativen Fahrzeugfunktionen „Verzögerungsassistent“ (US-1) und „Grüne-Welle Assistent“ (US-2) adressiert. Dabei wurden den Fahrzeugen die prognostizierten Schaltvorgänge der LSA zur Verfügung gestellt und diese durch geeignete Assistenzsystemen zu Handlungsempfehlungen für die Fahrer aufbereitet.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Verbundpartner von UR:BAN-VV deckten mit ihren jeweiligen Kompetenzen die gesamten Aktivitäten im Projekt ab. Eine Einbeziehung von externen Partnern durch die BMW AG war deshalb nicht notwendig.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Erzielte Ergebnisse

2.1.1 Übersicht

Ziel des Teilprojekts „Urbane Straßen“ war die Entwicklung von innovativen Verfahren für urbane Straßennetze, sodass der motorisierte Individualverkehr in Städten verbrauchseffizient geführt werden kann. Dafür wurden neue kooperative Fahrzeugfunktionen entwickelt, die auf Basis von Informationen aus dem Verkehrssteuerungssystem geeignete Hinweise für die Fahrer erzeugen, sodass diesen eine verbrauchsreduzierte Fahrt durch das Lichtsignalgesteuerte Straßennetz ermöglicht wird. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf einer seriennahen Ausgestaltung der Fahrzeugfunktionen, um die im Projekt gewonnenen Erfahrungen direkt in einer späteren Serienentwicklung umsetzen zu können. Weiterhin sollten bei der Architektur des Gesamtsystems und der Versorgungskette für die Verkehrs- und Steuerungsdaten standardisierte Schnittstellen eingesetzt und validiert werden, um einen Übergang in den regulären Produktivbetrieb sowie eine Übertragung der Projektergebnisse in weitere Anwendungsfelder zu gewährleisten.

In Abbildung 6 ist eine Übersicht der Komponenten des Systems „Urbane Straßen“ mit ihren jeweiligen Schnittstellen und Relationen dargestellt. Zur Umsetzung der für das TP-US geplanten Funktionen US-1 und US-2 wurden im Endgerät, d.h. in den BMW Versuchsfahrzeugen, Informationen der Lichtsignalanlagen benötigt. Dazu mussten zunächst die Daten der Lichtsignalanlagen in die Verkehrsmanagementzentralen der Versuchsfelder Kassel und Düsseldorf übertragen werden, was im Teilprojekt KI erfolgte. Darauf aufbauend wurden in den Zentralen die Prognose der Haltepunkte sowie die Schaltzeitprognose berechnet (US-3 und US-4). Diese Informationen werden dann wiederum an den MDM bereitgestellt. Von dort wurden die Daten an den Service Provider weitergeleitet (US-7), dessen Rolle von BMW wahrgenommen wurde und durch das System TSIS (Traffic Signal Information Service) dargestellt wurde. Vom Service Provider konnten die Daten durch die Versuchsfahrzeuge und mobilen Endgeräte aller Projektpartner abgerufen werden.

Zur Überprüfung von Grünen-Wellen wurde das Tool „Grüne Welle Qualitätsmanagement“ zur Auswertung der tatsächlichen Schaltzeiten und Fahrzeugdaten erstellt (US-6). BMW lieferte fortlaufend Flottendaten von Ampelüberfahrungen im Testfeld Düsseldorf über den MDM an das Tool „Grüne Welle Qualitätsmanagement“.

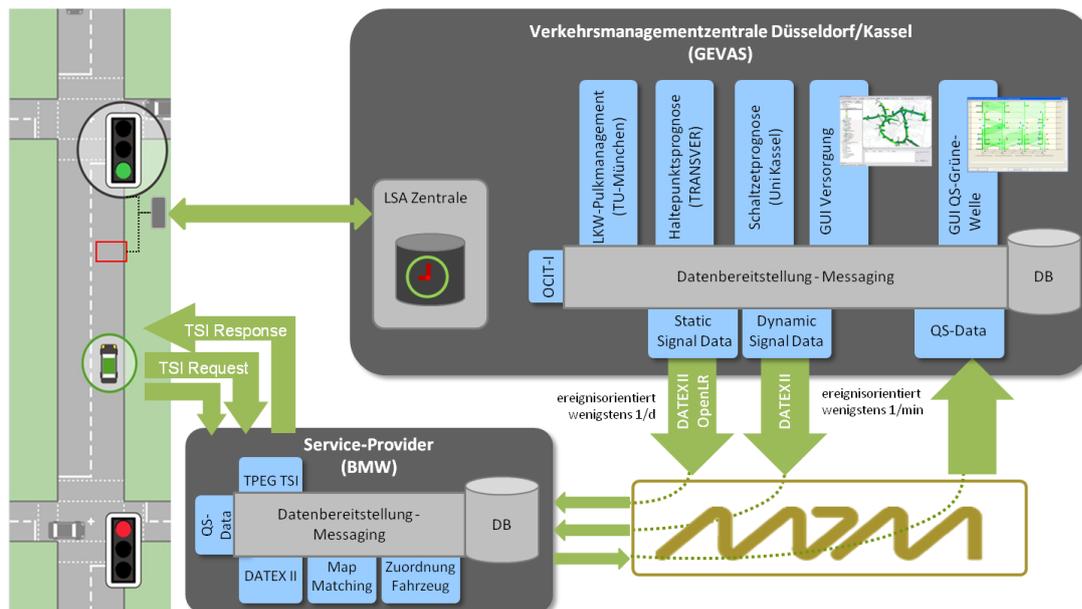


Abbildung 6: Gesamtübersicht „Urbane Straßen“

Ein wesentlicher Projektschwerpunkt war weiterhin der Aufbau von Demonstratoren zu den entwickelten Funktionen und Applikation und deren Validierung in Versuchs- und Testfeldern unter realen Bedingungen. Mithilfe der Demonstratoren wurden dann Messungen und Feldversuche durchgeführt, die als Grundlage dienen für die anschließende Bewertung.

Wie schon oben beschrieben, konzentrierten sich die technischen Aktivitäten der BMW AG auf das Teilpaket „Urbane Straßen“ und darin vor allem auf die Fahrzeugfunktionen US-1 „Verzögerungsassistent“ und US-2 „Grüne Welle Assistent“ sowie die Applikation US-7 „Service Provision“ und „Grüne Welle Qualitätsmanagement“ (US-6). Weiterhin hatte die BMW AG die Leitung der gesamten Projektsäule UR:BAN VV sowie des Teilpakets „Urbane Straßen“ inne.

In den folgenden Kapiteln werden die Leistungen und Ergebnisse der BMW AG für die einzelnen Arbeitspakete beschrieben und den ursprünglichen Zielen aus der Vorhabensbeschreibung [1] gegenübergestellt.

2.1.2 AP1000 – Projektmanagement und Dokumentation

2.1.2.1 Ziele

Die Arbeitsinhalte des AP1000 waren in zwei Unterpakete untergliedert:

- In UAP1100 erfolgten koordinierende Tätigkeiten zum TP-US, wie z.B. die inhaltliche Abstimmung der Arbeiten innerhalb des TP, die Verfolgung von Aktivitäten und Meilensteinen, die Koordination und Moderation von internen Projekttreffen mit den Partnern, das Controlling des Projektbudgets sowie Abstimmungen hinsichtlich des Gesamtprojekts UR:BAN-VV. Als Leiter des Teilprojektes US war die BMW AG auch verantwortlich für die Koordination der zugehörigen Arbeitspakete.

- UAP1200 beinhaltete die Koordination von Aktivitäten zur Dokumentation und Verbreitung des Projektfortschrittes und der Arbeitsergebnisse. Insbesondere waren dies das Berichtswesen zum TP-US (Zwischenberichte, Meilensteinberichte), der Erfahrungs- und Meinungsaustausch mit relevanten Experten und Akteuren im Verkehrsmanagement (Politik, Forschung und Anwender, Nutzer), die Vorstellung von Ergebnissen auf nationalen und internationalen Fachveranstaltungen (Vorträge, Präsentationen) sowie die Veröffentlichung der Ergebnisse in der einschlägigen Fachpresse.

2.1.2.2 Ergebnisse und Aktivitäten

Als Koordinator der Projektsäule UR:BAN-VV (ab 1. Halbjahr 2013) und des TP-US war die BMW AG an allen Arbeiten des AP1000 maßgeblich beteiligt. Insbesondere beinhaltete dies die folgenden Aktivitäten:

- Übergeordnete Projektkoordination
 - UR:BAN Plenum
 - Plenumstreffen am 03./04. März 2015 in Dresden mit Vorstellung der UR:BAN-VV Projektergebnisse, Präsentationen und fachlichem Austausch VV-intern und über die UR:BAN Projektsäulen.
 - UR:BAN Steuerkreis
 - Regelmäßige Steuerkreistreffen
- Koordination UR:BAN VV
 - Umplanung UR:BAN VV nach Ausstieg PTV AG im 1. Halbjahr 2013
 - nach der Ankündigung des Ausstieges der PTV AG aus UR:BAN-VV Bildung einer Arbeitsgruppe (Projektkoordinator, UR:BAN-VV Projektleiter, Projektbüro, LH Düsseldorf, Teilprojektleiter),
 - Organisation des Umstrukturierungsprozesses in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und Einbindung eines neuen Partners (Heusch Boesefeldt GmbH),
 - Ausarbeitung der Umstrukturierung und Abstimmung mit dem Projektträger sowie Anpassung der Vorhabensbeschreibung im Projektantrag,
 - Umsetzung der Umstrukturierung in 1H2013, u.a. Übernahme der VV Leitung durch die BMW AG.
 - Projekttreffen und Abstimmungen:
 - UR:BAN-VV Gesamttreffen zur technischen und organisatorischen Abstimmung der Teilpakete sowie Planung, Vorstellung und Verfolgung der Ergebnisse
 - am 07./08. Mai 2012 in Karlsruhe, mit Themenschwerpunkt Meilenstein MS1 und Fachvortrag der BAST zum MDM,

- am 19./20. September 2012 in Düsseldorf mit den Themenschwerpunkten Systemarchitektur, Leitfaden kooperative Systeme, Grundlagen übergreifende Bewertung, Besichtigung Testgebiete und Fachvortrag Projekt „KOLINE“,
 - am 05./06. Dezember 2012 im Anschluss an das UR:BAN Plenum in Wolfsburg,
 - am 21./22 März 2013 in Sindelfingen, mit Schwerpunkt Systemarchitektur, Schnittstellenspezifikation sowie Meilenstein 1,
 - am 12./13 Juni 2013 Treffen der Teilprojektleiter in Wolfsburg, Abstimmung und Status Implementierung Teilsysteme.
 - am 16./17 Oktober 2013 in Berlin, Schwerpunkt Vorbereitung Halbzeitpräsentation, Abstimmung und Status Implementierung Teilsysteme, sowie Meilenstein 2.
 - am 20/21. Januar 2014 in Duisburg, Status und Abstimmung Implementierung und Integration
 - am 18./19. März 2014 in Kassel, Status und Abstimmung Implementierung und Integration
 - am 16./17. Oktober 2014 in München, Status und Abstimmung Implementierung und Integration Teilsysteme, sowie Meilenstein 3.
 - am 20./21. Januar 2015 in Wetzlar, Status und Abstimmung Implementierung, Test und Bewertung.
 - am 13.-15. April 2015 in Düsseldorf, Status und Abstimmung Implementierung, Test und Bewertung.
 - am 01. Juli 2015 in Düsseldorf im Rahmen der UR:BAN Testtage (29.Juni - 01. Juli), mit dem Schwerpunkt Test und Bewertung, sowie Meilenstein 4.
 - am 15./16. Dezember in Magdeburg, mit dem Schwerpunkt Projektabschluss und Bewertung,
 - mehrere Treffen oder telefonische Abstimmungen des Teilprojekts US zur technischen und organisatorischen Abstimmung,
 - verschiedene technische Arbeitstreffen und projektübergreifende Workshops zu spezifischen Themen,
 - Telefonkonferenzen der UR:BAN-VV Teilprojektleiter zur übergreifenden Abstimmung zwischen den Teilprojekten, i.d.R. monatlich oder zu spezifischen Themen.
- Berichtswesen
 - Koordination und Ausarbeitung der halbjährlichen Zwischenberichte UR:BAN VV, jeweils mit Ergebnissen, Planung und Ausblick für alle TPs.
 - Koordination und Ausarbeitung der Meilensteinberichte zusammen mit den jeweils zuständigen Projektpartnern.

- Ergebnisverbreitung
 - Teilnahme an Konferenzen und Workshops, z.B.
 - CONVERGE-Workshop 14.02.2014 in Berlin, mit technischem Austausch zu zukünftigen Systemarchitekturen und anschließender Rückkopplung ins UR:BAN Projekt,
 - Technischer Kongress der VDA, Messegelände Hannover, am 20./21. März 2014, mit Vortrag der BMW AG zur Vorstellung UR:BAN,
 - Präsentation UR:BAN-VV und BMW Fahrzeug-Demonstration auf der OCA-ITS Konferenz „Einsatz Intelligenter Verkehrs-Systeme in Städten“, am 02. Oktober 2014, Düsseldorf (Abbildung 7).



Abbildung 7: Präsentation und Fahrzeugdemonstrator auf der OCA Tagung 02.10.14

- UR:BAN Halbezeitpräsentation am 14.05.2014 beim DLR in Braunschweig (siehe auch Abbildung 8ff):
 - Planung und Koordination im Verlauf des ersten Halbjahres 2014,
 - Erstellung von Postern, Präsentationen, Filmen Veranstaltungsunterlagen etc.,
 - Aufbau der Stände und der Demonstratoren,
 - Durchführung der Präsentation und der Fahrzeugdemonstration,
 - Nachbereitung, Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

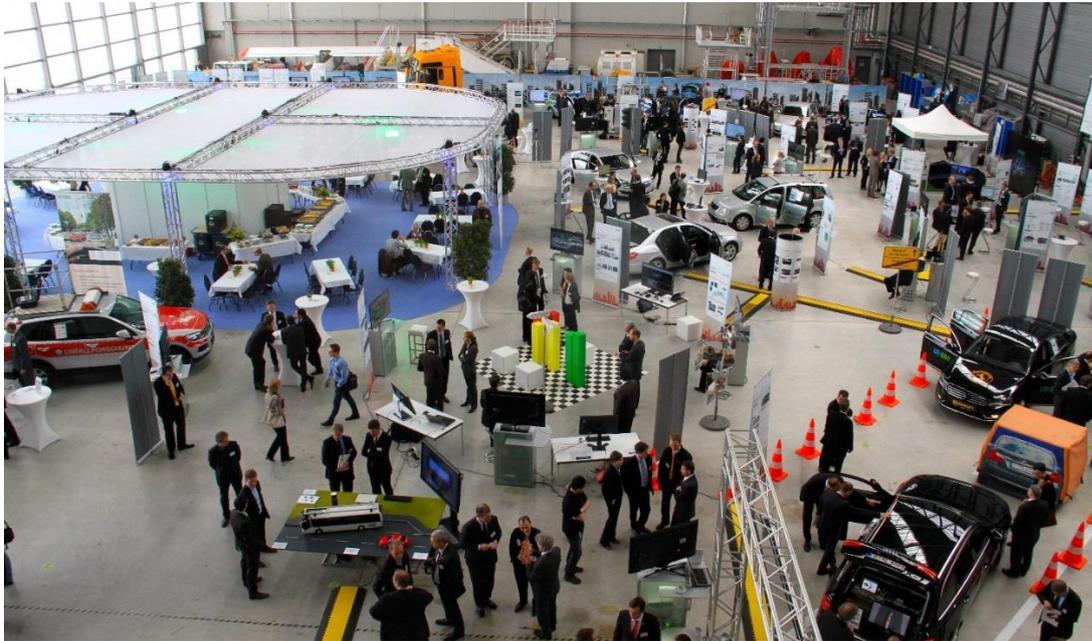


Abbildung 8: Veranstaltungshalle mit Ständen der UR:BAN Halbzeitpräsentation in Braunschweig



Abbildung 9: Stand TP-US und Demofahrzeug BMW auf der Halbzeitpräsentation

- Abschlusspräsentation am 06./07. Oktober 2015 (Abbildung 10ff):
 - Vorbereitungen, beginnend mit Ende 2014
 - Besichtigungen der Ausstellungshalle und Außenflächen der Messe Düsseldorf,
 - Definition und Abgrenzung der Präsentationen und Demonstrationen,
 - zeitliche und technische Planung der Fahrdemonstrationen mit Routen und LSA,
 - Klärung der technischen Voraussetzungen und Verantwortlichkeiten, Festlegung von Materialien für die Besucher.
 - Erstellung von Postern, Präsentationen, Filmen Veranstaltungsunterlagen etc.,
 - Aufbau der Stände und der Demonstratoren,
 - Durchführung der Präsentation und der Fahrdemos,
 - Nachbereitung, Presse und Öffentlichkeitsarbeit.



Abbildung 10: Aufbau Stände und Demonstratoren zur Abschlussveranstaltung



Abbildung 11: TP-US Stand mit Fahrzeugdemonstrator

2.1.2.3 Zusammenfassung

Das AP1000 beinhaltete die Aktivitäten zur Koordination und zur Ergebnisverbreitung im Teilpaket US und auch die Abstimmungen der Arbeiten des TP-US mit den übergreifenden Tätigkeiten in UR:BAN-VV.

Da die BMW AG ab 1H/2013 die Leitung des Teilpakets von PTV übernommen hatte, gingen die Leistungen von BMW im AP1000 deutlich über die ursprüngliche Planung aus der Vorhabensbeschreibung hinaus. Die koordinativen Aktivitäten der BMW AG beinhalteten insbesondere die Verfolgung von Aktivitäten und Meilensteinen, die Organisation von internen UR:BAN-VV Treffen, sowie generelle Abstimmungen hinsichtlich UR:BAN-VV. Als Leiter des Teilprojektes US war die BMW AG weiterhin verantwortlich für die Koordination der zugehörigen Aktivitäten und der TP-US Arbeitspakete.

Weiterhin war die BMW AG federführend bei den UR:BAN-VV Aktivitäten zur Dokumentation und Verbreitung der Arbeitsergebnisse, d.h. das projektinterne Berichtswesen (Zwischenberichte, Meilensteinberichte) sowie der Erfahrungsaustausch mit externen Experten und Akteuren im Verkehrsmanagement, was auch die Vorstellung von Ergebnissen auf Fachveranstaltungen und Veröffentlichungen beinhaltete. Insbesondere wurden die Projektergebnisse auf der UR:BAN Halbzeitpräsentation und der Abschlussveranstaltung einem breiten Publikum vorgestellt.

Der Projektablauf in UR:BAN-VV entsprach im Wesentlichen der Planung aus der Vorhabensbeschreibung. Zwar waren im Projektverlauf kleinere Anpassungen der zeitlichen Planung notwendig, vor allem bedingt durch die Umplanung und teilweise Neuverteilung der PTV-Aufgaben im ersten Halbjahr 2013, dennoch konnten die angestrebten Ergebnisse wie geplant erreicht werden. Die Organisationsstruktur des Projekts hat sich damit als robust und schlüssig erwiesen.

2.1.3 AP2000 – Spezifikation Funktions- und Systemarchitektur

2.1.3.1 Ziele

Ziel des AP2000 war die Spezifikation und Festlegung der Systemarchitektur sowie der darin zu entwickelnden Applikationen und Funktionen, sowohl übergreifend für UR:BAN-VV als auch für das Teilprojekt Urbane Straßen (siehe auch Kapitel 1.1 und 1.2). BMW war dabei vor allem für die zwei Fahrzeugfunktionen für energieeffizienteres Fahren im Lichtsignalgesteuerten Straßennetz verantwortlich, d.h. der Verzögerungsassistent (US-1) und der Grüne Welle Assistent (US-2). Gemäß der Vorhabensbeschreibung [1] hatte die BMW AG dabei folgende Ziele und Aufgaben:

Spezifikation US-1 Fahrzeugfunktion Verzögerungsassistent:

- Datenempfang über die Luftschnittstelle,
- Dekodierung der empfangenen Daten,
- Fahrzeuginterne LSA-Datenbank – Aktualisierung,
- Georeferenzierung der Haltelinien je LSA-Signalisierung,
- Relevanzprüfung je Fahrzeugposition und Route,
- Funktionsspezifikation und HMI.

Spezifikation US-2 Fahrzeugfunktion Grüne-Welle-Assistent

- Beschreibung der Fahrzeugfunktionen für die Ampelphasenadaptive Fahrerinformation,
- fahrzeugseitige Datenmodelle (statische bzw. dynamische Daten, z.B. zur Georeferenzierung, Signalisierung, Fahrtverlaufsbeschreibung, Bedienung),
- fahrzeugseitige Kommunikationsmodelle für die Luftschnittstelle unter Berücksichtigung etablierter Standards (Datenformate, Protokolle, zeitzyklische bzw. ereignisorientierte Aktualisierung),
- Prozessbeschreibung der Gerätefunktionalitäten (Eingangs- und Ausgangsdaten, Geodatenverarbeitung, LSA-Datenverarbeitung, Kommunikation, Bedieneingaben, Ausgaben, Fehlerbehandlungen, ...),
- Definition eines funktionsspezifischen HMI,
- Festlegung der Protokolle zur Datenübertragung und der zu übermittelnden Inhalte.

Mitwirkung bei der Spezifikation der Infrastrukturapplikationen US-3 (Prognose der LSA-Schaltzeitpunkte), US-4 /Prognose der Haltepunkte und Haltezeiten) und US-6 (Grüne-Welle-Qualitätsmanagement):

- Klärung und Abstimmung der erforderlichen Daten für die Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2,
- Spezifikation der Anforderungen an die Datengenauigkeit und -aktualität aus Sicht der Fahrzeugfunktionen,
- Spezifikation der Testszenarien zur Validierung.

Weiterhin war die BMW AG federführend bei der Spezifikation der Applikation US7 „Service Provision“ für übergreifende Arbeiten zur Bereitstellung und Übertragung von Daten aus den Verkehrszentralen.

2.1.3.2 Ergebnisse und Aktivitäten

Übersicht

Mit der Spezifikationsphase in AP 2000 wurden die inhaltlichen Arbeiten in UR:BAN-VV begonnen. Die dabei erarbeiteten Festlegungen stellten die Basis dar für die folgenden Projektschritte, d.h. die Umsetzung, die Tests und die Demonstration sowie die Bewertung der in UR:BAN-VV zu entwickelnden Funktionen und Applikationen (Abbildung 12). Die Spezifikationsphase wurde im Wesentlichen in 2012 durchgeführt und erfolgte in zwei Schritten:

1. Erarbeitung der Anforderungen von Nutzern und Stakeholdern mit Ableitung der relevanten technischen Anwendungsfälle (Use Cases) und Systemanforderungen,
2. Spezifikation der Gesamtarchitektur mit zugehörigen Systemkomponenten, Relationen und Schnittstellen.

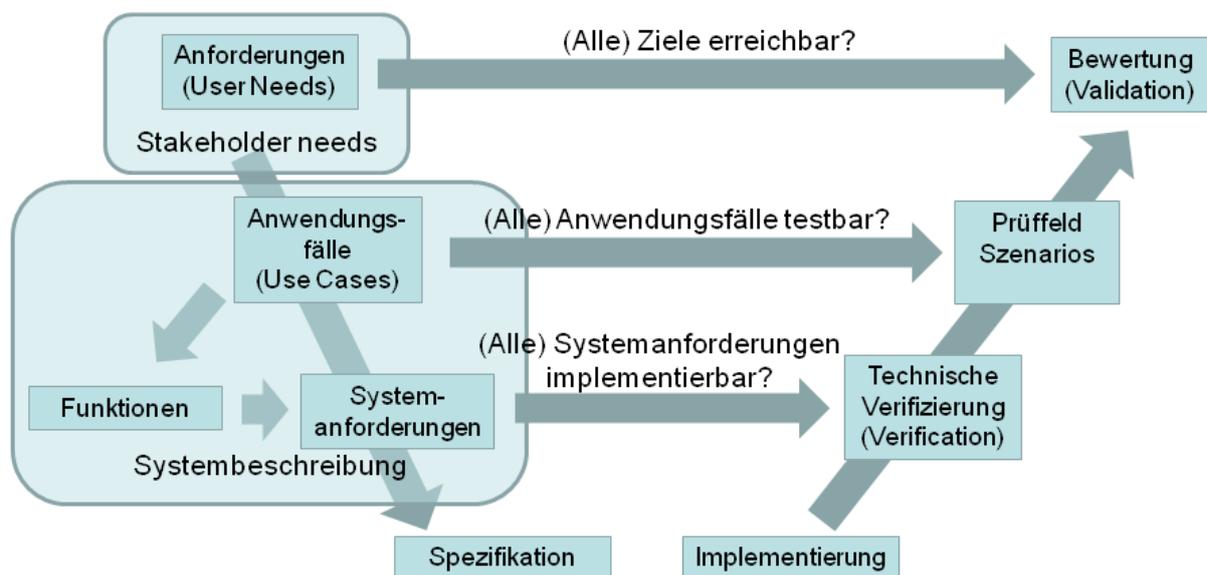


Abbildung 12: Relationen zwischen Bedürfnissen, Anwendungsfällen, Anforderungen und Spezifikationen, als Grundlage für die späteren Projektphasen [2]

Die Festlegungen und Spezifikationen wurden teilprojektübergreifend in Zusammenarbeit aller UR:BAN-VV Projektpartner durchgeführt. Die Ergebnisse sind detailliert in den beiden Dokumenten zum Projektmeilenstein MS1 beschrieben (Teil 1: Anwendungsfälle [2], Teil 2: Spezifikation [3]), sodass im Folgenden nur eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und die Beschreibung der Aktivitäten der BMW AG gegeben wird.

Anforderungsdefinition und Use Cases

- Nutzer & Interessensgruppen, Akteure & Rollen:
Die Identifikation der relevanten *Nutzer* (User) und *Interessensgruppen* (Stakeholder) stellte den ersten Schritt der Spezifikationsphase dar. Nutzer interagieren dabei direkt mit dem UR:BAN-VV System und seinen Applikationen und sind somit Bestandteil des Systems, während Interessensgruppen durch die Entwicklungen in UR:BAN-VV betroffen sind, aber außerhalb des Systems stehen.
Bei der Definition der Nutzer und Stakeholder wurde zweistufig vorgegangen: zunächst wurden (abstrakte) Typen von *Institutionen* in einem kooperativen System ermittelt (z.B. Stadt, Land, Private Nutzer ...) und davon dann konkrete *Akteure* abgeleitet, die bestimmte *Rollen* im UR:BAN-VV System erfüllen (z.B. Verkehrsmanagementzentrale, Service-Provider, Fahrer). Insbesondere war jeder der zu definierenden technischen *Anwendungsfälle* (Use Cases) mit mindestens einem Akteur in Beziehung zu setzen.
Basierend auf den oben genannten Begriffsdefinitionen wurden für UR:BAN-VV die relevante Akteure mit ihren Rollen identifiziert. Nachfolgend sind einige Beispiele aufgelistet (siehe auch Kap. 3.2 in [2]):
 - Akteur Verkehrssystemmanagementzentrale (VSM-Zentrale), mit personellen Rollen (z.B. Verkehrsingenieur, Operator) und technischen Rollen (z.B. Datenbank, GIS, VT-Arbeitsplatz, LSA-Steuerung etc.),
 - Akteur Content Center, mit Rolle Meldungs-Center zur Aufbereitung und Versendung von Verkehrsmeldungen,
 - Akteur Service Center, mit Rollen zum FCD/FCO Service und Routing Service,
 - Akteur Communication Infrastructure Provider für die für die Datenkommunikation in der Versorgungskette, mit Rolle UMTS Netz Operator,
 - Akteur Automobilhersteller (OEM), mit Rollen zur Bereitstellung von Kommunikationsschnittstellen und zur Umsetzung der Funktionen im Fahrzeug,
 - Akteur Fahrer, d.h. ein Verkehrsteilnehmer, der mit einem Fahrzeug (z. B. Pkw oder Fahrrad) am Verkehr teilnimmt,
 - Akteur Fahrzeug, mit Rollen Fahrerinformationssystem (FIS), CAN-Interface, Interface für die Datenkommunikation, HMI, Assistenzsysteme.
- Bedürfnisse:
Anhand der Ziele des Projekts wurden die die Bedürfnisse (User Needs) der einzelnen Nutzer und Interessengruppen abgeleitet (siehe auch Kap. 3.3 in [2]), z.B.
 - Städte: Reduzierung Lärmemission und Feinstaub im Straßenverkehr, hohe verkehrliche Effizienz im Straßennetz etc.
 - Private Nutzer: Sicherheit, Reduktion Reisezeiten, Kraftstoffeinsparungen etc.

- **Potenziale:**
Identifikation der adressierten Optimierungspotentiale, deren Umsetzung zur Erreichung der in UR:BAN-VV gesetzten Ziele führt, mit Benennung der Situationen in denen sie genutzt erzielt können. So kann ein Zusammenhang zwischen Applikation, (Verkehrs-)Situation und Projektziel hergestellt werden.
- **Use Cases:**
Basierend auf den oben dargestellten allgemeinen Definitionen und Ergebnissen wurden den einzelnen Funktionen und Applikationen ihre jeweilige ‚User Story‘ und die erzielbare Wirkung zugeordnet. Darauf wurden für jede Funktion/Applikation die technischen Use Cases detailliert spezifiziert (siehe Kap. 5 bis 8 in [2]. Die Use Case Definition beinhaltet z.B. die allgemeine Beschreibung, das umgesetzte Ziel, die verkehrliche Rahmensituation, das adressiert Optimierungspotenzial, Schritte zur Umsetzung etc.
- **Bewertungsgrundlagen:**
Festlegungen des grundlegenden Bewertungsrahmens für die einzelnen Funktionen und Applikationen.

Spezifikation

Auf Basis der oben beschriebenen Festlegungen erfolgte die Konzeption der einheitlichen und TP-übergreifenden Gesamtarchitektur von UR:BAN VV sowie deren Systemkomponenten (Applikationen und Funktionen) und Schnittstellen, wobei auch übergeordnete Aspekte zur der Architektur von ITS Systemen ermittelt und berücksichtigt wurden. Diese Definitionen enthielten noch keine Details zur technischen Umsetzung, wie z.B. die Deployment-Architektur oder technische Details der Protokolle, Datenmodelle, etc., da diese für die folgenden Meilensteine geplant waren.

Die Ergebnisse der Spezifikationsphase sind detailliert im Teil 2 des Meilensteinberichts MS1 ‚Spezifikation‘ [3] festgehalten, sodass nachfolgend nur eine Zusammenfassung gegeben wird.

- **Übergeordnete Aspekte und ITS Umfeld**
 - Ermittlung der wichtigsten Interessensgruppen im ITS Umfeld bzgl. kooperativer Systeme, wie Fahrzeughersteller, Straßeninfrastrukturbetreiber etc.,
 - Identifikation relevanter Aktivitäten von Standardisierungsgremien, z.B.
 - Festlegungen der ETSI zu Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Infrastruktur-Kommunikation (auch C2X bzw. car-to-car/car-to-infrastructure), vornehmlich verfolgt von den Automobilindustrie,
 - Standardisierung von Elementen intelligenter Verkehrssysteme (IVS), international vor allem durch die CEN/ISO, aber auch durch nationale Gremien, vornehmlich verfolgt durch die Straßeninfrastrukturbetreiber (z.B. Städte),
 - Vorauswahl geeigneter Schnittstellenstandards im ITS-Bereich, z.B.
 - DATEX-II, OTS, OTS2 und OCIT-C für die Kommunikation zwischen Zentralen (Internet-Domain),

- ITS-G5 für die Kommunikation zwischen Streckenstationen (Roadside Units) und Fahrzeugen (Ad-Hoc-Domain),
- TLS oder OCIT-O für die Kommunikation von Streckenstationen und Sensoren/Aktoren (Roadside-/Field-Domain),
- TMC oder TPEG für die Kommunikation zwischen Zentralen und Fahrzeugen (Broadcast/Internet-Domain),
- Ermittlung geeigneter Standardarchitekturen (ETSI ITS) und Begrifflichkeiten, mit Einordnung der UR:BAN Entwicklungen.
- Spezifikation URBAN-VV Applikationen und Funktionen generell
Für jedes UR:BAN-VV Teilpaket und für jede der darin enthaltenen Fahrzeugfunktionen bzw. Infrastrukturapplikationen wurden folgende Spezifikationselemente erarbeitet:
 - Eine Kurzbeschreibung zur Einführung der Funktion/Applikation sowie mit Ziel/Motivation,
 - Nutzung, unterstützt durch ein UML UseCase Diagramm (Abbildung 13),
 - UML Komponenten-Diagramm mit wesentlichen funktionalen Einheiten und Schnittstellen, jeweils mit projektweit eindeutiger ID, konzeptionellem Ansatz, zu verwendenden Standards sowie Inhalt und Richtung der Kommunikation,
 - Ablauf der Kommunikation zwischen den Komponenten mit UML Sequenzdiagrammen,
 - Detaillierung der erforderlichen Interfaces sowie der Funktionalität der einzelnen Komponenten.

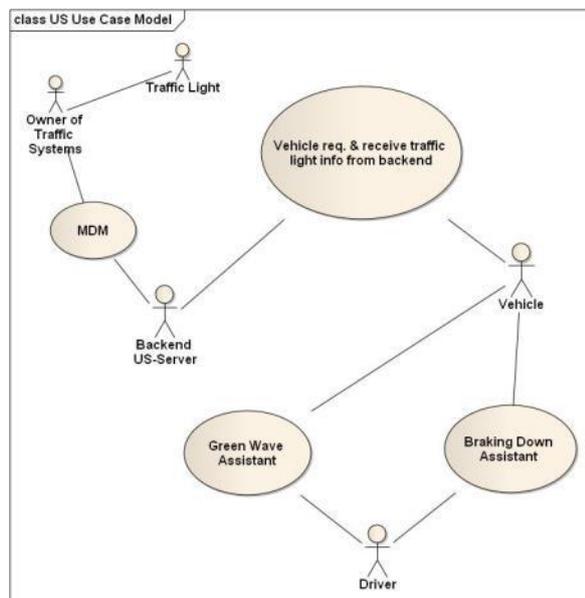


Abbildung 13: Beispiel UseCase, Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2 -

- Spezifikation Applikationen und Funktionen Teilpaket Urbane Straßen
 - Definition der kompletten telematischen Kette von Infrastruktur-Daten über Content Provider und Service Provider zum Fahrzeug,

- Erstellung der Architektur für das Teilsystem TP-US mit Systemkomponenten, Funktionen/Applikationen und Schnittstellen (siehe auch Abbildung 6, Kap. 2.1.1)
- Definitionen für die Funktionen und Applikationen des TP-US nach dem oben beschriebenen generellen Ansatz (siehe auch Kap. 3.3 in [3]); als Leiter des TP-US war BMW zwar an der Spezifikation aller TP-US Funktionen/Applikationen beteiligt, war jedoch federführend für den Verzögerungsassistent (US-1), den Grüne Welle Assistent (U2-2), vgl. Abb. 14 u. Tab. 2, Tab.3, und die Applikation Service Provider (US-7), vgl. Abb. 17, verantwortlich.

Sonstige Aktivitäten BMW AG und Festlegungen TP-US

- Zur Abstimmung und Konzeption der oben beschriebenen Inhalte wurden Arbeitskreise für folgende Themen gebildet:
 - Datenempfang für die Fahrzeug und Smartphone-Funktionen über TSI,
 - Schnittstelle mit Kommunikationswegen und Dateninhalten für die Abbildung der Kommunikationskette zwischen Service Provider und Daten Provider,
 - Softwarearchitektur und Schnittstellen für die Schaltzeitprognose,
 - Konzepte für das Qualitätsmanagements von Grünen Welle.
- Detaildefinitionen Kommunikationskette:
 - Abstimmung des Kommunikationsweges (Austausch über MDM), und der Protokolle der Schnittstellen (Zentralseitig DATEX II, Zentrale-Fahrzeug/Smartphone TPEG TSI),
 - Spezifikation des DATEX II Formats für die Übertragung von Haltlinienverortung, Schaltzeitprognose und Haltepunktprognose,
 - Weiterentwicklung des an TPEG angelehnten TSI Formats für die Datenübertragung vom Service Provision zu den Fahrzeug/Smartphone-Clients,
 - Konzeption der Mobilfunkkommunikation für die Versuchsträger.
 - Abstimmung der Datenbereitstellung vom Fahrzeug für die Grüne-Welle-Qualitätsbewertung
- Festlegung von Simulationsszenarien mit Bezug auf die Fahrzeugfunktionen und Einsteuerung in UR:BAN MV.
- Abstimmung zum Umgang mit „unsicheren“ Daten der Schaltzeitprognose und Übergabe mit UR:BAN MV MMI.

2.1.3.3 Zusammenfassung

In dem AP2000 wurden zunächst teilprojektübergreifend grundlegende Begrifflichkeiten definiert und die relevanten Nutzer, Interessensgruppen, Akteure und Rollen mit ihren jeweiligen Bedürfnissen (User Needs) festgelegt. Weiterhin wurden die prinzipiell adressierbaren Potenziale bzgl. der Wirkungen der UR:BAN-VV Entwicklungen ermittelt, die auch die Grundlage bildete für die Planung der späteren Bewertung. Aufbauend darauf wurden technische Use Cases spezifiziert,

die in den Teilpaketen von UR:BAN-VV umgesetzt werden sollten. Die Ergebnisse dieser Projektphase wurden im ersten Teil des Meilensteinberichts MS1 festgehalten [2].

In einem zweiten Schritt erfolgte die technische Konzeption der übergreifenden UR:BAN-VV Systemarchitektur sowie der in den TPs umzusetzenden Teilsysteme. Weiterhin wurden die Funktionalität und Schnittstellen der UR:BAN-VV Systemkomponenten spezifiziert und im zweiten Teil des MS1-Berichts [3] festgehalten. Die dabei erarbeiteten Festlegungen stellten die Basis dar für die folgenden Projektschritte, d.h. die Umsetzung, die Tests und die Demonstration sowie die Bewertung der in UR:BAN-VV zu entwickelnden Fahrzeugfunktionen und Infrastrukturapplikationen.

Die BMW AG war im Rahmen der Spezifikationsarbeiten dabei vor allem zuständig für die zwei Fahrzeugfunktionen für energieeffizienteres Fahren, d.h. der Verzögerungsassistent (US-1) und der Grüne Welle Assistent (US-2), sowie für die Service Provision Instanz (US-7), wirkte aber auch maßgeblich bei der Konzeption der UR:BAN Gesamtarchitektur mit.

2.1.4 AP 3000 – Fahrzeugseitige Funktionsumsetzung und Datenbereitstellung

2.1.4.1 Ziele

Das AP war ein wesentlicher Schwerpunkt der technischen Arbeiten von BMW und beinhaltete die Entwicklung und Integration der in AP 2000 spezifizierten Fahrzeugfunktionen „Verzögerungsassistent“ sowie „Grüne Welle Assistent“ für die Fahrzeug-Versuchsträger. Hierbei sollten die Fahrer ertüchtigt werden, ihr Fahrverhalten an die aktuellen Schaltbefehle der Lichtsignalanlage zu adaptieren.

Dazu waren die im TP2000 definierten Schnittstellen zum Empfang und zur Dekodierung der TSI Meldungen sowie Softwarebausteine zur Datenvorhaltung und zur Realisierung des erweiterten elektronischen Horizonts in den Versuchsträgern zu implementieren. Zur Interaktion mit dem Fahrer waren geeignete HMIs zu entwickeln. Die BMW AG war für folgende Ziele und Aufgaben verantwortlich [1]:

US-1 - Fahrzeugfunktion Verzögerungsassistent:

- Aufbau einer fahrzeuginternen LSA-Datenbank,
- Implementierung der Schnittstelle zum Service Provision Backend (AP4000) unter Nutzung von Mobilfunk als Bearer sowie des in Standardisierung befindlichen Applikationsprotokolls TPEG TSI,
- Empfang und Dekodierung der TSI Meldungen im Fahrzeug,
- Umsetzung der Schnittstelle der fahrzeuginternen Funktionen zum TSI Decoder,
- Relevanzfilterung unter Berücksichtigung der Fahrzeugposition und Fahrtrichtung bzw. Route,

- Umsetzung der Verzögerungsassistent im Fahrzeug mit Anzeige entsprechend Spezifizierung und Vorgabe aus „Mensch im Verkehr/HMI“ im Fahrzeugdisplay,
- Integration und Aufbau des Fahrzeugversuchsträgers.

US-2 - Fahrzeugfunktion Grüne-Welle-Assistent

- Umsetzung der Fahrzeugfunktion Grüne-Welle-Assistent und deren Teilfunktionen in den Versuchsfahrzeugen,
- Umsetzung von Schnittstellen und Kommunikation analog zu US-1 – Verzögerungsassistent (im Wesentlichen gleiche Basisdaten),
- Umsetzung der Grüne-Welle-Assistent im Fahrzeug mit Anzeige entsprechend Spezifizierung und Vorgabe aus „Mensch im Verkehr/HMI“ im Fahrzeugdisplay,
- Integration und Aufbau des Fahrzeugversuchsträgers.

2.1.4.2 Ergebnisse und Aktivitäten

Aufbauend auf den vorab erarbeiteten Spezifikationen (siehe auch Kap. 2.1.3 bzw. MS1 Bericht [2], [3]) wurden die Fahrzeugfunktionen Verzögerungsassistent (US-1) und Grüne-Welle-Assistent (US-2) in Zusammenarbeit der Partner BMW, Continental, MAN und Uni Kassel umgesetzt. Dazu wurden die einzelnen Systemkomponenten entwickelt, implementiert und in den Versuchsträgern integriert.

Die Partner nutzten dabei unterschiedliche Plattformen, vom Smartphone der Uni Kassel, über PKW mit Fahrempfehlung von Continental und BMW, bis zum LKW mit Längsregelung von MAN. Alle Plattformen bauten jedoch auf der gleichen SW Architektur auf (siehe Abbildung 14 und Tabelle 2) und verwendeten auch die gleichen Schnittstellen zwischen Server und Versuchsträgern (siehe Tabelle 3). Die Entwicklung der Fahreranzeige (Komponente F.KFZ.Fahreranzeige) erfolgte in enger Abstimmung mit dem Teilprojekt MMI der UR:BAN Säule MV und es wurden Ergebnisse der MOSAIK Studie verwendet.

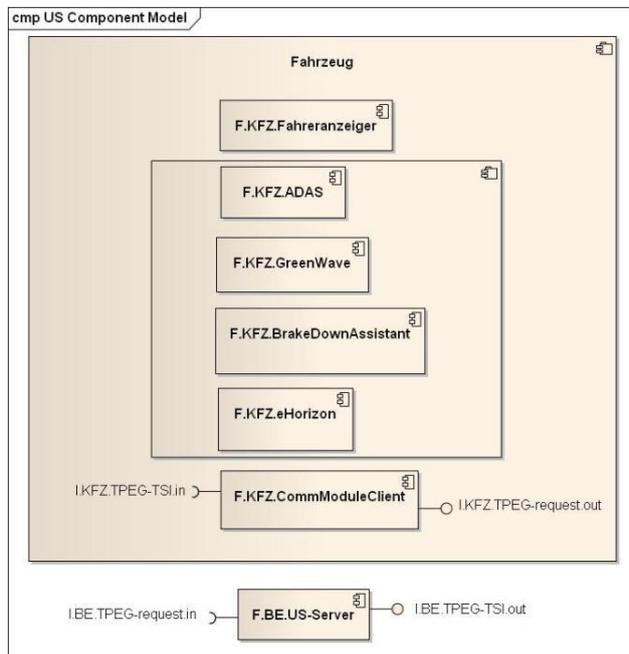


Abbildung 14: Komponenten der Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2

Tabelle 2: Funktionale Komponenten US-1 und US-2

Funktion	Beschreibung
F.KFZ.Fahreranzeige	Human Machine Interface: Darstellung von Handlungsempfehlungen bzw. Informationen für den Benutzer.
F.BE.US-Server	Backendserver bei dem das Fahrzeug/Smartphone die LSA Daten abfragt.
F.KFZ.CommModuleClient	Kommunikationsmodul im Client zur Abwicklung der Kommunikation mit dem Backend und Interpretation der TPEG-TSI kodierten Daten.
F.KFZ.eHorizon	Elektronischer Horizont zur Fahrzeuginternen Repräsentation des vorausliegenden Straßenverlaufs und der darauf befindlichen LSA.
F.KFZ.ADAS	Advanced Driver Assistance System – Basiskomponente die Basisfunktionen für ADAS-Applikationen wie Grünewelle- und Verzögerungsassistent bereitstellt – u.a. Positionierung, Interpretation von Fahrzeugdaten etc.
F.KFZ.Greenwave	Grüner Welle Assistent laut US-2 – eigentliche Applikation
F.KFZ.BrakingDown-Assistent	Verzögerungsassistent laut US-1 – eigentliche Applikation

Tabelle 3: Interfaces US-1 und US-2

Interface	Verbindet	Ausgetauschte Information
I.KFZ.TPEG-TSI.i	Communication Module Client / Backend	LSA Informationen - Schaltzeiten, Haltepunkte, Ortsreferenzierung
I.KFZ.TPEG-request.o	Communication Module Client / Backend	Aktuelle Position und Heading des Fahrzeugs/Smartphones und Sessionparameter.

Beim Versuchsträger von BMW werden dem Fahrer über eine HMI Empfehlungen gegeben, es erfolgt also kein automatisierter Eingriff in die Längsdynamik des Fahrzeugs. Für die Berechnung der Fahrempfehlung werden sowohl Daten von fahrzeuginternen Kommunikationsnetzen als auch vom Backend verarbeitet. Diese werden der Anwendungslogik zugeführt und im HMI-Modul für die Darstellung im Fahrzeug aufbereitet. Bei der HMI verfolgte die BMW AG verschiedene Ansätze, die letztendlich zu zwei alternativen Implementierungen führten (Abbildung 15).



Abbildung 15: Umsetzungen der BMW HMI mit Grünband im Tacho (links) und Zustandsanzeige mit Pfeil (rechts)

Die Ergebnisse zu der Umsetzung der Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2 sowie der Aufbau der zugehörigen Fahrzeugversuchsträger sind detailliert im Meilensteinbericht 2 - Integration und Aufbau Versuchsträger dargestellt [4], sodass nachfolgend nur eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Aktivitäten der BMW AG gegeben wird.

- Entwicklung und Integration US-1/US-2
 - Beschaffung und Konfiguration der benötigten Entwicklungsumgebung und SW-Libraries,
 - Integration der Kommunikationseinheit ins System,
 - Implementierung von Schnittstellen zur Kommunikation mit dem Service Provider Backend (siehe auch Tabelle 3),
 - Spezifikation, Entwicklung und Implementierung der internen SW Komponenten (siehe auch Abbildung 14 und Tabelle 2) sowie der internen Schnittstellen,
 - Implementierung einer Laborentwicklungs- und Testumgebung, zur Simulation von Befahrungen in den Testfeldern, vgl. Abbildung 17.
 - Umsetzung eines Clients, der die TSI Meldungen aus dem US Service Provider Backend abfragt und weiterverarbeitet,
 - Integration des erweiterten Elektronischen Horizont mit der Ampelphaseninformation,

- Spezifikation der externen Kommunikation und der internen Schnittstellen zum des Erweiterten Elektronischen Horizont mit Ampelphaseninformation aus TSI,
 - Entwicklung und iterative Optimierung einer Businesslogik für die Anzeige von wahrscheinlichkeitsbehafteten Schaltzeitprognosen (verkehrsabhängige LSA-Steuerungen),
 - Beschaffung und Abstimmung der erforderlichen Versorgungsdaten,
 - Entwicklung und prototypische Umsetzung von mehreren Konzepten für die Fahrerausgabe (HMI); dies beinhaltete insbesondere unterschiedlichen Entwürfe zur grafischen Darstellung des Geschwindigkeitsbereichs bei unsicheren LSA-Schaltzeiten abhängig von aktueller Position und Geschwindigkeit,
 - Abstimmung der verschiedenen HMI-Designs mit den Partnern, z.B. durch Demonstration auf einen BMW-Serienbildschirm mit simulierter Fahrt durch Düsseldorf (siehe auch Abbildung 16),
 - Umsetzung von zwei HMI für die finalen Fahrzeugversuchsträger, mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad der Fahrerinformation;
 - technische Integrationstests des US-1/US-2 Systems,
 - technische Vortests mit unterschiedlichen Datensätzen (z.B. Start mit Festzeitprogrammen, später verkehrsabhängige LSA-Schaltzeiten für die verschiedenen Versuchsfelder),
 - Optimierungen des US-1/US-2 Systems, insbesondere auch die Kommunikation und die Anzeige (HMI),
 - Debugging und Fehlerbehebung im Labor und in den Testfeldern.
 - Erstellung technische Dokumentation.
- Aufbau Versuchsfahrzeuge US-1/US-2
 - Beschaffung und Umrüstung der Versuchsfahrzeuge (ein BMW 4er Cabrio, ein BMW i3 ein BMW i8)
 - Integration der entwickelten Softwarekomponenten ins Fahrzeug.

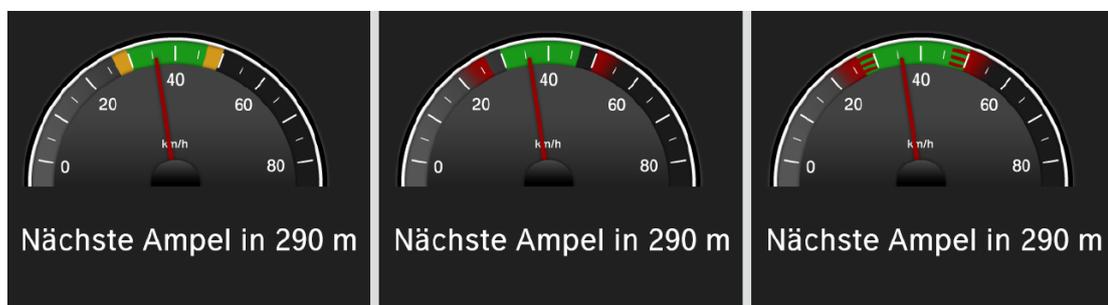


Abbildung 16: Unterschiedliche Entwürfe zur Darstellung unsicherer LSA-Schaltzeiten mit verschiedenen Wahrscheinlichkeiten (,Tacho-Darstellung' des Grünbands)

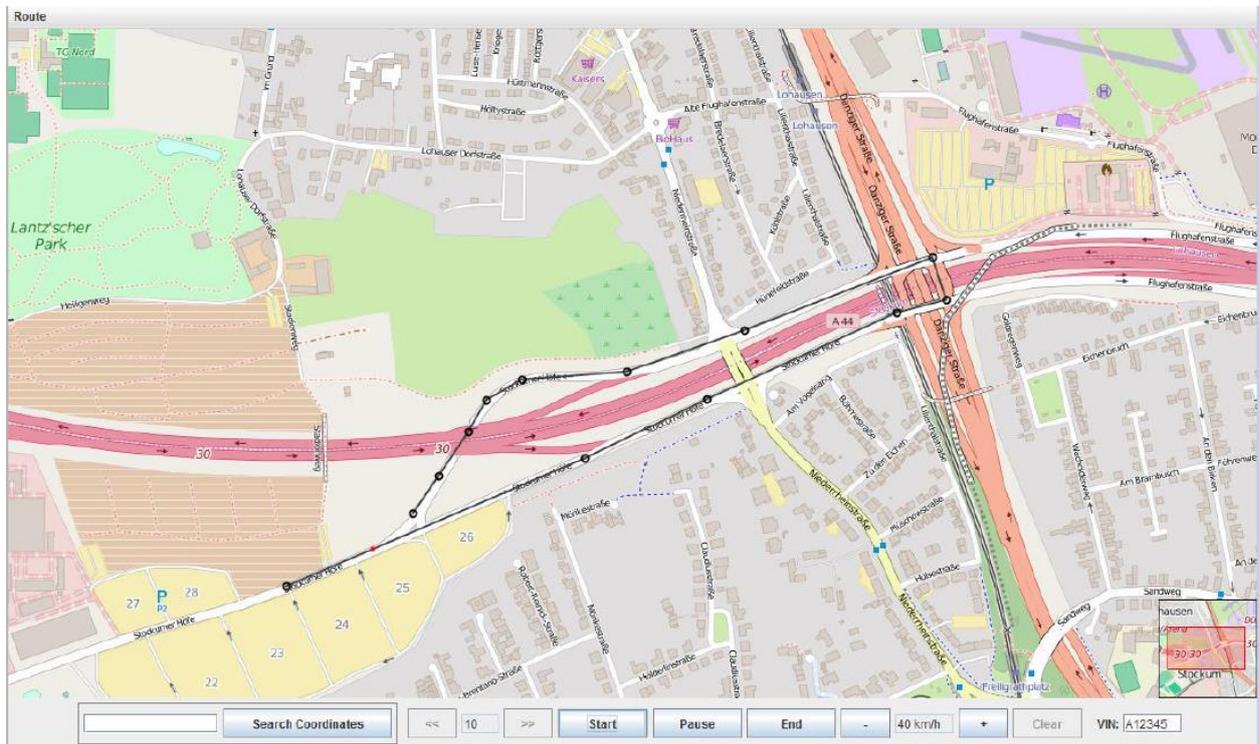


Abbildung 17 Laborumgebung zur Simulation von Befahrungen im Testfeld

2.1.4.3 Zusammenfassung

In dem Arbeitspaket erfolgte der Aufbau der BMW Versuchsträger für US-1/US-2, was einen wesentlichen Schwerpunkt der Arbeiten von BMW im Projekt darstellte. Dies beinhaltete die Konzeption der SW-Systeme mit ihren Komponenten und ihren jeweiligen internen bzw. externen Interfaces. Besondere Sorgfalt wurde auf den Entwurf der HMI zur Ausgabe der Fahrerinformation gelegt, wo mehrere Konzepte erstellt und zur Abstimmung mit den Partnern prototypisch umgesetzt wurden, wobei bei den finalen Versuchsträgern zwei Darstellungen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad der ausgegebenen Informationen umgesetzt wurden.

Die abgestimmten Komponenten wurden implementiert und zu den entsprechenden Teilsystemen integriert. Daraufhin wurde das System an das zentrale Service Provision angekoppelt. Den Abschluss der Projektphase bildeten technische Vorabtests, Bugfixing und technische Dokumentation sowie der Support der anderen Projektpartner.

2.1.5 AP 4000 – Infrastruktureseitige Funktionsumsetzung und Datenbereitstellung

2.1.5.1 Ziele

Das Arbeitspaket beinhaltete die Umsetzung der in AP 2000 spezifizierten Infrastrukturapplikationen „Prognose LSA-Schaltzeitpunkte“, „Prognose Haltepunkte und Haltedauern“, „Lkw-Pulkmanagement“ „Grüne-Welle Qualitätsmanagement“ in den Verkehrsmanagementsystemen der Städte.

Hierzu sollten die infrastruktureseitigen Applikationen zur Datenbereitstellung auf Seiten der Verkehrsmanagementzentralen der Städte implementiert und Schnittstellen für den Austausch der Daten gemäß der spezifizierten Architektur umgesetzt werden, was im wesentlichen Aufgabe der städtischen Partnern war. Durch BMW war eine Service-Provision Instanz (US-7) umzusetzen, zur Übermittlung der TSI Meldungen an die Fahrzeugfunktionen Verzögerungsassistent (US-1) und Grüne-Welle-Assistent (US-2). Im Einzelnen war die BMW AG für folgende Ziele und Aufgaben verantwortlich [1]:

- Entwicklung und Implementierung des Service Provision Backends zur Datenübermittlung der LSA-Schaltzeitpunkte (Applikationsprotokolls TSI) und der ermittelten Haltepunkte und Haltedauern,
- Anpassung des Backends an die städtischen Datenzentralen,
- Realisierung von Schnittstellen zum Abruf der online vom Verkehrsmanagement zur Verfügung zu stellenden Prognosedaten der Infrastrukturapplikationen „Prognose der LSA-Schaltzeitpunkte“ (US-3) und „Prognose der Haltepunkte und Haltedauern“ (US-4),
- Adaption des bereitgestellten Backends an projektspezifische Anforderungen,
- Betrieb des Backends,
- Entwicklung und Umsetzung einer Relevanzfilterung,

2.1.5.2 Ergebnisse und Aktivitäten

Im Rahmen von UR:BAN-VV war BMW für die Entwicklung der Infrastrukturapplikation Service Provider (US-7) zur Übermittlung der TSI Meldungen für die Funktionen Verzögerungsassistent (US-1) und Grüne-Welle-Assistent (US-2) zuständig. Diese fragt die für die Testfelder relevanten Daten über Datex-II vom MDM ab, bereitet die Daten entsprechend der Position der Versuchsträger im Feld auf und encodiert die benötigten Daten zu TSI Nachrichten zur Übertragung in die Fahrzeug- und Smartphone-Clients.

In Richtung der Versuchsträger setzt die Applikation damit die Schnittstellen I.KFZ.TPEG-TSI.i und I.KFZ.TPEG-request.o um (siehe Tabelle 3 in Kap. 2.1.4).

Vom MDM werden die Daten über die in der Applikation KI-1 für den MDM bereitgestellt und an

den Service Provider weitergeleitet. Dies erfolgt automatisch bei Aktualisierung bzw. auf Nachfrage des Service Providers für die quasi-statischen Geo-Daten. In Richtung des MDM sind damit weiterhin die in Tabelle 4 aufgelisteten Interfaces umgesetzt (Private Dienste-Schnittstelle).

Tabelle 4: Private Dienste-Schnittstelle – Interfaces

Interface	Verbindet	Ausgetauschte Information
I.DATEX2.Signal.Geometry.out	Städt. Zentrale -> MDM -> Serviceprovider -> Fahrzeuge	Geometrieinformation an einem Knotenpunkt
I.DATEX2.Signal.Forecast.out	Städt. Zentrale -> MDM -> Serviceprovider -> Fahrzeuge	Schaltzustände und Schaltzeitprognosen
I.DATEX2.Signal.Stop.out	Städt. Zentrale -> MDM -> Serviceprovider -> Fahrzeuge	Haltepunkt-Informationen und Haltedauern
I.DATEX2.Strategies.out	Städt. Zentrale -> MDM -> Serviceprovider -> Fahrzeuge	Aktuelle Strategieschaltungen
I.DATEX2.Events.out	Städt. Zentrale -> MDM -> Serviceprovider -> Fahrzeuge	Aktuelle und geplante Ereignisse
I.DATEX2.TrafficState.in	Service Provider (TomTom) -> MDM -> Städt. Zentrale	Aktuelle Verkehrszustandsinformationen
I.XML.VehicleData.in	Service Provider (BMW) -> MDM -> Städt. Zentrale	Fahrzeug- und Fahrtverlaufsinformationen

Weiterhin wurde noch eine zusätzliche Schnittstelle erstellt, die XFCD-Meldungen (eXtended Floating Car Data) von einer BMW-Flotte in den Versuchsfeldern bereitstellt. Diese Daten werden an den MDM gemeldet und dem Grüne-Welle-Qualitätsmanagement US-6 zugeführt, vgl. Abbildung 20 und Abbildung 21. Die untenstehende Abbildung 18 gibt die SW-Komponenten und die Schnittstellen der Service Provider Implementierung wieder.

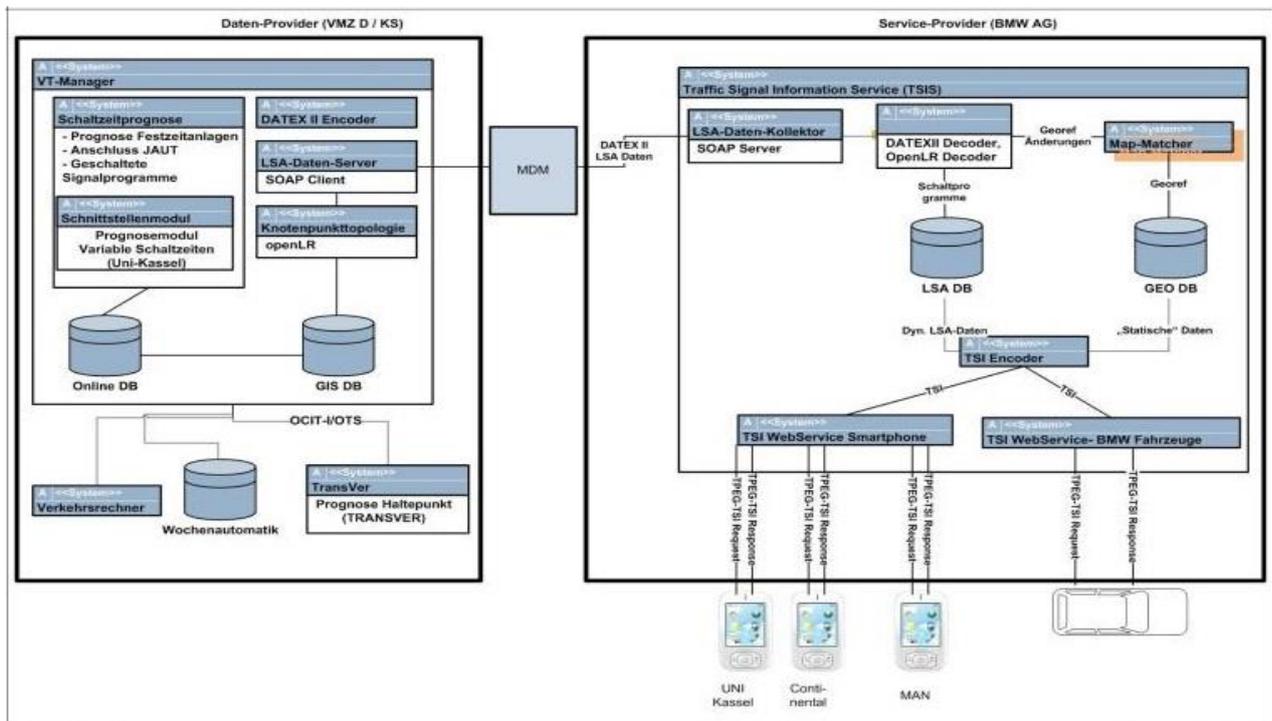


Abbildung 18: Architektur der IT-Lösung für die Service Provider Applikation.

Die Schnittstellen und Komponenten wurden wie oben beschrieben in der Umsetzungsphase (AP4000) produktiv aufgebaut, weiterentwickelt und getestet:

- Über das MDM-Portal werden reale Prozessdaten der LSA in Düsseldorf und Kassel ausgetauscht.
- Eine Datenbasis für Ampelpositionen und eine weitere für dynamische Inhalte (Phasenprognose und Rückstaulängen) wurde aufgebaut und mit realen Prozessdaten getestet. Eine Abfrage mit der Fahrzeugposition liefert dabei die Daten von zwei LSA in Richtung gradeaus und je einer für den Abbiegefall zurück.
- Eine skalierbare Architektur aus Applikations-Server und Web-Server wurde aufgebaut, um Anfragen der Smartphone-Nutzer von Universität Kassel, Continental und MAN und aus den BMW Fahrzeugen zu bearbeiten. Die Leistungsfähigkeit wurde in einem Lasttest mit realen Daten aus den Testfeldern bestätigt.
- Um die Anfragen der Smartphone-Nutzer zu versorgen, wurden eine Webadresse und ein Portal im Internet aufgebaut. Der Zugang wurde von den Partnern getestet und produktiv genutzt.
- Die Haltelinieninformationen werden mit dem OpenLR™¹-Verfahren (Open, Compact and Royalty-free Dynamic Location Referencing) der Firma TomTom georeferenziert,

¹ www.openlr.org

über den MDM übertragen und auf der Karte zur Serviceprovision eingetragen. Als Übertragungsprotokoll dient der Standard Datex II. Hierzu wurden Komponenten zur Erstellung und zur Decodierung der Nachrichten zwischen Daten- und Serviceprovider aufgebaut. Die Ampel-Haltelinien in den Testfeldern Düsseldorf und Kassel werden regelmäßig zweimal täglich erfolgreich importiert.

- Um die ampelspezifischen Wahrscheinlichkeitsinformationen zu transportieren, wurden die in Abbildung 19 dargestellten Übersetzungsregeln getroffen. Diese konnten bei den Labor- und später Feldtests mit den Applikationen US-1, US-2 als sinnvoll bestätigt werden. Als Applikationsprotokoll zur Übertragung dieser Informationen wurde der angehende TSI² Standard implementiert (Transport Protocol Experts Group / Traffic Signal Information), das von der TISA³ spezifiziert wird, wobei der Standard von BMW im Verlauf des Projekts erweitert wurde und die finale Standardisierung noch aussteht. Durch das offene TSI-Protokoll können die Informationen von weiteren Verkehrsteilnehmern nach diesem Standard ohne weitere Schnittstellenvereinbarungen empfangen werden.

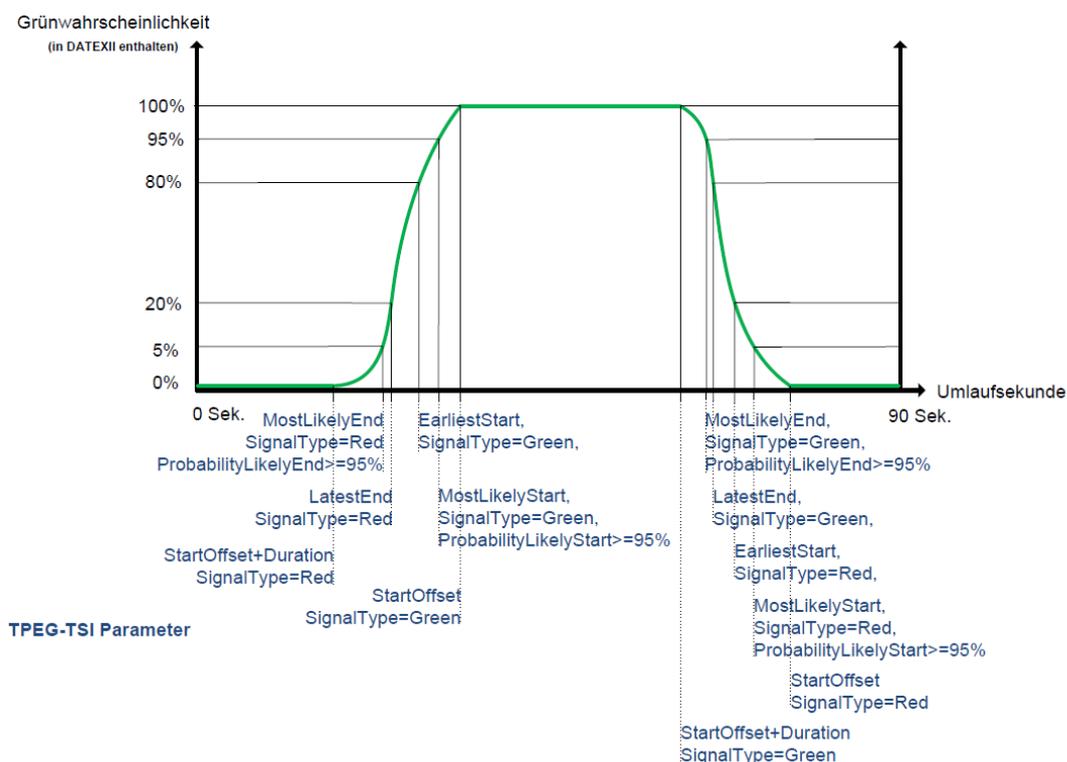


Abbildung 19: Abbildung von DATEX II Schaltzeitinformation auf TPEG-TSI

² www.tisa.org/assets/Uploads/Public/TISA12017TPEGWhatisitallabout20120430v3.pdf

³ www.tisa.org/technologies/tpeg/

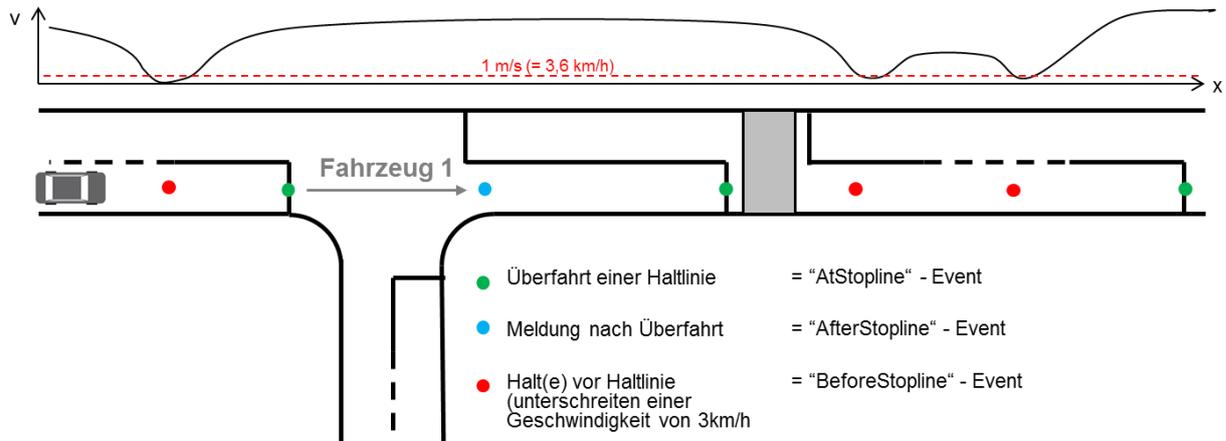


Abbildung 20 Meldung von BMW Flottendaten für das Grüne-Welle-Qualitätsmanagement US-6

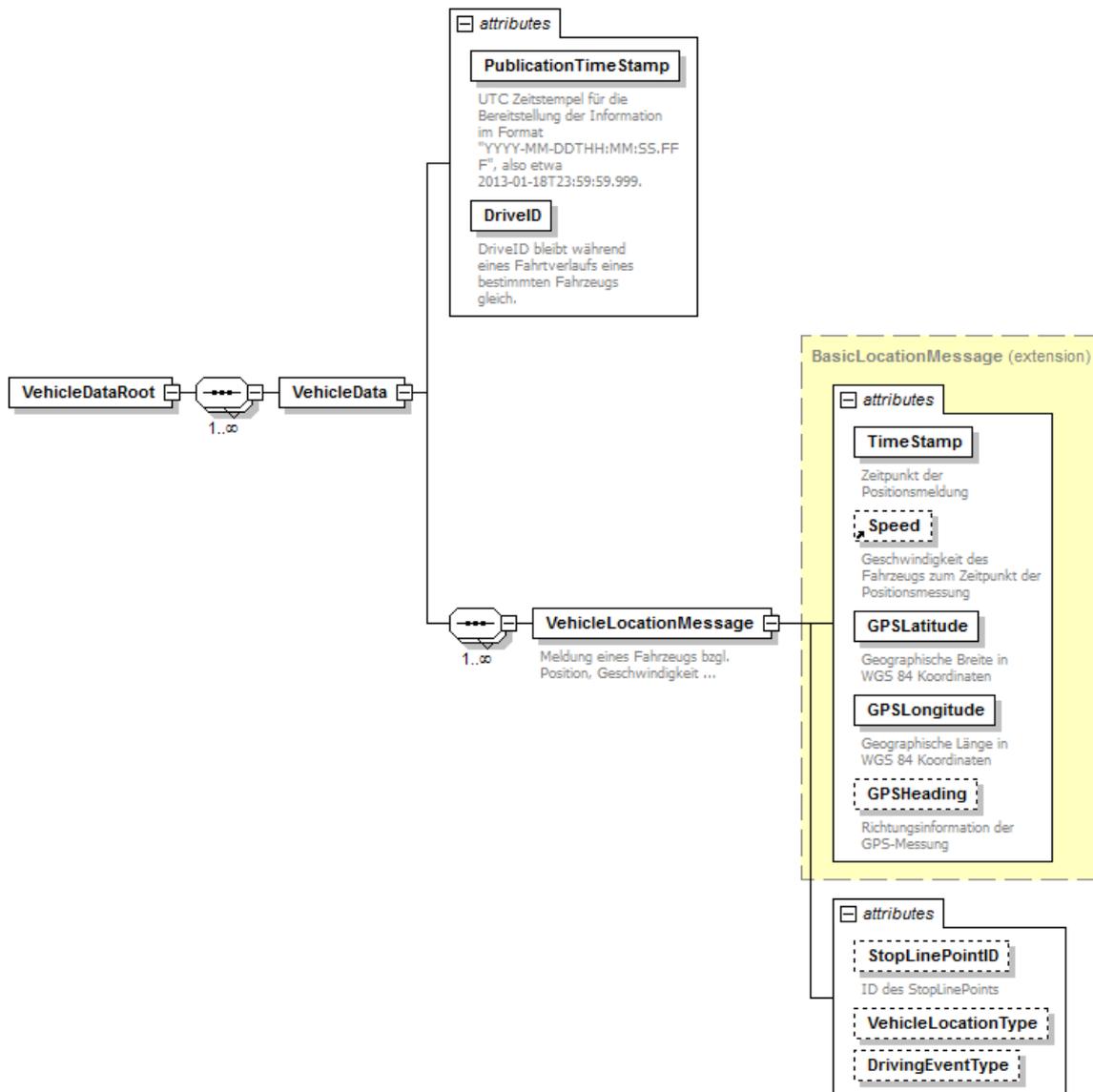


Abbildung 21 Format der BMW Flottendaten für das Grüne-Welle-Qualitätsmanagement US-6

Weitere Aktivitäten der BMW AG im Zusammenhang mit der Umsetzung des UR:BAN-VV Service Providers waren:

- Finale Konzeption der Systemarchitektur in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern,
- Beschaffung und Aufbau der Rechner- und Kommunikations-Hardware,
- Softwareentwicklung, iterative Tests, Bugfixing und Deployment,
- Iterative Abstimmung der Funktionalität und der Schnittstellen mit den Projektpartnern,
- Debugging und Fehlerbehebungen, insbesondere intensive End to End Tests, um die gesamte Kommunikationskette von der Verkehrsleitzentrale bis zu den Versuchsfahrzeugen abzusichern.
- Abstimmung mit den Partnern zum Betrieb und Entwicklungs-Support,
- Erstellung Dokumentation.

Für weitere Informationen zur Umsetzung der Applikation US-7 wird auf die entsprechenden Kapitel in den Meilensteinberichten MS2 und MS3 verwiesen[2][3].

2.1.5.3 Zusammenfassung

In AP4000 war BMW vor allem verantwortlich für die Konzeption und Umsetzung der Applikation US-7 – Service-Provision. Diese fragt über den MDM die für die Fahrzeugfunktionen Verzögerungsassistent US-1 und Grüne-Welle-Assistent US-2 relevanten Informationen aus den Verkehrszentralen ab, filtert und bereitet sie auf und überträgt sie in Form von TSI Meldungen an die Versuchsträger. Weiterhin wurde noch eine zusätzliche Schnittstelle zur Übermittlung von XFCD-Meldungen von der BMW-Flotte in den Versuchsfeldern an die Verkehrsleitzentrale für das Grüne-Welle-Qualitätsmanagement US-6 bereitstellt. Die Applikation stellt damit einen wichtigen Baustein in der Gesamtarchitektur von UR:BAN-VV dar.

Generell konnten sowohl die Schnittstellen zum MDM und zu den Versuchsträgern als auch die Systemkomponenten der Applikation wie in AP2000 definiert umgesetzt werden. Der Service Provider konnte entsprechend planmäßig getestet und in Betrieb genommen werden (siehe hierzu auch Kapitel 2.1.6 unten).

2.1.6 AP 5000 – Betrieb und Bewertung

2.1.6.1 Ziele

Das AP 5000 bündelte die Aktivitäten bzgl. Inbetriebnahme, Test und Demonstration sowie Bewertung der im TP-US entwickelten Funktionen und Applikationen. Für den Betrieb und die kontinuierliche Datenbereitstellung auf Seiten Infrastruktur sollten die im AP 2000 und spezifizierten und in AP 3000/4000 implementierten Prozesse in die Praxis umgesetzt und ihr jeweiliges Funktionsverhalten validiert werden. Dies beinhaltete insbesondere die Beobachtung und Analyse der Verfahren sowie die Rückmeldung von Problemen an die jeweiligen Projektpartner, denen die

Applikationsentwicklung und -integration oblag. Für die Versuchsträger sollten umfassende Funktionsüberprüfungen der Fahrzeugfunktionen durchgeführt werden.

Es sollten dann sowohl eine technische Bewertung als auch eine verkehrliche und energetische Bewertung der neu entwickelten Funktionen und Applikationen durchgeführt werden.

Für die technische Bewertung der Systeme und Applikationen sollten umfassende Tests für die Funktionsüberprüfung und Evaluierung der Fahrzeugfunktionen sowie der in der Infrastruktur ergänzten Applikationen durchgeführt werden.

Im Rahmen der Bewertung waren für die verkehrlich wirksamen Applikationen des TP-US (Grüne Welle- und Verzögerungsassistent) die Effekte auf das Verkehrsgeschehen (Kapazität, Verkehrsfluss etc.) sowie auf die Umwelt (z. B Kraftstoffverbrauch, Emissionen) zu ermitteln. Die potenziellen Kraftstoffeinsparungen der neuen Fahrzeugfunktionen sollten dabei durch Realfahrten und Messungen unterstützt werden, als Basis für die Berechnung kollektiver Effekte durch eine Mikrosimulation. Eine Hochrechnung für die gesamtheitliche Bewertung auf den Umgriff des städtischen Straßennetzes sollte dann im AP 7000 ‚Bewertung und Evaluierung‘ des TP KI erfolgen.

Wie bei den anderen Arbeitspaketen lag der Schwerpunkt der nachfolgend aufgelisteten Ziele der BMW AG auf den Fahrzeugfunktionen Verzögerungsassistent (US-1), Grüne Welle Assistent (US-2), der Service Provision (US-7) und der Rückmeldung von Flottendaten für das Grüne Welle-Qualitätsmanagement (US-6):

- Inbetriebnahme und technische Tests:
 - Definition von Testfällen,
 - Inbetriebnahme der Fahrzeugsysteme,
 - Funktionale Tests Kommunikation,
 - Funktionale Tests Fahrzeugdatenbank und Relevanzfilterung,
 - Festlegung Systemgrenzen,
 - Ermittlung Fahrerlebnis.
- Demonstration und Bewertung:
 - Darstellung und funktionale Bewertung der Applikation Verzögerungsassistent und Grüne-Welle-Assistent für die Versuchsfelder,
 - Mitarbeit an der Herstellung der Testumgebung für die Durchführung der im AP Bewertung festgelegten Testfälle,
 - Gesamtsystemtest gemäß Spezifikation, Betrieb und Bewertung,
 - Durchführung von Fahrten mit den Versuchsträgern unter realen Bedingungen,
 - Datenaufzeichnung für die verkehrliche Bewertung gemäß der vorgegebenen Szenarien für die Bewertung.

Weiterhin war die BMW AG verantwortlich für die Bereitstellung der ‚Service-Provider‘ Instanz und wirkte außerdem bei der Verifikation anderer Infrastrukturapplikationen des TP-US mit:

- US-7 – Service Provider:

- Umsetzung einer Instanz zur Darstellung eines Datenproviders an die Fahrzeuge (Service Provision),
- Inbetriebnahme des Service Provision Backendsystems und technisch/funktionale Tests.
- US-3 – Prognose der LSA-Schaltzeitpunkte:
 - Inbetriebnahme des Empfangs der Online vom Verkehrsmanagement zur Verfügung zu stellenden Prognosedaten für die Fahrzeugfunktionen US-1 Verzögerungsassistent und US-2 Grüne-Welle-Assistent auf dem Backend,
 - Codierung und Übermittlung der für das jeweilige Fahrzeug relevanten Daten entsprechend Standort und Fahrstrecke,
 - Empfang und Decodierung der Schaltzeitprognosedaten in Fahrzeug,
 - Analyse der beim Backend ankommenden Daten (inhaltlich),
 - Analyse der Verfügbarkeit/Updatefrequenz/Aktualität im laufenden Betrieb.
- US-4 – Prognose der Haltepunkte und Haltedauern:
 - Inbetriebnahme und Codierung/Übermittlung wie oben unter US-1 beschrieben (gemeinsames Backend System),
 - Empfang und Decodierung der prognostizierten Haltepunkte und Haltedauern im Fahrzeug,
 - Analyse der beim Backend ankommenden Daten (inhaltlich),
 - Analyse der Verfügbarkeit/Updatefrequenz/Aktualität im laufenden Betrieb.
- US-6 – Infrastrukturapplikation Grüne-Welle-Qualitätsmanagement:
 - Laufende Rückmeldung von BMW Flottendaten zur Absicherung der Grüne-Welle-Qualität.

2.1.6.2 Ergebnisse und Aktivitäten

Entsprechend der Planung beinhaltete das AP5000 von Seiten der BMW AG Aktivitäten bzgl. Inbetriebnahme, operativer Betrieb und Wartung, funktionale Tests und technische Verifikation, Analysen und Datenbereitstellung sowie Unterstützung der verkehrlichen Bewertung. Die Gesamtfunktion wurde dabei in einzelne Teilfunktionen wie Kommunikation zwischen Fahrzeug und Server, Parsen der empfangenen Daten, Aufbereiten der Schaltzeiten für die Fahrzeugfunktion und Interaktion mit dem Fahrer (HMI) aufgeteilt. Die Teilfunktionen wurden dann zunächst in einer hierfür entwickelten Laborumgebung und dann erst im Realverkehr verifiziert und validiert. Basierend auf den Ergebnissen und Analysen aus den Labor- und Feldtests wurde dann die Bewertung erarbeitet.

Zusammenfassend wurden folgende Leistungen und Ergebnisse erbracht (für eine detaillierte Beschreibung siehe auch UR:BAN Meilensteinbericht 4 [6]):

Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2

- Planung der Tests und Demonstrationen in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern, insbesondere Art und Umfang der gelieferten Daten, Ausarbeitung und Abstimmung Testfälle, zeitliche Planung, Abstimmung und Festlegungen zu den Testfeldern,
- Durchführung von initialen Testfahrten zum Nachweis der Eignung der verschiedenen Demo-Strecken sowie zur Festlegung der Strecken für die Abschlusspräsentation (Erweiterung Testfeld),
- Neugestaltung der HMI auf Basis der Testfahrten und der Erkenntnisse aus den Workshops mit der UR:BAN Säule „Mensch im Verkehr“, vgl. Abbildung 22.



Abbildung 22: Neuentwickelte HMI BMW Fahrzeugapplikation Grüne-Welle- und Verzögerungsassistent

- Erstellung eines Analyse-Tools auf Basis von Google-Earth™ zur Überwachung der Qualität und Verfügbarkeit der LSA Schaltzeitprognosen (siehe Abbildung 23 unten),
- Analysen zur Verfügbarkeit und Qualität der LSA-Daten und der Schaltzeitprognosen in Düsseldorf und Kassel sowie Aufbereitung für die Projektpartner,
 - Identifikation von technischen Problemen und Schwachstellen, z.B. nicht aktuelle bzw. fehlende LSA Daten,

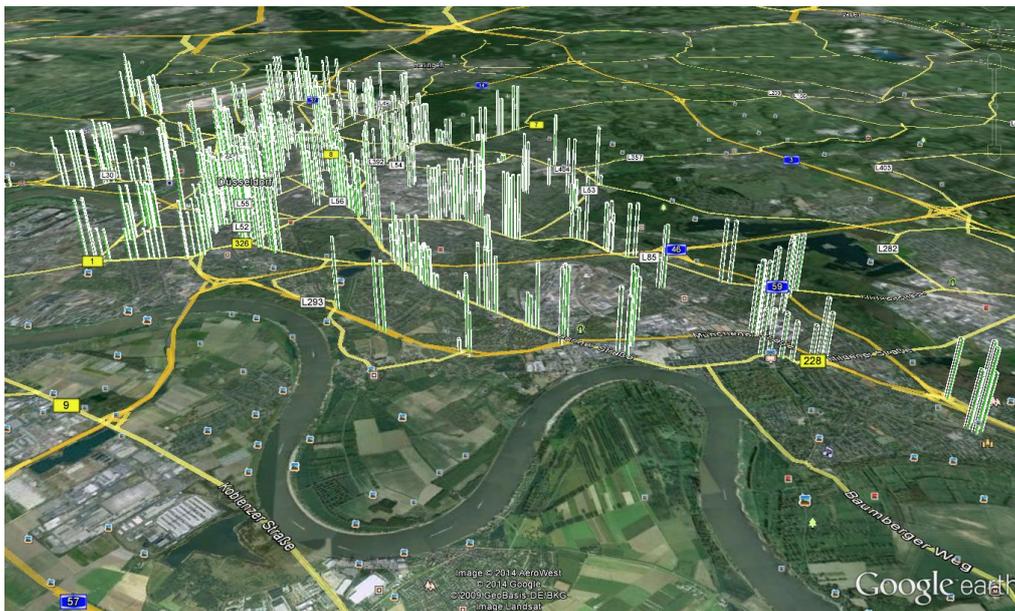


Abbildung 23: Analyse-Tool zur Darstellung von Knotenpunkten mit verfügbaren Ampelphasenprognosen in Düsseldorf (Visualisierung: Google Earth™)

- Anpassung der Planung der Tests und Demonstrationen soweit erforderlich, z.B. Art und Umfang der gelieferten Daten, Testfälle, zeitlicher Ablauf,
- Test und Verifikation der Fahrzeugapplikationen iterativ, d.h. mehrere Tage Feldtests und anschließende Weiterentwicklung im Labor; dazu wurde eine Laborentwicklungsumgebung zur Simulation von im Testfeld aufgezeichneten Fahrten aufgesetzt, sodass die Randbedingungen und Effekte der realen Testfelder nachgestellt werden konnten.
- Refinement der Fahrzeugapplikationen, insbesondere der Businesslogik und der HMI, auf Basis der Feld- und Labortests:
 - Umgang mit Verortungsungenauigkeiten vor allem an großen und komplexen Kreuzungen, bedingt durch die technischen Grenzen der eingesetzten Fahrzeug-Sensorik, des Mapmatching-Verfahrens, des Kartenmaterials und des Georeferenzierungsverfahrens für Haltelinien,
 - Verringerung von Unsicherheiten in der Routenschätzung zur Ermittlung der für das Fahrzeug relevanten LSA-Signalgruppe, durch Verfeinerung des verwendeten Verfahrens (Most Probable Path), sodass die Methode auch an komplexen Kreuzungen zumeist verlässliche Ergebnisse liefert,
 - Umgang mit Unsicherheiten in der Prognosen der Rückstaulängen und teilweise auch der Ampelschaltzeiten, durch Anpassungen der Fahrerempfehlung und der Darstellung in der HMI.
- Festlegung der Applikationseigenschaften zur Einpassung der Ergebnisse in die Simulation zur Bewertung,
- Erhebung von Daten während der Feldtests für die Bewertung der verkehrlichen Wirkung in dem mit den Partnern vereinbarten Datenschema (auch für den Base-Case ‚uniformierte Fahrt‘), vgl. Abbildung 25.

- Durchführung von zusätzlichen Tests und Erprobungen für die UR:BAN Abschlussveranstaltung,
- Wartung und Betrieb der Fahrzeugdemonstratoren sowie Support der Projektpartner.

Infrastrukturapplikation US-7 (Service Provider)

- Inbetriebnahme des Backendsystems, das die Fahrzeugapplikationen mit den benötigten Daten versorgt, u.a. Schaltzeitprognosen, Haltlinienverortung, Haltepunktprognosen, XFCD-Daten aus einer BMW Fahrzeugflotte für das Grüne-Welle-Qualitätsmanagement im Testfeld (Abbildung 24),
- Übertragung von Schaltzeitprognosen in Düsseldorf und Kassel mit ersten Analysen, wobei sich deutliche Unterschiede bzgl. des Schaltverhaltens der LSA in den beiden Testfeldern zeigten,
- Fehlersuche in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und Behebung von technischen Problemen sowie zeitweise Filterung von Schaltzeitprognosen mit zu geringer Prognose-schärfe,
- Durchführung von Kommunikations- und Integrationstests,
- Konsolidierung des BMW Backends zur Sicherstellung eines reibungslosen Betriebs,
- technische Erweiterungen und Detailanpassungen sowie betriebliche Optimierungen auf Basis der Integrationstests, z.B. Bereitstellung der Freigabezeiten aller LSA-Abbiegebeziehungen im Testfeld,
- Betrieb und Wartung der Applikation mit Sicherstellung des Zugriffs für die Projektpartner sowie Entwicklungs-Support.

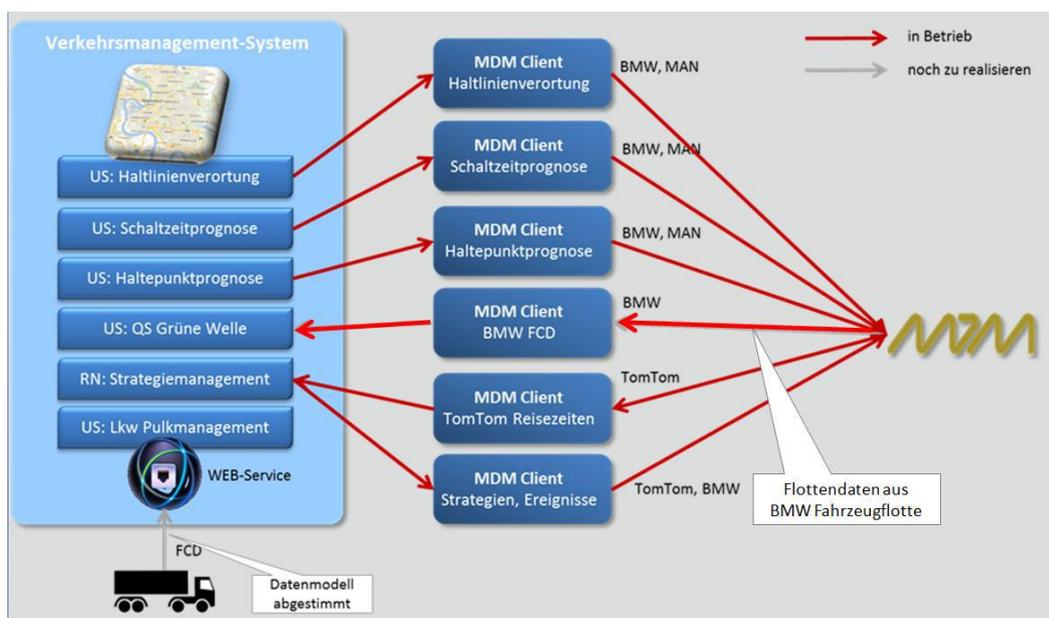


Abbildung 24: Dienste Schnittstellen Urbane Straße

- Timestamp: Milliseconds since 1970.01.01, UTC, analog TPEG-TSI, z.B. 1433750574096
- Latitude: WGS84, z.B. 6.7464820
- Longitude: WGS84, z.B. 51.2700080
- Vmin: km/h, z.B. 30.0, bzw. -1 falls nicht anwendbar
- Vmax: km/h, z.B. 50.0, bzw. -1 falls nicht anwendbar
- Vsoll: km/h, z.B. 50.0, bzw. -1 falls nicht anwendbar
- V: km/h, z.B. 43.0
- prognosis_state: 1=grün, 3=rot, (entspricht TPEG-TSI) bzw. -1 falls nicht anwendbar
- prognosis_probability: 50, 80, 95, 100
- prognosis_time: Prognostizierte verbleibende Phasendauer in Sek., z.B. 35 bzw. -1 falls nicht anwendbar
- distance: in Meter, z.B. 230 bzw. -1 falls nicht anwendbar
- application_type: GWA=0, VZA=1 bzw. -1 falls nicht anwendbar

Abbildung 25: Datenformat für die Rückmeldung von Befahrungsdaten für die verkehrliche Wirkungsbewertung

Die Evaluierung und Hochrechnung der verkehrliche Wirkungen hinsichtlich der Fahr- und Verkehrseffizienz sowie der Umweltwirkungen erfolgte durch mikroskopische Verkehrssimulationen der Projektpartner TU-München und TRANSVER, auf Basis der von BMW erhobenen und aufbereiteten Messdaten. Für die Ergebnisse wird auf den UR:BAN Meilensteinbericht 4 verwiesen ([6], Kapitel 3.3.2). Nachfolgend werden nur einige wichtige Resultate und eine Zusammenfassung wiedergegeben.

Zunächst wurden in Abstimmung mit den Projektpartnern für die Simulation Szenarien festgelegt, die unterschiedliche Ausstattungsraten (0%, 15%, 80% Anteil der Fahrzeuge mit aktiver US-1/US-2 Funktion am simulierten Gesamtverkehr) und Auslastungen bzw. Tageszeiten abbildeten (mittlere Auslastung 11:00-12:00 und hohe Auslastung 16:00-17:00). Weiterhin wurde das simulierte Versuchsnetz definiert (Abbildung 26).

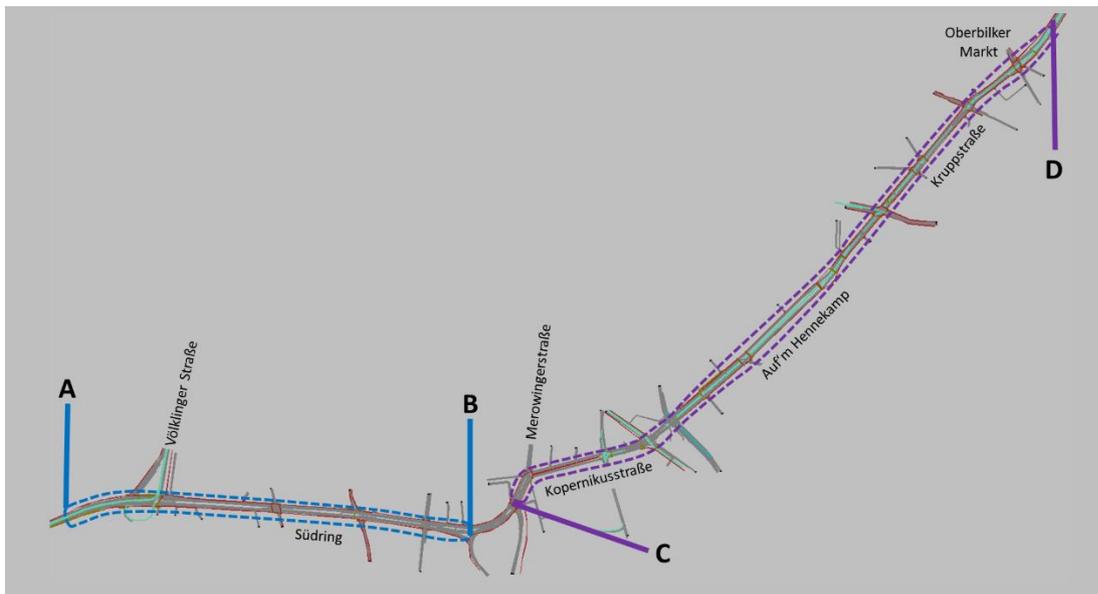


Abbildung 26: Auswertebereich für die Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen von US-1/2 BMW [6]

Anschließend wurde mit Hilfe der Simulation die verkehrliche Wirkung der BMW Fahrzeugfunktionen US-1/US-2 ermittelt. In der Effizienzbetrachtung wurden dabei die Änderungen der mittleren Einzelfahrzeuggeschwindigkeit v_m , der Anzahl der Halte n_{Halte} sowie der Reisezeit t_{RZ} berücksichtigt. Die Berechnung der mittleren Einzelfahrzeuggeschwindigkeit beinhaltete Fahrzeuge, welche sich auf der Hauptfahrbahn (Fahrtrichtung Ost \rightarrow West oder West \rightarrow Ost) befanden, wobei auch Teilabschnitte des Auswertebereiches betrachtet wurden. Für die Ermittlung der Reisezeit sowie der Anzahl der Halte wurden nur Fahrzeuge berücksichtigt, welche die jeweiligen Teilstrecken vollständig durchfahren. Es ist anzumerken, dass die Schaltzeitprognose für verkehrsabhängige LSA-Steuerungen sowie die Rückstauinformation in der Simulation nicht nachgebildet werden konnten.

Die Ergebnisse bzgl. der Verkehrseffizienz für normale und hohe Auslastungen sind in den nachfolgenden Übersichtstabellen dargestellt. Generell konnte für die BMW US-1/2-Funktiponen gezeigt werden, dass die streckenbezogenen Kenngrößen positiv beeinflusst werden, vor allem bei hohen Ausstattungsraten. Insbesondere die Anzahl der Halte wird meist signifikant reduziert, was ja ein wesentliches Ziel war. Auch für die Reisezeiten konnten für beide Ausstattungsraten und Verkehrsauslastungen signifikante Verbesserungen erzielt werden. Bei der mittleren Einzelfahrzeuggeschwindigkeit zeigten sich unterschiedliche Tendenzen, mit geringen Verschlechterungen wie auch Verbesserungen.

US-1/2 BMW		11 - 12 Uhr Ost -> West				11 - 12 Uhr West --> Ost				
		Südring		Kruppstraße		Südring		Kruppstraße		
		Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	
Effizienz (Strecke)	n _{Halte} [-]	ohne US-1/2	0,68		1,93		0,81		2,94	
		15%	0,68	0,2%	1,78	-7,6%	0,80	-1,6%	2,73	-7,1%
		80%	0,65	-4,2%	1,46	-24,4%	0,74	-8,2%	2,17	-26,0%
	t _{RZ} [s]	ohne US-1/2	130,98		296,47		129,48		304,76	
		15%	130,90	-0,1%	294,24	-0,8%	129,40	-0,1%	306,16	0,5%
		80%	130,93	0,0%	291,15	-1,8%	127,85	-1,3%	306,77	0,7%
		Mittelwert		Änderung		Mittelwert		Änderung		
Effizienz (Netz)	v _m [km/h]	ohne US-1/2	35,51		35,61					
		15%	35,48		-0,1%		35,49		-0,3%	
		80%	35,71		0,6%		35,22		-1,1%	

US-1/2 BMW		16 - 17 Uhr Ost -> West				16 - 17 Uhr West --> Ost				
		Südring		Kruppstraße		Südring		Kruppstraße		
		Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	
Effizienz (Strecke)	n _{Halte} [-]	ohne US-1/2	0,43		3,57		1,55		3,60	
		15%	0,38	-11,7%	3,56	-0,4%	1,51	-2,4%	3,41	-5,3%
		80%	0,25	-42,9%	2,70	-24,5%	1,41	-8,8%	2,93	-18,6%
	t _{RZ} [s]	ohne US-1/2	130,27		358,28		160,57		336,32	
		15%	129,70	-0,4%	358,75	0,1%	159,76	-0,5%	337,43	0,3%
		80%	127,83	-1,9%	341,68	-4,7%	158,52	-1,3%	340,54	1,3%
		Mittelwert		Änderung		Mittelwert		Änderung		
Effizienz (Netz)	v _m [km/h]	ohne US-1/2	34,51		32,15					
		15%	34,52		0,0%		32,15		0,0%	
		80%	34,92		1,2%		31,98		-0,5%	

Tabelle 5: Ergebnisübersicht der Effizienzbewertung von US-1/2 BMW für normale (oben) und hohe (unten) Verkehrsnachfrage [6]

Bei der Analyse der Umweltwirkungen wurden der mittlere Kraftstoffverbrauch (FC) sowie die Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC), Stickstoffoxiden (NO_x) und Feinstaub (PM) betrachtet. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die ermittelten Umweltkenngrößen für die untersuchten Szenarien mit mittlerer (oben) und hoher Verkehrsnachfrage (unten). Es

werden hierbei durchgehend positive und zum größten Teil auch signifikante Verbesserungen der Emissionskennwerte festgestellt. Auch der Kraftstoffverbrauch wird in allen betrachteten Szenarien signifikant gesenkt.

US-1/2 BMW		11 - 12 Uhr Ost -> West		11 - 12 Uhr West --> Ost		
		Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	
Umwelt (Netz)	FC [g/h]	ohne US-1/2	2171,43		2196,51	
		15%	1357,43	-0,4%	2018,51	-0,8%
		80%	1815,43	-1,6%	1451,51	-3,4%
	CO [g/h]	ohne US-1/2	25,54		28,72	
		15%	-14,46	-1,6%	-49,28	-2,7%
		80%	-227,46	-9,9%	-370,28	-13,9%
	HC [g/h]	ohne US-1/2	1,08		1,14	
		15%	0,08	-0,5%	0,14	-0,7%
		80%	-3,92	-4,4%	-8,86	-8,4%
	NOx [g/h]	ohne US-1/2	11,30		11,72	
		15%	-3,70	-1,3%	-9,28	-1,8%
		80%	-29,70	-3,6%	-55,28	-5,7%
	PM [g/h]	ohne US-1/2	0,65		0,37	
		15%	-1,35	-2,3%	-0,63	-2,8%
		80%	-4,35	-7,2%	-1,63	-6,4%

Tabelle 6: Ergebnisübersicht der Umweltbewertung von US-1/2 BMW für mittlere Verkehrsnachfrage (11-12 Uhr) [6]

US-1/2 BMW		16 - 17 Uhr Ost -> West		16- 17 Uhr West --> Ost		
		Mittelwert	Änderung	Mittelwert	Änderung	
Umwelt (Netz)	FC [g/h]	ohne US-1/2	2141,84		2087,23	
		15%	1516,84	-0,3%	1903,23	-0,9%
		80%	1925,84	-1,0%	1415,23	-3,2%
	CO [g/h]	ohne US-1/2	25,98		28,85	
		15%	-20,02	-1,8%	-75,15	-3,6%
		80%	-225,02	-9,7%	-355,15	-13,3%
	HC [g/h]	ohne US-1/2	1,08		1,14	
		15%	1,08	-0,2%	-2,86	-3,2%
		80%	-4,92	-5,3%	-7,86	-8,1%
	NOx [g/h]	ohne US-1/2	11,16		11,21	
		15%	19,16	0,7%	-10,79	-2,0%
		80%	-25,84	-3,3%	-48,79	-5,4%
	PM [g/h]	ohne US-1/2	0,35		0,35	
		15%	0,35	0,9%	-0,65	-2,3%
		80%	-0,65	-2,3%	-1,65	-6,1%

Tabelle 7: Ergebnisübersicht der Umweltbewertung von US-1/2 BMW für hohe Verkehrsnachfrage (16-17 Uhr) [6]

2.1.6.3 Zusammenfassung

Das AP 5000 beinhaltete die Aktivitäten bzgl. Inbetriebnahme, Test und Demonstration sowie Bewertung der im TP-US entwickelten Funktionen und Applikationen, wobei BMW vor allem für die Fahrzeugfunktionen US-1 und US-2 sowie die Applikation US-7 verantwortlich war.

Auf Basis der Integrationstests wurden bei den Implementierungen der Fahrzeugfunktionen und in geringem Umfang auch bei der Service-Provider Applikation (US-7) noch Fehlerbehebungen und Detailverbesserungen vorgenommen und die Implementierungen dann in Betrieb genommen. Anschließend wurden mit den Versuchsfahrzeugen umfangreiche Labor- und Feldtests durchgeführt, die auch zur Erhebung von Messdaten dienten. Diese wurden analysiert, aufbereitet und den Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Sie bildeten somit die Grundlage für die anschließende Wirkungsermittlung durch die Partner TU-München und TRANSVER.

Hinsichtlich der verkehrlichen Wirkung kann festgestellt werden, dass die BMW-Funktionen US-1 und US-2 einen deutlich positiven Einfluss auf die Anzahl der Halte haben, wobei der Einfluss mit höheren Ausstattungsraten steigt. Aufgrund der nicht nachgebildeten Schaltzeitprognose und Rückstauinformation verringern sich die positiven Wirkungen in der Simulation tendenziell, wenn der Einfluss der Verkehrsabhängigkeit bzw. der Rückstau an den Knotenpunkten steigt, sodass hier bei realen Umsetzungen mit weiteren Verbesserungen gerechnet werden kann. Die Auswirkungen auf Reisezeiten und mittlere Einzelfahrzeuggeschwindigkeiten sind geringer, aber ebenfalls positiv.

Die Steigerung der Verkehrseffizienz wirkt sich auch positiv auf die Umweltkenngößen aus. So können Kraftstoffverbrauch und Emissionen gesenkt werden, insbesondere der Ausstoß von Kohlenmonoxid wird stark reduziert. Die Ergebnisse sind hier für mittlere Verkehrsnachfrage besser als für hohe. Zusätzliche Berücksichtigung der Charakteristika des Fahrzeugtyps (Motorsteuerung, Gangwechselverhalten, usw.) bei der Parametrierung der Geschwindigkeitshinweise könnten ggf. weitere Reduktionen der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs zur Folge haben.

2.2 Zahlenmäßiger Nachweis

Die im Zusammenhang mit dem Projekt angefallenen Aufwände der BMW AG waren fast ausschließlich Personalausgaben. Es wurden zwar auch Leistungen in Form von Beauftragungen von Unterauftragnehmern und Materialbeistellungen erbracht, diese wurden jedoch nicht über das Projekt abgerechnet. Eine kleinere Position betraf das Projektbüro WES Office. Hier fielen für die BMW AG Kosten in Höhe von 44 Tsd. Euro an.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Projektsäule „Vernetztes Verkehrssystem“ (VV) der Forschungsinitiative UR:BAN hatte zum Ziel, die Effizienz des Verkehrsablaufs und den Ausstoß von Emissionen in urbanen Räumen zu optimieren und weiterhin die Sicherheit für „schwache“ Verkehrsteilnehmer zu steigern. Das Projekt behandelte damit Kernaspekte der bundesdeutschen Verkehrspolitik.

Die im Teilprojekt „Urbane Straßen“ (TP-US) im praktischen Betrieb demonstrierten kooperativen Systemlösungen erweitern das bisher verfügbare Spektrum an Möglichkeiten zur individuellen und kollektiven Ausgestaltung des Verkehrs um Möglichkeiten zur Einbeziehung von einzelnen Verkehrsteilnehmern. Bereits getätigte Investitionen von Bund und Kommunen in Verkehrsinfrastruktur und Telematik können in diese neuen Systeme integriert und somit ihre Werthaltigkeit gesteigert werden.

Schwerpunkt der BMW AG in UR:BAN-VV war die Entwicklung und Demonstration von innovativen Fahrzeugfunktionen für den motorisierten Individualverkehr, die auf Basis von Informationen aus dem Steuerungssystem geeignete Hinweise für die Fahrer erzeugen, sodass diesen eine verbrauchsreduzierte Fahrt durch das lichtsignalgesteuerte Stadtstraßennetz ermöglicht wird. Dabei wurde insbesondere darauf geachtet, dass die Fahrzeugfunktionen seriennah umgesetzt

wurden, sodass die im Projekt gewonnenen Erfahrungen direkt in eine spätere Produktentwicklung übernommen werden können.

Die ursprünglich für die BMW AG formulierten Projektziele konnten in allen wesentlichen Teilen umgesetzt werden. Insbesondere konnte der Nachweis erbracht werden, dass die kooperativen Lösungen US-1 „Verzögerungsassistent“ und US-2 „Grüne-Welle Assistent“ in die bestehende Verkehrsinfrastruktur integriert werden können und unter realen Bedingungen operabel sind. Weiterhin konnten durch die Fahrzeugfunktionen hinsichtlich der verkehrlichen und umweltrelevanten Wirkungen signifikante Verbesserungen erzielt werden.

2.4 Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses

BMW hat die Einführung von „intelligente[n] Assistenzsysteme[n], die unseren Kunden helfen, ihre individuelle Mobilität durch Vorausschau noch besser zu managen, wie zum Beispiel die Vorhersage von Ampelphasen“¹ auf der Bilanzpressekonferenz 2016 in Aussicht gestellt. Dieser Kundenfunktion wird entsprechend hohe Bedeutung beigemessen. Die hinsichtlich der Fahrzeugumsetzung in UR:BAN gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Serienentwicklung ein. Für die Serieneinführung entscheidend ist die Verfügbarkeit von flächendeckenden Providerdaten (Ampelpositionen und Ampelphasenprognosen). Mit UR:BAN konnten wichtige Impulse gesetzt werden, die mehr und mehr dazu führen, dass sich Provider formieren und das Geschäft mit Ampelphasenprädiktionen für die Automobilindustrie aufbauen und professionalisieren. Der Zeitpunkt der Serieneinführung richtet sich nach den Gegebenheiten in den jeweiligen Märkten und stand zum Zeitpunkt des Projektabschlusses noch nicht fest.

¹<https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0258272DE/bilanzpressekonferenz-2016:-reden-und-praesentation-von-harald-krueger-vorsitzender-des-vorstands-der-bmw-ag-dr-friedrich-eichiner-mitglied-des-vorstands-der-bmw-ag-finanzen-und-klaus-froehlich-mitglied-des-vorstands-der-bmw-ag-entwicklung?language=de>

2.5 Fortschritte bei anderen Stellen

BMW unterstützt seit 2015 in den USA die A4A Applikation „Enlighten“, die Fahrempfehlungen an Ampeln und Ampelphasenprognosen darstellt. Die Applikation wurde vom BWM Technology Office entwickelt und nutzt Daten des amerikanischen Providers Connected Signals. Die Applikation zeigt Daten für mehrere amerikanische Städte und stellt einen ersten Schritt hin zu einer flächendeckenden Serieneinführung dar. Die Ausgangssituation für Provider hinsichtlich Ampelphasenprädiktion ist in den USA als etwas günstiger zu bewerten als in Deutschland, da die Heterogenität der Ampelverkehrssysteme geringer ist.

2.6 Veröffentlichungen

Neben der in 2.1.2.2 genannten Ergebnisverbreitung sind keine weiteren Veröffentlichungen geplant.

LITERATUR UND REFERENZEN

- [1] Forschungsinitiative UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem, Forschungsantrag August 2013
- [2] Forschungsinitiative UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem, Meilensteinbericht 1, Teil 1: Anwendungsfälle, April 2013
- [3] Forschungsinitiative UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem, Meilensteinbericht 1, Teil 2: Spezifikation, April 2013
- [4] Forschungsinitiative UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem, Meilensteinbericht 2, Integration und Aufbau Versuchsträger, Dezember 2013
- [5] Forschungsinitiative UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem, Meilensteinbericht 3, Testfeldaufbau und Versuchsplanung, November 2014
- [6] Forschungsinitiative UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem, Meilensteinbericht 4, Bewertung, März 2016