

Forschungsinitiative Aktiv

Adaptive und kooperative Technologien
für den intelligenten Verkehr

Schlussbericht

**Beitrag des
Zwendungsempfängers:** Robert Bosch GmbH
Robert-Bosch-Platz 1
70839 Gerlingen-Schillerhöhe

zum Teilprojekt: Aktiv-Verkehrsmanagement

Laufzeit: 01.09.2006 – 31.12.2010

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen **19 P 6018 H** gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Inhalt

I	kurze Darstellung	3
1	Aufgabenstellung	3
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	4
3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	5
4	wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	6
5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
II	eingehende Darstellung	8
1	erzielte Ergebnisse	8
2	voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse	30
3	bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	31
4	erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse	31

I kurze Darstellung

1 Aufgabenstellung

Die Adaptive Navigation ist das Teilprojekt innerhalb von Aktiv-VM, das sich mit den Applikationen im Fahrzeug befasst. Das Fahrzeug dient dabei nicht nur als Empfänger und Anwender von empfangenen Informationen für individuelle Zwecke, sondern auch als Sensor, Datensammler und –verarbeiter, sowie als Sender von gesammelten, verdichteten und anonymisierten Daten zu kollektiven Zwecken.

Die Verwendung empfangener Informationen zur Routenplanung, Zielführung und Informationsbereitstellung für den Fahrer dient zum einen zwar der optimalen Erfüllung individueller Bedürfnisse zum anderen aber auch der optimalen Auslastung des Straßennetzes durch die hiermit erreichbare Verteilung von Verkehrsströmen. Dazu werden u. a. strategiebasierten Informationen im Routing zur Wegewahl verwendet. Die Information wird darüber hinaus für den Fahrer so aufbereitet, dass sie routenbasiert und situativ zur Anzeige kommt.

Von der Informationsplattform werden Nachrichten entweder indirekt und kleinräumig via Road-Side-Units oder direkt und flächendeckend über ein Broadcast-Medium oder einen Web-Service zur Verfügung gestellt. Im eher kleinräumigen Bereich ist die Kooperation mit der Virtuellen VBA eine der möglichen Anwendungen.

Für großräumige Anwendungen (Aktuelle Verkehrslagen / Prognosen) und Strategien werden Daten über die Informationsplattform bezogen. Als „Wide-Range-Communication Channel“ kam ein Web-Service über UMTS zum Einsatz.

Die Kommunikationsprotokolle für groß- und kleinräumige Anwendungen wurden aufeinander abgestimmt.

Für die Adaptive Navigation waren zwei Technologieplattformen vorgesehen:

Die Implementierung auf einer seriennahen Fahrzeugplattform sollte zeigen, wie ein zukünftiges Produkt aussehen wird, das auch mit anderen Fahrzeugfunktionen interagiert.

Die verkehrliche Wirksamkeit der Applikationen der Adaptiven Navigation sollte durch ein PDA basiertes System gezeigt werden, das in einer größeren Anzahl von Einheiten für einen Feldtest eingesetzt werden sollte.

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Moderne Kommunikationstechnologien und gesteigerte Rechenleistung in Fahrzeugen und Infrastruktur waren Voraussetzung für die verbesserte Erfassung, Verarbeitung und Weiterleitung von Informationen in dem vorgesehenen dezentralen, kooperativen System von teilautonomen Komponenten.

Fahrzeuge spielten in diesem Konzept nicht mehr nur eine Rolle als Informationsnutzer, sondern auch als Informationsquelle. Durch dieses kooperative, aber auch integrierte Konzept, ließ sich insgesamt eine sicherere und effektivere Abwicklung des Verkehrs mit der Infrastruktur erreichen.

Voraussetzung hierfür war die Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation sowie deren Vernetzung mit infrastrukturseitigen Systemen, wie z. B. Schilderbrücken oder Lichtsignalanlagen.

Das Verkehrsmanagement, das im Wesentlichen aus kollektiven Informations- und Steuerungssystemen besteht, wurde um Interaktionsmöglichkeiten erweitert in ein Gesamtkonzept eingebunden werden.

Die Kopplung von fahrzeugseitigen und infrastrukturgestützten Systemen soll durch folgende Entwicklungen wesentlich besser möglich sein:

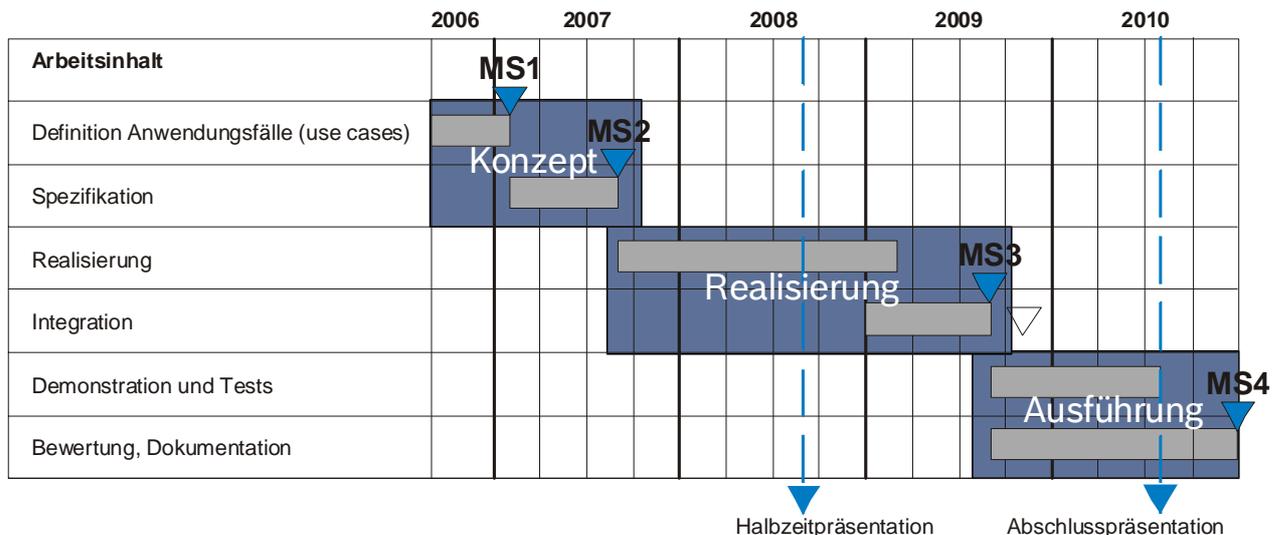
- Fortschritte in der Informationstechnik führten dazu, dass in der Fahrzeugelektronik Daten in großem Umfang erfasst und insbesondere situativ verarbeitet werden konnten. Bestehende Sensorik im Fahrzeug wurde mitgenutzt, wodurch zusätzliche Kosten vermieden wurden.
- Fahrzeuge wurden durch die realisierten Anwendungen zu Datenquellen und damit zu aktiven Partnern des Verkehrsmanagements.

Ergebnisse aus vorausgegangenen Forschungsvorhaben wurden soweit wie möglich angewandt und entsprechende Technologien eingesetzt. Erweiterungen wurden nur vorgenommen werden, wenn notwendig. So konnte für Applikationsentwicklungen bereits auf umfangreiche Grundlagen zurückgegriffen werden.

So wurden vor allem im Rahmen der Forschungsinitiative INVENT erzielte Ergebnisse mit weiterführenden Ansätzen in AKTIV-VM kombiniert und zu innovativen Lösungsansätzen fortentwickelt.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Entwicklung in den Teilprojekten erfolgte nach einheitlichen, synchronisierten Schritten, die inhaltlich abgestimmt das Zusammenwirken im Gesamtsystem gewährleisten. Es wurden im Verlauf des Projekts die folgenden Phasen durchlaufen (siehe untenstehende Abbildung):



Als erstes erfolgte die Definition von Anwendungsfällen des Systems. Dazu gehörten die jeweilige verkehrliche Situation sowie die Anforderungen der Nutzer an das System. In dieser Phase wurden die Zielsetzungen weiter konkretisiert. Die Phase wurde mit dem 1. Meilensteinbericht abgeschlossen.

Auf Basis der Anwendungsfälle erfolgte die Spezifikation der Applikationen und der Schnittstellen zwischen diesen. Sowohl Inhalte wie Abläufe waren dabei von Bedeutung.

Durch die vorausgegangene Verfeinerung der Spezifikation der Applikationen und deren Schnittstellen konnte die Phase der Realisierung weitgehend unabhängig zwischen den Partnern erfolgen.

Durch den Ausstieg der DDG aus dem Projekt in 2008 wurden Anpassungen technischer Inhalte notwendig, die jedoch ohne Einfluss auf den Gesamtzeitplan, das Systemkonzept und die benötigten Mittel blieben.

Nach Abschluss der Realisierungsphase erfolgte die Integration der Systemkomponenten. In dieser Phase wurden noch Fehler erkannt und behoben. Wesentliche Rückwirkungen auf die Spezifikationen und Realisierungen traten nicht auf. Schon während der Integrationsphase konnten erste Tests durchgeführt werden. Mit Abschluss der Phase waren die Demonstratoren zur Vorführung bereit.

Die Demonstration der Applikationen fand im Wesentlichen während der Abschlussveranstaltung in Mendig am 23./24.06.2010 statt. Der ursprünglich geplante Einsatz einer Testflotte von ca. 40 Fahrzeugen wurde im Umfang wesentlich reduziert, ohne jedoch damit die erwarteten Ergebnisse zu gefährden.

Die Bewertung der Applikationen erfolgte auf der Grundlage der in den Anwendungsfällen definierten Zielsetzungen sowie unter Einbindung bereits vorgenommener Feldtests.

Die Arbeiten der einzelnen Partner wurden koordiniert. Hierzu fanden regelmäßigen Teilprojektsitzungen statt, in denen die beteiligten Partner organisatorische und technische Schnittstellen abstimmen konnten. Darüber hinaus wurden zur Koordination zwischen den Teilprojekten Sitzungen der Teilprojektleiter einberufen. In sogenannten „großen Runden“ wurden Themen von allgemeinem Projektinteresse zwischen den Projektpartnern behandelt.

4 wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Für die Entwicklung der AKTIV Applikationen waren neben den Ergebnissen aus der Forschungsinitiative INVENT die Ergebnisse weiterer Initiativen, Projekte und Standards von Bedeutung:

TMC ist heute das Standardverfahren zur Übertragung von Verkehrs- und Reiseinformationen und deren automatischer Weiterverarbeitung in den Fahrzeugen. TMC wird heute vornehmlich über Broadcast (FM Kanal) ausgestrahlt, kann aber auch von anderen Kommunikationskanälen unterstützt werden.

TPEG bietet als leistungsfähiges Protokoll zur Nutzung der DAB/DVB Technologie für Verkehrsdienste (z.B. TPEG Automotive Protocol TAP) vielfältige Möglichkeiten zum Broadcast von Verkehrs- und Reiseinformationen. Dies gilt sowohl für öffentliche als auch für kommerzielle Dienste.

Die DAB-Initiative Mobile.Info entwickelt ein spezielles TPEG Profil, das auf die Anforderungen von Navigationsdiensten zugeschnitten ist. Auf diesen marktnahen Entwicklungen konnte in AKTIV aufgebaut und Arbeitsergebnisse konnten genutzt werden.

Im Rahmen vom europäisch geförderten Projekt GST im Teilprojekt Safety Channel, wurde die Übertragung von schwerpunktmäßig sicherheitsrelevanten Verkehrsmeldungen über DAB getestet. Diese Meldungen wurden gemäß dem TPEG-TEC Protokoll kodiert.

Seit 2007 übernimmt TISA (Traveller Information Services Association) die Aktivitäten des TMC-Forums, des TPEG-Forums und des Mobile.Info Projekts und treibt die Weiterentwicklung und Standardisierung von TPEG.

Das Europäische Car2Car-Projekt (seit Jan. 2005) untersucht die Einsetzbarkeit von Wireless LAN (WLAN) multi-hop Kommunikationstechnologien zur Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation zur schnellen lokalen Verkehrsinformation.

Im Projekt NoW (Network on Wheels) wurden technische Fragen über die Kommunikationsprotokolle und Datensicherheit bei der Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation untersucht. Die Ergebnisse sind in den Standardisierungsaktivitäten des Car2Car-Consortiums eingeflossen.

5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Mit dem AGORA-C-Konsortium wurde die kostenlose Nutzung der AGORA-Methoden zu Forschungszwecken vereinbart.

Die Spezifikation des TPEG-TFP-Protokolls (Traffic Flow and Prediction), dessen Entwicklung im Rahmen von Aktiv angefangen wurde, wurde von TISA standardisiert.

II eingehende Darstellung

1 erzielte Ergebnisse

Teilprojektkoordination

Die Robert Bosch GmbH koordinierte die Entwicklungsarbeiten zwischen den Partner des Teilprojektes „Adaptive Navigation“ sowie zwischen diesem Teilprojekt und den anderen Teilprojekten in Aktiv-VM. Hierzu gehörte u. a. die halbjährliche Zusammenfassung der in Firmenberichten dokumentierten Arbeiten zu einem gemeinsamen Teilprojektbericht.

Zwischen den Teilprojektpartnern der „Adaptiven Navigation“ fanden mehrfach jährlich Teilprojektsitzungen statt, in denen alle Themen behandelt wurden, die eine Abstimmung untereinander erforderlich machten. Durch die zeitliche und örtliche Synchronisation dieser Teilprojektsitzungen mit denen der anderen Teilprojekte in Aktiv-VM war es möglich, übergreifende, vornehmlich technische Themen in sogenannten „großen Runden“ zeitnah und ohne zusätzlichen Reiseaufwand in einem weiten Kreis von Teilnehmern zu behandeln.

Planerische und organisatorische Themen zwischen den Teilprojekten in Aktiv-VM wurde seitens Bosch als Vertreter für die „Adaptive Navigation“ in den regelmäßig stattfindenden Teilprojektleitersitzungen behandelt. Bosch koordinierte auch die Demonstratoren zur Halbzeit- und Abschlussveranstaltung für die Adaptive Navigation in Zusammenarbeit mit dem WES-Office.

In zwei der drei Innovations- und Kooperationsforen vertrat Bosch die „Adaptive Navigation“ durch Vorträge. Insgesamt konnte durch die o. a. Aktivitäten ein weitestgehend störungsfreier und planmäßiger Projektablauf gewährleistet werden.

Architektur & Kommunikation

Die Systemarchitektur wurde ausgehend von den zum Meilenstein 1 definierten Anwendungsfällen erstellt. Hierzu war eine intensive Abstimmung mit den Projektpartnern notwendig. Sie war deshalb Gegenstand mehrerer Teilprojekttreffen. Bosch konzentrierte sich insbesondere auf die Kommunikation mit der Informationsplattform, während die Kommunikation mit der Virtuellen VBA über die RSU vom Projektpartner Ford realisiert wurde.

In mehreren Konzeptpapieren wurden die Anforderungen an die Kommunikation ermittelt und abgestimmt. Diese betrafen in erster Linie die erforderlichen Datenmengen und die Verfügbarkeit der Übermittlungskanäle. Die Anforderungsermittlung konnte unabhängig von der Wahl des Kommunikationsmediums erfolgen, so dass

durch die im Projektverlauf erforderliche Umstellung der Übertragung von DAB auf Mobilkommunikation keine Revision notwendig war.

Übertragungsverfahren ins Fahrzeug

Um die beste Route zu berechnen, nutzt die Adaptive Navigation statische Reisezeiten aus der digitalen Karte, im Fahrzeug ermittelte, individuelle Reisezeiten sowie prognostizierte Verkehrsinformationen aus aktuellen Verkehrslagen und historischen Aufzeichnungen. Letztere werden von der Informationsplattform gesammelt, aggregiert und den Fahrzeugen, in Form von Verkehrsmeldungen, zur Verfügung gestellt.

Die Robert Bosch GmbH analysierte in Zusammenarbeit mit den Partnern aus den Teilprojekten Adaptive Navigation, Informationsplattform und Netzoptimierer in Frage kommende Kommunikationstechnologien (DAB, WLAN und GSM/UMTS).

Die folgenden drei Modelle wurden als geeignet zur Übertragung der geplanten Verkehrsinformationen ins Fahrzeug identifiziert.

Die folgende Abbildung zeigt diese möglichen Übertragungsmodelle.

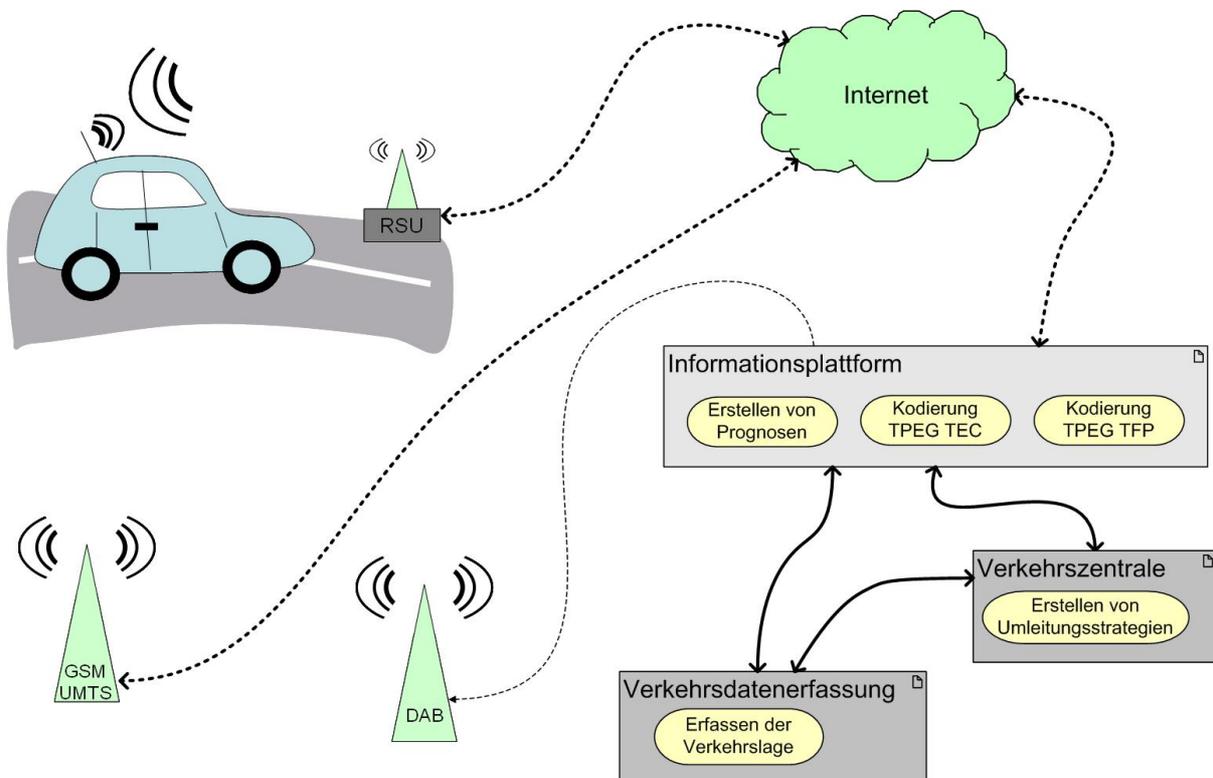


Abbildung II-1 Übertragungswege

Übertragung über DAB

Die Übertragung über DAB bietet folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- kostenfrei für den Benutzer
- verwendet vorhandene Infrastruktur
- bietet ein variable Übertragungsrate
- Zusatzdienste sind (kostenpflichtig) möglich
- steigendes Angebot an Endgeräten

Nachteile:

- Bandbreite ist kostenpflichtig für den Anbieter
- kein Rückkanal vom Fahrzeug zur Zentrale, da unidirektionaler Broadcast.

DAB eignet sich somit besonders für die großflächige Übermittlung von Verkehrslagen und -Prognosen sowie von großräumigen Umleitungsstrategien.

Die folgende Abbildung zeigt den Ablauf der adaptiven Navigation unter Einsatz von DAB:

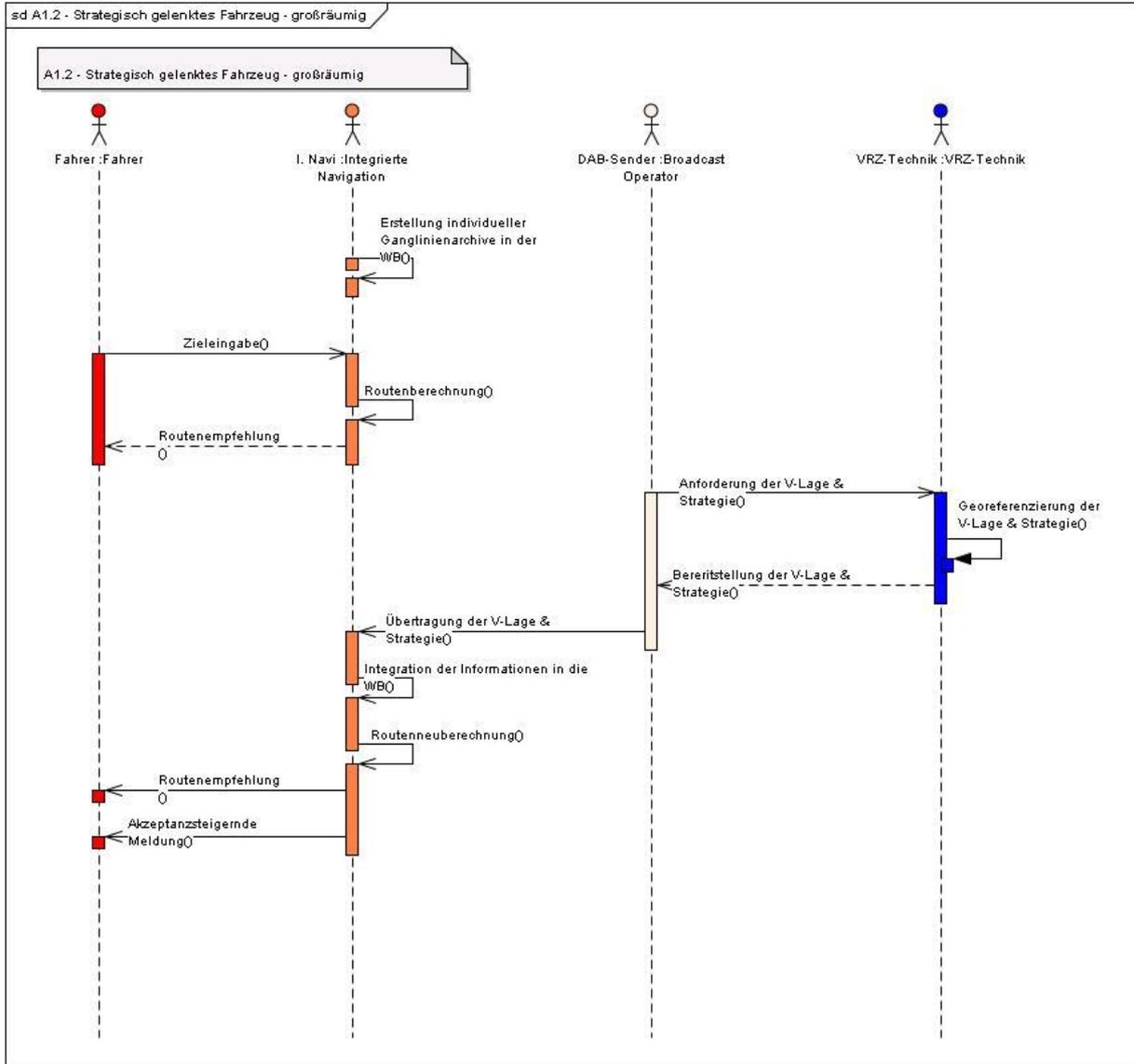


Abbildung II-2: Übertragung über DAB

Übertragung über RSUs

Die Übertragung über RSUs bietet folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- ermöglicht die gezielte, räumlich eng begrenzte Informationsübertragung

Nachteile:

- nicht vorhandene Infrastruktur
- flächendeckende Infrastruktur ist extrem aufwändig
- begrenztes Übertragungsvolumen (da Funkkontakt i. d. R. sehr kurz)
- möglich Abschattung durch andere Verkehrsteilnehmer

Wegen der o. g. Nachteile ist die Übertragung von Verkehrsnachrichten über RSUs nur für ausschließlich lokal relevante Verkehrsinformationen sinnvoll. Hierzu können z. B. Informationen über Schaltungen von Ampeln, Wechselverkehrszeichen, Wechselwegweiser oder über lokale Umgehungen von Störungen gehören.

Letztere Anwendung wäre auch für die Adaptive Navigation als Ergänzung zu den anderen Übertragungswegen sinnvoll.

Abbildung II-3 zeigt den Ablauf der Adaptiven Navigation unter Einsatz von RSUs.

Übertragung über Mobilfunk (GSM/UMTS)

Die Übertragung über Mobilfunk bietet folgende Vor- und Nachteile.

Vorteile:

- Bidirektionale Kommunikation, ermöglicht die Selektion von Meldungen für das individuell interessante Gebiet
- Infrastruktur ist vorhanden
- Nahezu lückenfreie Netzabdeckung

Nachteile:

- Kommunikation kostenpflichtig für den Nutzer

Das Mobilfunknetz ermöglicht den mobilen Zugang zum Internet, somit ist es auch geeignet zum gezielten Abruf von Verkehrsnachrichten.

Diese Lösung ist für Dienstanbieter besonders günstig, da diese, bis auf den Web-Server keine weitere Infrastruktur zur Verfügung stellen müssen.

Für die Nutzer ist diese Lösung auf Grund der Verbreitung von Mobiltelefonen gut geeignet. Durch Nutzung von pauschalen Datentarifen entstehen keine weiteren Verbindungskosten. Die Verbindung zwischen Mobiltelefon und Navigationssystem kann über Bluetooth erfolgen. Falls die Navigation auf dem Mobiltelefon läuft, ist diese Verbindung nicht notwendig.

Der Ablauf der adaptiven Navigation unter Einsatz von Mobilfunk erfolgt analog wie für das RSU-Modell gezeigt. Das Navigationssystem hat jedoch zudem die Möglichkeit, eine Gebietsbegrenzung vorzunehmen.

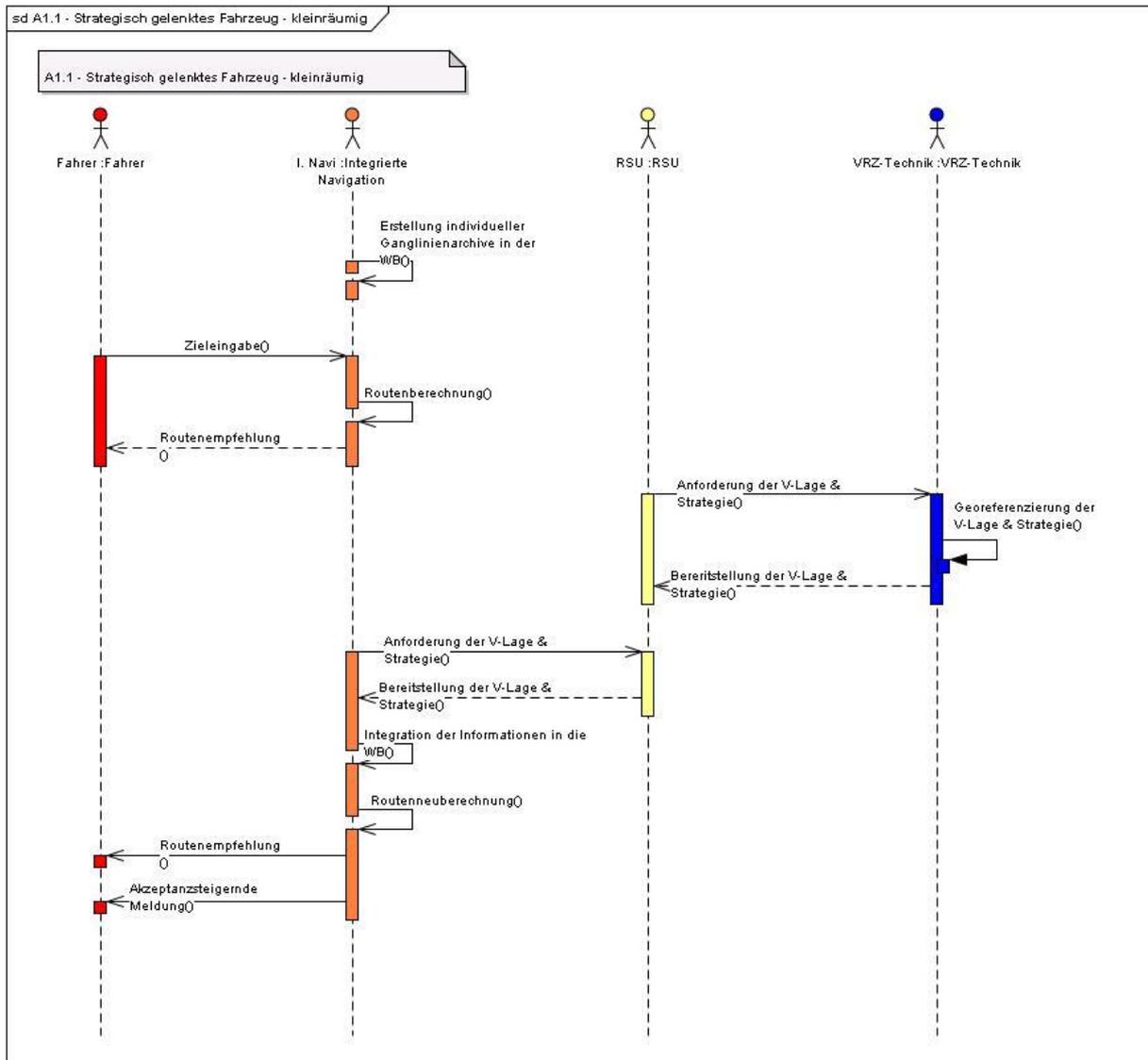


Abbildung II-3: Übertragung über RSUs

Realisiertes Übertragungsverfahren

Die Robert Bosch GmbH plante zu Anfang des Projektes die Realisierung der Übertragung über DAB und RSUs. Dabei sollte DAB zur Übertragung von regionalen und überregionalen Verkehrsmeldungen dienen. RSUs sollten zur Verbreitung von lokalen Meldungen an Baustellen oder Ereignissen mit begrenzten Auswirkungen.

Durch den Ausstieg des Partners DDG aus dem Projekt fehlte ein wichtiges Glied in der Meldungskette. Die Übertragung über DAB war nicht mehr realisierbar. Die Übertragung wurde stattdessen über den Mobilfunk realisiert.

Von der Realisierung der Kommunikation über RSUs wurde bei Bosch abgesehen, da kein Projektpartner über diesen Kanal Informationen für die optimierte dynamische Navigation - dem Arbeitsschwerpunkt der Robert Bosch GmbH – bereitstellte und ein weiterer Zusatznutzen nicht gesehen wurde. Die Kommunikation einer Navigation mit der Virtuellen VBA wurde vom Projektpartner Ford realisiert.

Meldungsinhalte und Formate

Die Robert Bosch GmbH legte großen Wert darauf, standardisierte Verkehrsnachrichtenprotokolle zu verwenden. So wurde zur Kodierung von Verkehrslagen und strategischen Umleitungsempfehlungen das TPEG TEC-Protokoll (Traffic Event Compact) verwendet. In dieses Protokoll sind bereits Erkenntnisse eingeflossen, die im Rahmen vom Projekt INVENT gewonnen wurden.

Zur Kodierung von Verkehrsprognosen wurden in Abstimmung mit den Projektpartnern Meldungsinhalte definiert. Diese sind unmittelbar in die Standardisierung des TPEG TFP-Protokolls (Traffic Flow Prediction) eingeflossen.

Sowohl TPEG TEC als auch TPEG TFP setzen bei der Georeferenzierung auf bewährte Standards wie TMC und AGORA-C.

Mit dem realisierten Demonstrator konnte die Robert Bosch GmbH die Nutzbarkeit und Effizienz der genannten Übertragungsverfahren und Protokolle nachweisen.

Informationsmanagement im Fahrzeug

Die Robert Bosch GmbH entwickelte einen Demonstrator, der in der Lage ist, Verkehrsnachrichten, gemäß TPEG Standard und den Protokollen TEC und TFP zu dekodieren, deren Inhalt zu verarbeiten und die Informationen zu verwalten. Zu letzterem gehören Speicherung, Priorisierung, Aggregation und Löschung.

Die Verarbeitung der Verkehrsnachrichten beginnt mit dem Abruf derselben aus dem von der Informationsplattform bereitgestellten Internetdienst. Zur Übertragung wird, wie im vorigen Kapitel beschrieben, eine Verbindung über das GSM/UMTS Netz aufgebaut.

Die empfangenen TPEG-konformen Daten setzen sich aus sogenannten *service frames* zusammen. Dabei beinhaltet jeder *service frame* eine Zahl von TEC oder TPEG Nachrichten. Während der Feldversuche handelte es sich um 300 bis 400 aktuelle Verkehrsnachrichten.

Nachdem die *service frames* identifiziert und aus den gesamten TPEG Daten extrahiert wurden, werden die enthaltenen Verkehrsnachrichten einzeln gelesen und an den *Message Interpreter* übermittelt.

Aufgabe des *Message Interpreters* ist es, den Inhalt der Nachrichten zu analysieren und die Nachrichten in eine Form bringen, die von den weiteren Teilen der Adaptiven Navigation verarbeitbar ist. Unter anderem muss der *Message Interpreter* prüfen, ob eine empfangene Verkehrsnachricht eine neuere Version aufweist als ggfs. bereits vorhandene, ob die Aktualität und die Gültigkeit gegeben sind und ob eine Priorisierung gegenüber anderen Nachrichten erfolgen muss.

Nach der Verarbeitung im *Message Interpreter* entscheidet sich, ob ein neuer Eintrag in der *Message Data Base* erfolgen, ein alter Eintrag aktualisiert oder gelöscht werden soll. Einträge in der *Message Data Base* enthalten jeweils alle in der Verkehrsnachricht kodierten Informationen.

Die Einträge in der *Message Data Base* werden zyklisch auf ihre Aktualität geprüft. Wird hier eine Änderung festgestellt, so wird der georeferenzierte Ort aus der Nachricht decodiert und der entsprechende Eintrag in der *Knowlege Base* angepasst.

Die *Knowlege Base* wertet außerdem Sensor Daten aus. Letztere werden durch geeignete Fahrzeugschnittstellen bereitgestellt. Die *Knowlege Base* ist somit in der Lage, ihr Wissen über Fahrzeiten auf befahrenen Strecken zu unterschiedlichen Tageszeiten und an den unterschiedlichen Wochentagen anzupassen. Dieses Wissen wird nach der Datenfusion (siehe Kapitel Datenfusion im Fahrzeug) über geeignete Schnittstellen bereitgestellt. Die Routenberechnung wurde so optimiert, dass diese Daten mitberücksichtigt werden.

Weiterhin erstellt die *Knowlege Base* Datenpakete, die in regelmäßigen Abständen (aber nicht in Echtzeit) an Verkehrszentralen geschickt werden können. In den Verkehrszentralen werden aus diesen Datenpaketen historische Verkehrsflüsse erstellt, die sowohl zur Erstellung von Prognosen als auch zur Auswertung und Anpassung von umgesetzten Umleitungsstrategien genutzt werden können.

In Abstimmung mit den Projektpartnern spezifizierte die Robert Bosch GmbH den Inhalt der genannten Datenpakete. Diese enthalten neben Positionsdaten und Zeitstempeln optional auch Sensordaten, zum Beispiel Beschleunigungs-, Lenkwinkel-, ESP- und Temperaturdaten. Datenschutzaspekte wurden dabei berücksichtigt.

Abbildung II-4 zeigt den gesamten Ablauf vom Empfang von Nachrichten bis zur Bereitstellung berechneter Ganglinien. Ganglinien beschreiben die Änderung der Reisezeiten auf einem Straßenstück über die Tageszeit. Unterschiede an Wochentagen werden dabei berücksichtigt. Sonderfälle wie Feiertage, Ferien etc. können grundsätzlich auch berücksichtigt werden.

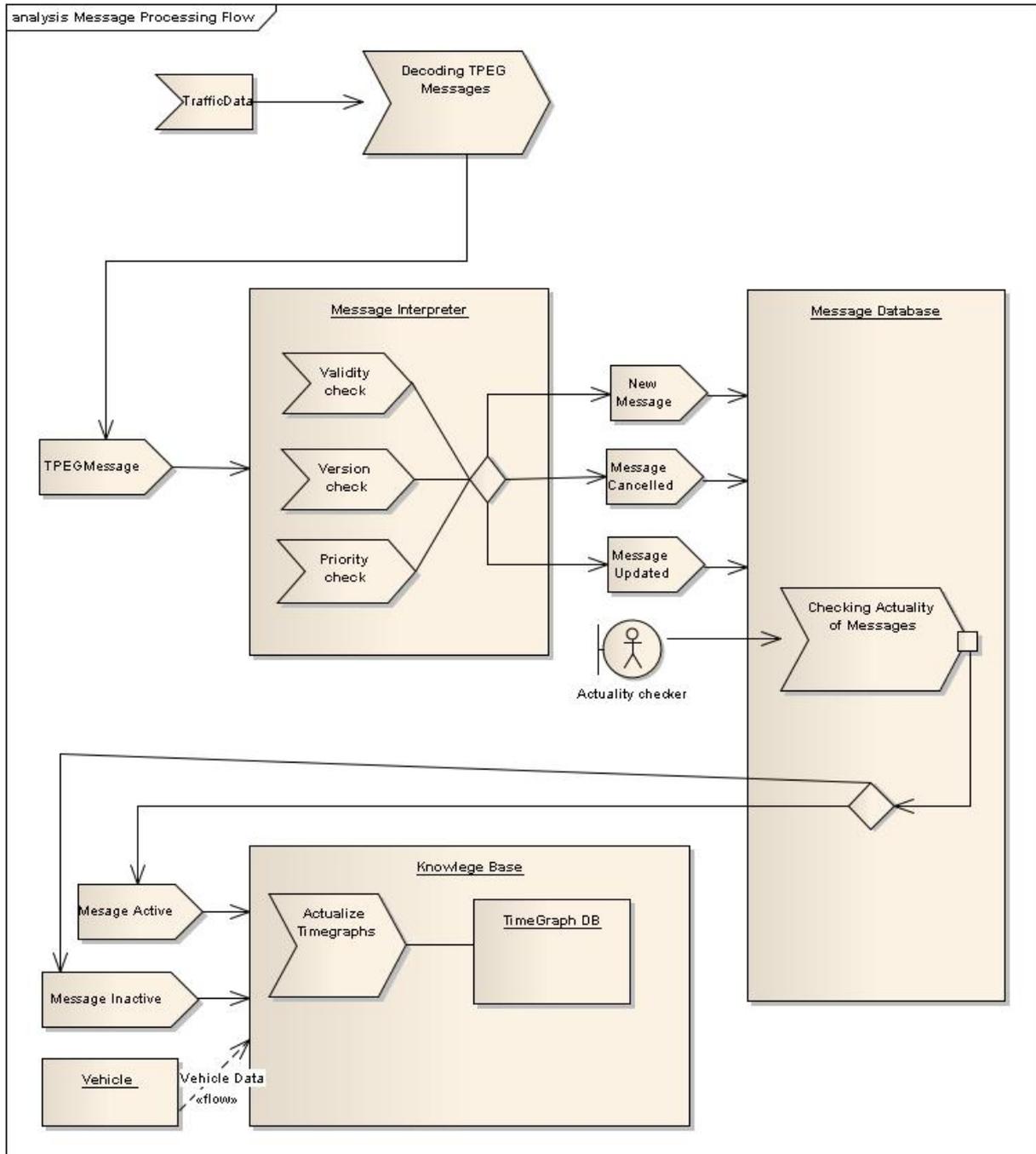


Abbildung II-4: fahrzeug-interne Wissensbasis

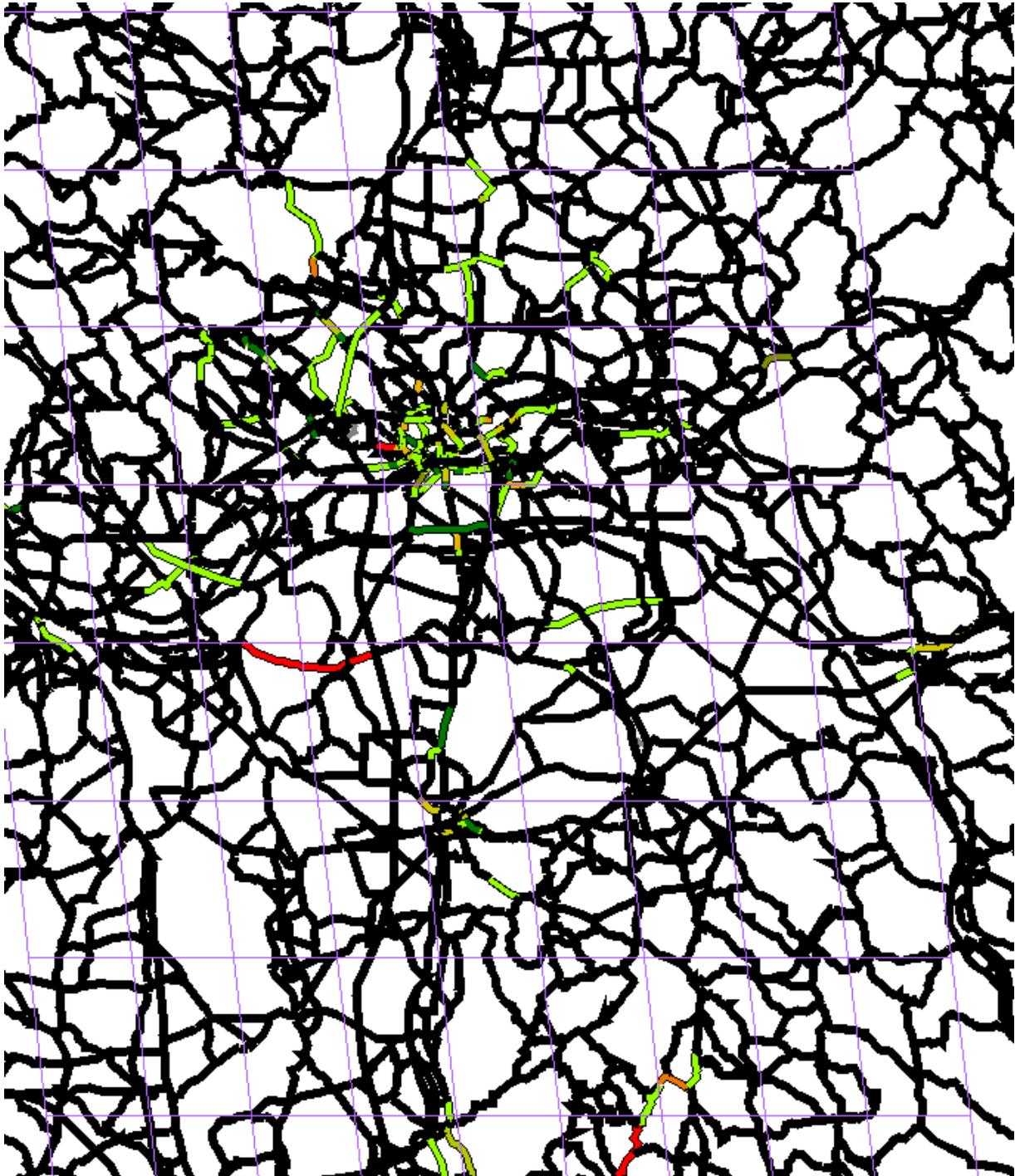


Abbildung II-5 Darstellung der Verkehrslage

Die Abbildung II-5 zeigt eine Sicht auf die Verkehrslage zu einem bestimmten Zeitpunkt. Schwarze Striche zeigen dabei Straßenstücke, zu denen keine Verkehrs-

formationen verfügbar sind. Rote Striche zeigen Straßenstücke, an denen mit großen Verzögerungen zu rechnen ist. Grüne Striche sind Straßenstücke, an denen der Verkehr besonders gut fließt. So kann man mit einem Blick über die Farbkodierung von rot über gelb bis grün die Verkehrslage erfassen.

Die *Knowledge Base* bietet über eine Schnittstelle Informationen aus ihrem Inhalt an.

Die Navigation wird von der Meldungsmanagement-Komponente mit dynamischen Daten aus TPEG-TEC- und TPEG-TFP-Nachrichten versorgt. Diese Nachrichten können von verschiedenen Dienst Anbietern stammen und sich daher in ihrer Qualität stark unterscheiden. Das Meldungsmanagement kann eine Nachricht mit einer Einstufung versehen, welche die Güte der Nachricht bzw. die Verlässlichkeit des Nachrichten-Anbieters reflektiert. Innerhalb der Navigation werden Nachrichten mit einer höheren Einstufung gegenüber solchen mit niedriger Einstufung bevorzugt genutzt. Wenn mehrere Nachrichten desselben Dienst Anbieters konkurrieren, wird die Nachricht mit dem jüngsten Erstellungszeitpunkt bevorzugt.

Datenfusion in Fahrzeugen

Zur Schätzung der Reisezeiten auf einzelnen Straßensegmenten werden in den Applikationen der Navigation Reisezeitprofile verwendet. Diese beinhalten nach Wochentag und Tageszeit differenzierte Reisezeiten. Ein Reisezeitprofil enthält Reisezeiten für genau eine Woche. Für jedes 15-Minuten-Zeitintervall der Woche kann jeweils eine eigene Reisezeit gespeichert werden.

Es existiert eine zentrale Datenbasis, welche fusionierte Reisezeitprofile pro Straßensegment enthält. Alle Applikationen der Navigation (Routensuche, Zielführung, HMI, ...) nutzen diese zentrale Reisezeit-Datenbasis. Es erfolgt kein direkter Zugriff auf Meldungen oder Wissensbasis-Reisezeiten durch die Applikationen. Ist für ein Straßensegment kein differenziertes Reisezeitprofil verfügbar (d.h. es ist nur eine einzige Reisezeit bekannt), wird die konstante Reisezeit der Einfachheit halber trotzdem als Reisezeitprofil abgespeichert.

Für die Fusion werden sowohl dynamische Daten als auch statische Daten aus der digitalen Karte herangezogen, um eine zentrale Reisezeit-Datenbasis zu füllen. Bei der Fusionierung werden die verschiedenen Quellen wie folgt priorisiert (Liste mit abnehmender Priorität):

1. TPEG-TEC-Nachrichten (bei konkurrierenden Nachrichten s.o.)
2. TPEG-TFP-Nachrichten (bei konkurrierenden Nachrichten s.o.)
3. Reisezeiten aus Wissensbasis
4. Reisezeiten aus historischen Reisezeitprofilen
5. Reisezeitschätzung aus Straßenklasse und Länge des Straßensegments

Das Tagesprofil (alle Reisezeiten zu den Zeitintervallen des aktuellen Tages) bezieht sich jeweils auf den aktuellen Wochentag. Die 6 weiteren Tagesprofile beziehen sich auf die jeweils kommenden Tage. Daher können mit dem Wochenprofil keine prognostizierten Reisezeitänderungen dargestellt werden, die erst mehr als 6 Tage nach der aktuellen Uhrzeit/Datum wirksam werden, wie sie z.B. in TPEG-Meldungen enthalten sein können. Solche Reisezeitänderungen werden erst dann in dem Wochenprofil sichtbar, wenn die aktuelle Uhrzeit/Datum so weit fortgeschritten ist, dass die Reisezeitveränderung in die zeitliche Vorausschau von einer Woche fällt. Die Reisezeitprofile müssen regelmäßig aktualisiert werden, damit solche Reisezeitveränderungen rechtzeitig dargestellt werden.

Bei der Fusionierung zur Erzeugung der zentralen Reisezeit-Datenbasis reicht es nicht aus, nur die Quelle mit der höchsten Priorität heranzuziehen. Diese betrifft möglicherweise nur einen kleinen Zeitbereich der Woche, für die anderen Zeitbereiche müssen Quellen mit niedrigerer Priorität verwendet werden (siehe Abbildung II-6). Es wird der folgende Algorithmus verwendet, um die Daten der verschiedenen Quellen zu fusionieren:

- Erzeuge Reisezeitprofil P für komplette Woche aus Quelle 5
- FOR ($n=4$; $n>0$; $n:=n-1$) DO
 - i. Für alle Zeitintervalle der Woche, für die in Quelle n eine Reisezeit vorliegt, werden die entsprechenden Reisezeiten im Reisezeitprofil P mit den Werten aus Quelle n überschrieben
- END
- Gebe Reisezeitprofil P aus

Auf diese Weise wird ein fusioniertes Reisezeitprofil erstellt, welches die Informationen aus allen Quellen berücksichtigt und nur im Fall von konkurrierenden Werten für dasselbe Zeitintervall den Wert aus der Quelle mit höherer Priorität verwendet.

Nach der Erstellung eines fusionierten Reisezeitprofils muss sichergestellt werden, dass das Reisezeitprofil keine Abnahme der Reisezeit um mehr als 1 min/min aufweist, da eine solch starke Abnahme nicht realistisch ist und zu Fehlern bei der Routenberechnung führen kann. Gegebenenfalls werden nach der Fusionierung die einzelnen Intervall-Reisezeiten so angepasst, dass die o.g. Bedingung erfüllt ist.

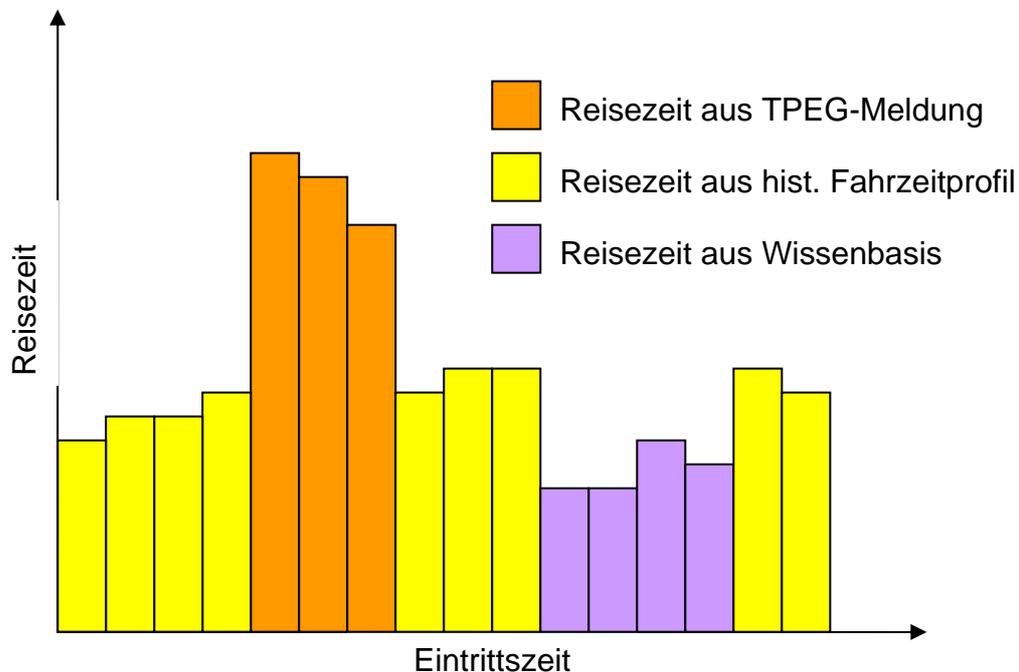


Abbildung II-6: ein aus unterschiedlichen Quellen fusioniertes Reisezeitprofil

Ein fusioniertes Reisezeitprofil ist nur so lange gültig wie die zur Fusionierung verwendeten Daten, die ihre Gültigkeit als erste verlieren. Dies ist von Bedeutung, wenn zur Fusionierung dynamische Quellen verwendet wurden, weil nur diese eine zeitlich begrenzte Gültigkeit aufweisen. Wenn ein Reisezeitprofil seine Gültigkeit verliert, wird der Algorithmus zur Fusionierung erneut ausgeführt, um ein aktualisiertes Reisezeitprofil zu erstellen. Es wird ebenfalls neu fusioniert, wenn für einer der Datenquellen aktualisierte Informationen vorliegen, z.B. aufgrund des Empfangs neuer Verkehrsmeldungen.

Um aus einer TPEG-TFP-Meldung ein Reisezeitprofil für ein einzelnes Straßensegment zu gewinnen, wird eine zeitliche und örtliche Analyse der TFP-Meldung durchgeführt. Dies ist notwendig, weil im Allgemeinen weder das zeitliche Raster der TFP-Meldung mit dem zeitlichen Raster der internen Reisezeitprofile übereinstimmt, noch die in der TFP-Meldung enthaltene Location-Referenz exakt mit genau einem Straßensegment der digitalen Karte im Navigationssystem korrespondiert.

Eine analytische Übertragung der Reisezeiten aus einer TFP-Meldung in ein internes Reisezeitprofil ist theoretisch auch möglich, der Aufwand zur Implementierung eines solchen Verfahrens ist jedoch groß, der erwartete Nutzen (geringfügig exaktere Abbildung der TFP-Nachricht auf Reisezeitprofile) ist dagegen gering. Der hohe Aufwand resultiert vor allem aus der Problematik, dass eine Störung auf einer „Flow Vector Section“ A der Location aus einer TFP-Meldung dazu führt, dass die darauf

folgende „Flow Vector Section“ B später erreicht wird und somit eventuell ein anderer „Flow Vector“ (einer mit einem größeren zeitlichen Offset) verwendet werden muss als für A.

Empfangsseitige Meldungsqualität

Empfangene Meldungen wurden im Fahrzeug hinsichtlich syntaktischer und soweit möglich semantischer Korrektheit geprüft. Das Meldungsmanagement im Fahrzeug stellte sicher, dass Meldungen nach Ablauf ihrer Gültigkeitsdauer nicht mehr berücksichtigt wurden.

Ein Qualitätsindex, der mit den Meldungen als Maß für deren Zuverlässigkeit und Aktualität übertragen werden sollte, wurde nicht realisiert, da von den verwendeten Datenquellen der Informationsplattform hierzu keine Information zur Verfügung standen.

Optimierte dynamische Navigation

Durch die Analyse der Anforderungen aus den Anwendungsfällen

- strategische Navigation großräumig,
- strategische Navigation kleinräumig
- Navigation mit Leitstrategien
- Navigation mit Prognosemeldungen

zeigte sich, dass es nahezu keine Unterschiede gab und ein ganzheitlicher Ansatz zur Realisierung entsprechender Applikationen am sinnvollsten war.

Die optimierte dynamische Navigation wurde als eine Applikation entwickelt, die auf einem Tablet-PC implementiert wurde und so im Fahrzeug ähnlich einem PDA eingesetzt werden konnten. Außerdem wurde eine zentrale Reisezeit-Datenbasis entwickelt, welche die verschiedenen Teilapplikationen der Navigation mit streckenspezifischen Reisezeitinformationen versorgt. Wie bereits oben beschrieben, wurden TPEG-Meldungen, historische Fahrzeitprofile, Reisezeiten aus der Wissensbasis und Bewertungsdaten zur Berücksichtigung von Strategien verwendet.

Die Kodierung und Dekodierung der von Störungen betroffenen Streckenabschnitte in Verkehrsmeldungen erfolgte weitgehend unter Nutzung der aktuellen TMC-Tabelle für Ortsreferenzen. Die weitergehenden Möglichkeiten und die Kodetabellenunabhängigkeit der in TPEG-Meldungen vorgesehenen Möglichkeit einer AGORA-C-Kodierung wurden in einzelnen Testfällen im Testfeld Bergstraße nachgewiesen.

Eine zentrale Komponente der optimierten dynamischen Navigation ist ein Algorithmus zur Routenberechnung, welcher Reisezeitprofile sekundengenau auswertet. Hierfür wird für jeden untersuchten Teilpfad der Zeitpunkt „ t “ abgespeichert, an dem ein Fahrzeug mit bekanntem Startzeitpunkt laut der zentralen Reisezeit-Datenbasis das Ende des Teilpfades erreichen wird („Austrittszeit“). Wenn ein Teilpfad um ein weiteres Straßensegment S erweitert wird, dann ist „ t “ die geschätzte Ankunftszeit an S . Damit wird aus dem Reisezeitprofil von S die Reisezeit „ t_S “ auf S zum Zeitpunkt „ t “ ermittelt. Dann wird $t + t_S$ als Austrittszeit des um S erweiterten Teilpfades abgespeichert. Schließlich ist damit auch die Ankunftszeit am Zielsegment bekannt, wobei alle Reisezeitprofile exakt ausgewertet wurden und auch die Route entsprechend ausgeprägt ist. Für alle Berechnungen der Routensuche werden die Reisezeitprofile linear interpoliert.

Die Route kann bezüglich der Strecke, der Fahrzeit oder einer linearen Kombination dieser beiden Kriterien optimiert werden. Zur Berechnung einer Route mit einer Gewichtung zwischen den beiden Kriterien wird eine abstrakte Kostenfunktion verwendet, die sich als lineare Kombination der aus den Reisezeitprofilen ermittelten Zeit und der in der digitalen Karte hinterlegten Strecke ergibt. Je größer der Anteil der Strecke in der Optimierung, desto geringer ist auch der Einfluss von dynamischen Verkehrsmeldungen und von in der Wissensbasis ermittelten Fahrzeiten.

Beim Navigieren entlang einer von der dynamischen Routensuche berechneten Route werden die tatsächlichen Fahrzeiten auf den einzelnen Segmenten mehr oder weniger stark von den Segmentfahrzeiten abweichen, die anhand der zentralen Reisezeitprofile ermittelt wurden. Dies führt dazu, dass die geschätzten Austrittszeiten der Segmente entlang der Route nicht mit den tatsächlichen Austrittszeiten übereinstimmen. Bei größeren Abweichungen wird die Route von der aktuellen Position aus neu berechnet, weil sich durch die veränderten Zeiten die Reisezeiten auf den restlichen Segmenten der aktuellen Route ändern können und eine alternative Route gem. der kombinierten Kostenfunktion damit möglicherweise günstiger ist. Um zu vermeiden, dass sich die Route aufgrund einer solchen Neuberechnung zu häufig ändert, wird eine alternative Route nur dann verwendet (d.h. dem Fahrer empfohlen), wenn der Kosten/Zeitvorteil der alternativen Route einen gewissen Schwellenwert überschritten hat. Die Route wird ebenfalls neu berechnet, wenn sich das Reisezeitprofil eines Segments der Route verändert hat, z.B. aufgrund des Empfangs einer neuen Verkehrsmeldung.

Navigation mit Strategien

Verkehrsmeldungen mit Leitstrategien, die gem. TPEG-TEC-Standard kodiert sind, können für Streckenabschnitte Bevorzugungsgrade enthalten. Die Klassifizierung „bypass“ wird Strecken zugewiesen, die als direkte Alternative zu gestörten Abschnitten genutzt werden. Sie stellt eine stärkere Bevorzugung dar, als die für Streckenabschnitte mit der Klassifizierung „access roads“, die solche Straßen erhalten,

über die man *bypass*-Strecken erreichen kann. Für zu meidende Straßen sind die drei Klassifizierungen „not recommended“, „limited access“ oder „closed road“ vorgesehen, die in dieser Reihenfolge mit zunehmenden Kosten bei der Routenberechnung belegt werden.

Diese Klassifizierung ist nur relevant, wenn eine ursprüngliche Route, die ohne Auswertung der TPEG-TEC-Meldung berechnet wurde, die in der Meldung kodierte Störungsstelle passiert.

Die Routenberechnung berücksichtigt die Klassifizierung der anderen Strecken in ihrer abstrakten Kostenfunktion so, dass die berechnete Routenlänge und die geschätzte Fahrzeit nicht verfälscht werden, dass aber durch Kostenerhöhungen die als „not recommended“, „limited access“ oder „closed road“ klassifizierten Straßen in unterschiedlichem Maß gemieden werden, während die als „access road“ oder „bypass“ bezeichneten Streckenabschnitte durch eine Kostenreduktion in unterschiedlichem Maß bevorzugt werden.

Nach diesem Verfahren ist sicher gestellt, dass Routen, die von der Störung nicht betroffen waren, nicht durch die Klassifizierung anderer Streckenabschnitte gem. der o. a. Kategorien beeinflusst werden.

Verkehrsinformationen auf mobilen Navigationslösungen (Tablet-PC)

Die Robert Bosch GmbH entwickelte einen Demonstrator, der in der Lage ist, Verkehrsinformationen zu empfangen, zu dekodieren und im Routing umzusetzen. Die Verkehrsinformationen können entweder Prognose-, Verkehrslage- oder Strategie-Informationen beinhalten. Für die Beschreibung von Strategien wurde das sogenannte Teilnetzverfahren zugrunde gelegt.

Es funktioniert folgendermaßen:

Verkehrsleitzentralen erzeugen Informationen über Störstellen und zugehörige strategische Umleitungen. Letztere beinhalten sowohl bevorzugte als auch zu meidende Strecken. Beides kann die Verkehrszentrale abhängig vom Fahrzeugtyp durchführen. So können LKWs und PKWs unterschiedlich umgeleitet werden. Die Verkehrszentralen haben auch die Möglichkeit, für unterschiedliche Zielgebiete auch unterschiedliche Umleitungsstrategien zu definieren (siehe Kapitel Navigation mit Strategien).

Diese Informationen werden nun von den Verkehrszentralen in Form von TPEG-TEC Nachrichten kodiert und über einen Dienstanbieter in die Fahrzeuge übertragen.

Im entwickelten Demonstrator wurde ein Verfahren implementiert, das die empfangenen Strategien, Prognosen (TPEG-TFP) und einfachen Verkehrslageinformationen (TPEG-TEC) in geeigneter Weise fusioniert (siehe Kapitel Datenfusion im Fahrzeug) und somit eine Routenberechnung unter Berücksichtigung aller verfügbaren Informationen ermöglicht.

Im Folgenden wird der Systemaufbau des Demonstrators beschrieben.

Aufbau des Demonstrators

Bei der Entwicklung der Systemarchitektur des Demonstrators wurde besonderer Wert auf eine schnelle Implementierung, eine flexible Komponentenstruktur sowie auf verfügbare und mobile Standard Hardware gelegt.

Die schnelle Implementierbarkeit war wichtig auf Grund begrenzter Ressourcen und festgelegter Meilensteine im Projekt. Das Experimentieren und die Bewertung von verschiedenen Verfahren und Algorithmen standen im Vordergrund, nicht die Lösung der Kompatibilitätsproblematik zwischen unterschiedlichen Produkten am Markt. Berücksichtigt wurde jedoch der Aspekt, dass die Applikation auf einer mobilen Plattform lauffähig war, die in ihrer Leistungsklasse Consumer-Produkten entspricht, die in absehbarer Zeit am Markt verfügbar sein werden.

Eine flexible Komponentenstruktur erlaubt weiterhin die Austauschbarkeit von Komponenten sowie nachträgliche Anpassungen an der Architektur.

Da keine Ressourcen für Hardwareentwicklung eingeplant waren, war es notwendig auf am Markt verfügbare Hardware zurückzugreifen.

Die Systemarchitektur wurde wie folgt festgelegt:

Hardware:

Die folgenden Kriterien wurden bei der Auswahl der Hardware als erforderlich identifiziert:

- Der Demonstrator läuft auf einen Tablet PC mit Touchscreen
- Anschlussmöglichkeiten für :
 - DAB Empfänger
 - GPS Empfänger
 - Mobilfunk-Gerät
 - C2C- Kommunikationsmodul

müssen vorhanden sein.

- Befestigungsmöglichkeit an der Windschutzscheibe muss vorhanden sein
- Prozessorperformance entspricht der von PDAs der nächsten Produktgeneration

Als Demonstrator wurde gemäß diesen Kriterien ein Samsung Q1 eingesetzt (siehe Abbildung II-7). Der Samsung Q1 verfügt über einen 7" Touchscreen, 900MHz Prozessor, 1GB RAM, GSM/UMTS und WLAN on Board, und USB-Anschlüsse.



Abbildung II-7 Demonstrator im Fahrzeug

Betriebssystem:

Als Betriebssystem wurde Windows XP festgelegt. Es werden keine weiteren Frameworks vorausgesetzt.

Softwarearchitektur:

Die folgenden Architekturmerkmale wurden festgelegt:

- Die Softwarefunktionen sollen in Komponenten Unterteilt werden.
- Die Verantwortlichkeiten der Komponenten sollen auf das wesentliche, für die Durchführung der jeweiligen Funktionen notwendige Maß beschränkt werden.
- Die Komponenten bieten funktionale Schnittstellen.
- Die Kommunikation zwischen den Komponenten erfolgt an einer zentralen stelle.
- Alle Komponenten laufen in einem einzigen Prozess.

Abbildung II-8 zeigt die Komponentenstruktur des entwickelten Demonstrators.

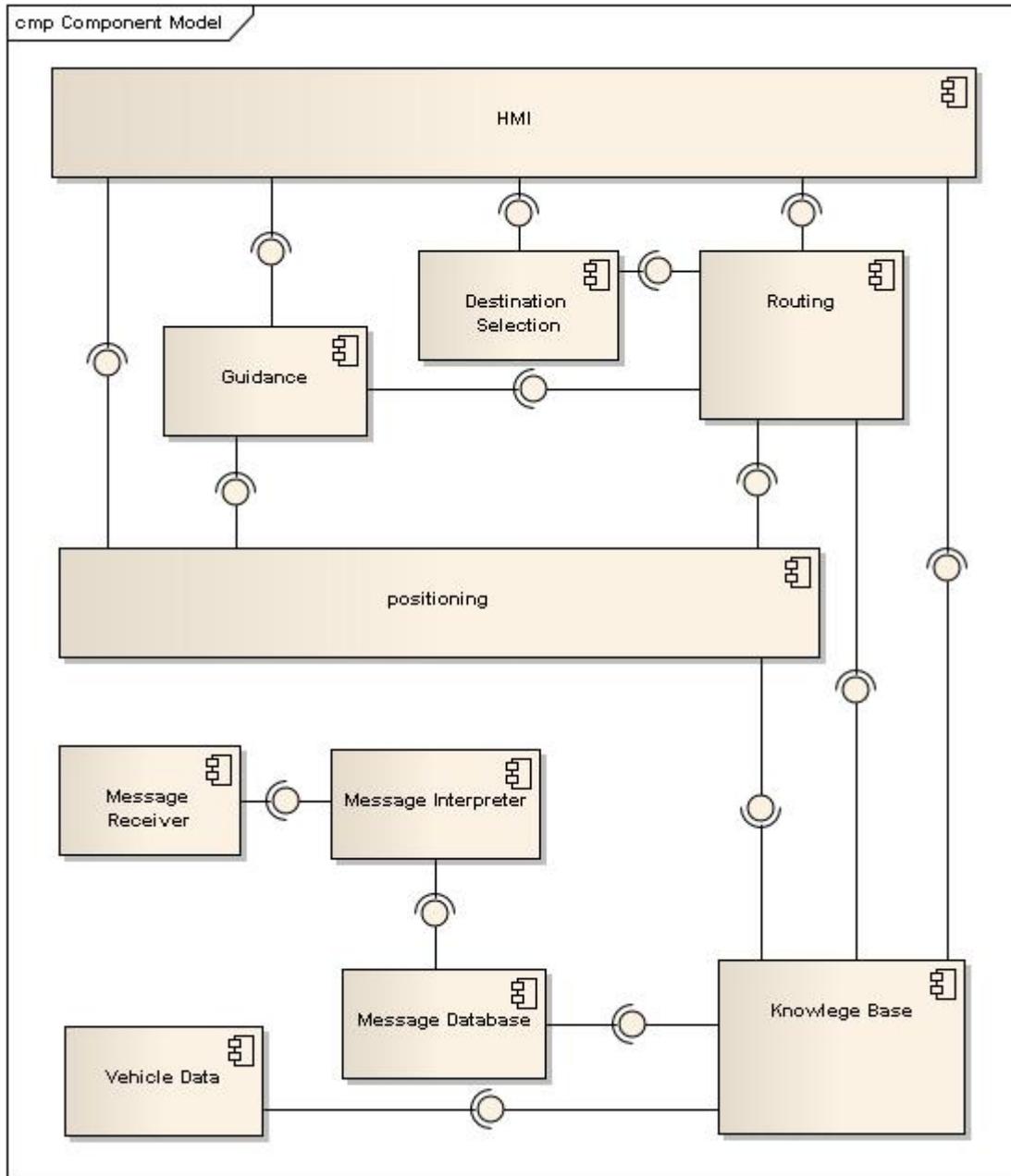


Abbildung II-8: Softwarekomponenten

Demonstration und Test

Zur Halbzeitpräsentation wurde von Bosch eine erste Version eines lauffähigen Navigationssystems (des Demonstrators) vorgestellt, welches in einer Wissensbasis gespeicherte Reisezeiten bezogen auf Straßenabschnitte und Tages- und Wochenzeiten (Ganglinien) berücksichtigte. Dieses System wies bereits weitgehend die bis Projektende verwendete Benutzeroberfläche auf.

Zur Ermittlung der Ganglinien wurden Testfahrten überregional wie z.B. Erfurt-Hildesheim, in städtischer Umgebung wie Köln-Aachen und im Testfeld Bergstraße durchgeführt und die Fahrdaten wurden aufgezeichnet und an Transver übermittelt. Weitere Datensätze wurden durch Fahrsimulationen erstellt und ebenfalls an Transver übermittelt.

Für die Abschlussdemonstration wurde ein Versuchssystem aufgebaut, welches aus der vollständigen Version des adaptiven Navigationssystems von Bosch (des Demonstrators) in einem Demonstrationsfahrzeug und einem zusätzlichen externen System (im Folgenden kurz als TPEG-Server bezeichnet) zum Senden vorbereiteter Verkehrsnachrichten bestand. Hiermit konnten alle Funktionen, die Gegenstand des Teilprojektes der Adaptiven Navigation waren, demonstriert und überprüft werden. Den Gesamtaufbau mit Demonstrationsfahrzeug zeigt Abbildung II-9.

Die Bedienoberfläche des TPEG-Servers zeigt Abbildung II-10. Sie ermöglicht die gezielte Aktivierung (Versenden) von Testmeldungen mit verschiedenen Stauumfahrungsempfehlungen und auch deren Löschung (Verfallsmeldung). Zu Vergleichszwecken ist auch die Versendung einer nachgebildeten RDS-TMC-Meldung vorgesehen. Weiterhin wird über die Bedienoberfläche eine fiktive, jedoch realistische TPEG-TFP-Prognosemeldung aktiviert und ggf. wieder gelöscht. Je nach Aktivierungszustand wird der betroffene Streckenabschnitt in der dargestellten Straßenkarte des Testgebiets Bergstraße hervorgehoben. Die Demonstrationsmeldungen bezogen sich alle auf das Testfeld Bergstraße, das Gesamtsystem ist jedoch auf der gesamten verwendeten digitalen Karte (Deutschland) betreibbar.

Das Navigationssystem des Bosch-Demonstrators verfügt über einen Simulationsmodus, in welchem das Befahren einer zuvor berechneten Route mit einstellbarer Geschwindigkeit simuliert wird. Die Wirkung von während der Befahrung der Route neu eintreffenden Nachrichten und die Aufzeichnung von Fahrdaten können so gezielt überprüft und anschaulich demonstriert werden.



Abbildung II-9: Test- und Demonstrationsaufbau

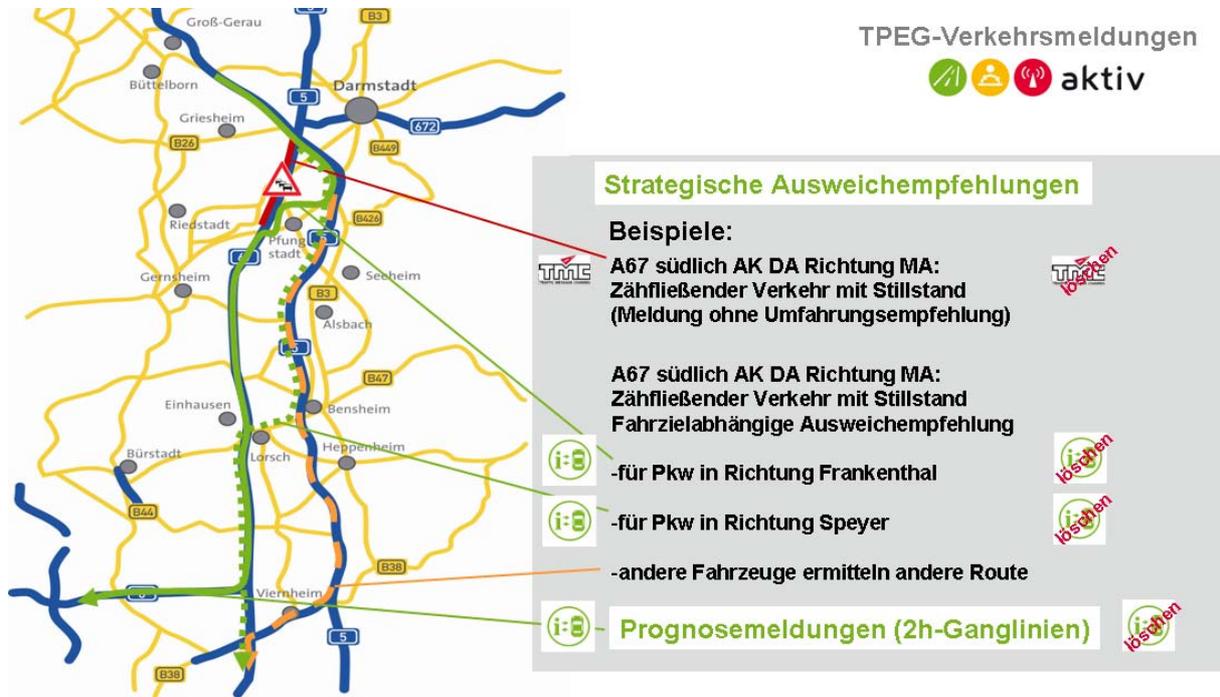


Abbildung II-10: Bedienoberfläche des Servers zum Versenden von Testnachrichten

Demonstration strategischer TPEG-TEC-Nachrichten

Der TPEG-Server hält Beispielmeldungen mit einer fahrzielabhängigen und fahrzeugtypabhängigen Stauumfahrung bereit. Für diesen Show Case wird zunächst eine Start-Ziel-Beziehung im Testgebiet (z.B. Büttelborn-Frankenthal) in das adaptive Navigationssystem eingegeben und die zeitoptimierte Route wird berechnet. Auf dem TPEG-Server wird dann die fahrzielabhängige Ausweichempfehlung für Frankenthal aktiviert. Diese Meldung erscheint anschließend in der Message Data Base des Demonstrators und hat die auf dem TPEG-Server bereits vorher visualisierte Berechnung der Ausweichroute im Demonstrator zur Folge.

Die Fahrzielabhängigkeit ist durch Eingabe eines Fahrziels außerhalb des in der Testmeldung definierten Zielgebiets in das Navigationssystem demonstrierbar. Die Navigation berechnet nun eine Stauumfahrung, welche jedoch nicht von der in der TPEG-TEC-Meldung enthaltenen Umfahrungsempfehlung beeinflusst wird.

Die Meldungen enthalten die explizite Beschränkung auf den Fahrzeugtyp Pkw, und zwar nur für die Umfahrungsempfehlung und nicht für die Meldung der Störung selbst. Falls eine Meldung aktiv und wirksam ist, (d.h. falls die ursprüngliche Route von der Störung betroffen ist und das spezifizierte Fahrziel hat), kann die Fahrzeugtypabhängigkeit demonstriert werden, indem die Möglichkeit genutzt wird, im Navigationssystem einen anderen Fahrzeugtyp (z.B. Lkw) zu setzen. Die Navigation filtert

dann die in der Meldung enthaltene Stauumfahrung heraus und das Routing errechnet (in aller Regel) eine andere Route. Ausnahme: Die in der Meldung empfohlene Umfahrung wäre von der Navigation ohnehin ermittelt worden.

Demonstration von TPEG-TFP Nachrichten mit Reisezeitprognosen über 2h

Der TPEG-Server kann eine gültige (d.h. aktuelle) TFP-Nachricht mit Reisezeitprognosen aktivieren. Die Beispielnachricht erscheint dann in der Nachrichtenliste der Message Data Base der Navigation. Sie erscheint optional auch in der Kartendarstellung als Markierung der in der Nachricht angesprochenen Straße. Die durch die Nachricht erzeugte Ganglinie wird durch Anklicken in der Karte visualisiert.

Weiterhin lässt sich der Einfluss auf das Routing zeigen, indem man eine der Meldung entsprechende Route berechnen lässt. Die Route wird dann das Meldungsgebiet vermeiden (Die Testmeldung enthält eine starke zeitlich begrenzte Verzögerung).

Demonstration der Wissensbasis

Hierfür ist vorteilhafterweise die Fahrsimulation auf einer möglichst kurzen Route zu starten und mehrmals mit simulativ erhöhter Geschwindigkeit zu wiederholen. Die Strecke erscheint dann grün markiert, wegen der Veränderung der gespeicherten Geschwindigkeit nach oben. Auch Ganglinien aus anderen Quellen (Community learned timegraphs), die in der Wissensbasis berücksichtigt werden, werden als Farbkodierungen visualisiert).

2 voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die in der „Adaptiven Navigation“ entwickelten zeitabhängigen Routingverfahren sind fahrzeug-autonome Anwendungen bezüglich ihrer Verwertung von Ganglinien. Sie können deshalb kurzfristig in Serienprodukten angewendet werden.

Die fahrzeug-internen Wissensbasis kann Fahrdaten sammeln, statistisch auswerten und für Routenplanungen zur Verfügung stellen, ohne auf Kommunikationskanäle und Infrastruktur angewiesen zu sein. Damit sind auch die darauf basierenden Applikationen schnell vermarktbar.

Die Verwertung der TPEG-Nachrichten für Verkehrsprognosen und Leitstrategien hängt von der Bereitstellung durch einen dauerhaften Service ab. Auf diesen basierende Applikationen sind erst mittelfristig zu erwarten.

Der erwartete positive Effekt auf kollektiven Verkehr wird sich erst mit einer starken Marktdurchdringung und Ausrüstungsrate bei Fahrzeugen maßgeblich zeigen. Hier könnten gesetzliche oder fördernde Maßnahmen zur Beschleunigung beitragen.

Gleiches gilt für die Marktdurchdringung der C2C- und C2I-Kommunikation; diese verlangt nach einer baldigen Standardisierung und Einbindung in ein ganzheitliches, flächendeckendes (möglichst europaweites), kooperatives Verkehrsmanagement.

3 bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Durch die während der Projektlaufzeit erfolgte rasante Verbreitung mobiler Navigationsgeräte war es einem Anbieter möglich, aus einer großen Anzahl aufgezeichneter Fahrten seiner Kunden für eine Vielzahl von Straßenabschnitten sogenannte Ganglinien zu erheben. Damit stehen für diese Straßenabschnitte Wochentags- und Tageszeit-abhängige Reisezeiten zur Verfügung.

Erste marktfähige Produkte machen Gebrauch von der On-Board-Diagnoseschnittstelle (OBD), um Fahrdaten aufzuzeichnen und auszuwerten. Die derzeitige OBD-Norm ist aber noch auf Abgaskontrollwerte beschränkt, während übrige Fahrzeugdaten noch im Wesentlichen herstellerspezifisch sind.

4 erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Vorträge

- 1. K&I-Forum am 13.03.2008 in München:
„Adaptive Navigation“, Dr. Lutz Bersiner
- 3. K&I-Forum am 16.03.2010 in Wolfsburg:
„Technische Ziele und erwartete verkehrliche Wirkung der Adaptiven Navigation“, Ernst Peter Neukirchner