

KoMoDnext Abschlussveranstaltung

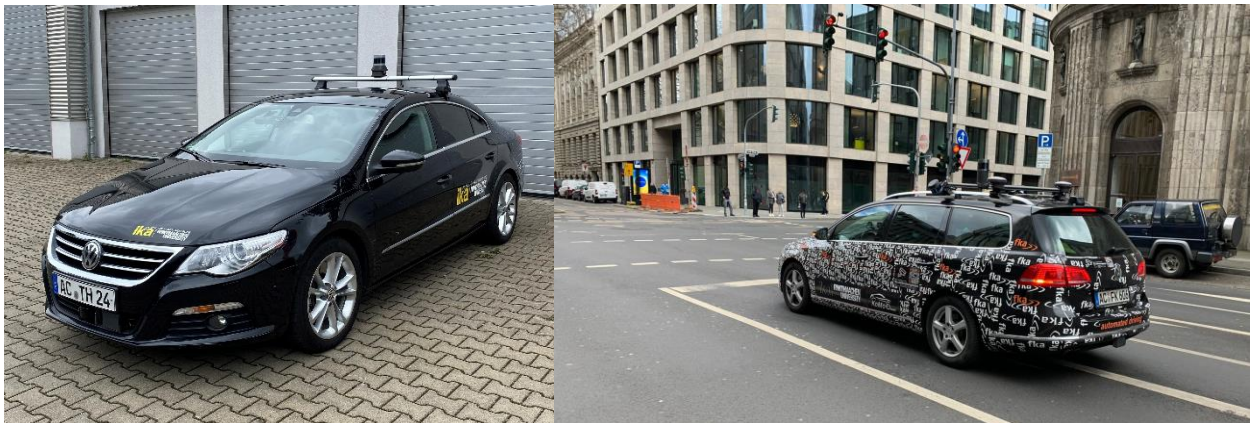
Ausstellungsstand: Institut für Kraftfahrzeuge (ika) RWTH Aachen University



Umsetzung einer automatisierten Fahrfunktion mit I2V-Schnittstelle für das Testfeld Düsseldorf

Im Rahmen des Teilvorhabens des Instituts für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University wurde eine automatisierte Fahrfunktion mit I2V-Schnittstelle umgesetzt und im Testfeld Düsseldorf erprobt. Dazu wurde eine generische Softwareschnittstelle zum Erzeugen, dem parallelen Versenden und Empfangen von spezifizierten Nachrichten über ITS-G5 und Mobilfunk implementiert. Weiterhin wurde die automatisierte Fahrfunktion dahingehend erweitert, die Informationen aus der Infrastrukturkommunikation (insbesondere die Schaltzustände von Lichtsignalanlagen SPATEM und die zugehörige Knotentopologien MAPEM) für die automatisierte Fahrzeugführung aufzubereiten und entsprechend in der Fahrzeugführung zu reagieren.

Ein weiterer Schwerpunkt lag in der Erforschung von Ansätzen zur hochgenauen Fahrzeuglokalisierung in verschiedenen Verkehrsdomänen und zur Fusion verschiedener Schätzungen der Fahrzeugpose. Dazu wurde insbesondere der Lidar-SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) Google Cartographer in die Fahrfunktion integriert, um eine robuste, echtzeitfähige Lokalisierung in urbaner Umgebung zu realisieren.



Die entwickelten Algorithmen und Funktionalitäten wurden sowohl simulativ als auch durch Testfahrten mit Erprobungsfahrzeugen verifiziert. Dazu wurde die bestehende Simulationsumgebung weiterentwickelt und die Erprobungsfahrzeuge mit entsprechender Kommunikationshardware ausgestattet. Als Erprobungsfahrzeuge kamen dabei sowohl das institutseigene Versuchsfahrzeug, ein umgebauter Volkswagen Passat CC, als auch der Volkswagen Passat Variant der fka GmbH (welche im Projekt als Unterauftragnehmer agierte) zum Einsatz.

Implementierung einer generischen Softwareschnittstelle zum Erzeugen, parallelen Versenden und Empfangen von spezifizierten Nachrichten über ITS-G5 und Mobilfunk

Der Forschungsschwerpunkt des vorgestellten Teilvorhabens lag in der Definition, Umsetzung, Erprobung und Erforschung der Fahrzeug-Infrastrukturkommunikation im Testfeld Düsseldorf. Wie auch im Vorgängerprojekt KoMoD werden die von der ETSI standardisierten Nachrichtentypen verwendet.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Die verschiedenen Nachrichten werden dabei über eine generische Softwareschnittstelle über die parallelen Kommunikationswege ITS-G5 und Mobilfunk ausgetauscht. Für die ITS-G5 Kommunikation wurde zusätzlich eine PKI (*Public Key Infrastructure*) zur Signierung der versendeten Nachrichten integriert.

Neben üblichen Abstimmungsarbeiten im Konsortium war das ika maßgeblich an der Konzeption und Umsetzung einer Möglichkeit zur Übertragung von Routeninformationen entlang eines signalisierten Knotens beteiligt. Hierzu wurde die CAM-Nachricht um Informationen zum vorausliegenden Knoten und den von der Fahrzeugführung geplanten ein- und ausführenden Fahrstreifen am Knoten erweitert und getestet.

Weiterhin war das ika in einem Arbeitskreis zum Themenfeld ODDS beteiligt: Die ODDS-Nachricht liefert dem Fahrzeug verschiedene Informationen, um zu evaluieren ob sich das Fahrzeug bzw. die Fahrfunktion innerhalb der *Operational-Design-Domain* (ODD) befindet. Die Definition der ODDS-Nachricht wurde gemeinsam mit den Projektpartnern erarbeitet

Bezüglich der Berücksichtigung von I2V-Informationen in der Fahrfunktion hat sich das ika insbesondere mit der Verarbeitung der Informationen aus SPAT und MAP beschäftigt. Dazu wurden Algorithmen erarbeitet, welche die empfangenen Nachrichten mit einer im Fahrzeug hinterlegten, hochgenauen digitalen Karte zusammenführen. Dies ist notwendig, um die geometrisch und semantischen Informationen der digitalen Karte mit den von der Infrastruktur bereitgestellten Schaltzuständen der Lichtsignalanlagen anzureichern.

Entwicklung und Erprobung der automatisierten Fahrfunktion in Simulation und Versuchsfahrten

Zur Entwicklung und Erprobung von Funktionen im Kontext des automatisierten Fahrens werden neben dem Erprobungsfahrzeug auch verschiedene Simulationstools eingesetzt. In der Projektlaufzeit wurde die bestehende *Closed-Loop-Simulation* basierend auf IPG *CarMaker* kontinuierlich weiterentwickelt. Weiterhin wurde die Architektur der Fahrfunktion weiterentwickelt und eine Containerisierung dieser eingeführt, wodurch trotz zunehmender Komplexität der Fahrfunktion der Entwicklungsprozess verbessert werden konnte. Auf funktionaler Ebene wurden, neben der bereits angesprochenen Integration von I2V- Informationen in die Fahrfunktion, verschiedene Ansätze zur hochgenauen Fahrzeuglokalisierung und zur Fusion verschiedener Schätzungen der Fahrzeugpose erforscht. Besonders hervorzuheben ist hier die Integration des LiDAR-SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) *Google Cartographer* in die bestehende Lokalisierungsarchitektur. Zunächst musste der Algorithmus entsprechend des Fahrzeugs und der verbauten Sensoren konfiguriert werden. Anschließend kann die Umgebung mittels SLAM-Verfahren vermessen werden. Der *Google Cartographer* bietet die Möglichkeit basierend auf der resultierenden Karte eine Online-Lokalisierung durchzuführen. Um die berechneten Fahrzeugposen für die automatisierte Fahrfunktion nutzen zu können, muss die SLAM-Karte georeferenziert werden. Dazu wurden entsprechende Methoden entwickelt, um die Transformation zur Umrechnung von SLAM- in Weltkoordinaten zu bestimmen. Mithilfe dieser Transformation kann dann die Fahrzeugpose innerhalb der hochgenauen, digitalen Karte bestimmt werden, welche diverse geometrische und semantische Informationen enthält und die Grundlage der Fahrfunktion darstellt.

Sowohl die entwickelten V2I-Schnittstellen als auch die entwickelte Fahrfunktion wurde im Testfeld Düsseldorf erprobt. Die Erprobung und Demonstration der Fahrfunktion wurde anhand eines innerstädtischer Rundkurses in unmittelbarer Umgebung zur Düsseldorfer Altstadt durchgeführt. Die Informationsübertragung von SPAT und MAP erfolgt in diesem Fall über den Vodafone-V2X-Server mittels IP-Multicasting. Der Vodafone-V2X-Server erhält die notwendigen Informationen dabei über die HAV-Schicht von TTS. Anhand dieser Erprobung konnte das Potenzial einer zentralenbasierten Mobilfunkkommunikation im Vergleich zu ITS-G5 für die Übertragung von LSA-Signalzuständen und -prognosen im Kontext des automatisierten Fahrens untersucht werden.

Entsprechende Erfahrung mit der Erprobung der automatisierten Fahrfunktion unter Verwendung von ITS-G5 konnten dabei bereits im Rahmen des Abschlussevents des L3Pilot-Projekts auf dem ITS-World-Congress 2021 in Hamburg gemacht werden: Dort wurde die automatisierte Fahrfunktion auf einem Teil der Teststrecke für automatisiertes und vernetztes Fahren (TAVF) erprobt. Durch eine Überschneidung beider Projektzeiträume konnte so die in *KoMoDnext* entwickelte V2I-Schnittstelle auch in Hamburg getestet werden. Damit wurde zusätzlich eine Kompatibilität der beiden Testfelder dargestellt.