



In IMAGinE wurden exemplarische Fahrfunktionen entwickelt, die nicht nur ein einzelnes Fahrzeug und seine unmittelbare Umgebung im Fokus haben, sondern mehrere, mittels V2X-Kommunikation interagierende Fahrzeuge für eine gemeinsame Lösungsfindung einbeziehen.

Komplexe kooperative Systeme können nur mit Simulation hinreichend getestet werden.

Die Komplexität kooperativer Gesamtsysteme steigt mit der Anzahl der Verkehrsteilnehmer und potenzieller Kooperationspartner. Daher war die Simulation von der frühen Konzept- und Entwicklungsphase bis hin zur Integration in die realen Fahrzeuge fester Bestandteil eines reproduzierbaren und gefahrlosen Testens auch kritischer Situationen.

Mit einer flexiblen und modularen Simulationsarchitektur können kooperative Systeme effizient entwickelt werden.

Die Projektpartner entwickelten eine flexible und modulare Simulationsarchitektur, welche die Untersuchung kooperativer Manöver mehrerer Verkehrsteilnehmer ermöglicht. Die so entstandenen Simulationen wurden projektbegleitend sowohl zur Entwicklung der koopera-

tiven Manöverabstimmung als auch für partnerspezifische Softwarekomponenten eingesetzt. Funktionsübergreifende Testkataloge ermöglichten ein systematisches Variieren von Randbedingungen und eine zielgerichtete Analyse unterschiedlicher Parametrierungen in einem system- und fahrzeugübergreifenden Kontext. Zudem wurden zur Verifikation technischer Komponenten auch aufgezeichnete Realdaten in die Simulation eingespeist und gezielt manipuliert. In spezifischen Situationen konnte so ein möglichst realitätsnahes Verhalten der Verkehrsteilnehmer erreicht werden.

Die Integration realer V2X-Kommunikationshardware und der Einsatz fahrzeugnaher Testmethoden wie Vehicle-in-the-Loop ebneten den Weg, um die kooperativen Funktionen auch im realen Fahrzeug erlebbar zu machen. Diese wurden schließlich in 10 reale Versuchsfahrzeuge integriert und in mehr als 20 gemeinsamen Workshops auf verschiedenen Testgeländen erprobt. Durch umfangreiche Tests konnten die Partner erfolgreich eine durchgehende Funktionalität der kooperativen Manöverabstimmung in unterschiedlichen Szenarien und Partnerkonstellationen darstellen.

KERNERGEBNISSE SIMULATIONSUMGEBUNG

PROJEKTZIELE

Ziel des Verbundprojekts IMAGinE (Intelligente Manöver Automatisierung – kooperative Gefahrenvermeidung in Echtzeit) war es, neue Assistenzsysteme für das kooperative Fahren zu entwickeln. Kooperatives Fahren meint ein Verhalten im Straßenverkehr, bei dem Verkehrsteilnehmer Fahrmanöver gemeinsam planen und umsetzen. Durch den automatischen Informationsaustausch zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur wird das eigene Fahrverhalten mit anderen abgestimmt und an die Gesamtsituation angepasst. Dadurch wird der Verkehrsfluss optimiert und kritische Situationen können vermieden oder entschärft werden – das Fahren wird sicherer und effizienter.

Um dieses Ziel zu erreichen, haben die IMAGinE-Partner einen entscheidenden Beitrag zur Forschung im Bereich der vernetzten und kooperativen Assistenzsysteme in

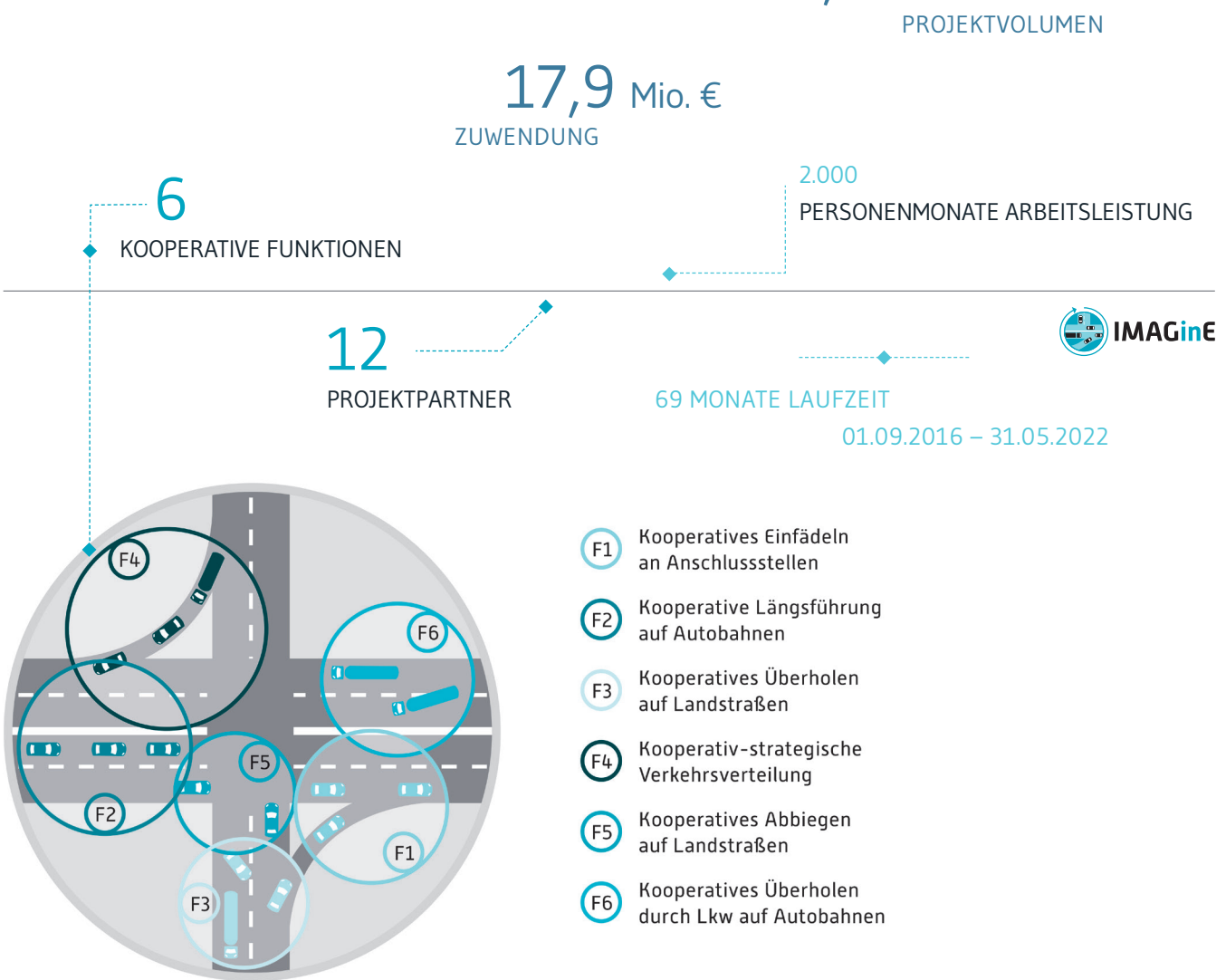
Form von fünf Kerninnovationen geleistet: Kooperative Manöverabstimmung, Kooperatives Umfeldmodell, Kommunikationsmechanismen, Mensch-Maschine-Interaktion sowie Simulationsumgebung.

KOOPERATIVE FUNKTIONEN

Der Nachweis der Validität der entwickelten Konzepte erfolgte anhand ausgewählter kooperativer Funktionen und Anwendungsfälle. Diese wurden sowohl in Simulationen als auch in realen Pkw und Lkw in Autobahn- und Landstraßenszenarien untersucht.

In umfangreichen Untersuchungen konnte der Nachweis erbracht werden: Die IMAGinE-Konzepte zur kooperativen Manöverabstimmung sind funktionsfähig.

IMAGinE IN ZAHLEN



KONSORTIUM

Im Verbundprojekt IMAGinE arbeiten führende Unternehmen der Automobilbranche, innovative kleine und mittlere Unternehmen im Bereich Simulation, eine Forschungseinrichtung und ein Straßenbetreiber an innovativen Assistenzsystemen für das kooperative Fahren der Zukunft. Gefördert wird IMAGinE durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

KONTAKT

Opel Automobile GmbH

Dr. Nikolas Wagner
Manager ADAS Innovations
Technical Center Central Europe
nikolas.wagner@stellantis.com

IMPRESSUM

IMAGinE | Mai 2022

Ein Informationsangebot des IMAGinE-Konsortiums.

Bilder: Continental, IMAGinE-Konsortium, IPG, Unsplash, WIVW

Layout und Satz: EICT GmbH

Lösungen für kooperatives Fahren



ERST REDEN,
DANN HANDELN.

www.imagine-online.de



Das Verbundprojekt IMAGinE, Intelligente Manöver Automatisierung – kooperative Gefahrenvermeidung in Echtzeit, hat einen entscheidenden Beitrag zur Forschung im Bereich der vernetzten und kooperativen Assistenzsysteme geleistet und den Weg für das kooperative Fahren der Zukunft geebnet.



Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KERNERGEBNISSE KOOPERATIVE MANÖVERABSTIMMUNG

Um Kooperation zwischen Verkehrsteilnehmern realisieren zu können, wurden die theoretischen Konzepte zur Interaktion zwischen Fahrzeugen anhand von konkreten Funktionen und Anwendungsfällen sowohl in Simulationen als auch in realen Pkw und Lkw auf Landstraßen und Autobahnen untersucht.

IMAGinE hat den Beweis für die Funktionsfähigkeit kooperativer Manöverabstimmung erbracht.

Eine kooperative Manöverabstimmung hilft Fahrzeugen, die Intention der anderen Fahrzeuge klar zu erkennen.

Die verschiedenen Aspekte kooperativer Manöverabstimmung wurden in mehreren, spezifischen Umsetzungen von Basiskonzepten untersucht und Potenziale aufgezeigt.

In einem Anwendungsfall kann beispielsweise durch strategische Verkehrsinformation des Verkehrsmanagements ein optimierter Verkehrsablauf unterstützt werden.

Die Basiskonzepte zur Manöverabstimmung decken sowohl die zeitlich und räumlich begrenzten Kooperationsräume als auch Kooperationen über größere Distanzen ab und ergänzen sich somit gegenseitig.

Manöverabstimmung ist ein kontinuierlicher Prozess, bei dem das Manöver oder die Intention immer wieder aktualisiert werden muss, ohne jedoch den Charakter der Kooperation aus den Augen zu verlieren.

Diese kann in vielerlei Facetten umgesetzt werden. Zu berücksichtigende Faktoren sind die Kanallast der Kommunikation, der benötigte Rechenaufwand bei der Manöverplanung sowie die generelle Möglichkeit der Fahrzeuge - bedingt durch das konkrete Szenario - eine gemeinsame Lösung für das Manöver zu finden.

Kooperative Manöverabstimmung ist mit den aktuell verfügbaren Technologien, wie etwa V2X-Kommunikation, umsetzbar. Damit lassen sich viele Verkehrssituationen deutlich sicherer und komfortabler bewältigen.

Die fahrzeugeigene Sensorik erfasst das unmittelbare Umfeld. Das System stößt jedoch an seine natürlichen Grenzen, wenn die Umgebungssituation komplexer oder die Wahrnehmung beeinträchtigt wird. IMAGinE erweiterte die Sensorsicht des einzelnen Fahrzeugs, indem die Informationen vieler Kooperationspartner per V2X-Technologie ausgetauscht und zu einem individuell erweiterten Umfeldmodell zusammengefasst wurden. So entstand ein umfassenderes Bild der Gesamtsituation. Die Idee dahinter: „Sehen mit den Augen der anderen“.

Mit kollektiver Perzeption wird die Wahrnehmung des einzelnen durch das Wissen der anderen ergänzt und somit das eigene Modell des Fahrzeugumfelds erweitert.

Das kooperative Umfeldmodell bildet die Informationsbasis für die kooperative Manöverabstimmung und bringt bereits in dieser ersten Implementierung einen deutlichen Informationsgewinn, indem es die Wahrnehmung des umgebenden Verkehrsgeschehens. So können für bordautonome Sensoren verdeckte Objekte dennoch frühzeitig erkannt werden.

Die kollektive Perzeption ist eine sinnvolle Ergänzung zur erweiterten Wahrnehmung. Dafür muss das gesamte System darauf ausgelegt sein, angefangen bei der genauen Lokalisierung der Objekte bis hin zur präzisen Prädiktion der Objekte, um echtzeitfähig zu sein.

KERNERGEBNISSE KOOPERATIVES UMFELDMODELL



KERNERGEBNISSE KOMMUNIKATIONSMECHANISMEN

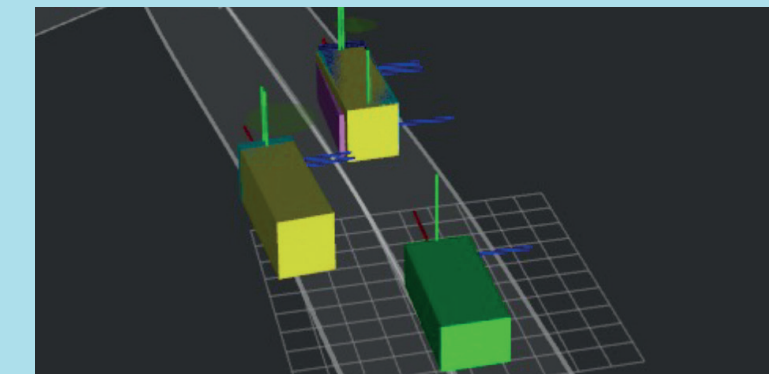
Die für das kooperative Fahren notwendigen Informationen werden durch den Versand von V2X-Nachrichten zwischen Verkehrsteilnehmern ausgetauscht. IMAGinE entwickelte speziell für die Manöverplanung und -abstimmung neue Nachrichtenformate.

In IMAGinE wurden neue Nachrichtenformate definiert und hinsichtlich der Standardisierbarkeit untersucht.

Zur Realisierung der in IMAGinE untersuchten kooperativen Funktionen wurden im Projekt mehrere neue Nachrichtenformate definiert: Die „Maneuver Coordination Message“ (MCM) dient zur Abstimmung kooperativer Fahrmanöver, indem Trajektorien zwischen benachbarten Fahrzeugen ausgetauscht und verhandelt werden. Mit der „IMAGinE Driving Strategy Message“ (IDSM) werden zusätzliche Nachrichten zwischen Verkehrsteilnehmern ausgetauscht, die für einige Funktionen notwendig sind, um eine strategische Manöverabstimmung zu ermöglichen. Im Projekt IMAGinE kam dieses Nachrichtenformat vor allem bei der Funktion für kooperatives Überholen von Lkw auf Autobahnen zum Einsatz. Die „IMAGinE Traffic Distribution Message“ (ITDM) wurde entwickelt, um kollektive Strategien aus dem Verkehrsmanagement in lokale kooperative Abstimmungen zwischen einzelnen Fahrzeugen zu integrieren.

Zudem wurden die bestehenden Nachrichtenformate Cooperative Awareness Message (CAM) und Collective Perception Message (CPM) erweitert, um die Anforderungen an eine kollektive Perzeption in IMAGinE zu erfüllen. Die entwickelten Konzepte für kollektive Perzeption und kooperative Manöverabstimmung können mit dem sich aktuell in Standardisierung befindenden Nachrichtenformat CPM und der in IMAGinE definierten MCM umgesetzt werden.

Während der Markteinführungsphase können alle Manöverkoordinierungsnachrichten zusammen mit den V2X-Standardnachrichten in einem Kanal betrieben werden. In IMAGinE durchgeführte Untersuchungen zur Kanallast zeigen, dass der Nachrichtenversand und -empfang mit CAM, CPM, MCM und IDSM bis zu einer Ausstattungsrate von 20% realisierbar ist, ohne die Kanallast regulieren zu müssen. Für eine höhere Ausstattungsrate wird ein Ausweichen der MCM in einen eigenen Kanal empfohlen.



KERNERGEBNISSE MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION

Eine zentrale Herausforderung für die Zukunft liegt in der Entwicklung verständlicher und intuitiver Assistenzkonzepte, die die Fahrerinnen und Fahrer zu kooperativem Fahren motivieren.

Die kooperative MMI bindet den Mensch in die kooperative Manöverabstimmung ein und ist damit Voraussetzung für Verständnis, Akzeptanz und Vertrauen der Fahrer.

In IMAGinE wurden die Grundlagen für eine nutzerzentrierte Gestaltung der Anzeige- und Bedienkonzepte geschaffen. Die in IMAGinE entwickelten Funktionen werden den Verkehrsteilnehmern auf intuitive Weise ermöglichen, sich im Straßenverkehr kooperativ und partnerschaftlich zu verhalten. Dies eröffnet die Chance, die Verkehrssicherheit weiter zu erhöhen.

IMAGinE hat verschiedene Aspekte kooperativen Fahrverhaltens anhand mehrerer Probandenstudien im Fahrsimulator untersucht und Lösungsvorschläge für intuitive MMI-Konzepte für das kooperative Fahren vorgestellt.

Mittels Probandenstudien in verschiedenen Untersuchungsumgebungen, wie zum Beispiel Pkw- und Lkw-Fahrsimulatoren, wurden Gestaltungslösungen entwickelt, die Fahrerinnen und Fahrer während kooperativer Interaktionen unterstützen. Verschiedene Use Cases betrachteten dabei die unterschiedlichen in IMAGinE entwickelten kooperativen Funktionen. In den Studien

wurden idealisierte Umgebungsbedingungen sowie Systemgrenzen und Funktionsausfälle betrachtet. Neben dem automatisierten Fahren wurde zudem das manuelle Fahren als Anwendungsszenario untersucht.

Insgesamt wurden 24 empirische Studien vorbereitet und durchgeführt, an denen mehr als 600 Probanden teilgenommen haben. Die gesamte Versuchszeit betrug über 1.000 Stunden.

Im Mittelpunkt der Studien standen der Umgang der Probanden mit den verschiedenen kooperativen Assistenzfunktionen, das resultierende Fahrverhalten inklusive Sicherheitsaspekte sowie die Bewertung von Verständlichkeit und Akzeptanz durch die Fahrerinnen und Fahrer.

Die Studienergebnisse zeigen, dass die Probanden eine Assistenz zur Unterstützung kooperativen Fahrens akzeptieren und bei Verwendung passender Anzeige- und Bedienkonzepte als einfach und sicher erleben. Die Studienergebnisse mündeten in einer Reihe von Erkenntnissen und Leitlinien für die benutzergerechte Gestaltung von MMI für kooperative Fahrerassistenzsysteme.

