

Die Resilienz vernetzter automatisierter Mobilitätssysteme steigern Forschungsprojekt ConnRAD stellt Ergebnisse vor

13. November 2025

PI 12029 RB ah/af

- ▶ Grundlagen für die sichere Kommunikation über Mobilfunknetze für das vernetzte automatisierte Fahren.
- ▶ Verschiedene Konzepte zur Erhöhung der Resilienz von verteilten Verkehrssystemen.
- ▶ Demonstration auf der Bosch-Erprobungsbahn in Renningen.

Stuttgart – Vernetzung und Digitalisierung spielen im Straßenverkehr zukünftig eine immer wichtigere Rolle. Dies verspricht Verbesserungen bei Effizienz und Sicherheit, birgt aber auch Herausforderungen für die Zuverlässigkeit beim Datenaustausch. Hier setzt das dreijährige Forschungsprojekt ConnRAD an. Es liefert wichtige Grundlagen, um vernetzte Mobilitätssysteme im Straßenverkehr zu befähigen, auch bei unvollständigen oder unsicheren Informationen, stabil zu funktionieren. Stichwort: Resilienz. Das Akronym ConnRAD steht für „Connectivity & Resilienz für automatisierte Fahrfunktionen in Deutschland“. Unter der Konsortialleitung von Bosch forschte ein Projektteam – bestehend aus Daimler Center for Automotive Information Technology Innovations (DCAITI), Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS), Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik (IEM), Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes – htw saar, Infineon Technologies AG, Technische Universität München, TÜV SÜD und der Universität Ulm – daran, wie vernetzte Verkehrssysteme zukünftig robust gestaltet, entwickelt und freigegeben werden können. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt gefördert.

Dank ConnRAD-Ergebnissen wird das Linksabbiegen sicherer

Der Austausch mit anderen Fahrzeugen in der Umgebung und mit der Infrastruktur wie beispielsweise mit Verkehrsampeln erhöht den Wirkungsgrad automatisierter Fahrfunktionen. Im Fachjargon spricht man von V2X-Kommunikation (Vehicle to Everything). Die Zuverlässigkeit dieser Daten kann

allerdings stark schwanken. Je nach Verkehrssituation, Wetterbedingungen oder der Quelle der Informationen sind diese nur eingeschränkt, von minderer Qualität oder sogar gar nicht verfügbar. Um hier einerseits resilient gegenüber Unzulänglichkeiten zu bleiben und andererseits den Nutzen verfügbarer Daten optimal auszuschöpfen, benötigen automatisierte Fahrsysteme ein quantifizierbares Maß an Verlässlichkeit der ausgetauschten Informationen und Datenkanäle.

Genau hier kommt ConnRAD ins Spiel: Das Projektteam entwickelte Mechanismen, mit denen die Kommunikationspartner im Straßenverkehr untereinander ihre Verlässlichkeit und Eignung nachweisen und bewerten können. Das System des empfangenden Fahrzeugs entscheidet dann auf Basis dieser Bewertung, ob ein Kommunikationspartner und die übermittelten Informationen für sicherheitskritische Fahrfunktionen ausreichend qualifiziert und vertrauenswürdig sind. Erst dann werden die empfangenen V2X-Informationen für solche Funktionen genutzt. Dies ermöglicht eine intelligente Filterung der Daten und erhöht die Sicherheit der automatisierten Fahrfunktionen erheblich.

Ein besonders anschauliches Beispiel ist das Linksabbiegen an städtischen Kreuzungen, das Bosch, FOKUS und DCAITI im Projekt sicherer machten. Dafür tauschen sich die Umfeldsensoren der Straßeninfrastruktur – wie in diesem Fall zum Beispiel Radar oder Lidar-Systeme – mit den Fahrzeugen direkt aus. Die ConnRAD-Methoden ermöglichen es dem Fahrzeug, die Zuverlässigkeit dieser Infrastrukturdaten zu bewerten, indem es deren Herkunft und Qualität berücksichtigt. Konkret zeigte sich: Erhält ein Fahrzeug lediglich eine pauschale Kreuzungsfreigabe ohne Metadaten, würde dies zu einem Unfall führen, wenn der Fahrer nicht eingreift. Werden hingegen die Metadaten der Umfeldsensoren mitgeliefert, kann das Fahrzeug die Verlässlichkeit einschätzen. Wird beispielsweise nur ein Radarsignal genannt, das bei besonders komplexen Szenarien möglicherweise nicht ausreicht, bricht das Fahrzeug den Abbiegevorgang ab. Erst bei der gemeinsamen Bestätigung durch mehrere hochwertige Umfeldsensoren wie Radar und Lidar kann es sicher abbiegen. Ein weiteres Beispiel: Die htw saar bewertet die Vertrauenswürdigkeit der V2X-Kommunikation mit Plausibilitätsüberprüfungen, um Auffahrunfälle am Stauende zu verhindern.

Robustes Gesamtsystem für effiziente V2X-Kommunikation

Als Basis für ein robustes und resilientes Gesamtsystem entwickelte ConnRAD eine neuartige Kommunikationsarchitektur. Diese berücksichtigt nicht nur Aspekte der Cybersecurity (zum Schutz vor Angriffen) und der funktionalen Sicherheit (für den zuverlässigen Betrieb), sondern auch relevante regulatorische und organisatorische Rahmenbedingungen.

Ein Kernstück dieser Architektur sind Erweiterungen bestehender Nachrichten-Protokolle und Schnittstellen. Diese ermöglichen es im laufenden Betrieb, die Verlässlichkeit der kommunizierten Informationen kontinuierlich zu bewerten und nachzuweisen. Konkret wurden die Qualität und Verlässlichkeit von Daten messbar, bewertbar und überprüfbar gemacht. So kann das Fahrsystem bei abnehmender Qualität der Daten automatisch und sicher geeignete Gegenmaßnahmen einleiten – zum Beispiel, indem es auf alternative Informationsquellen umschaltet oder das Fahrverhalten anpasst. Einen wichtigen Beitrag hierzu leistete Projektpartner Infineon Technologies AG: Das Unternehmen entwickelte Konzepte für eine hardwarebasierte Authentifizierung der Kommunikationspartner. Dabei werden inhärente Signaturen der Mobilfunk-Bauteile quasi als unveränderlicher "Fingerabdruck" genutzt, durch den die von ihnen versendeten Daten eindeutig als echt und von dieser spezifischen Hardware stammend identifiziert werden können. Dies erhöht die Sicherheit signifikant, da die Echtheit und Herkunft der Daten direkt über die Hardware der Kommunikationspartner gewährleistet und Manipulationen erheblich erschwert werden.

Das teleoperierte Fahren (Steuern des Fahrzeugs aus der Ferne über eine gesicherte Verbindung) bei eingeschränkter Kommunikationsbandbreite wurde von der TU München mit neuen Ansätzen abgesichert. Dazu gehört beispielsweise das „Ability-Awareness-Protokoll“ in Zusammenspiel mit Vertrauens-Metriken. Dies hilft dem System, seine eigenen Fähigkeiten auf die Subsysteme eindeutig aufzuteilen und Grenzen dynamisch zu erkennen und darauf zu reagieren. Hinzu kommt "Network Predictive Quality of Service". Dies ist ein Ansatz zur vorausschauenden Bewertung der Netzwerkqualität, um frühzeitig auf mögliche Kommunikationsprobleme reagieren zu können.

Auch die Simulationsergebnisse der Universität Ulm für eine wahrscheinlichkeitsbasierte Vertrauensbewertung bestätigen eine signifikante Verbesserung der System-Resilienz. Das Fraunhofer IEM erweiterte den Entwicklungsprozess, um die Resilienz-Anforderungen verteilter Fahrfunktionen systematisch in die Systementwicklung einzubeziehen. Die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen bewertete TÜV SÜD. Aufbauend auf den gemachten Erfahrungen und Simulationen konnten die ConnRAD-Partner eine Referenzarchitektur und einen umfassenden Methoden-Baukasten für die Entwicklung resilienter Fahrfunktionen in vernetzten verteilten Systemen ableiten. Mit dem ConnRAD-Ansatz ist nun eine skalierbare Zulassung von sicherheitsrelevanten Fahrfunktionen in verteilten Systemen möglich.

Eine Zusammenarbeit des Forschungsprojekts ConnRAD



Pressebilder und Infografiken im Bosch Media Service unter www.bosch-presse.de.

Journalistenkontakt:

Andreas Haupt

Telefon: +49 711 811-13104

E-Mail: Andreas.Haupt@de.bosch.com

Die Bosch-Gruppe ist ein international führendes Technologie- und Dienstleistungsunternehmen mit weltweit rund 418 000 Mitarbeitenden (Stand: 31.12.2024). Sie erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2024 einen Umsatz von 90,3 Milliarden Euro. Die Geschäftsaktivitäten gliedern sich in die vier Unternehmensbereiche Mobility, Industrial Technology, Consumer Goods sowie Energy and Building Technology. Mit seiner Geschäftstätigkeit will das Unternehmen übergreifende Trends wie Automatisierung, Elektrifizierung, Digitalisierung, Vernetzung sowie die Ausrichtung auf Nachhaltigkeit technologisch mitgestalten. Die breite Aufstellung über Branchen und Regionen hinweg stärkt die Innovationskraft und Robustheit von Bosch. Mit seiner ausgewiesenen Kompetenz bei Sensorik, Software und Services ist das Unternehmen in der Lage, Kunden domänenübergreifende Lösungen aus einer Hand anzubieten. Zudem setzt Bosch sein Know-how in den Bereichen Vernetzung und künstliche Intelligenz ein, um intelligente, nutzerfreundliche und nachhaltige Produkte zu entwickeln und zu fertigen. Bosch will mit „Technik fürs Leben“ dazu beitragen, die Lebensqualität der Menschen zu verbessern und natürliche Ressourcen zu schonen. Die Bosch-Gruppe umfasst die Robert Bosch GmbH sowie ihre rund 490 Tochter- und Regionalgesellschaften in mehr als 60 Ländern. Inklusive Handels- und Dienstleistungspartnern erstreckt sich der weltweite Fertigungs-, Entwicklungs- und Vertriebsverbund von Bosch über fast alle Länder der Welt. Basis für künftiges Wachstum ist die Innovationskraft des Unternehmens. Bosch beschäftigt weltweit rund 87 000 Mitarbeitende in Forschung und Entwicklung an 136 Standorten.

Das Unternehmen wurde 1886 als „Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik“ von Robert Bosch (1861–1942) in Stuttgart gegründet. Die gesellschaftsrechtliche Struktur der Robert Bosch GmbH sichert die unternehmerische Selbstständigkeit der Bosch-Gruppe. Sie ermöglicht dem Unternehmen langfristig zu planen und in bedeutende Vorleistungen für die Zukunft zu investieren. Die Kapitalanteile der Robert Bosch GmbH liegen zu 94 Prozent bei der gemeinnützigen Robert Bosch Stiftung GmbH. Die übrigen Anteile halten eine Gesellschaft der Familie Bosch und die Robert Bosch GmbH. Die Stimmrechte liegen mehrheitlich bei der Robert Bosch Industrietreuhand KG. Diese hat die durch den Firmengründer Robert Bosch testamentarisch verfügte Aufgabe, für den langfristigen Bestand des Unternehmens und speziell für dessen finanzielle Unabhängigkeit zu sorgen.

Mehr Informationen unter www.bosch.com, www.bosch-presse.de.