

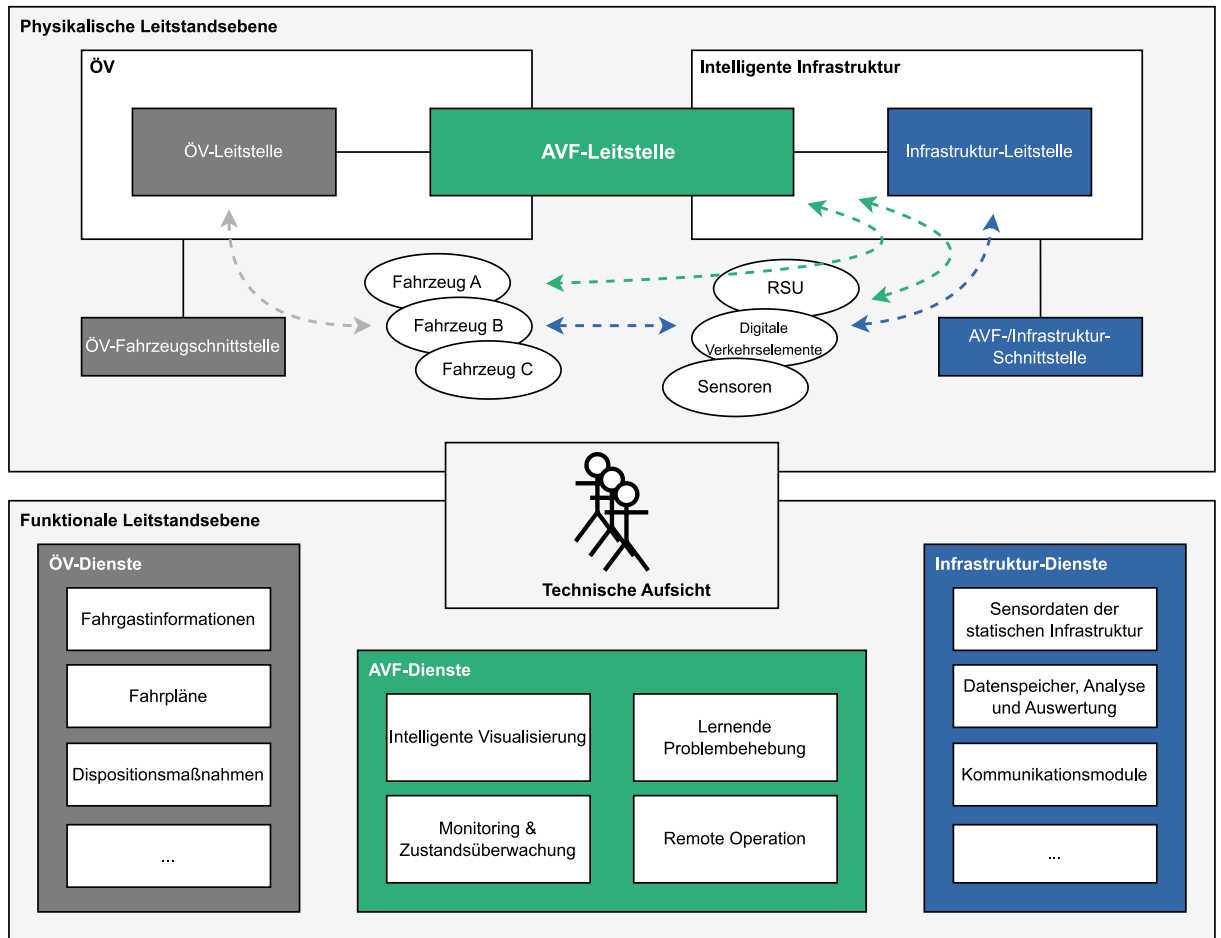
Forschungsleitstelle des FZI Forschungszentrum Informatik für autonomes und vernetztes Fahren im ÖV-Betrieb

Stefan Orf, Martin Gontscharow, Albert Schotschneider, Marc René Zofka, Alexander Viehl des FZI Forschungszentrums Informatik

Das FZI Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe betreibt als Teil des Testfeldes Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF-BW) eine prototypische Leitstelle zur Erforschung von Unterstützungs- und Remote Operation-Konzepten im Kontext des automatisierten und vernetzten Fahrens. Das Einsatzgebiet des TAF-BW in Karlsruhe umfasst dabei verschiedene Fahrzeugtypen und auch -flotten, zum Beispiel für die Erprobung autonomen Fahrens für den ÖV. Im Vordergrund steht dabei die Unterstützung der hochautomatisierten Fahrfunktionen. Ziel dieser Forschung ist die Erhöhung der Sicherheit von av-Fahrzeugen bei gleichzeitiger Skalierung auf eine größere Zahl zu überwachender Fahrzeuge bei gleichbleibendem Einsatz von Sicherheitsfahrpersonal, beziehungsweise ein Ersatz durch die Technische Aufsicht in der Leitstelle.

Die Hauptaufgabe der Leitstelle ist die flexible Erforschung verschiedener Unterstützungs- und Remote Operation-Verfahren für den avF-Betrieb mit intelligenter und vernetzter, straßenseitig angebrachter Infrastruktur. Das dafür nötige Leitstellenkonzept (siehe Abbildung 1) sieht neben der ÖV- und Infrastrukturleitstelle ebenso eine dedizierte avF-Leitstelle vor. Im typischen ÖV-Anwendungsfall sind mehrere Fahrzeuge oder Fahrzeugflotten in einem definierten Zielgebiet unterwegs, welche durch die ÖV-Leitstelle unterstützt werden müssen. Damit werden die klassischen ÖV-Dienste, wie zum Beispiel Disposition, Taktung oder Routing, durchgeführt. Zukünftiger mittels av-Fahrzeugen durchzuführender Personentransport erfordert aufgrund der Herausforderungen des fahrpersonalfreien Betriebs zusätzlich eine intelligente Infrastruktur, die das Fahrzeug in jeglichen Situationen unterstützen kann. Diese stellt für den avF-Anwendungsfall relevante Informationen, etwa Ampelzustände oder Situationsbeschreibungen aus den Kreuzungen heraus bereit, beispielsweise über anonyme Objektbeschreibungen. Die Fahrzeuge kommunizieren dazu selbstständig mit der Infrastruktur, um die eigene Wahrnehmung für die nachlaufende hochautomatisierte Fahrfunktion mithilfe dieser Umgebungsinformationen anzureichern und zu optimieren. Damit ein sicherer und effizienter Betrieb gewährleistet ist, muss die avF-Funktion der Fahrzeuge darüber hinaus durch die eingangs erwähnte avF-Leitstelle abgesichert werden. Diese kommuniziert mit den Fahrzeugen über die intelligente Infrastruktur und nutzt außerdem deren Daten zu einer allumfassenden avF-Unterstützung. Der effiziente und sichere Leitstellenbetrieb, insbesondere bei einer großen Fahrzeuganzahl, erfordert weiterhin die Unterstützung der Technischen Aufsicht in der avF-Leitstelle durch geeignete intelligente Systeme, wie Zustandsüberwachung, visuelle Datenanalyse und Optimierung mithilfe lernender Systeme.

Abbildung 1: Konzeptuelle Komponenten des flexiblen Leitstellenkonzepts



Die Unterstützungskonzepte, welche mit der flexiblen Leitstelle am FZI erforscht werden, gliedern sich in intelligente Eingriffs- sowie Visualisierungsmöglichkeiten und dienen der Erhöhung der Sicherheit des autonomen Fahrens:

Im Modul *Monitoring & Zustandsüberwachung* wird die automatisierte Fehlererkennung erforscht. Dazu werden Metriken der aktuellen Fahrsituationen bzgl. Kritikalität der Situation erfasst und eine potenziell vorliegende Abweichung vom Normalzustand bestimmt. Dies wird zum Beispiel durch die Diskrepanz von Sensordaten zwischen vernetzten Fahrzeugen untereinander, sowie zwischen Fahrzeug und der Infrastruktur bestimmt. Die Erkennung einer Übertretung der ODD und von ungewöhnlichen Situationen erlaubt eine frühzeitige Anzeige erwartbarer Probleme in der Leitstelle.

Weiterhin ermöglicht eine *intelligente Visualisierung* der Technischen Aufsicht in der Leitstelle, mit der Vielzahl an Daten der zu unterstützenden Fahrzeugen umzugehen (Abbildung 2) Damit soll die menschliche Interpretierbarkeit sichergestellt werden. Erreicht wird dies durch die Abstraktion von Umgebungsinformationen und Verkehrssituationen sowie das Filtern von relevanten Sensor- und/oder Infrastrukturdaten. Zusätzlich werden die Informationen gemäß ihrer Priorität visualisiert, um dringende Fälle schnellstmöglich bearbeiten zu können, zum Beispiel bei einer Überschreitung der ODD. Weiterhin werden direkt geeignete Unterstützungslösungen vorgeschlagen.

Beim Konzept *Remote Operation* handelt es sich um Problemlösungen durch die Technische Aufsicht in Ausnahmesituationen, in denen das adäquate Fahrverhalten nicht vom avF-System entschieden werden kann oder soll. Es werden dafür verschiedene indirekte Eingriffe in die Fahrfunktion betrachtet, analysiert und miteinander verglichen. Dazu gehören unter anderem verschiedene Varianten der Manöver- oder Wegpunkt-Vorgabe. Ein Aspekt dabei ist die Validierung der Eingabe der Technischen Aufsicht durch das Fahrzeug oder die Infrastruktur, sowie die dynamische Anpassung an die aktuelle Verkehrssituation.

Außerdem bietet die Leitstelle eine *lernende Problembekämpfung*, die der Remote Operation nachgelagert ist. Hierbei wird die Problembekämpfung durch Generalisierung von früheren Eingriffen durch die Technische Aufsicht unterstützt beziehungsweise (teil-) automatisiert. Bei ähnlichen Problemsituationen kann auf vergangene Eingriffe zurückgegriffen und ein Lösungsvorschlag generiert werden, der auf den aktuellen Fall adaptiert ist. Bei hoher Konfidenz ist auch eine automatisierte Anwendung möglich. Auf diese Weise profitiert ein einzelnes Fahrzeug von vergangenen Erfahrungen der gesamten Fahrzeugflotte.

Abbildung 2: Visualisierungsmöglichkeiten der Forschungsleitstelle am FZI Forschungszentrum Informatik



Die Leitstelle wird unter anderem in dem Projekt *ÖV-LeitmotiF-KI* eingesetzt und weiterentwickelt. *ÖV-LeitmotiF-KI* adressiert die Integration autonomer Fahrzeuge in den ÖV sowie den Entwurf geeigneter Standards für die Schnittstelle zwischen ÖV- und avF-Leitstelle. Das FZI analysiert hierfür avF-Use-Cases, spezifiziert die notwendigen Datenbedarfe als auch Abhängigkeiten zwischen den Leitstellen und setzt anschließend auf dieser Basis die vorgenannten Forschungskonzepte um. Das Projekt *ÖV-LeitmotiF-KI* wird vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) unter dem Förderkennzeichen 45AVF3004C gefördert.