

# - Kurzbericht HAIBrid

## Hybrid AI towards Large Scale Data and Behavior Modeling for Automated Driving

Version: 1.0

Veröffentlichung: 31.03.2025

**Dr.-Ing. Ömer Sahin Tas**  
**FZI Forschungszentrum Informatik**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZI Forschungszentrum Informatik	<b>Förderkennzeichen:</b> 01IS21096D
<b>Vorhabenbezeichnung:</b> Hybrid AI towards Large Scale Data and Behavior Modeling for Automated Driving (HAIBrid)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2021-30.09.2024	
<b>Berichtszeitraum:</b> 01.11.2022-30.09.2024	

**„Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IS21096D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor.“**

## 1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie Stand von Wissenschaft und Technik

Automatisiertes Fahren stellt Fahrzeuge vor die Herausforderung, in komplexen Verkehrssituationen angemessen auf andere Verkehrsteilnehmer\*innen zu reagieren. Insbesondere in innerstädtischen Szenarien mit vielen Beteiligten, unübersichtlichen Kreuzungen und dynamischen Interaktionen stoßen heutige Systeme an ihre Grenzen. Eine wesentliche Hürde liegt in der Bereitstellung geeigneter Daten: Bisherige Lösungen basieren auf aufwändig manuell erstellten Trajektorien und Karten. Um diesen Engpass zu überwinden, verfolgt das deutsch-französische Projekt HAIBrid das Ziel, große Mengen realer Verkehrsdaten automatisiert zu verarbeiten und daraus mithilfe hybrider KI – also einer Kombination aus datengetriebenen und regelbasierten Verfahren – verlässliche Grundlagen für die Bewegungsanalyse zu schaffen.

Das Projektkonsortium setzt sich aus fünf Partnern zusammen: dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), dem französischen Forschungszentrum Armines/MINES ParisTech, dem Automobilzulieferer Valeo, dem Unternehmen SafeAD sowie dem FZI Forschungszentrum Informatik, das im Laufe des Projekts nachträglich als Partner aufgenommen wurde. Während Armines und KIT sich der algorithmischen Modellierung widmeten, übernahmen SafeAD und FZI zentrale Aufgaben in der Datenakquisition und Kartierung. Valeo brachte seine Expertise in der kamerabasierten Umfeldwahrnehmung ein.

## 2. Ablauf des Vorhabens

Das FZI trat im zweiten Projektjahr in das Konsortium ein, nachdem der ursprüngliche Partner Atlatec ausgeschieden war. In enger Abstimmung mit dem KIT übernahm das FZI wesentliche Aufgaben in der Erfassung, Verarbeitung und strukturierten Aufbereitung realer Verkehrsszenarien. Dafür wurden ab Anfang 2023 im Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF-BW) umfassende Messfahrten durchgeführt. Die Fahrzeuge waren mit mehreren Kameras, einem hochpräzisen LiDAR-System sowie GNSS/IMU-Sensorik ausgestattet. Zusätzlich kamen Drohnen und Infrastruktursensoren zum Einsatz.

Basierend auf diesen Daten entwickelte das FZI eine Softwarepipeline, die Bewegungen aller Verkehrsteilnehmer automatisch erkennt, verfolgt und zu vollständigen Trajektorien zusammenfasst – ergänzt um Informationen wie Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung und Objektklasse. Parallel dazu wurde eine detaillierte 3D-Karte des Stadtgebiets erstellt, in der Straßenverläufe, Fahrspuren und Verkehrszeichen exakt modelliert und semantisch annotiert sind. Die Karte folgt dem offenen Lanelet2-Standard und bildet die Grundlage für nachfolgende Analysen und KI-basierte Lernverfahren innerhalb des Projekts.

Besonderes Augenmerk legte das FZI auf die automatisierte Prüfung von Verkehrsregeln. Dafür wurde ein Validierungswerkzeug entwickelt, das etwa prüft, ob Vorfahrtsregelungen, Halteverbote und Tempolimits korrekt interpretiert und miteinander in Einklang gebracht werden. Dieses Regelmodell stellte sich als technisch anspruchsvoll heraus, konnte jedoch erfolgreich integriert werden.

## 3. Wesentliche Ergebnisse

Das Projekt lieferte eine qualitativ hochwertige Datengrundlage zur Beschreibung komplexer Verkehrsszenen. Die extrahierten Trajektorien sind vollständig, präzise und mit semantischen Attributen versehen. Die entstandene 3D-Karte ist geometrisch konsistent, maschinenlesbar und mit einem

Regelmodell angereichert. Sie wurde den Projektpartnern frühzeitig zur Verfügung gestellt und diente als Referenz für weitere KI-Modelle zur Verhaltenserkennung und kartografischen Vervollständigung.

Im engen Austausch mit dem KIT, das die Fahrzeugtechnik bereitstellte, und SafeAD, das auf automatisierte Kartierung spezialisiert ist, konnte das FZI seine Werkzeuge iterativ verbessern. Die Ergebnisse flossen zudem in eigene Weiterentwicklungen wie das Modell M3TR ein, das aufbauend auf HAIBrid neuartige Transformer-Architekturen zur Kartenaktualisierung erforscht. Darüber hinaus wurden Folgeprojekte vorbereitet, etwa zur Kombination spektraler Sensortechnik mit erklärbaren KI-Verfahren für die Fahrzeugumfeldanalyse.

Insgesamt konnte das Vorhaben planmäßig abgeschlossen werden. Die entwickelten Methoden sind anschlussfähig für Wissenschaft und Industrie und schaffen eine belastbare Grundlage für die weitere Forschung an verlässlichem, automatisiertem Fahren in komplexen Umgebungen.



Abbildung 1: Semantische Visualisierung der kartierten Objekte: Zylindrische Elemente wie Pfosten (türkis) wurden parametrisch mit 3D-Informationen erfasst und bilden die Grundlage für die spätere Generierung der Lanelet2-Karte.