

IMPULSVORTRAG AUTOMATISIERTES FAHREN - CAMIL

Sarah Höring – Geschäftsführerin IOV Omnibusverkehr GmbH Ilmenau

ECKPUNKTE ZUM RECHTSRAHMEN

AUSNAHMEN _____ durch jeweilige Landesregierung nach § 21 Abs. 1 StVZO iVm § 70 Abs. 1 StVZO (bspw. durch Gutachten von technischen Prüfdiensten)

KONZESSION _____ Erteilung dieser durch die Genehmigungsbehörde nach § 2 Abs. 1 PBefG iVm § 42 PbefG

ERPROBUNG _____ erste Genehmigungspraxis für neue automatisierte Fahrzeugkonzepte → jedoch auf Erprobungen & Ausnahmen beschränkt → kein echter Regelbetrieb mit vollautomatisierten und vor allem fahrerlosen Fahrzeugen

HARMONISIERUNG _____ nationale Lösung nötig, bevor europäischer und internationaler Rechtsrahmen angepasst sind

IOV UND CAMIL PRAXISBERICHT



ZUSAMMENFASSEND

- Implementierung besser als gedacht
- Pilotprojekt – hohe Anforderung und Neuland für alle Beteiligten.
- intensiver Ausschreibungsprozess mit hohen Hürden
- lange Genehmigungsverfahren und Unsicherheiten bei zuständigen Behörden

PRAXISERPROBUNG

- Kontinuierliche Funktion, sofern die äußeren Rahmenbedingungen funktionieren, bspw. überholende Fahrzeuge.
- natürliche Feinde ... Gras, Bäume, Büsche / Gullideckel / Schnee / Regen

Automatisiertes und vernetztes Fahren im ÖPNV – State of the Art und Forschungsperspektive

- Operational Design Domains – Stand und Ziele bei Einsatzbereichen
- Automatisierungsstufen / Umsetzung im ÖPNV
- Schlüsselthemen in Forschung und Entwicklung – Kompetenzen an der TU Ilmenau



Bahnhof/Neuhäuser Weg



Gründerzentrum



Mensa



Bibliothek



Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU



ThIMo = interfakultäres Forschungsinstitut + Transferzentrum mit den Kernkompetenzen:

Antriebstechnik

- Simulation und Modellierung von Antrieben für unterschiedliche Verkehrsträger
- Hybride Methoden für rechenzeitoptimierten Entwurf elektrischer Antriebe
- SW-basierte Ansätze für anwendungsspezifische Vorhersagen von Betriebszuständen (*predictive maintenance*)
- Digitaler Zwilling von Antriebssträngen mit Schwerpunkt auf Effizienz, Schwingung, Geräusch und Erwärmung
- Anwendung von KI zur Auslegung und Analyse von Motordesigns



Fahrzeugtechnik

- SW-basierte AV-Fahrfunktionen (L2...L4)
- Szenarienbasierte Resimulationen der Sensor-, Steuergerät- und Datenverarbeitungsketten zur Umfelderkennung
- Virtuelle V&V Methoden und Simulationen zu Test & Absicherung von AV-Fahrfunkt.
- Datenbasierte Entwicklung und Absicherung für AVF
- Realitätsnahe Mensch-Maschine-Schnittstellen im dyn. Fahr Simulator
- Hybride und domänenübergreifende XiL-Verfahren



Funk- und Informationstechnik

- Domänen- und skalenübergreifende em Simulationen (Vollwellensim, Strahlenverfolgungsverfahren, makroskop. Verkehr)
- Hybride Mess- und Simulationsverfahren für Funksensoren im kognitiven Auto (Antennen für Mobilkommunikation und Navigation, Radarsensoren)
- Szenarienbasierte Nachbildung von Sensor- und Kommunikationsdaten zur Umfelderkennung
- Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, Expositionsmessung und -bewertung



Kunststofftechnik und Leichtbau

- Leistungsstarke Simulationen mit hoher Modellierungstiefe für Halbzeuge, Bauteile, Verarbeitungsprozesse
- Digitale Zwillinge, z.B. Organoblechdirektextrusionsanlage und Vorbereitung für KI-basierte Steuerung
- Entwicklung und Screening von Kunststoff-Rezepturen mit anwendungsspezifisch zugeschnittenen Materialparametern (mechanisch, thermisch, elektrisch, magnetisch, optisch), z.B. für elektrisch leitfähige Kunststoffe mit SW-basierten Ansätzen



Leistungselektronik und funkt. Integration

- Vollständig digitalisierte, vernetzter und hoch-energieeffiziente leistungselektronischer Wandler (DC-DC, DC-AC) zur optimalen und sicheren Versorgung aller Funktionseinheiten in Mobilitätsträgern
- Intelligente Bordnetzstrukturen
- Smarte mechatronische Funktionseinheiten für Haupt- und Nebenantriebe sowie Aktoren
- *State-of-health*- und *predictive maintenance* für hohe Zuverlässigkeit
- Innovatives Energie- und Batteriemngmt



ergänzt durch Querschnittsthemen der Mobilität



Bahnhof/Neuhäuser Weg

Gründerzentrum

Mensa

Bibliothek

Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz



Kofinanziert von der
Europäischen Union

Freistaat
Thüringen

Ministerium
für Wirtschaft, Wissenschaft
und Digitale Gesellschaft



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Operational Design Domains (ODD) - Stand und Ziele

Im Projekt CAMIL

- 30er Zone
- einfache Fahrstreifen
- einfache Einmündungen oder Kreuzungen
- relativ robuste Funktion bei vielen Witterungsbedingungen.



Zukünftige ODDs

- 50km/h innerorts
- 70km/h außerorts
- Kreuzungen mit mehreren Fahrstreifen
- LSA, Bahnübergänge



Bahnhof/Neuhäuser Weg



Gründerzentrum



Mensa



Bibliothek



Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Automatisierungsstufen / Umsetzung im ÖPNV



Technischer Stand CAMIL (EasyMile - EZ10, 3. Gen.)

- LIDAR-basierte Lokalisierung + einfache Hindernisdetektion
- Kartengrundlage:
 - selbsterstellte Karte (LIDAR + SLAM-Algorithmus zur Landmarkenbestimmung)
 - innerhalb der „Flotte“ austauschbar
- zusätzlich permanenter GPS-Empfang nötig
- digitale Schiene:
 - kein automatisiertes Ausweichen möglich
 - Zieleingabe durch Operator (hier Abfahren der Linienroute; auch Straßennetz mit Haltestellen wäre technisch möglich)



Bahnhof/Neuhäuser Weg

Gründerzentrum

Mensa

Bibliothek

Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Welchen Automatisierungsgrad hat CAMIL?

Level	Name	Dynamic Driving Task (DDT)		DDT Fallback	Operational Design Domain (ODD)
		Sustained lateral and longitudinal vehicle motion control	Object and Event Detection and Response (OEDR)		
Driver performs part or all of the DDT					
0	No Driving Automation				N/A
1	Driver Assistance				Limited
2	Partial Driving Automation				Limited
Automated Driving System (ADS "System") performs the entire DDT (while engaged)					
3	Conditional Driving Automation				Limited
4	High Driving Automation				Limited
5	Full Driving Automation				Unlimited

www.researchgate.net/profile/Burak_Karakas4/publication/326863165

- Längs- und Querdynamikregelung aber KEINE situative Trajektorienplanung
- Detektion statischer und dynamischer Hindernisse + einfacher Verkehrssituationen
- Permanente Überwachung sowie Freigabe von Kreuzungsbefahrungen
- ODD: einfache Straßenführung, keine Ampeln oder Bahnübergänge, 30er Zone
- Hohe Geschwindigkeiten, „flüssigere“ Fahrweise und Verzicht auch den Sicherheitsfahrer mit diesem Ansatz noch nicht realisierbar.



Bahnhof/Neuhäuser Weg

Gründerzentrum

Mensa

Bibliothek

Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Sensorik und Fernüberwachung als Schlüsselthemen in F&E

Multisensorische Ansätze (z.B. im P:Mover Forschungsfahrzeug)

Kamera

- + hohe Auflösung und Reichweite (limitiert durch Witterung und Bewegungsunschärfe)
- Tiefeninformationen + Objekterkennung müssen berechnet werden
- optische Artefakte (Schatten, Gegenlicht, Reflexionen, Tag- / Nachtunterschiede)

Lidar

- + misst Entfernung
- + Reichweite und Genauigkeit
- Auflösung geringer als bei Kameras (Hindernisdetektion / Klassifikation)
- empfindlich bei Nebel

Radar

- + misst Entfernung
- + robust bei Regen und Nebel
- geringere Reichweiten und Auflösungen (Hindernisdetektion / Klassifikation)

→ Sensorfusion, modellbasierte Analyse/Prädiktion, Kommunikation (Car2X, 6G)



Erklärung im
Anschluss an
den Fahrzeugen!



Bahnhof/Neuhäuser Weg



Gründerzentrum



Mensa



Bibliothek



Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz



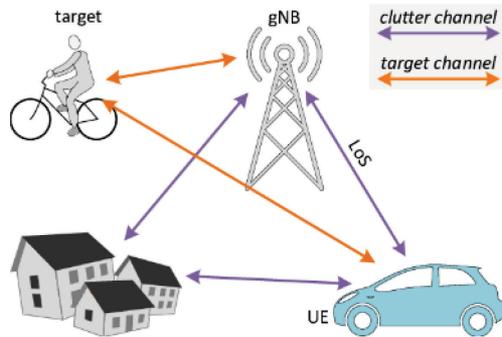
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Sensorik und Fernüberwachung als Schlüsselthemen in F&E

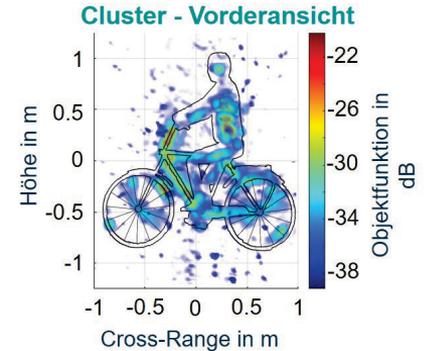
RADAR: Erweiterte Funktion für Objektdetektion und Objektklassifikation

- Messbandbreiten bis in den Millimeterwellenbereich
- Verarbeitung von Radarreflektivitäten (Radarquerschnitt, RCS) zur Objektklassifikation wie z.B. Fahrzeugklassen, Personen, „lost cargo“
- bistatischer Ansatz (getrennte Sender und Empfänger)
- Bildgebende Funktionalitäten

Erklärung im Anschluss im Labor!



ThiMo-Labor VISTA



Forschungsfragen zum teleoperierten Betrieb

Projekt: ÖV-LeitmotiF-KI

„Öffentlicher Verkehr: Standards für die **Leitsystemanbindung von automatisierten Fahrzeugen** mittels Künstlicher Intelligenz“

- Laufzeit: Januar 2022 – September 2024
- Förderung: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
- **Projektziel: sicherheitsgerechtes und standardisiertes Referenzmodell für die Integration von autonomen Fahrzeugen in den ÖV**
- Inhalte:
 - Kontextbeschreibung Fahrzeug-Leitsystem, Systemarchitektur
 - KI-Potentiale, Sicherheitsanalyse, Schnittstellenspezifikationen
 - Fahrgast-Szenarien, Labor- und Feldtest



ÖV-LeitmotiF-KI

Fachgebiet “Nutzerzentrierte Analyse von Multimediadaten”

Jun.-Prof. Dr. Matthias Hirth, Dr.-Ing. Cindy Mayas | www.tu-ilmenau.de/mt-nam/



Bahnhof/Neuhäuser Weg



Gründerzentrum



Mensa



Bibliothek



Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

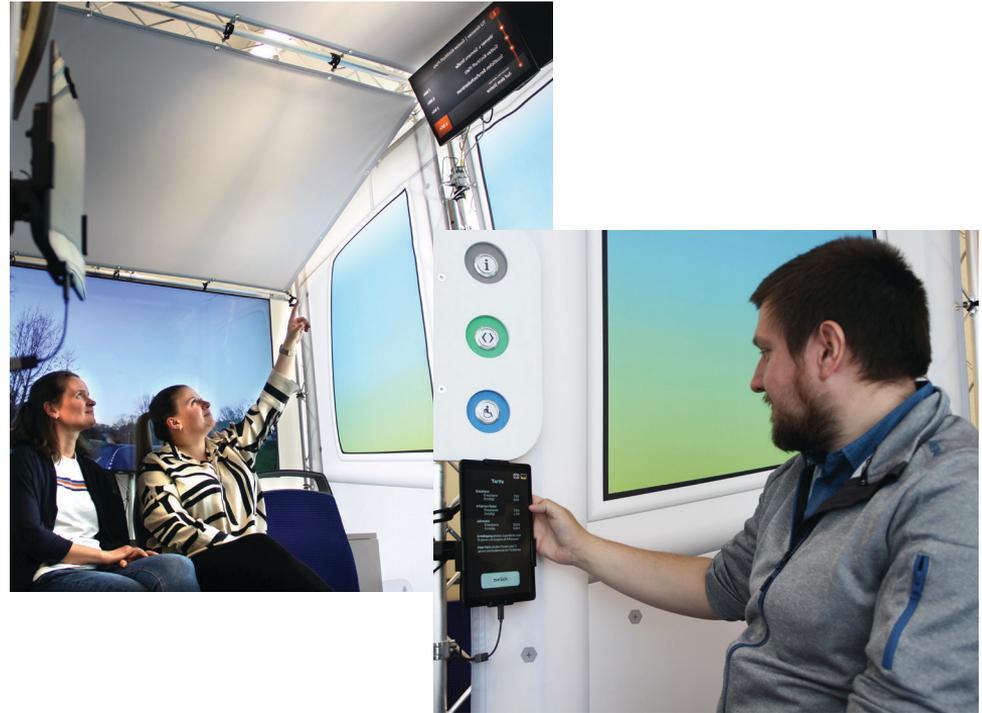
Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Begleitforschung zur Nutzerschnittstelle

MIKA-ÖV Lab

- Menschzentrierte Entwicklung von Informations- und Kommunikationssystemen
- Für autonome Fahrzeuge ohne Begleitpersonal im öffentlichen Personenverkehr
- Anpassbare realistische Testumgebung für Fahrgast-Services und Ereignissituationen
- Einflüsse auf User Experience



Bahnhof/Neuhäuser Weg



Gründerzentrum



Mensa



Bibliothek



Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz

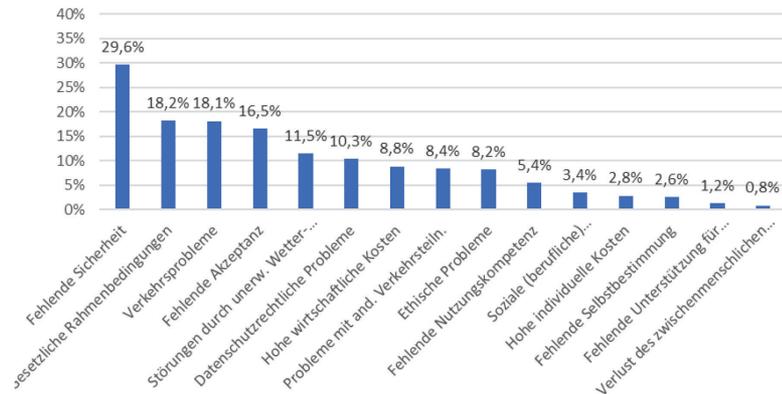
th

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

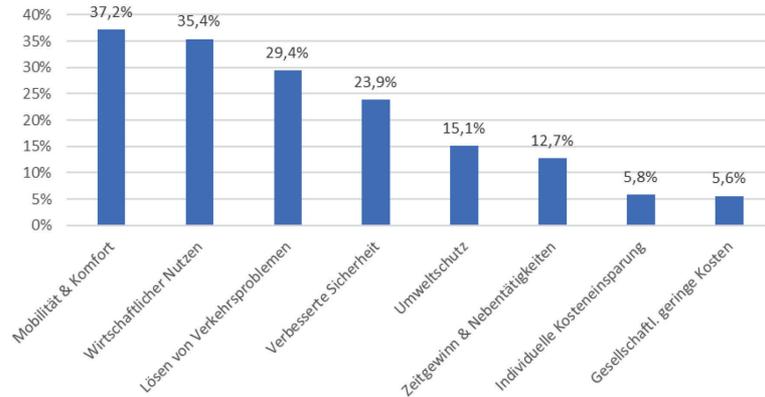
Begleitforschung zur Wahrnehmung und Nutzerakzeptanz

- Aufarbeitung und Analyse des Forschungsstandes zur **Wahrnehmung und Kommunikation des autonomen Fahrens**
- Längsschnittstudie: Quantitative Befragungen der (1) Universitätsmitglieder und (2) BürgerInnen Ilmenaus zum autonomen Fahren (jeweils in den Jahren 2022 und 2023)
- Quantitative Medieninhaltsanalyse der Berichterstattung zum autonomen Fahren allgemein und im ÖPNV in deutschen regionalen und überregionalen Online-Zeitungen von 2018 bis 2023
- Quantitative Fahrgastbefragung der Fahrgäste von CAMIL im Jahr 2023

Am häufigsten genannte Risiken/ Probleme (N = 503)



Am häufigsten genannte Nutzen (N = 503)



Fachgebiet "Public Relations & Technologiekommunikation", Dr. Andreas Schwarz



Bahnhof/Neuhäuser Weg



Gründerzentrum



Mensa



Bibliothek



Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

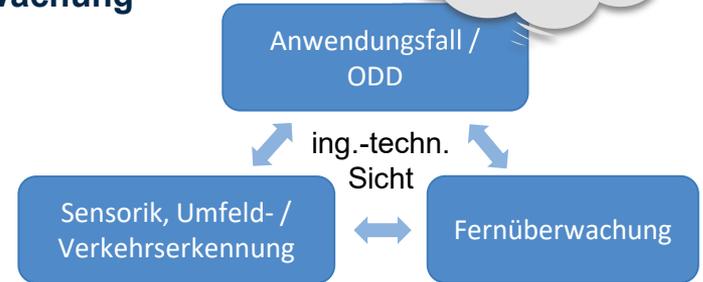
Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Resümee (aus Perspektive des ThIMo)

- **ToDo: Multisensorische Ansätze + Fernüberwachung** für anspruchsvollen ODDs
- **Verfügbarkeit, Leistungsparameter und Fragen der Fernüberwachung** neuer Serienfahrzeuge sind aktuell schwer abzuschätzen.
- **Pilotprojekte und Reallabore** weiterhin notwendig
→ **Kompetenzaufbau bei Kommunen und ÖPNV.**
- AVF im ländl. Raum ist Thüringer Thema: Projekte (CAMIL, P:Mover, MOVEwell, ...) RIS Thüringen, EDIH Thuringia
→ **Forschungsschwerpunkt + Anwendungsbedarf**

Bedarf, Akzeptanz,
Wirtschaftlichkeit,
rechtl. Rahmen ?



SAVE THE DATE
25. September 2024
Stadthalle Bad Blankenburg

Thüringer Forum MOBILITÄT

Mobilität in ländlichen Räumen:
Regionen verbinden. Menschen bewegen.



www.mobilitaet-thueringen.de



Kontakt

Dr. Carsten Schauer

T: (03677) 692569

E: carsten.schauer@tu-ilmenau.de

W: www.mobilitaet-thueringen.de



Bahnhof/Neuhäuser Weg

Gründerzentrum

Mensa

Bibliothek

Ehrenberg / G.-Kirchhoff-Platz



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

„Smart Cities & Smart Regions in Thüringen“

6. Juni 2024

Carsten Schauer, Matthias Hein, Matthias Hirth, Andreas Schwarz

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU