

SMART MOBILITY

 Ein Forschungsprogramm zum
autonomen Fahren in Baden-Württemberg

gefördert durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST

gefördert durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
AutoRICH – Autonomes Fahren: Risiken und Chancen für die Städte	5
INTUITIVER – Interaktion von automatisierten Fahrzeugen und leicht verletzbaren Verkehrsteilnehmern	9
OpEr – Optimierung der visuellen Erkennbarkeit von Fußgängern auf Basis vernetzter Infrastruktur	13
SmartEPark – Smart Electric Parking	17
Smart Mobility – Rechtliche Begleitforschung	21
Kontakt	25
Impressum	25

Vorwort



© MWK BW

Simona Dingfelder,
Ministerium für Wissenschaft, Forschung
und Kunst Baden-Württemberg

Datengetriebene Innovationen bestimmen und verbessern unser alltägliches Leben fortwährend – auch jenseits unserer Computer und Mobilgeräte. In unserem engsten Umfeld wie der Haustechnik, im Bereich der Energiesteuerung, der Gesundheitsversorgung und auch bei der individuellen oder öffentlichen Mobilität halten immer mehr digitale Strukturen Einzug.

Gemeinsam mit dem Ministerium für Verkehr haben wir daher im Projekt Smart Mobility fünf Forschungsteams unterstützt, die sich interdisziplinär mit dem Bereich autonomes Fahren auseinandersetzen. Viele technische Aspekte wurden untersucht wie die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen, die richtige Ausleuchtung des Fahrfeldes und die Sicherheit des autonomen Fahrens generell, aber auch rechtliche Fragestellungen. Zudem stellt autonomes Fahren die Frage neu, wie wir in der Stadt gemeinsam leben wollen: Auch autonome Fahrzeuge brauchen Raum sowohl für das Fahren als auch zum Parken, fortgeschrittene Sensorik bedeutet noch keine gelungene Kommunikation und Mobilitätswünsche stellen sich mit veränderter Stadtplanung anders dar. Im Rahmen des Testfelds Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW) konnten auch unter Pandemiebedingungen viele Erfahrungen gesammelt werden. Die Forschungsteams zeigen uns mit ihren Ergebnissen, wie aufwendig sich Human Computer Interaction gestaltet, wenn wir nicht über Schnittstellen reden, sondern über eine:n Fußgänger:in, der:die winkt, weil er eine Straße überqueren möchte, oder über ein Kind, das auf dem Bürgersteig radelt und sich der Kreuzung nähert.

Das alles macht klar: zukünftige Mobilitätslösungen beruhen auf einem Lernprozess in mehreren Dimensionen – technologisch und regulatorisch, aber auch gesellschaftlich. Wer bekommt wie viel Raum im Verkehr, wie verständigen wir uns dort künftig, welche Interessen müssen ausgeglichen werden? Zu all diesen Punkten legen die Forschungsteams interessante Ergebnisse vor.

Seitens des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst bedanke ich mich bei allen Projektbeteiligten und hoffe, dass die Ergebnisse anregend wirken und weitere Forschungsbeiträge für nachhaltige und innovative Mobilität folgen lassen.



© RP Tübingen

Marcel Zembrot,

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Der Begriff „autonomes Fahren“ klingt in den Ohren vieler immer noch nach Science-Fiction, nach Zukunftsmusik. Hier setzt das Forschungsprogramm „Smart Mobility“ des Landes Baden-Württemberg an, das Schaufenster sein und in verschiedenen Projekten aufzeigen soll, wie autonomes Fahren sich in Zukunft einsetzen lassen könnte, um den Verkehr nachhaltiger und sicherer zu gestalten.

Vom Einparken über Stadtplanung bis hin zu den rechtlichen Belangen wurde geforscht. So wurde beispielsweise untersucht, wie man das Einparken in einem Parkhaus automatisiert durchführen kann, sodass die Kund:innen keinen Parkplatz mehr suchen müssen. Je mehr Automatisierung, desto besser wird der Verkehr fließen – das ist eine oft genannte Faustregel. Gleichwohl ist es wichtig zu hinterfragen, von wem und wie überhaupt die neuen, automatisierten Angebote genutzt werden. Wenn sich das Verkehrsverhalten der Bürger:innen von primär Individualverkehr zu einem Mobilitätsmix aus ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß und autonomen Ridesharing-Angeboten ändern sollte, wie müssten sich dann die Städte selbst ändern? Auch die Gesellschaft muss lernen, mit der neuen Technologie umzugehen, beispielsweise indem Menschen mit dem Fahrzeug durch Gestik und Handzeichen kommunizieren.. Darüber hinaus werden diese Punkte von rechtlichen Rahmenbedingungen umfasst, die es auf nationaler sowie internationaler Ebene einzuordnen gilt.

Trotz vieler Herausforderungen insbesondere in Folge der Pandemie zeigen die Projektergebnisse eindrucksvoll auf, wie Automatisierung und Digitalisierung im Straßenverkehr aussehen könnten und welche weiteren Schritte in der Zukunft noch unternommen werden müssen. Ich bedanke mich im Namen des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg bei allen Projektbeteiligten für das besondere Engagement sowie die interessanten und aufschlussreichen Projektergebnisse. Diese zeigen, dass wir im Land durch automatisierte Mobilität einen Beitrag zu klimafreundlicher, geteilter und nachhaltiger Mobilität leisten können. Nutzen wir also diese Chancen!

AutoRICH –

Autonomes Fahren: Risiken und Chancen für die Städte

Vernetzt, autonom, smart, elektrisch. Begleitet von diesen Schlagworten kursieren zahlreiche Visualisierungen zum autonomen Fahren. Fast alle zeigen einen belebten, urbanen und stark begrünten öffentlichen Raum mit hoher Aufenthaltsqualität. Radfahrer:innen, Fußgänger:innen und autonome Fahrzeuge bewegen sich in harmonischem Miteinander. Auch der Parkdruck ist verschwunden, abgesehen von vereinzelt wartenden autonomen Mini-Shuttles. Aber ist eine solche Entwicklung wirklich zu erwarten?

Vor diesem Hintergrund entstand das Projekt AutoRICH: Es beleuchtet die Chancen und Risiken des autonomen Fahrens für Städte und ihre Bewohner:innen. In mehreren Teilprojekten wurde von einem interdisziplinären Team mittels unterschiedlicher Methoden untersucht, welche Weichen heute gestellt werden müssten, damit die oben beschriebenen Visionen wirklich eintreten können.

Verändertes Mobilitätsverhalten

„Was wäre, wenn es heute bereits autonom fahrende Autos gäbe?“ wurden rund 3.400 Personen im Rahmen zweier Online-Erhebungen gefragt. Das Ergebnis: 60 % der Befragten würden autonome Fahrzeuge nutzen, 40 % nicht. Die Nutzer:innen autonomer Fahrzeuge würden von den neuen Mobilitätsoptionen sogar regen Gebrauch machen. Es würden viele

neue Wege entstehen oder vom Umweltverbund verlagert werden. Auch längere Fahrten würden akzeptiert, z. B., da während der Fahrt auch anderen Tätigkeiten nachgegangen werden könnte. Die Verteilung von Fahrten auf verschiedene Nutzungsformen autonomer Fahrzeuge wurde ebenfalls erfragt. So wäre das Privatfahrzeug mit etwa der Hälfte der beabsichtigten Wege nach wie vor die beliebteste Nutzungsform, aber auch Carsharing und Ridepooling würden für jeweils ein Viertel der Wege genutzt.

Szenarien

Zum Umgang der Stadt- und Verkehrsplanung mit den neuen Mobilitätsoptionen des autonomen Fahrens wurden zwei grundlegende Szenarien am Beispiel der Stadt Karlsruhe betrachtet: In einem Szenario „Trend“ werden keine regulierenden Eingriffe unterstellt, wogegen in einem Szenario „Sharing“ insbesondere der Besitz autonomer Fahrzeuge eingeschränkt wird, indem diese fast ausschließlich als geteilte Fahrzeuge genutzt werden dürfen. Die wesentlichen Randbedingungen der Szenarien sind in der Tabelle dargestellt. Im Szenario „Sharing“ wurden zudem mehrere Unterszenarien betrachtet, die jeweils unterschiedlich stark nachhaltigkeitsrelevante Zielgrößen wie Treibhausgasemissionen, Lärm, Aufenthaltsqualität, Leistbarkeit von Mobilität, soziale Akzeptanz, ÖPNV und Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels fokussieren.

Projekt AutoRICH

Einflussfaktor	Szenario „Trend“	Szenario „Sharing“
Bevölkerung	Die Stadt wächst um 27.000 EW auf 340.000 EW	
Straßennetz	Das Netz der vier- und mehrstreifigen Straßen und die heutigen Temporegelungen bleiben bestehen. Radschnellverbindungen werden überwiegend additiv zum bestehenden Straßennetz und nicht zu dessen Lasten ausgebaut.	Tempo 30 wird Regelgeschwindigkeit auf den Hauptstraßen, Tempo 20 in den Quartieren. Mehrere vierstreifige Straßen werden zu zweistreifigen Straßen zurückgebaut, dort werden Radwegverbindungen eingerichtet.
Marktdurchdringung	60% der Karlsruher:innen nutzen autonome Fahrzeuge, 40% nutzen weiterhin manuell gesteuerte Fahrzeuge (= 56.000 Fahrzeuge).	
Zahl der autonomen Fahrzeuge	60% der Bewohner:innen nutzen autonome Fahrzeuge als private Fahrzeuge. Diese können sich wohnortfern selbstständig einen Stellplatz suchen, die Anschaffungshürde „Parkraum“ für ein Kfz entfällt. Der Kfz-Besitz der Nutzer:innen autonomer Fahrzeuge gleicht sich dem heutigen Kfz-Besitz in Stadtrandgebieten (ohne Parkdruck) an. Die Kfz-Flotte der Nutzer:innen autonomer Fahrzeuge wächst von bisher 84.000 auf 100.000 Fahrzeuge an.	60% der Karlsruher:innen nutzen autonome Fahrzeuge, allerdings als geteilte Fahrzeuge (Ersetzungsfaktor 1:8 für Carsharing bzw. 1:10 für Ridepooling-Fahrzeuge gegenüber einer Privatwagen-Flotte). Die Fahrzeugflotte der Nutzer:innen autonomer Fahrzeuge schrumpft von 84.000 auf ca. 10.000 Fahrzeuge .
Größe der Kfz-Flotte	156.00 Kfz	66.000 Kfz
Parkraum	Der Parkdruck steigt. Es sind zusätzliche (automatische) Parkhäuser für einen Großteil der 16.000 zusätzlichen Fahrzeuge erforderlich.	Die Zahl der Stellplätze im öffentlichen Raum kann mindestens halbiert werden. Aus ehemaligen Garagen werden multifunktionale und multimodale Quartiers-Hubs mit verschiedenen Services.
Öffentlicher Raum	Der öffentliche Raum bleibt im Wesentlichen so wie heute.	Der öffentliche Raum wird vom ruhenden Verkehr entlastet. Es gibt mehr Flächen für Aufenthalt, Begrünung, Entsiegelung und Klimaanpassung.

Die Auswirkungen der Szenarien auf Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung wurden beispielhaft für die Stadt Karlsruhe mit Hilfe eines makroskopischen Verkehrsmodells modelliert.

Modellergebnisse

Ohne Regulierung würde die tägliche Verkehrsleistung von heute 16,8 Mio. Pkw-km auf 23,1 Mio. Pkw-km ansteigen (Szenario „Trend“). Limitierender Faktor wäre dabei das Straßennetz, dessen Kapazitätsgrenze dazu führen würde, dass nicht alle der beabsichtigten Fahrten mit dem autonomen Fahrzeug zurückgelegt werden könnten.

Laufzeit

01.09.2018–28.02.2022

Partner:innen

- Hochschule Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. Jan Riel, Tim Reuber, M. Eng.,
Jan Wachsmann, M. Eng., Prof. Dr.-Ing. Reiner
Jäger, Naznin Akter, M. Sc.
- Karlsruher Institut für Technologie
Prof. Dipl.-Ing. Kerstin Gothe, Dipl.-Ing.
Lisa Matzdorff, Dr. Alexa Maria Kunz,
Dipl.-Soz. Felix Albrecht, Josua Sequenz, B. A.
- Koehler & Leutwein GmbH & Co KG
Peter Koehler, M. A., MBA, Jonas Fehrenbach,
M. Sc., Martin Pielawa, B. Sc., Stefan Wammetsber-
ger, Prof. Dr.-Ing. Wilko Manz, Kaiserslautern
- Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik & Bildauswertung
Dr.-Ing. Miriam Ruf, Jens Ziehn, M. Sc.

Auch im Szenario „Sharing“ würde es nicht in allen Unterszenarien zwangsläufig zu weniger Verkehr kommen, auch wenn alle autonomen Fahrzeuge als geteilte Fahrzeuge zugelassen wären: Im Unterszenario „Sharing ohne Grenzen“ (jeweils 50 % der Fahrten werden mit Ridepooling bzw. mit Carsharing-Fahrzeugen durchgeführt) würden zwar alle beabsichtigten Fahrten mit autonomen Fahrzeugen durchgeführt werden können, das Straßennetz wäre aber ebenfalls mit 23,1 Mio. Pkw-km/Tag am Limit.

Erst der ausschließliche Einsatz von Ridepooling-Fahrzeugen würde im Unterszenario „Mehr Mobilität – weniger Verkehr“ zu einem Rückgang der gefahrenen km auf 15,5 Mio. täglich führen.

Ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutz würde erst im Unterszenario ‚Mobilitätswende für Klimaschutz‘ erreicht, in dem die Verkehrsleistung um 60 % bzw. auf 6,9 Mio. Pkw-km reduziert wird. Dies kann jedoch nur durch massive Kostensteigerungen im Kfz-Verkehr sowie ggf. den Einsatz von Steuerungsinstrumenten zum Management von Streckenkontingenten erfolgen. Ein solches System wurde im Rahmen von AutoRICH ebenfalls prototypisch entwickelt.

Die Perspektive der Bürger:innen

Individuell befragt gaben die an den Online-Umfragen teilnehmenden Personen an, mit autonomen Fahrzeugen deutlich mehr Fahrten zurücklegen zu wollen als heute. Insbesondere bei den Jüngeren (kein Führerschein) sowie bei den Senior:innen war dies besonders ausgeprägt. Diese Erkenntnisse bildeten eine maßgebliche Grundlage für die Modellierung der Szenarien. In einem Bürger:innendialog wiederum mit den Ergebnissen der Modellierung und den Szenarien konfrontiert, wurde von den Teilnehmer:innen jedoch ein regulierender Eingriff der öffentlichen Hand gewünscht, um Mehrverkehr zu vermeiden. Das Szenario „Trend“ wurde eindeutig als risikoreich und wenig wünschenswert betrachtet. Demgegen-

über wurden in dem Szenario „Sharing“ deutlich mehr Chancen im Hinblick auf verschiedenste Aspekte gesehen. Gleichwohl wurde es nicht als „einzige große Chance“ bewertet, sondern auch mit Risiken verknüpft und unter bestimmten Bedingungen als wünschenswert erachtet.

Interaktion autonomer Fahrzeuge mit dem Fußverkehr

Autonome Fahrzeuge sollen insbesondere auf belebten „abstimmungsintensiven“ Straßen mit dem Fußverkehr harmonisch interagieren. Eine zusätzliche Separation des Fußverkehrs – um die Fahrt autonomer Fahrzeuge nicht zu „stören“ – soll vermieden werden.

Mittels einer Experimentalstudie auf dem Testfeld autonomes Fahren des Landes Baden-Württemberg und mit Hilfe eines Modellansatzes wurden Möglichkeiten für eine „stadtverträgliche“ Interaktion autonomer Fahrzeuge mit dem Fußverkehr erarbeitet: Die Experimente zeigten, dass autonome Fahrzeuge auf abstimmungsintensiven Straßen mit Geschwindigkeiten von 10 bis 20 km/h fahren sollten. Diese Geschwindigkeiten gelten als „stadtverträglich“, gleichzeitig werden unklare Abstimmungssituationen vermieden. Mit zunehmender Verkehrsstärke sollten sich die Fahrzeuge außerdem in Pulks organisieren, um die Barrierewirkung für den Fußverkehr möglichst gering zu halten.

Die Wirksamkeit dieser Möglichkeiten erhöht sich mit zunehmender Durchdringung der Fahrzeugflotte mit autonomen Fahrzeugen.

Empfehlungen

Auf Bundesebene

Es ist der Rahmen dafür zu schaffen, dass autonome Fahrzeuge nur als geteilte Fahrzeuge, aber nicht als Privatfahrzeuge zugelassen werden, also im Sinne des klassischen Carsharings oder als Ridepooling-Angebot. Dies erscheint vielleicht zunächst radikal. Gleichzeitig lässt sich beobachten, dass sich die

Projekt AutoRICH



Straßenraumstudie einer Nachkriegssiedlung heute (oben) und 2040 (unten).

Die Reduktion parkender Autos führt zu neuen Möglichkeiten der Nutzung des Straßenraumes.

© Matzdorff/Sandic

Wahrnehmung von Problemen und Lösungen aktuell stark verändert – etwa in Sachen Tempo 30 im Stadtverkehr. Paradigmenwechsel angesichts des Klimawandels sind erwartbar.

Auf Landesebene

Die Landesbauordnungen sollen ein reduziertes Angebot von Stellplätzen im Wohnungs- und Gewerbebau ermöglichen. Spielräume sollten dabei vor allem den kommunalen Entscheider:innen zugestanden werden, wenn sie das Parkraumangebot entsprechend den lokalen Mobilitätskonzepten anpassen wollen.

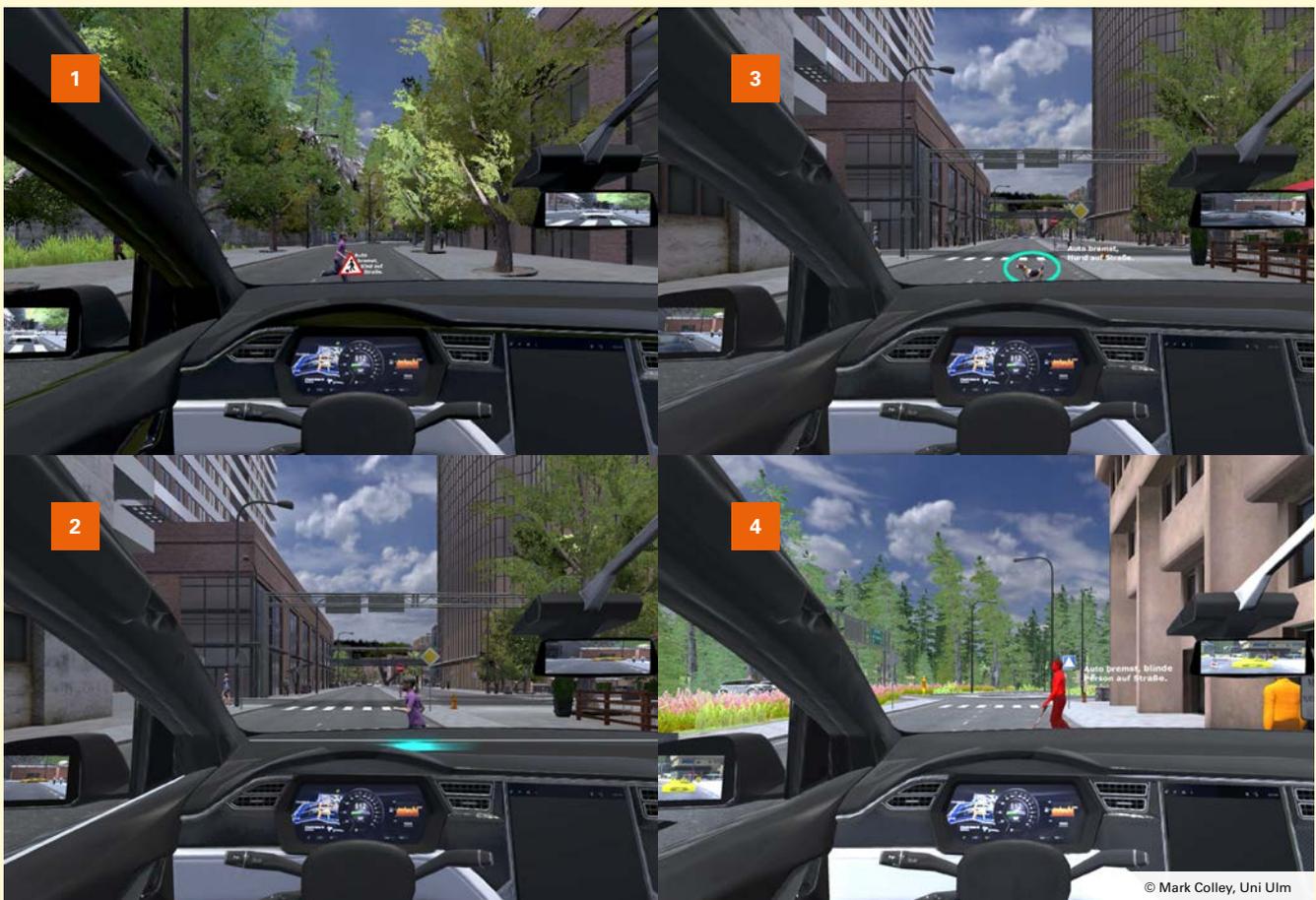
Auf kommunaler Ebene

Die Transformation des öffentlichen Raums im Sinne einer Reduzierung der öffentlichen Parkstände sollte auf kommunaler Ebene vor Ort angestoßen werden und bei gleichzeitig kon-

sequenter Ausweitung des Carsharing-Angebotes, des ÖPNV und der Rad-Mobilität bereits heute eine bewusstere und reduziertere Autonutzung in Gang setzen.

Die Zulassung von Ridepooling-Anbietern sollte außerdem nur erfolgen, wenn ein zentrales und mit dem Betreiber des ÖPNV abgestimmtes Datenmanagement sichergestellt ist

Eine handlungsorientierte, illustrierte Zusammenfassung des Projekts mit zentralen Ergebnissen und Empfehlungen findet sich unter dem Link www.h-ka.de/ivi/projekte/autorich.



INTUITIVER – Interaktion von automatisierten Fahrzeugen und leicht verletzbaren Verkehrsteilnehmern

In urbanen Räumen begegnen sich Millionen von Verkehrsteilnehmer:innen in Szenarien, deren Komplexität ein kooperatives Verhalten aller Beteiligten bedingt. Insbesondere die Beobachtung und Ableitung der Intention anderer Verkehrsteilnehmer:innen ermöglicht ein vorausschauendes, sicheres Handeln. Während die Interaktion zwischen automatisierten Fahrzeugen (AF) auf technischer Ebene definiert werden kann, erfordert das Zusammenspiel von AF mit leicht verletzbaren Verkehrsteilnehmer:innen (LVT) wie bspw. Fußgänger:innen völlig neue Methoden der Absichtserkennung und -kommunikation. Im

Rahmen des Projekts INTUITIVER wurden diese Herausforderungen anhand eines gesamtheitlichen Ansatzes betrachtet, der alle relevanten Kommunikationspfade abdeckt. So wurden Methoden zur Erkennung der Intention von LVT anhand von Radar- und Kameradaten entwickelt. Des Weiteren wurden Konzepte für eine zuverlässige externe Kommunikation zur Mitteilung des Fahrzeugverhaltens an außenstehende LVT entworfen. Final wurde zudem die Bedeutung der internen Kommunikation, bei der Nutzer:innen eines AF über dessen Entscheidungen informiert werden, untersucht.

Um die Notwendigkeit der einzelnen Kommunikationspfade zu analysieren, wurden zunächst exemplarische Use Cases definiert, in denen LVT in besonderem Maße auf ein kooperatives Verhalten der motorisierten Verkehrsteilnehmer:innen angewiesen sind. So erfordern sowohl das Durchwinken eines AF an einem Zebrastreifen als auch die Aufforderung zum Anhalten von Seiten eines LVT – beispielsweise durch einen Polizisten – die Erkennung von Kommunikationssignalen in Form von Gesten. Des Weiteren muss die Detektion der Geste nach außen und innen kommuniziert werden, um der Gefahr von Missverständnissen vorzubeugen und die resultierende Entscheidung des AF den Insass:innen transparent zu vermitteln.

Ausgangspunkt einer bidirektionalen Mensch-Maschine-Interaktion im Verkehrsumfeld ist die Erkennung von Kommunikationssignalen von Passant:innen in der Umgebung des AF. Gesten stellen hierbei Signale mit besonders hohem Informationsgehalt dar, die zur Mitteilung einer expliziten Botschaft (bspw. „Anhalten“) genutzt werden. Die Erkennung solcher Verkehrsgesten anhand der Daten der Fahrzeugsensoren stellt den wesentlichen Beitrag des Instituts für Mikrowellentechnik (MWT) sowie des Instituts für Mess-, Regel- und Mikrotechnik (MRM) an der Universität Ulm im Rahmen des Projekts INTUITIVER dar. Das MWT fokussierte sich dabei

auf die Ableitung absichtsrelevanter Merkmale durch Auswertung von Daten eines Radarsensornetzwerks. Radarsensoren sind heutzutage ein wesentlicher Bestandteil hochmoderner Fahrerassistenzsysteme, da sie neben der Möglichkeit zur präzisen Messung von Abstand und Geschwindigkeit auch eine hohe Resilienz gegenüber schlechten Wetter- und Lichtverhältnissen besitzen. Folglich bilden sie die Basis für eine robuste Gestenerkennung. Um die Entwicklung zuverlässiger Detektionsalgorithmen zu ermöglichen, wurde ein umfangreicher projektspezifischer Datensatz aufgezeichnet, der sowohl Radarsignaturen als auch Kameradaten für acht verschiedene Verkehrsgesten und 35 Teilnehmer:innen enthält. Auf Grundlage des Datensatzes wurden verschiedene neuronale Netze zur Gestenklassifikation trainiert, die eine Erkennungsgenauigkeit von über 92% erreichen. Eine simultane Orientierungsschätzung ermöglicht zudem die Identifikation des:der Empfänger:in und damit eine korrekte Interpretation der Geste.

Laufzeit

01.11.2018–30.06.2022

Partner

→ Universität Ulm

Institut für Mikrowellentechnik: Prof. Christian Waldschmidt, Nicolai Kern

Institut für Mess-, Regel- und Mikrotechnik: Prof. Klaus Dietmayer, Adrian Holzbock

Institut für Medieninformatik: Prof. Enrico Rukzio, Mark Colley

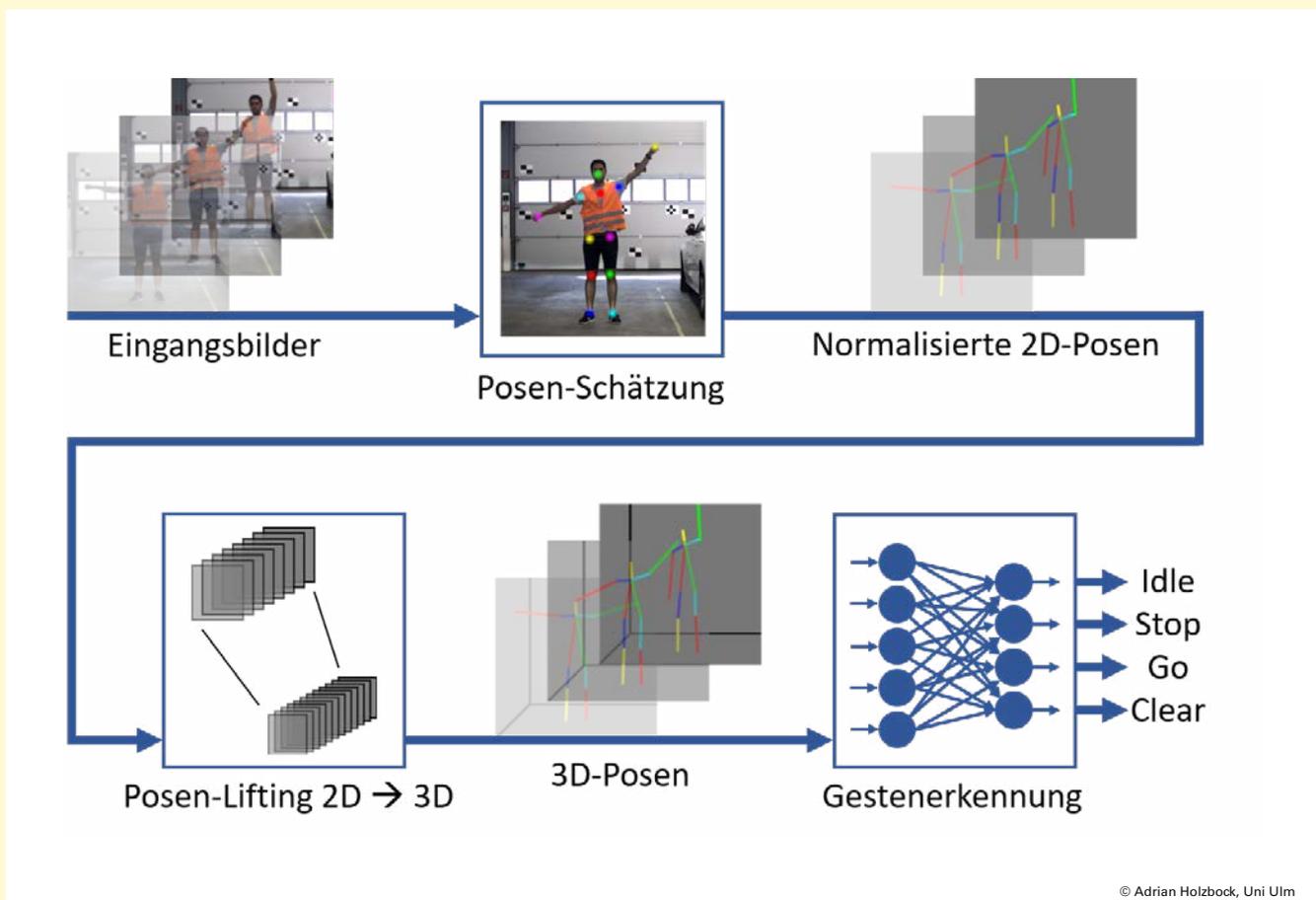
Institut für Psychologie (Human Factors): Prof. Martin Baumann, Mirjam Lanzer

Neben Radarsensoren sind AF mit Kamerasensoren ausgestattet. Diese ermöglichen die Wahrnehmung von Verkehrszeichen, die speziell im Straßenverkehr auf die menschliche Wahrnehmung ausgelegt sind. Mit den Fahrzeugkameras werden LVT im Fahrzeugumfeld detektiert und relevante Gesten automatisiert erkannt. Die Gestenerkennung besteht im Wesentlichen aus drei einzelnen Schritten. Zuerst werden in den Kamerabildern die Personen detektiert und deren 2D-Skelettpunkte mithilfe künstlicher Intelligenz extrahiert. Der zweite Schritt wandelt die 2D-Skelettpunkte in 3D-Skelettpunkte um, womit Uneindeutigkeiten in den 2D-Daten aufgelöst werden. Die Gestenerkennung erfolgt im dritten Schritt des Ansatzes. Hierfür wurde im Rahmen des Projekts ein neuer Machine Learning-Ansatz entwickelt, der nach der Optimierung auf einem Datensatz für Polizeigesten die Gesten „Go“, „Stop“ und „Clear“ in den Videodaten erkennen kann. Weiterführend wurde die Fusion von Kamera- und Radardaten für die Gestenerkennung mit neuronalen Netzen untersucht. Das für diesen Zweck entwickelte neuronale Netzwerk extrahiert komprimierte Merkmale aus den Video- bzw. Radardaten. Die extrahierten Merkmale werden gemeinsam in ein zweites neuronales Netzwerk gegeben, das den zeitlichen Kontext zwischen den einzelnen Messzeitpunkten auswertet und die ausgeführte Geste klassifiziert. Durch die Fusion von Kamera- und Radardaten kann die Klassifikationsgenauigkeit im Vergleich zu einem Ansatz mit nur einer Sensorart verbessert und die Robustheit gegenüber Umweltfaktoren erhöht werden.

Neben der Intentionserkennung leistet Kommunikation von Seiten des AF einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung komplexer Situationen. In heutigen unklaren Verkehrssituationen verwenden LVT implizite und explizite Kommunikationsmechanismen, um die Intentionen einer fahrenden Person zu erkennen. Implizite Faktoren sind Geschwindigkeitsprofil oder Position des Autos, explizite Faktoren sind zum Beispiel eine Lichthupe, das Aufheulen des Motors, Augenkontakt oder Handgesten. Ohne menschliche Insass:innen fehlt solch

eine explizite Kommunikation. Deshalb stellt sich die Frage, inwiefern diese Faktoren durch ein AF kompensiert werden müssen bzw. ob ein AF diese Kommunikation sogar verbessern könnte. Deshalb wurde diese externe Kommunikation vom Institut für Medieninformatik an der Universität Ulm im Rahmen des Projekts INTUITIVER untersucht. Dabei wurden die Bedürfnisse von verschiedenen Personengruppen, insbesondere von Personen mit visuellen Einschränkungen, analysiert. Hierfür wurden zum Beispiel Arbeitskreise in München und Ravensburg durchgeführt. Basierend auf modernen Kommunikationstheorien wurden relevante Aspekte der Kommunikation definiert und in Virtual Reality (VR), über Videos oder über Browser-Applikationen entsprechende Prototypen evaluiert. Hierbei erwiesen sich multimodale Ansätze als am geeignetsten. Es wurden auch Nachteile einer solchen Kommunikation wie zum Beispiel ein zu hohes Vertrauen in die Kommunikation oder das Verwirrtsein bei präsenten, nicht in das Fahrgeschehen eingreifenden Passagier:innen, gezeigt.

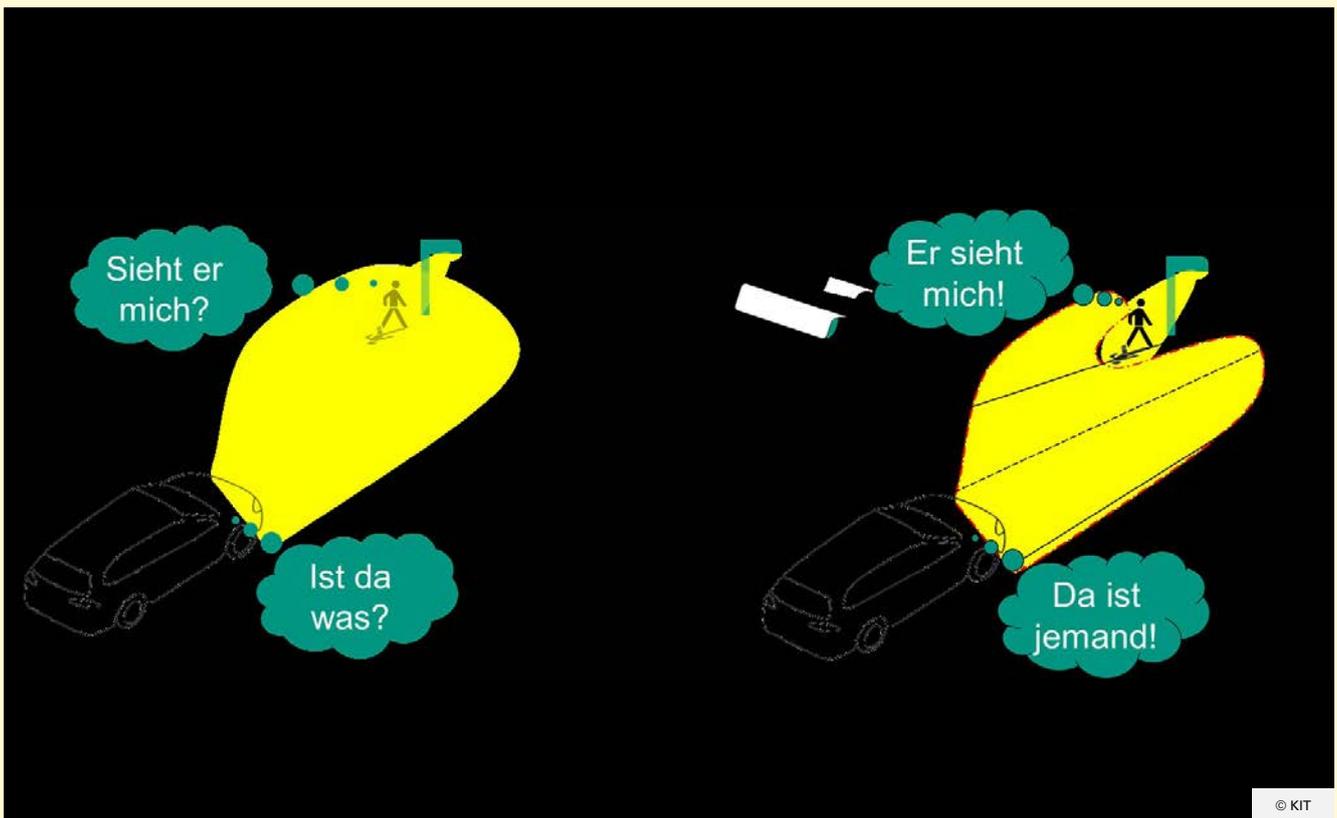
Damit AF akzeptiert und genutzt werden, müssen die Insass:innen die Automatisierung nachvollziehen können und ihr vertrauen. Ausschlaggebend dafür ist die Kommunikation nach innen, also zwischen AF und Nutzer:in, die von der Abteilung Human Factors des Instituts für Psychologie und Pädagogik untersucht wurde. Im Rahmen von INTUITIVER durchgeführte Beobachtungsstudien zeigten, dass LVT neben ihrem Bewegungsmuster durch Blick- und Gestenverhalten ausdrücken, ob sie die Straße queren möchten. Wenn LVT bspw. durch Smartphone-nutzung abgelenkt sind oder in einer Gruppe die Straße überqueren, verändert sich ihr Verhalten. Anzeige-konzepte für die Nutzer:in-AF-Kommunikation sollten demnach sowohl die Querungsintention der LVT als auch kontextuelle Faktoren berücksichtigen, um ein angemessenes Situationsbewusstsein der Nutzer:innen zu ermöglichen und das Automationsverständnis zu unterstützen. Verschiedene Anzeige-konzepte wurden erarbeitet und mit prototypischen Umsetzungen, u. a. in VR, empirisch evaluiert. Proband:innen



erlebten und bewerteten die unterschiedlichen Anzeigekonzepte in verschiedenen Situationen wie beispielsweise das unerwartete Auftauchen eines Kindes hinter einem geparkten Fahrzeug oder das Überqueren eines Zebrastreifens durch eine:n abgelenkte:n Fußgänger:in. Wurden Nutzer:innen in einer transparenten Weise und im notwendigen Detailgrad über die querenden LVT vom AF informiert, reduzierte sich die mentale Beanspruchung und das Vertrauen stieg an.

Die entwickelten Methoden zur Intentionserkennung wurden anhand des herausfordernden Projektdatensatzes validiert. Hierbei konnte eine präzise Gestenklassifikation nachgewiesen werden, mit Hilfe derer eine Kommunikation von LVT in Richtung des AF möglich ist. Die Konzepte zur Kommunikation von AF nach außen und innen wurden realitätsnah bspw. in VR untersucht, sodass eine Transferierbarkeit der Resultate

gegeben ist. Insbesondere zu erwähnen ist hierbei die Berücksichtigung von Personen mit visuellen Einschränkungen, die für eine gesellschaftlich akzeptierte Automatisierung des Individualverkehrs unabdingbar ist.



Vermeidung des „Camouflage-Effekts“ (links) durch vernetzte Sensorik (rechts)

OpEr – Optimierung der visuellen Erkennbarkeit von Fußgängern auf Basis vernetzter Infrastruktur

Was passiert, wenn ein:e Fußgänger:in trotz ausreichender Beleuchtung aus einem Auto heraus nur schlecht oder gar nicht sichtbar ist? Im schlimmsten Falle kann hierdurch ein Unfall verursacht werden, bei dem der:die Fußgänger:in zu Schaden kommt. Diesen „Camouflage-Effekt“ wird jeder Verkehrsteilnehmer:in schon einmal erlebt und vielleicht mit Schrecken, aber hoffentlich ohne Schaden überstanden haben. Der Grund für diesen Camouflage-Effekt ist, dass sich Fußgänger:innen nicht ausreichend gut von der Umgebung abheben – der Kontrast zwischen Fußgänger:innen und Umgebung ist zu gering. Um die Er-

kennbarkeit des Fußgängers zu erhöhen, kann die ortsfeste Beleuchtung im Zusammenspiel mit dem Scheinwerfer des Fahrzeugs den Kontrast zwischen Fußgänger:innen und Umgebung maximieren. Dies ist die Grundidee des im Rahmen des Förderprogramms Smart Mobility durchgeführten Projektes OpEr – Optimierung der visuellen Erkennbarkeit von Fußgängern auf Basis vernetzter Infrastruktur.

Vom Camouflage-Effekt werden auch zukünftige sich automatisch fortbewegende Fahrzeuge betroffen sein, da auch diese Fahrzeuge die Fußgänger:innen sicher detektieren müssen, um



Je nach Beleuchtung können Personen unsichtbar sein

potenzielle Unfälle vermeiden zu können. Dazu muss die Elektronik des Fahrzeuges wissen, wo sich die Person befindet. Hierzu nutzt das Fahrzeug üblicherweise seine Sensorik wie zum Beispiel Kameras. Allerdings ist die kamerabasierte Detektion aufgrund des Camouflage-Effekts nicht möglich. Andere Sensoren, wie zum Beispiel Radar oder LiDAR, können Fußgänger:innen erst dann sicher detektieren, wenn sie sich im Wahrnehmungsbereich des jeweiligen Sensors befinden. Dies ist insbesondere in der Stadt aufgrund geparkter Fahrzeuge, die aus Sicht des eigenen Fahrzeugs die Fußgänger:innen verdecken, nicht immer gegeben.

Um dieses Problem zu lösen, kann ein anderer Blickwinkel auf die Situation Abhilfe schaffen. So könnten die Sensoren der ortsfesten Straßenbeleuchtung, wie sie im Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg eingesetzt werden, dazu genutzt werden, die für das Fahrzeug relevanten Informationen über Fußgänger:innen zu liefern. Daher ist es sinnvoll, die internen Fahrzeugsinne um externe Sensorinformationen zu erweitern und ergänzen. Wenn es in solchen Situationen gelingt, durch

die Kombination verschiedener Sensoren eine bessere Erkennbarkeit möglich zu machen, leistet dieses Projekt einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit auf unseren Straßen.

Im Projekt OpEr ist zu bestimmen, welche Daten die vernetzte Infrastruktur liefern muss, um (in Kombination mit fahrzeuginterner Sensorik) einen Fahrzeugscheinwerfer so ansteuern zu können, dass in kritischen Situationen ein möglichst optimaler Kontrast sichergestellt ist. Dafür sind typische Situationen im Experiment zu untersuchen, Beleuchtungsstrategien zu testen und die notwendigen Daten zu ermitteln.

Laufzeit

01.01.2019–31.12.2020

Partner

→ Lichttechnisches Institut (LTI) am
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Das Projekt OpEr macht Personen besser sichtbar

Ist eine Person im nächtlichen Straßenverkehr nicht sichtbar, helfen die Daten der vernetzten Infrastruktur, ihre örtliche Position und Bewegungsrichtung festzustellen und die anonymisierten Daten an das Fahrzeug zu übermitteln. Aber reicht das Wissen um Ort und Richtungsvektor der Bewegung allein schon aus, um mittels Fahrzeugscheinwerfer die Sichtbarkeit einer Person bei Nacht zu verbessern? Wie sich im Projekt OpEr herausgestellt hat, ist dies nicht der Fall, da noch viele weitere Parameter zu berücksichtigen sind.

Als weitere wesentliche Einflüsse auf die Sichtbarkeit von Personen im nächtlichen Straßenraum haben sich die Umgebungsbeleuchtung, die Kleidung der Verkehrsteilnehmer:innen (hell/dunkel) und die Relativpositionen von Fußgänger:innen in Bezug zu den unterschiedlichen Lichtquellen herausgestellt. In Ergänzung zur vorhandenen ortsfesten Beleuchtung tritt im Projekt OpEr der Fahrzeugscheinwerfer als zusätzliche Lichtquelle hinzu. Die Summierung der einzelnen Effekte und die Bestimmung der Sichtbarkeit (des sogenannten Visibility Level) von Fußgänger:innen gestaltet sich als komplexe Aufgabe, die nicht in einer einfachen analytischen Beschreibung fassbar ist.

Daher sind verschiedene Situationen zu analysieren. Zuerst sind typische Straßen mit unterschiedlicher Beleuchtung sowie variierende Bebauungen und Hintergründe für die Feldtests ausgesucht und festgelegt worden. Da Personen für die anstehenden Messungen der Straßensituationen nicht geduldig genug in einer Position verharren würden, ist eine Familie von Schaufensterpuppen als Versuchsobjekte ausgewählt worden. Diese wurden zudem unterschiedlich, also hell oder dunkel, angezogen.

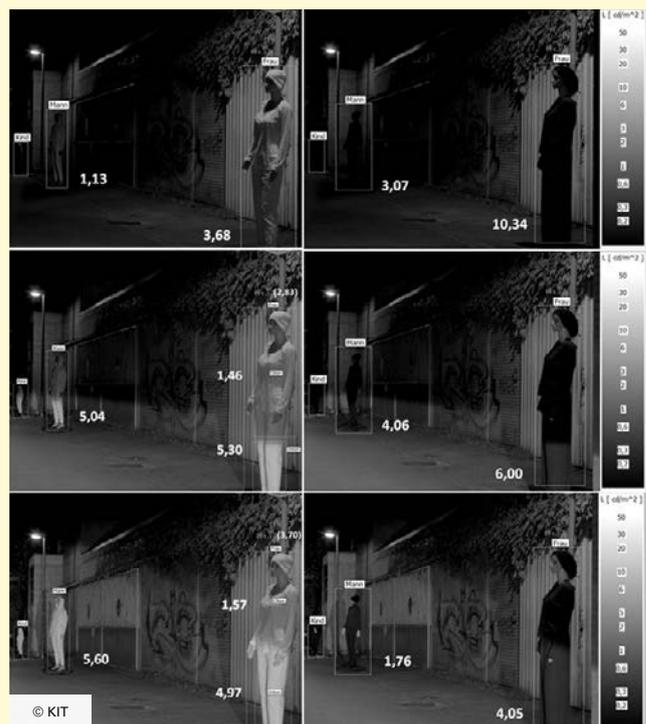
Die verschiedenen Szenen sind dann mittels einer sogenannten Leuchtdichtekamera vermessen worden, um objektiv die Helligkeit (in der Lichttechnik als Leuchtdichte benannt) zu messen. Damit ist es möglich, die Kontraste der Personen in

Bezug auf den jeweiligen Hintergrund zu berechnen. Es war auffällig, dass Personen unter bestimmten Umständen, wie Abbildung 2 zeigt, einfach verschwunden sind. Damit ist der „Camouflage-Effekt“ anschaulich demonstriert. Basierend auf den Kontrastmessungen ist berechenbar, wie hell das Objekt erscheinen muss beziehungsweise wie hell der Automobilscheinwerfer das Objekt beleuchten muss, um den Kontrast gegenüber dem Hintergrund zu optimieren. Für diese Kontrastoptimierung sind die notwendigen Messgrößen zu definieren und es ist zu bestimmen, ob die jeweiligen fahrzeugeigenen Sensoren oder die vernetzte Infrastruktur die notwendigen Eingangsgrößen zur Verfügung stellen.

So sind im Rahmen von OpEr verschiedene Beleuchtungsszenarien getestet worden, wie in Abbildung 3 beispielhaft dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass

- in Abhängigkeit von der Position gegenüber der ortsfesten Beleuchtung verschiedene Personen deutlich unterschiedlich wahrnehmbar sind,
- verschiedene Bekleidungen im Zusammenspiel mit der jeweiligen Umgebung die Sichtbarkeit stark beeinflussen,
- bezogen auf die obigen Ergebnisse verschiedene Beleuchtungsstrategien benötigt werden.

Die Vorstellung, dass die Position und der Bewegungsvektor von Passant:innen als externe Sensorinformation vom Testfeld allein ausreichen, um eine entsprechende Beleuchtung zu realisieren, hat sich als unzureichend herausgestellt. Zwar stellen diese Daten eine notwendige Information dar, aber um die Personen hinreichend sichtbar zu machen, ist danach noch ein iterativer Prozess notwendig. Innerhalb dieses Prozesses ist mithilfe der fahrzeuginternen und -externen Sensoren zu ermitteln, ob eine ausreichende Erkennbarkeit gegeben ist oder ob der Scheinwerfer die Beleuchtung von Fußgänger:innen anpassen muss. Die zukünftige Umsetzung dieses Ergebnisses wird gemeinsam mit entsprechenden Licht-Zulieferern der Automobilindustrie möglich sein.





© FZI Forschungszentrum Informatik

SmartEPark – Smart Electric Parking

Das Projekt SmartEPark erforschte Konzepte und Methoden für intelligente Parkhausmanagementsysteme mit der Vision des automatisierten Valet-Parkens (AVP) für Fahrzeuge, die über verschiedene Ausstattungen an Funktionen und Sensoren verfügen. Die mühsame Aufgabe des Parkplatzsuchens kann durch intelligente Parkmanagementsysteme (PMS) erleichtert werden. Das PMS leitet das Fahrzeug selbstständig zu einem freien Parkplatz. E-Fahrzeuge werden Parkplätze mit freien Ladesäulen zugewiesen. Die automatisierten Fahrfunktionen werden im Zusammenspiel aus dem PMS und den Fahrzeugen realisiert. Die

intelligente Infrastruktur übernimmt die Funktionen, die nicht vollautomatisierten Fahrzeugen fehlen. Die technische Umsetzbarkeit der entwickelten Konzepte wie der Echtzeit-Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur wurden erprobt und im Realversuch validiert. Darüber hinaus wurde eine Bewertung der funktionalen Sicherheit des Gesamtsystems durchgeführt und Handlungsanweisungen daraus abgeleitet.

Bereits heute verfügen viele Fahrzeuge über Parkassistentenfunktionen, die den:die Fahrer:in beim Einfahren und Rangieren

in die Parklücke unterstützen. Die Assistenzfunktionen allein reichen für das AVP nicht aus. Die Fahrzeuge verfügen jedoch bereits über eine gewisse Aktorik und Sensorik. Intelligente PMS können die Funktionen übernehmen, die für die Erfüllung der Gesamtfunktion des AVP notwendig sind. Hierfür wird die Infrastruktur des Parkhauses um Sensoren, Rechen- und Kommunikationseinheiten erweitert.

Die Gesamtfunktion des durch Infrastruktur unterstützten AVP lässt sich in fünf Teilfunktionen unterteilen: Umgebungswahrnehmung, Lokalisierung, Planung, Ausführung und Kommunikation. Je nach Fähigkeiten und Ausstattung des Fahrzeugs und den Sensorkapazitäten der Infrastruktur können diese Funktionalitäten intelligent verteilt werden. Die Ausstattung der Infrastruktur ist hierbei direkt abhängig von den Minimalanforderungen, die an die Fahrzeuge gestellt werden. So muss ein PMS für hochautomatisierte Fahrzeuge lediglich die Koordination übernehmen. Bei Fahrzeugen mit niedrigem Automatisierungsgrad muss das PMS zusätzlich Teilaufgaben der Perzeption, Überwachung und Planung übernehmen.

Anhand definierter Use Cases, Funktionen und deren Verteilung wurde eine Bewertung der funktionalen Sicherheit in Form einer Hazard and Risk Analysis (HARA) und einer Failure Mode Effect Analysis (FMEA) durchgeführt. Das Ergebnis der durchgeführten HARA schätzte die Entwicklung des AVP-Systems im Projektkontext als Automotive Safety Integrity Level (ASIL) C ein. Durch die Besonderheit der verteilten Funktionen des Systems müssen dabei die unterschiedlichen geltenden Normen für Fahrzeug (ISO 26262) und Infrastruktur (IEC 62061) berücksichtigt werden. Es wurden Safetymechanismen und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Systems abgeleitet. So lässt sich beispielsweise die Nutzung von Safety Contracts zwischen den Informationsschnittstellen empfehlen, um die geforderte Sicherheit zu gewährleisten.

Laufzeit

01.11.2018–28.02.2022

Partner

→ FZI Forschungszentrum Informatik

Assoziierte Partner

→ PBW Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg mbH

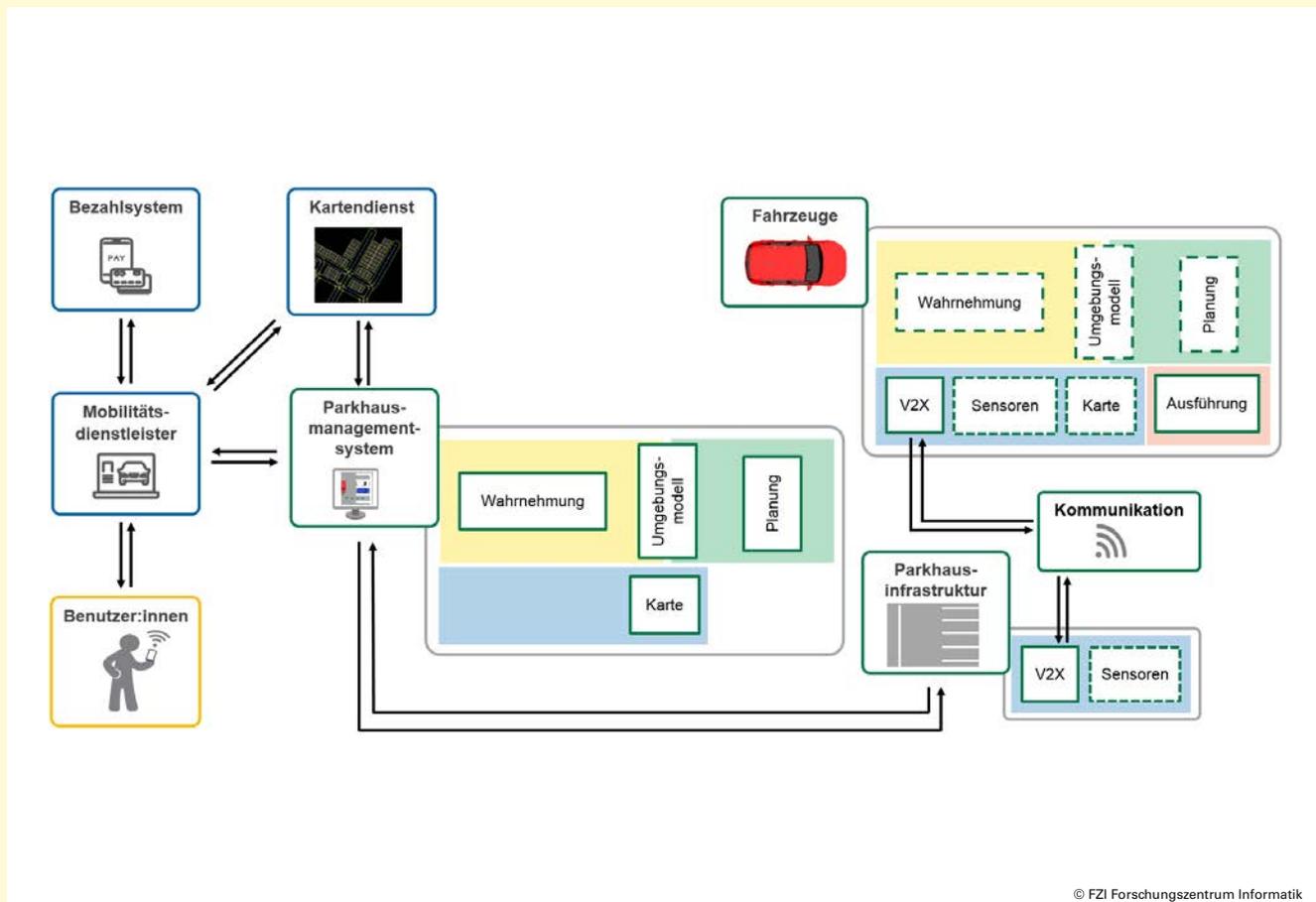
→ Scheidt & Bachmann GmbH

Die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und PMS erfolgt bidirektional über V2X auf der Basis von IEEE 802.11p bzw. ETSI ITS-G5. Die zu übertragenden Informationen variieren mit der Verteilung der Funktionen. Es werden sogenannte Road-Side Units auf der Infrastruktur- und On-Board Units auf der Fahrzeugseite eingesetzt. Neben den Basisprotokollen für den Kommunikationskanal werden durch die europäische Standardisierungsorganisation ETSI weitere Datenpaketbeschreibungen für den V2X-Informationsaustausch auf Anwendungsebene wie Cooperative Awareness Messages (CAM) oder Collective Perception Messages (CPM) definiert. CPM wurden im Projekt für die Übermittlung der Umgebungsinformationen eingesetzt. Für die Übermittlung hochfrequenter Trajektorien und von Manöveranweisungen, die für das AVP geeignet sind, stehen aktuell keine ETSI standardisierten Nachrichtenpakete zur Verfügung. Die im Projekt konzipierten Manöveranweisungen enthalten den Zielparkplatz und die optimale Route dorthin. Die hochfrequenten Trajektorien bestehen aus einer Sequenz kartesischer Posen mit zugehörigen Zeitstempeln. Diese funktionalen Aufbauten stellen potenzielle Nachrichtentypen zum Versenden der Bewegungsanweisungen dar. Darüber hinaus wurde der Fahrzeugzustand mit allen für das AVP notwendigen Informationen wie dem Ladezustand der Fahrzeuge in einer neu definierten Nachricht versendet. Im Vergleich zu CAM sind alle gewählten Nachrichtenkonzepte nicht auf georeferenzierte, sondern auf relative Posen bezüglich eines lokalen, kartesischen Koordinatensystems aufgebaut und daher für den Einsatz in Parkhäusern geeignet.

Für die Erstellung eines gemeinsamen Umgebungsmodells wurden verschiedene Konzepte zur Wahrnehmung aus der Infrastruktur sowie ein Konzept zur Fusion der Umgebungswahrnehmung zwischen PMS und Fahrzeugen erforscht. Generell lässt sich dabei zwischen einer zentralen Fusion (Feature Fusion, Übertragung von Rohdaten) sowie einer verteilten Fusion (Track Fusion, Übertragung von Objektdaten) unter-

scheiden. Die Vor- und Nachteile verschiedener Darstellungsformen und deren Fusion wurden evaluiert. Um die zu übertragenden Informationen sensorunabhängig zu halten und die benötigte Bandbreite zu minimieren, wurde das Konzept der verteilten Perzeption auf Basis von aussagekräftigen Objektlisten gewählt. Zur Erprobung der infrastrukturgestützten Wahrnehmung von Verkehrsteilnehmer:innen wurde eine Sensorfusionslösung von RGB-Kamera und 3D-LiDAR-Daten zur präzisen Verortung und Verfolgung von Fahrzeugen und Fußgänger:innen getestet. Die Detektionen in RGB-Bildern und LiDAR-Punktwolken haben sich – insbesondere aufgrund der strukturierten Umgebung im Parkhaus – als vielversprechend herausgestellt. Für die auf tiefen neuronalen Netzen basierte Detektion in RGB-Bildern sind große Rechenkapazitäten notwendig, um diese in Echtzeit großflächig einsetzen zu können. Dennoch sind Kameras in Bezug auf ein kosteneffizientes Ausrollen der Sensorik auf ein gesamtes Parkhaus vielversprechend, obgleich weiterer Forschungsbedarf in Hinblick auf die Robustheit der Erkennung und Verortung erforderlich ist. LiDAR-basierte Perzeption bietet höhere Präzision, die Sensorik ist aber mit erhöhten Kosten verbunden.

Während des Betriebs koordiniert das PMS alle Fahrzeuge in der Parkanlage. Die Koordination der einzelnen Phasen des AVP-Prozesses erfolgt über eine eigene Zustandsmaschine für jedes angemeldete Fahrzeug. Der:Die Fahrer:in gibt das Fahrzeug während des „Drop-off“ ab. Daraufhin wird das Fahrzeug zu seinem Parkplatz und nach Anforderung des:der Fahrer:in wieder zum Ausgang geleitet („Transfer“). „Parking“, „Parked“ und „Unparking“ beschreiben die Zustände des Ein- und Ausparkvorgangs. Innerhalb der Phase „Pickup“ auf dem dedizierten Übergabepplatz übernimmt der:die Fahrer:in sein:ihr Fahrzeug wieder. Die Bestimmung des optimalen Parkplatzes erfolgte mithilfe eines Mixed-Integer Linear Programming Optimierungsverfahrens. Jedem Fahrzeug wird der jeweils beste Parkplatz zugewiesen. Dabei werden Kriterien berücksichtigt wie die zurückgelegte Distanz und auch die Möglichkeit



das Fahrzeug zu laden. In der „Transfer“-Phase wird zunächst die optimale Route bestimmt. Das im Anschluss geplante Manöver definiert die Randbedingungen für die feingranular bestimmte Trajektorie. Die Trajektorie wird hochfrequent an die gegebenen Umstände angepasst. Mithilfe eines RRT*-Connect-Suchalgorithmus wird die optimale Sequenz der Rangiermanöver für die Parktrajektorien bestimmt.

Durch simulative Erprobung konnten Potenziale für die Effizienzsteigerung der Parkplatz- und Ressourcen-Nutzung identifiziert werden. Zusätzlich wurde die Entwicklung der Komponenten maßgeblich durch die entwicklungsbegleitende Simulation gestützt, wodurch späterer Integrationsaufwand reduziert wurde. Auch eingesetzte Hardware- und Software-in-the-Loop-Tests erleichterten die Entwicklung der verteilten Systeme und schafften so frühe Machbarkeitsindikatoren für

Teilkomponenten. Die Realerprobungen wurden in einer vom assoziierten Partner der Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg mbH (PBW) zur Verfügung gestellten Parkgarage durchgeführt. Der vom FZI eingesetzte Versuchsträger CoCar besitzt einen hohen Automatisierungsgrad, der es erlaubt, auch niedrigere Automatisierungsgrade zu simulieren, indem gezielt Sensoren und Fähigkeiten des Fahrzeugs deaktiviert werden. So konnten verschiedene Verteilungen der Teilkomponenten zwischen Fahrzeug und Infrastruktur evaluiert werden. Um die Technologie großflächig in jedem Parkhaus realisieren zu können, müssen vorrangig die Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle standardisiert werden. Im Projekt wurden die hierfür notwendigen Konzepte erarbeitet und veröffentlicht.



© AA+W/AdobeStock

Smart Mobility – Rechtliche Begleitforschung

Das Projekt widmete sich der Fragestellung, wie rechtliche Rahmenbedingungen ausgelegt oder weiterentwickelt werden sollten, um neuen Herausforderungen gerecht zu werden, die aus der Automatisierung und Vernetzung des öffentlichen Straßenverkehrs resultieren. Untersuchungsgegenstände waren rechtsgebietsübergreifende Fragen zu Kommunikation und Interaktion zwischen automatisierten/autonomen Fahrzeugen, Verkehrsteilnehmer:innen, der Infrastruktur sowie der Umwelt mit besonderem Blick auf die Bedeutung intelligenter Infrastruktur, wie sie auf Testfeldern für autonomes Fahren erprobt werden. Zum

Verständnis des Wechselspiels zwischen Recht und Technik bedarf es eines ganzheitlichen Blicks auf betroffene Rechtsgebiete im europäischen Mehrebenensystem. Als zentrale Erkenntnisse können die im Folgenden zusammengefassten Thesen festgehalten werden.

Thesen zum Straßenverkehrsrecht

Kommende Novellierungen sollten Regelungen und Begrifflichkeiten bezüglich hoch- und vollautomatisierter (§ 1a StVG) sowie autonomer Fahrfunktion (§ 1d StVG) an internationa-

les Recht angleichen und den Anwendungsbereich für fahrerlose Fahrzeuge schärfen. In Anbetracht des stufenweisen Ausbaus von Use Cases auf UNECE-, EU- und Bundesebene sollten Überlappungen vermieden und zunächst drei Regime adressiert und konkretisiert werden.

A. Das **automatisierte Fahren** (Stufe 3) richtet sich zentral nach UNECE-Regeln, die kontinuierlich ausgebaut werden. Unvollständig sind die Regeln zum Fahrmodusspeicher (§ 63a StVG). Diese Datenspeicherungspflicht sollte u. a. die Rechtsprechung zur anlasslosen Verkehrsaufzeichnung (Dashcams) und Vorratsdatenspeicherung stärker reflektieren. Alternativen ohne Datenaufzeichnung wären denkbar – ein Ansatz, der in UNECE-Regeln zu verankern wäre (DSSAD). Ein regelmäßig aktualisierter Beispielkatalog erlaubter und nicht erlaubter Nebentätigkeiten könnte Rechtsklarheit für das durch den Wechsel der Fahrzeugsteuerung gekennzeichnete automatisierte Fahren schaffen, sodass Sorgfaltspflichten auch mit Blick auf daran anknüpfende Haftungs- und Strafbarkeitsrisiken eindeutig definiert sind.

B. Die Sorgfaltspflichten **fahrerloser Kraftfahrzeuge** in festgelegten Betriebsbereichen unter Technischer Aufsicht sind realistisch nur von gewerblichen Halter:innen erfüllbar, zudem genügt das Datenschutzkonzept im StVG nicht den Gefährdungslagen im Individualverkehr. Die Rolle der **Technischen Aufsicht** sollte nicht nur als Einzelperson konzipiert sein, da in der Praxis Teams denkbar sind, die auch als juristische Person organisiert sein könnten. Zudem sollte eine

Erweiterung der geforderten fachlichen Qualifikation entsprechend dem Aufgabenprofil unter Berücksichtigung sozialökonomischer Aspekte (wie bspw. Umschulungsmöglichkeiten) erfolgen. Explizite Fachrichtungen sollten allenfalls als nicht abschließende Regelbeispiele gelistet werden. **Fahrerloses Parken** ist als Remote Parking unter Aufsicht bereits möglich – künftig könnten intelligente Parkhäuser in den Fokus rücken. Hier bedarf es spezifischer Zulassungs- und Genehmigungsregelungen, da Interaktion und Sensorfusion zwischen Fahrzeug und Parkhaus einen Paradigmenwechsel bedeuten, der von der aktuellen Rechtslage noch nicht erfasst ist. Zu klären ist, ob und von wem eine Technische Aufsicht zu stellen ist und wie Verantwortungssphären zwischen Halter:in, Fahrzeughersteller:in und Parkhaus- bzw. Parkmanagementbetreiber:in aufzuteilen sind, um eine effiziente Risikoallokation zu erreichen.

C. Eine **Erprobungsklausel** sollte entsprechend dem Ziel der Verkehrssicherheit unterschiedliche Stufen von Experimentierklausel bis Genehmigungspflicht adressieren. Dies könnte durch ein gestuftes System erreicht werden, das je nach Sachverhalt (1) Experimentierräume schafft, für die eine Erprobungsanzeige genügt, sofern innerhalb einer bestimmten Frist keine Genehmigungspflicht erklärt wird (Genehmigungsfiktion), (2) Erprobungseinzel- und -kleinserien genehmigungen mit einer Ausdifferenzierung über Regelbeispiele für bereits bekannte Fallszenarien vorsieht sowie (3) für gänzlich neuartige Konzepte die Erprobungsausnahmegenehmigung ins pflichtgemäße Ermessen der Behörde stellt.

Laufzeit

01.12.2018–30.11.2021

Partner

→ FZI Forschungszentrum Informatik

Thesen zum Datenschutz- und IT-Sicherheitsrecht

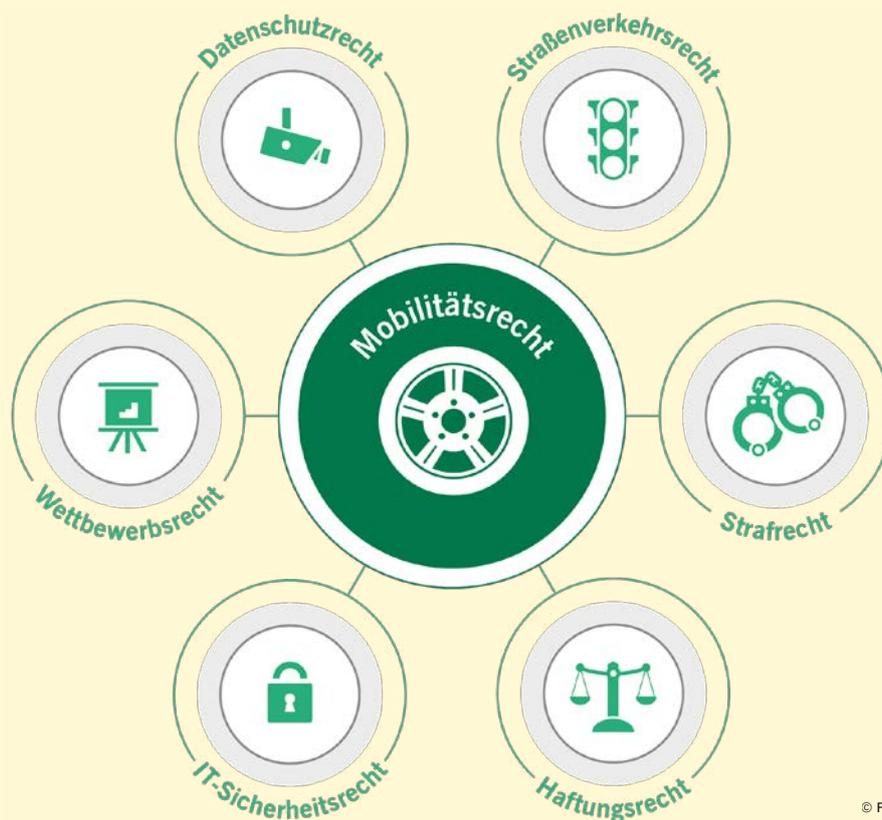
A. Ein spezielles **Mobilitätsdatengesetz** kann nur Rechtssicherheit schaffen, wenn es als Lex Specialis auf EU-Ebene erlassen wird und auf der DSGVO aufbaut sowie diese konkretisiert. Eine wesentliche Weichenstellung liegt in der rechtssicheren Zuweisung der **Verantwortlichkeit** unter Harmonisierung der datenschutzrechtlichen und straßenverkehrsspezifischen Rollenkonzepte. Diese müssen klar differenzieren nach Kompetenzen zur Umsetzung von Datenschutzpflichten, eigenen Datenzugangs- und -verarbeitungsinteressen sowie unterschiedlichen Schutzbedürfnissen. Konkretisierende **Rechtsgrundlagen** nebst Vorgaben zu Transparenz, Datenminimierung und Speicherbegrenzung könnten für verschiedene Verarbeitungsszenarien Konflikte auflösen. So stellt auch die flüchtige, nicht permanente Datenverarbeitung des per Sensorik erfassten Verkehrsumfelds trotz umgehender Löschung eine Verarbeitung personenbezogener Daten dar, mit der Pflicht zur Umsetzung der Datenschutzgrundsätze, u. a. der Transparenz. Diese ist bei beweglichen Objekten im modernen Straßenverkehr allerdings praktischen Hürden unterworfen – eine innovative Regelung sollte standardisierte Bildsymbole mit Hinweis auf anonymisierende bzw. flüchtige Verarbeitung vorsehen. Klarstellungen sollten zum Anwendungsbereich des Verbots **automatisierter Einzelfallentscheidungen** (Art. 22 DSGVO) und zum Schutz der **Privatsphäre bei Endeinrichtungen** (§ 25 TTDSG) erfolgen. Letztere sollte mit dem Einwilligungsvorbehalt keine Hürden für das Aufspielen von Sicherheitsupdates begründen.

B. Das zentral auf Anonymisierung und Pseudonymisierung fußende Schutzkonzept des **Forschungsdatenschutzes** im Bundes-/Landesrecht kollidiert mit Bedürfnissen der KI-Forschung nach umfangreichen, diversifizierten und realitätsgetreuen Daten. Hilfreich wären zunächst eine Rechtsvereinheitlichung sowie ausdifferenzierte Konzepte alternativer Schutzmaßnahmen.

Anonymisierung ist in diversen Normen Vorbedingung für den Zugang zu Daten, sodass die Forschung an Anonymisierungstechniken intensiviert werden sollte. Jedoch lassen sich mit Zunahme der Datendichte und Verknüpfungsmöglichkeiten Re-Identifizierungsrisiken oft nicht gänzlich ausschließen. Hemmnisse begründen Regelungen, die eine Veröffentlichung von Forschungsdaten nur sehr eingeschränkt unter Einwilligung oder anonymisiert zulassen (§ 27 IV BDSG, § 13 III LDSG BW), zumal das Verhältnis zum KUG unklar ist, das mit der Panoramafreiheit mehr Spielräume einräumt, sofern Personen nicht im Fokus der Aufnahme stehen. Werden zur Sicherstellung der Diskriminierungsfreiheit von KI-Systemen gezielt Merkmale wie Hautfarbe, körperliche Zustände, etc. für einen differenzierten Trainingsdatensatz gesucht könnten besondere Kategorien personenbezogener Daten betroffen sein, die einen besonders hohen Schutzbedarf haben. Im Rahmen von Abwägungsentscheidungen ist insofern der Einsatzzweck eines KI-Systems entscheidend.

Thesen zum Haftungs-, Straf- und Wettbewerbsrecht

A. Das Haftungsregime aus Halter- und Herstellerhaftung ist für die Zeit sowohl automatisierten als auch autonomen Fahrens gut aufgestellt. Die für die Erhaltung der Gebrauchssicherheit und -tauglichkeit relevante Frage der **Softwareaktualisierungen** wurde für den Verbraucherschutzbereich neu geregelt, ohne den Zeitraum, in dem Aktualisierungen bereitgestellt sind, zu konkretisieren. Erste Stimmen plädieren für die durchschnittliche Produktnutzungsdauer. Mit Blick auf die UNECE-Regeln zu Cybersecurity und Softwareupdates kann für eine Frist bis zur Postproduktionsphase argumentiert werden, d.h. bis zum Ende der Lebensdauer aller Fahrzeuge dieses Fahrzeugtyps. Detailfragen betreffen die Beweislage und das Vorliegen eines Produktmangels, bspw. inwieweit ein kompetenter, umsichtig und vorsichtig fahrender Mensch als **Referenzmaßstab** herangezogen werden sollte, um besonders zu Beginn keine prohibitiven Anforderungen zu stellen.



© FZI Forschungszentrum Informatik

Perspektivisch ist jedoch davon auszugehen, dass Maschinen bei bestimmten Aufgaben überlegen und bei anderen unterlegen sind und diese Unterschiede nicht durch eine zu starre Orientierung am Menschen negiert werden sollten.

B. Die Rolle des Fahrzeugs als potenzielles Angriffsziel von Cyberattacken ist bei einer **Reform des Computerstrafrechts** mitzudenken. Bei einer Neufassung könnten neue Gefährdungssituationen durch die Schaffung strafscharfender Qualifikation bei Gefährdung oder gar Verletzung von Menschenleben oder ihrer körperlichen Unversehrtheit bedacht werden. Zudem sollten Impulse gesetzt werden, Beiträge durch Forschung und Zivilgesellschaft zur Erhöhung des IT-Sicherheitsniveaus nicht mit generalpräventivweiten Tatbeständen abzuschrecken. Vielmehr sollten Freiräume für IT-Sicherheitsforschung und ethisches Hacken durch Strafausschlussgründe geschaffen werden, die sich am Modell der Niederlande orientieren könnten.

C. Aspekte des Zugangs zu wettbewerbsrelevanten Daten haben bereits Eingang in das Wettbewerbsrecht gefunden. Dabei ist eine enge Verzahnung zum Datenschutzrecht und Geschäftsgeheimnisschutz zu berücksichtigen, sodass eine ganzheitliche Betrachtung zwingend ist.

Fazit und Ausblick

Mit der fortschreitenden technologischen sowie regulatorischen Weiterentwicklung sind Lösungen wie auch neue Problemstellungen zu erwarten, sodass die rechtswissenschaftliche Analyse der mobilitätsspezifischen Fragestellungen ständigen Umbrüchen unterliegt und insoweit fortwährend weiteren Forschungsbedarf auslöst.

Kontakt

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Telefon: 0711 2790

E-Mail: presse@mwk.bwl.de

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Telefon: 0711 896860

E-Mail: poststelle@vm.bwl.de

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

mwk.baden-wuerttemberg.de

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

vm.baden-wuerttemberg.de

Layout/Satz/Illustration

markentrieb – Die Kraft für Marketing und Vertrieb

Stand

Juni 2022

Konzeption und Realisation

e-mobil BW GmbH

Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive

Baden-Württemberg

www.e-mobilbw.de

Bildnachweise

Umschlag: © Chesky/shutterstock

Die Bildrechte liegen, soweit nicht direkt im Bild vermerkt,

bei den in der Bildunterschrift jeweils angegebenen Unternehmen

und Institutionen.

[www.e-mobilbw.de/ueber-uns/projektaktivitaeten/
smart-mobility](http://www.e-mobilbw.de/ueber-uns/projektaktivitaeten/smart-mobility)