

IOSB

Fraunhofer

visIT

[Autonome Mobilität]

1/2017

www.iosb.fraunhofer.de

ISSN 1616-8240



Fraunhofer

IOSB

Impressum

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer

Redaktion
Thomas Casper

Layout und grafische Bearbeitung
Christine Spalek

Druck
Druckerei und Verlag Hörner GmbH

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Fraunhoferstr. 1
76131 Karlsruhe
Telefon +49 721 6091-300
Fax +49 721 6091-413
presse@iosb.fraunhofer.de

© Fraunhofer IOSB
Karlsruhe 2017

Ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der angewandten
Forschung e. V. München

18. Jahrgang
ISSN 1616-8240

Bildquellen

Seite 3:
indigo Werbefotografie
Manfred Zentsch

Seite 4, 10:
MEV

Alle anderen Abbildungen:
© Fraunhofer IOSB

Nachdruck, auch auszugsweise,
nur mit vollständiger Quellenangabe und
nach Rücksprache mit der Redaktion.

Belegexemplare werden erbeten.

INHALT

Gastbeitrag

Seite 4 **Ethik und Rechtssicherheit**
Armin Grunwald

Themen

Seite 6 **Erkennung schutzbedürftiger Verkehrsteilnehmer**
Wolfgang Hübner

Seite 8 **SPARC – Eine künstliche Intelligenz
für vollautomatisches Fahren**
Miriam Ruf

Seite 10 **AVATARES – Plattform zum Test
von Fahrerassistenzsystemen**
Christoph Eisenhut, Andreas Wenzel

Seite 12 **Strategisches Invest: Versuchsfahrzeuge für
Technologie-Experimente (VERTEX)**
Max Filsinger, Masoud Roschani

Seite 14 **Testfeld zum vernetzten und automatisierten Fahren
in Baden-Württemberg**
Dieter Willersinn

Liebe Freunde des Fraunhofer IOSB,

Anfang der 2000er Jahre bestand der durchaus von Skepsis geprägte Konsens darin, dass die Markteinführung vollautomatischen Fahrens in 15 Jahren bevorsteht, und das bereits seit 15 Jahren. Heute haben praktisch alle namhaften Automobilhersteller konkrete Pläne vorgelegt, bis Mitte der 2020er Jahre automatische Fahrfunktionen einzuführen.

Flankierend zu den damit verbundenen Anstrengungen auf technisch-wissenschaftlichem Gebiet sind Gesetzgebungsprozesse angestoßen. Novelliert werden soll beispielsweise das Wiener Weltabkommen, das unter anderem festlegt, dass der Fahrer zu jeder Zeit die Kontrolle über das Fahrzeug ausüben habe.

Mit der Markteinführung automatisierter Fahrfunktionen werden zum ersten Mal in der Geschichte Maschinen in einem öffentlichen Raum Entscheidungen treffen und direkt in Handlungen umsetzen, bei denen es um Leben und Tod geht. Die damit verbundenen ethischen und haftungsrechtlichen Fragestellungen sind Gegenstand eines einleitenden Gastbeitrags.

Die seit Mitte der 1980er Jahre im IOSB vorangetriebenen Arbeiten zur Video-basierten Fahrerassistenz werden anhand von zwei Beiträgen dargestellt. Die Erfassung schutzbedürftiger Verkehrsteilnehmer und die künstliche Intelligenz SPARC für die automatisierte Generierung von Fahrmanövern sind Schlüsselemente der Realisierung automatisierter Fahrfunktionen.

Entsprechende Bedeutung hat auch die praktische Erprobung und die Validierung dieser Funktionen, insbesondere unter realweltlichen Bedingungen. Hierfür wurde am IOSB-Standort Ilmenau die Plattform AVATARES aufgebaut, welche in der Lage ist, kritische Verkehrssituationen wie beispielsweise plötzlich die Fahrbahn querende Fußgänger mit hoher Genauigkeit zu reproduzieren. Am Standort Karlsruhe werden zurzeit zwei Versuchsträger für automatische und kooperative Fahrmanöver aufgebaut. Das IOSB ist zudem Gründungspartner des »Testfelds zum vernetzten und automatisierten Fahren in Baden-Württemberg«, dessen Angebot in einem weiteren Beitrag dargestellt wird.

Karlsruhe, im Januar 2017

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer

Dr. techn. Dieter Willersinn

Editorial



Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer



Dr. techn. Dieter Willersinn



Schien das autonome Fahren vor wenigen Jahren noch entfernte Zukunftsmusik zu sein, so haben Fortschritte der Technik und medienwirksame Inszenierungen, aber auch Unfälle mit mehr oder weniger autonomen Fahrzeugen demonstriert, dass wir an der Schwelle eines neuen Zeitalters der Mobilität stehen. Nicht nur exzellente Technik und lernfähige Algorithmen sind hierzu erforderlich, sondern auch ethische und rechtliche Herausforderungen müssen bewältigt werden.

Am bekanntesten sind die ethischen Extremsituationen. Ein Kind läuft auf einer Landstraße direkt vor das Auto, auf der Gegenfahrbahn ist Verkehr und am Straßenrand stehen Bäume. Jedes Handeln wird üble Folgen haben. Oder ein selbstfahrendes Auto hat nur die Wahl, zwei Kinder oder drei ältere Leute umzufahren, einen Obdachlosen mit 70 Prozent Wahr-

rscheinlichkeit der Todesfolge oder einen gesellschaftlichen Leistungsträger mit 30 Prozent Wahrscheinlichkeit. Ein selbstfahrendes Auto müsste in der Tat im Falle des Falles diese Entscheidungen selbst treffen. Ist es ethisch erlaubt, Entscheidungen über Leben und Tod Computerprogrammen zu überlassen, und wie kann eine rechtliche Absicherung aussehen?

Zunächst ist aber zu bedenken, dass auch bei selbstfahrenden Autos Menschen nicht einfach Entscheidungsgewalt über Leben und Tod an Technik abgeben. Denn die Algorithmen sind von Menschen programmiert, sie funktionieren nach Regeln und wenden Kriterien an, die von Menschen gesetzt wurden. Macht und Verantwortung gehen nicht vom Menschen auf Technik, sondern vom individuellen Autofahrer auf Programmierer, Manager und Regulatoren über.



Prof. Dr. Armin Grunwald

- Professor für Technikphilosophie am Institut für Philosophie des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)
- Leiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)
- Mitglied der Ethik-Kommission des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

Könnte ein gut programmiertes selbstfahrendes Auto dann nicht einer optimalen Ethik folgen, in Echtzeit und emotionslos die beste Lösung ausrechnen und sofort einleiten, während ein Mensch in der Extremsituation komplett überfordert wäre? Aber wie würde dann z. B. der Wert von Menschenleben berechnet, um entsprechende Entscheidungen zu treffen? Wer darf darüber entscheiden? Könnten Kunden zwischen konkurrierenden Ethik-Modulen auswählen? Wie kann Verantwortung gerecht verteilt und Haftung rechtssicher geregelt werden?

Bislang führen solche Fragen schnell zum Eindruck der ethischen Aussichtslosigkeit. Dabei hilft ein Blick auf den gegenwärtigen Normalverkehr. Auf ethische Extremsituationen werden Autofahrer weder in der Fahrschule vorbereitet noch können sie hierfür Fahrpraxis erwerben, weil diese Situationen praktisch nie vorkommen. Vermutlich machen Autofahrer in ausweglos erscheinenden Situationen einfach irgendetwas, Vollbremsung und Lenkrad verreißen, vor allem aber Augen zu. Rechtlich wird der Autofahrer in einem solchen Fall nicht belangt, auch wenn ein erheblicher Schaden bis hin zur Todesfolge eingetreten ist. Denn das Verhalten in Extremsituationen wird nicht als absichtliches Handeln eingestuft und kann damit nicht zum Gegenstand von Verantwortung und Schuld gemacht werden.

Übertragen auf die Gestaltung selbstfahrender Autos ergibt sich folgendes Bild: Solange man beim menschlichen Vorbild von Handlung spricht, müssten sich auch technisch-algorithmische Entscheidungen an ethischen und rechtlichen Kriterien orientieren. Das bedeutet im Wesentlichen, sich an die Straßenverkehrsordnung zu halten. In den erwähnten Extremsituationen jedoch wäre der Bordcomputer davon entlastet. Wie für Menschen heute würde anerkannt, dass diese Situationen nicht rational beherrschbar sind. Der Computer würde dann genauso wenig moralisch oder rechtlich belangt wie die für ihn verantwortlichen Menschen (Programmierer, Manager, Eigentümer). Im Ergebnis wäre das nicht schlechter, als Menschen heute in Extremsituationen reagieren. Wenn das autonome Fahren im Normalbetrieb die Zahl der Verkehrsunfälle und -toten deutlich reduzieren hilft, wie dies viele erwarten, und in Extremsituationen zumindest nicht schlechter ist als der heutige Autofahrer, dann ist die ethische Gesamtbilanz in puncto Sicherheit eindeutig positiv. Und mit weiterem Fortschritt ist daran zu arbeiten, dass auch in Extremsituationen die Möglichkeiten rationaler Entscheidung ausgeweitet werden. Dabei müssen die Prinzipien und Kriterien, nach denen Algorithmen entscheiden, transparent sein sowie ethisch reflektiert und öffentlich diskutiert, schließlich demokratisch festgelegt werden.

ERKENNUNG SCHUTZBEDÜRFTIGER VERKEHRSTEILNEHMER

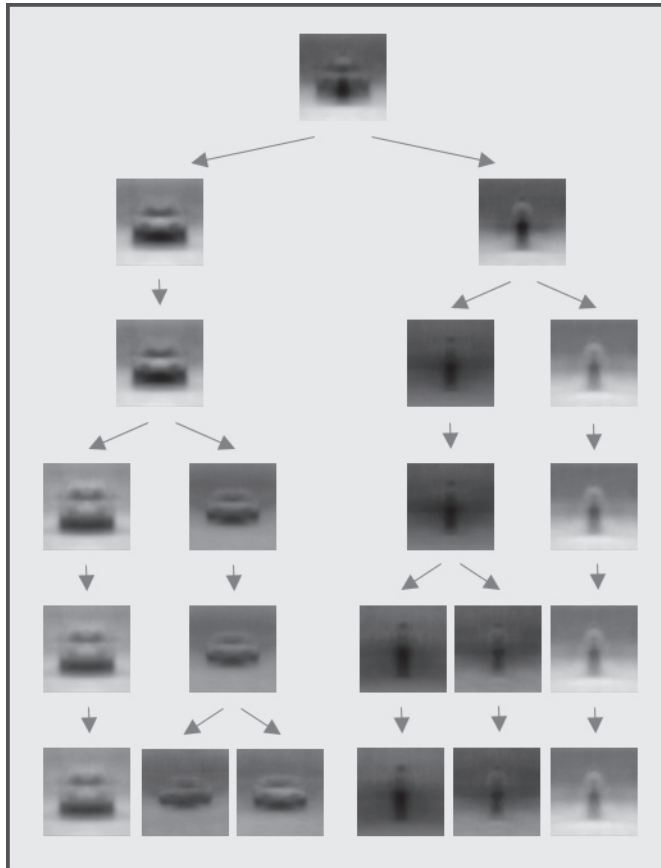


Abb. 1: Selbstorganisiertes Lernen von Objekthierarchien. Dargestellt sind hierbei gemittelte Intensitätsbilder für die Grobkategorien PKWs und Fußgänger sowie implizite Untermengen, z. B. unterschiedliche Fahrzeugansichten.



Dr. rer. nat. Dipl.-Inform.
Wolfgang Hübner

Objekterkennung (OBJ)
Fraunhofer IOSB Ettlingen

Telefon +49 7243 992-219
wolfgang.huebner@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/OBJ

AKTUELLER HINTERGRUND

Die Verkehrsdichte in den Innenstädten steigt seit Jahren kontinuierlich an. Hierbei teilen sich Verkehrsteilnehmer mit unterschiedlichsten Interessen engste Räume. Kommt es zu einem Unfall so sind vor allem Fußgänger und Radfahrer in besonderem Maße gefährdet. Durch die Markteinführung neuartiger Fahrzeugtypen, wie z. B. Pedelecs, wird die Heterogenität im Straßenverkehr aller Voraussicht nach noch weiter ansteigen und damit auch das Unfallrisiko. Die häufigste Ursache für Unfälle mit Personenschaden ist laut Statistischem Bundesamt [1] Unaufmerksamkeit der

Verkehrsteilnehmer, überwiegend in dichtem Innenstadverkehr.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, wird bei der Entwicklung von Fahrzeugen seit geraumer Zeit dem aktiven Schutz von Fußgängern eine deutlich größere Bedeutung beigemessen. Hierzu zählen insbesondere s. g. Bremsassistenten. Der Grad der Autonomie, welche dem Fahrzeug hierbei zugebilligt wird, ist dabei variabel. Dieser reicht von akustischen und haptischen Warnsignalen bis hin zu automatisierten Brems- und Ausweichvorgängen.

ERKENNUNGS- UND PRÄDIKTIONSLEISTUNGEN

Grundlage für sichere teil- bzw. vollautonome Eingriffe in das Fahrverhalten bildet dabei eine Gesamtbewertung der Fahr-situation, welche sich in zwei wesentliche Teilaspekte gliedert. Im Analyseschritt wird der aktuelle Zustand ermittelt. Hierbei spielen insbesondere im Bereich der Bild-verarbeitung die Erkennung und Lokalisie-rung von Objekten eine große Rolle. Die Lokalisierung erfolgt dabei in Bildkoordinaten und wird i.d.R. durch 3D-Sensorik oder 3D-Bildauswertung unterstützt. Die Auswertung von Bildinformation bietet hier-bei den Vorteil, dass Bilder eine sehr hohe Informationsdichte besitzen und es somit möglich ist, eine Vielzahl unterschiedlichster Auswerteaufgaben durch Verwendung von vergleichsweise günstiger Sensorik zu realisieren.

Mit Hilfe statistischer Lernverfahren ist es weiterhin möglich, eine weitgehend einheitliche Systemarchitektur zu definieren, welche eine effektive Integration unterschiedlicher Analyseaufgaben erlaubt. In Abbildung 1 und 2 ist als Beispiel eine gelernte Objekthierarchie dargestellt. Die gelernten Objektdetektoren spalten sich dabei selbstorganisiert in Subkategorien wie z. B. Fußgänger, Rad- bzw. Motorradfahrer oder PKW auf.

Neben der reinen Zustandsanalyse bilden Prädiktionsleistungen den zweiten zentralen Baustein für eine umfassende Situationsbewertung. Die Prädiktion kann dabei u. a. den Situationskontext, Bewegungsmuster oder auch andere Erwartungen an das Verhalten von Objekten beinhalten. Prädiktion als Vorwegnahme künftiger Ereignisse ist insbesondere für eine schnelle Reaktionsfähigkeit wichtig. In diesem Zusammenhang werden aktuell optimierte Filterarchitekturen zur Schätzung des Bewegungszustandes von Objekten untersucht, welche auch abrupte

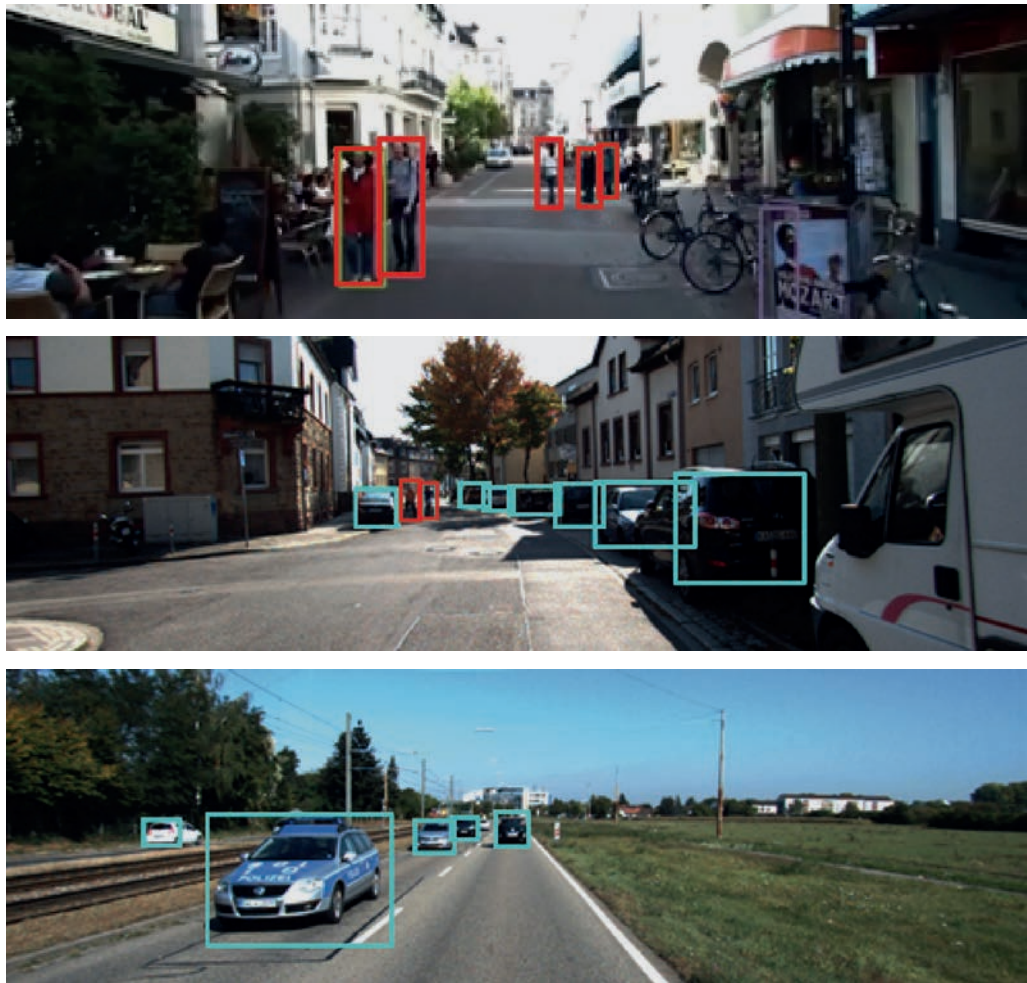


Abb. 2: Beispiele für die Detektion der Objektkategorien PKW (Cyan) und Personen (Rot). Die Detektionen wurden mit dem in Abb. 1 dargestellten Klassifikator auf dem KITTI-Datensatz [4] erzeugt.

Bewegungsänderungen von Fußgängern repräsentieren können [2]. In Kombination mit Verfahren zur instantanen Objektdetektion und -verfolgung [3] ist es z. B. möglich, Lösungen für das »Time-To-Contact«-Problem (TTC) zu erarbeiten, welches aus reiner Bildinformation den Zeitpunkt der Kollision von Fahrzeug und Objekt ermittelt.

SICHERHEIT UND EVALUIERUNG

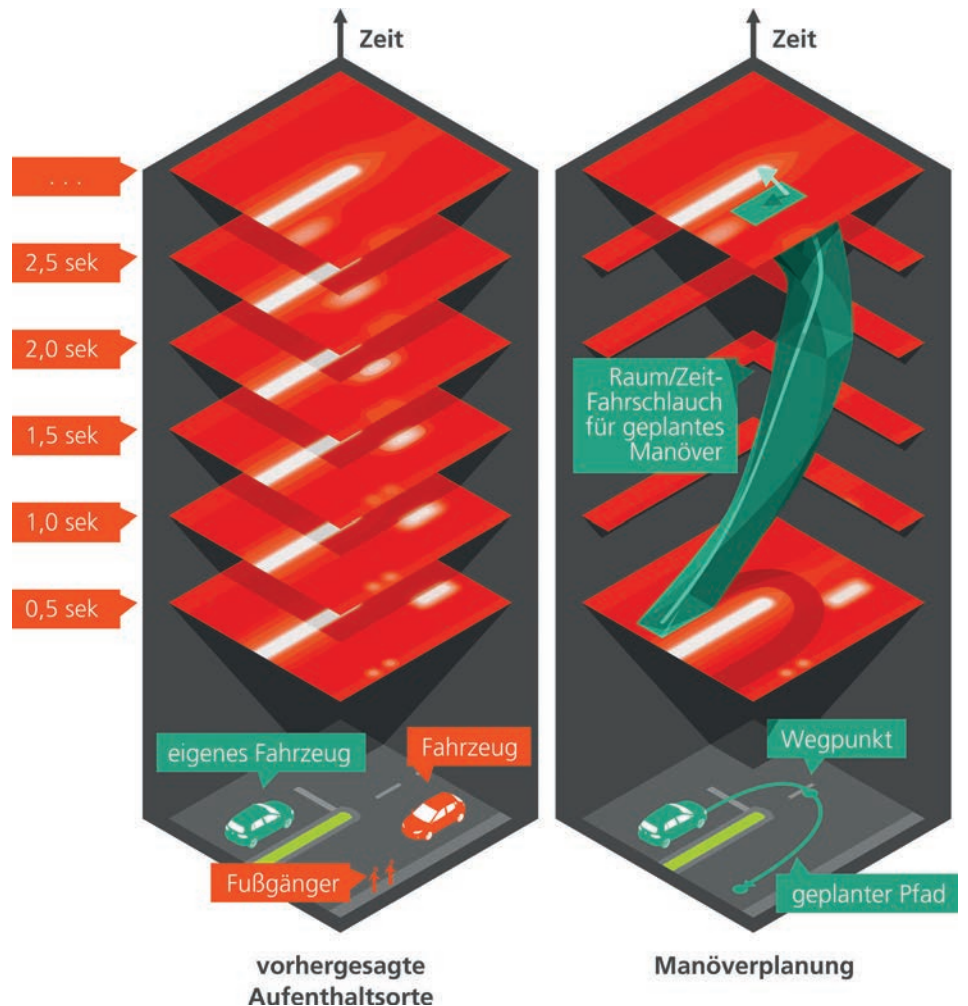
Die Entwicklung statistischer Erkennungs- und Prädiktionsverfahren basiert im Wesentlichen auf der automatisierten Analyse großer Datenmengen. Dem Aufbau von Datensätzen kommen dabei zwei zentrale Aufgaben zu. Zum einen werden sie benötigt, um statistische Lernverfahren in einen kontinuierlichen Entwicklungsprozess einzubetten. Zum anderen werden die Datensätze zur Ermittlung der Sicherheit benötigt. Ist z. B. für die reine Warnung eines Fahrers eine wenn auch sehr geringe

Falschalarmrate noch akzeptabel, so gilt dies für autonome Fahrmanöver nicht mehr. Gleiches gilt z. B. für Personen oder Hindernisse, welche nicht erkannt werden. Eine reine Evaluierung und Sicherheitsprüfung im Labor ist in solchen Fällen nicht möglich. Somit wird der Erstellung repräsentativer, valider Evaluierungsdaten in Zukunft für die Abnahme eine große Bedeutung zukommen.

Literatur:

- [1] »Verkehr / Verkehrsunfälle«, Fachserie 8, Reihe 7, Statistisches Bundesamt, Juli 2016
- [2] Becker, S.; Kieritz, H.; Hübner, W.; Arens, M.: »On the Benefit of State Separation for Tracking in Image Space with an Interacting Multiple Model Filter«, Proc. 7th Int. Conf. on Image and Signal Processing (ICISP), 2016
- [3] Kieritz, H.; Becker, S.; Hübner, W.; Arens, M.: »Online Multi-Person Tracking using Integral Channel Features«, IEEE Advanced Video and Signal-based Surveillance (AVSS), 2016
- [4] Geiger, A.; Lenz, P.; Stiller, C.; Urtasun, R.: »Vision meets Robotics: The KITTI Dataset«, International Journal of Robotics Research (IJRR), 2013

SPARC – EINE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR VOLL-AUTOMATISCHES FAHREN



Dipl.-Ing. Miriam Ruf

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme (MRD)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-632
miriam.ruf@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/MRD

HINTERGRUND

Im Jahr 2012 wurde am IOSB im Projekt V50 mit der Valeo Schalter und Sensoren GmbH unter dem Namen »SPARC« (»Situation Prediction and Reaction Control«) [1] ein Ansatz für die künstliche Intelligenz fahrerloser Straßenfahrzeuge erarbeitet und seither stetig weiterentwickelt. Basierend auf einer Umgebungskarte plant SPARC Manöver für das eigene Fahrzeug und führt diese aus. Ziel der Arbeiten war, ein umfassendes Gesamtkonzept jenseits des Stands der Technik zu definieren, das in allen Verkehrssituationen

einsetzbar ist, von Parkvorgängen über komplexe Kreuzungssituationen bis hin zu Notbremsmanövern, und sich am Vorbild des menschlichen Fahrens orientiert.

DIE GÜTE EINES FAHRMANÖVERS

Die unterschiedlichen Anwendungsszenarien verbindet ein einheitliches Gütemaß für Manöver, das SPARC in seinem Planungsprozess optimiert. Hierbei werden in einer einheitlichen Repräsentation die verschiedenartigen und bisweilen widersprüchlichen Ziele zusammengefasst, die menschliches Fahrverhalten bestimmen.



Zu diesen Zielen gehören:

- Sicherheit, beispielsweise im Sinne der Vermeidung von Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern.
- Verkehrsregeltreue, beispielsweise durch Beachtung der Höchstgeschwindigkeit.
- Komfort, beispielsweise durch Vermeidung von Schlaglöchern und abrupten Beschleunigungen.
- Ökologie, durch Verringerung von Verbrauch und Verschleiß.
- Effektivität, im Sinne der Erreichung eines gegebenen Fahrtziels in möglichst kurzer Zeit.

Während menschliche Fahrer diese Ziele diffus und mitunter irrational abwägen, erlaubt es SPARC, diesen Zielkonflikt explizit zu modellieren, um, unter anderem, Raum für gesellschaftliche Vorgaben zu schaffen. Denn während über die generellen Kriterien für die Güte einer Fahrentscheidung weitgehende Einigkeit besteht, sind ihre spezifische Ausgestaltung und, prominenter, ihre Gewichtung, begreiflicherweise hochumstritten. Im Fall von SPARC betrifft diese Bewertung und Optimierung nicht nur den nächsten Steuerbefehl für das Fahrzeug, sondern einen Plan für die nächsten rund fünf Sekunden. So wird gewährleistet, dass die unmittelbaren Handlungen des Fahrzeugs einem langfristigen Ziel dienen.

DIE BEDEUTUNG VON UNSICHERHEITEN

Eine definitive Bewertung eines Manövers für mehrere Sekunden in die Zukunft ist dabei jedoch unmöglich: Während für ein gegebenes Manöver die Bewertung von Ökologie oder Effektivität im weitesten Sinne absehbar ist, ist ausgerechnet die Bewertung von Sicherheit mit großen

Unsicherheiten verbunden. Denn ob ein Manöver kollisionsfrei ist, hängt maßgeblich von anderen Verkehrsteilnehmern ab. Bereits deren Vermessung mit Sensorik birgt deutliche Unsicherheiten. Über einen Zeithorizont von fünf Sekunden kommen wachsende Unsicherheiten in der Verhaltensvorhersage hinzu.

Eine Grundsatzentscheidung in SPARC war es, diese Unsicherheiten explizit in die Bewertung einzubeziehen. Durch eine durchgängig stochastische Formulierung lassen sich unterschiedlichste Formen von Unsicherheiten (etwa Sensorunsicherheiten, Verhaltensunsicherheiten, unsichere Bremswirkung durch Glätte oder unsichere Ampelphasen) in einer gemeinsamen Sprache ausdrücken, die Modularität und Erweiterbarkeit fördert. Die Verwendung stochastischer Modelle erlaubt es zudem, vereinfachende Annahmen vollständig und nachvollziehbar auszuformulieren, und diese etwa anhand von statistischen Erhebungen ständig zu verifizieren.

GESAMTÜBERBLICK

Aus diesen Teilaspekten bildet SPARC einen Ansatz, Fahrentscheidungen auf Basis von verfügbarer Information nachvollziehbar und einheitlich zu treffen. Das Verfahren wurde im Dezember 2013 zum Patent angemeldet, 2014 wurde es mit dem Wirtschaftsinnovationspreis ausgezeichnet. Im Jahr 2015 wurde ein Optimierungsverfahren für SPARC vorgestellt, das im Gegensatz zu gängigen Verfahren eine klar begrenzte Rechenzeit hat und in einer gegebenen Situation deutlich zuverlässiger eine wünschenswerte Lösung findet [2, 3]. Außerdem wurde die Möglichkeit zur

Planung von Notfallmanövern bei Sensorausfall präsentiert [4]. Im Jahr 2016 wurde die Möglichkeit ergänzt, auch Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern in der Planung gezielt vorherzusagen und zu berücksichtigen [5]. Für 2017 ist, im Kontext des »Testfelds zum vernetzten und automatisierten Fahren« in Karlsruhe, die Erprobung der Algorithmen auf seriennah ausgestatteten Versuchsfahrzeugen im Realverkehr geplant.

Literatur:

- [1] Ruf, M.; Ziehn, J. R.; Rosenhahn, B.; Beyerer, J.; Willersinn, D.; Gotzig, H.: »Situation Prediction And Reaction Control (SPARC)«. In Färber, B.; Dietmayer, K.; Bengler, K.; Maurer, M.; Stiller, Ch.; Winner, H. (Hrsg.): 9. Workshop Fahrerassistenzsysteme (FAS 2014), S. 55–66, Walting im Altmühltal, Deutschland, März 2014
- [2] Ziehn, J. R.; Ruf, M.; Rosenhahn, B.; Willersinn, D.; Beyerer, J.; Gotzig, H.: »Correspondence between Variational Methods and Hidden Markov Models«. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2015), S. 380–385, Seoul, Korea, Juni 2015
- [3] Ruf, M.; Ziehn, J. R.; Willersinn, D.; Rosenhahn, B.; Beyerer, J.; Gotzig, H.: »Comparison of Local vs. Global Optimization for Trajectory Planning in Automated Driving«. In Stiller, Ch.; Bengler, K.; Dietmayer, K.; Eckstein, L.; Färber, B.; Maurer, M.; Winner, H. (Hrsg.): 10. Workshop Fahrerassistenzsysteme (FAS 2015), S. 71–83, Walting im Altmühltal, Deutschland, September 2015
- [4] Ruf, M.; Ziehn, J. R.; Willersinn, D.; Rosenhahn, B.; Beyerer, J.; Gotzig, H.: »Global Trajectory Optimization on Multilane Roads«. In Proceedings of the IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2015), S. 1908–1914, Las Palmas de Gran Canaria, Spanien, September 2015
- [5] Ziehn, J. R.; Ruf, M.; Willersinn, D.; Rosenhahn, B.; Beyerer, J.; Gotzig, H.: »A Tractable Interaction Model for Trajectory Planning in Automated Driving«. In Proceedings of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2016), Rio de Janeiro, Brasilien, November 2016

Themen



Dipl.-Ing. Christoph Eisenhut

Institutsteil Angewandte
Systemtechnik (AST)
Wasser und mobile Systeme (WMS)
Fraunhofer IOSB Ilmenau

Telefon +49 3677 461-189
christoph.eisenhut@iosb-ast.fraunhofer.de
www.iosb-ast.fraunhofer.de



Prof. Dr.-Ing. Andreas Wenzel

Institutsteil Angewandte
Systemtechnik (AST)
Wasser und mobile Systeme (WMS)
Fraunhofer IOSB Ilmenau

Telefon +49 3677 461-144
andreas.wenzel@iosb-ast.fraunhofer.de
www.iosb-ast.fraunhofer.de

AVATARES – PLATTFORM ZUM TEST VON FAHRERASSISTENZ- SYSTEMEN



Abb. 1: AVATARES-Fahrplattform neben einem Testfahrzeug.

Das Aufkommen immer komplexerer aktiver Fahrerassistenzsysteme ist ein wichtiger Trend der Automobilentwicklung der letzten Jahre. Die Spanne reicht hierbei von passiven Systemen wie Totwinkelwarnern über zeitweilig aktive Systeme wie zum Beispiel Notbremsassistenten bis hin zum vollständig automatisierten Fahren. Für die Entwicklung und Qualifizierung solcher Assistenzfunktionen werden Systeme benötigt, mit welchen sich reale Fahrsituationen reproduzierbar darstellen lassen.

Hierzu wurde im EUROSTAR-Verbundprojekt AVATARES gemeinsam mit dem spanischen Unternehmen Aries Ingeniería y Sistemas ein neuartiges aktives Testsystem für Fahrerassistenzfunktionen entwickelt. Die Arbeiten des IOSB-AST wurden dabei vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Eine Fahrplattform simulierte hierbei andere Verkehrsteilnehmer, indem verschiedene

Manöver in Relation zum zu testenden Fahrzeug präzise gefahren wurden.

Die Herausforderungen lagen im Design des Testträgers und in der Entwicklung eines Fahrzeugführungssystems, welches reproduzierbare Fahrmanöver ermöglicht. Bei einer maximalen Geschwindigkeit von 80 km/h ist der Testträger so gestaltet, dass er bei einer Kollision keine gravierenden Schäden am Testfahrzeug verursacht.

Die Zweiteilung in eine flache, robuste Fahrplattform und einen flexiblen, deformierbaren Aufbau macht es möglich, auch gefährliche Fahrsituationen darzustellen. Das breite Spektrum an Testsituationen konnte hierbei über verschiedene Basismanöver abgedeckt werden.

Die Testmanöver des AVATARES-Systems sind dabei u. a. Beschleunigungs- und Bremsvorgänge sowie Spurwechsel und das definierte Kreuzen der Fahrspur. Zu

AVAT + Pedestrian

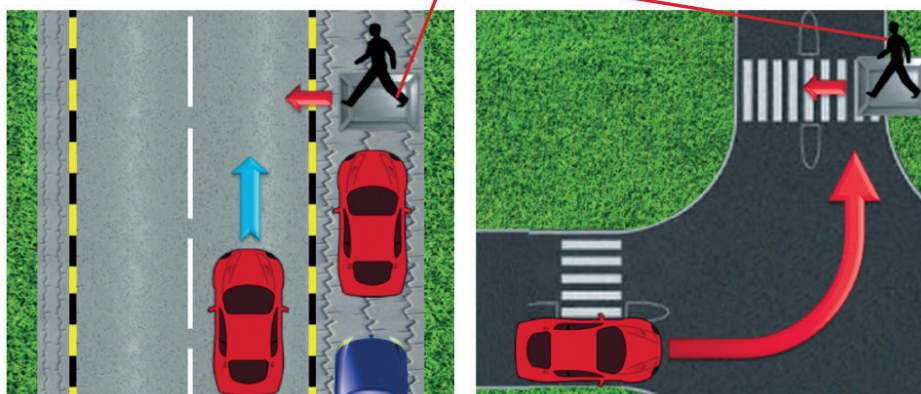


Abb. 2: Beispielhafte Testszenarien mit der AVATARES-Plattform.



Abb. 3: AVATARES-Plattform Gehäuse.

ihrer Realisierung ist eine hochgenaue Ortsbestimmung mittels RTK-GPS notwendig. Darüber hinaus wurde die Bahnsteuerung für das Fahrtführungssystem entwickelt, wobei die Sollbahn mit Hilfe der Software »AVATARES MissionPlanner« definiert werden kann. Sie bildet die Schnittstelle zum Nutzer.

Der Anwender entscheidet selbst, ob er vorgefertigte Templates für eine Mission verwendet oder ob er die Strecke mittels einzelner Wegpunkte konstruiert. Hierbei wird die Strecke durch mehrere dieser Punkte mit Informationen zu Ort, Orientierung und Geschwindigkeit repräsentiert. Weiterhin ist es möglich, dass das Fahrtführungssystem auf Basis von GPS-Informationen ein neues Manöver lernt. Um dies zu ermöglichen, wurde ein modellbasiertes

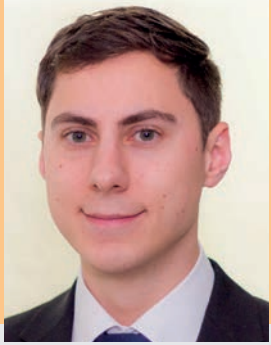
Verfahren realisiert, mit dem eine »Teach-In«-Funktion ermöglicht wurde. Somit können die Bahnparameter online erlernt werden. Die Software verwendet zum Datenaustausch mit dem Fahrtführungssystem eine Netzwerkverbindung. Über diese werden die Manöver von der Leitstandssoftware an das Fahrzeugführungssystem der Testplattform übertragen. So ist es auch möglich, mit der Software aktuelle Fahrzeugparameter der Fahrplattform und des Testfahrzeuges zu visualisieren. Mittels Digitalfunkstrecke ist auch eine direkte Fernsteuerung sowie ein Abbruch jeder Mission durch das integrierte Notaussystem möglich.

Das entwickelte Fahrtführungssystem besteht aus dedizierten Hardwaremodulen zur Lokalisierung, Umgebungserkennung sowie der Missionsumsetzung, die hierar-

chisch miteinander verbunden sind. Die Lokalisierung und Umgebungserfassung verarbeiten dabei die Sensordaten auf eingebetteten Rechereinheiten in Echtzeit mit bis zu 100 Hz. Die sich daran anschließende Planungs- und Regelungskette wird mit derselben Geschwindigkeit abgearbeitet.

Als Resultat von AVATARES steht neben der Fahrplattform ein modulbasiertes eingebettetes Fahrzeugführungssystem mit Modulen zur Positionsbestimmung, Umwelterfassung, funktionaler Sicherheit sowie zur Routenplanung und Bahnregelung zur Verfügung. Dieses kann neben dem Einsatz zur Erprobung von Fahrerassistenzsystemen auch auf weitere Anwendungen im Bereich Fahrzeuge oder mobile Robotik in Industrie und Service übertragen werden.

Themen



Max Filsinger M. Sc.

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme (MRD)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-641
max.filsinger@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/MRD



Dipl.-Inform. Masoud Roschani

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme (MRD)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-314
masoud.roschani@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/MRD

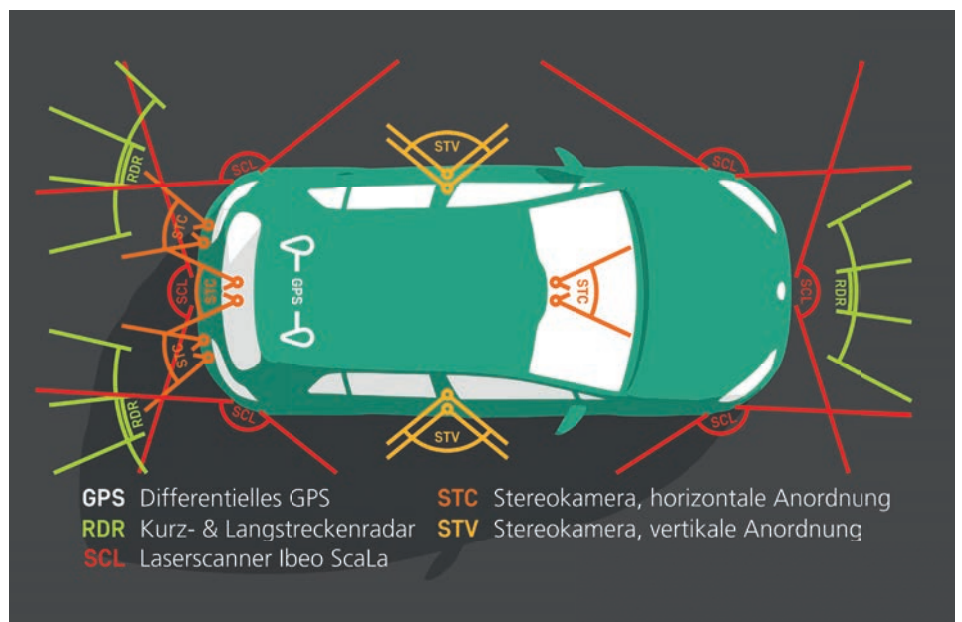
STRATEGISCHES INVEST: VERSUCHSFAHRZEUGE FÜR TECHNOLOGIE-EXPERIMENTE (VERTEX)

HINTERGRUND

Dass vollautomatisches Fahren keine ferne Utopie mehr ist, sondern in absehbarer Zeit ein selbstverständlicher Bestandteil unseres Straßenverkehrs sein wird, ist heutzutage fast unumstritten. Es besteht weitgehende Einigkeit in Industrie und Forschung, dass die grundsätzlichen technischen Voraussetzungen heutzutage weitgehend erfüllt sind. Sensorik und Sensorprozessierung erlauben es, ein umfassendes Bild der Umgebung zu erfassen; Funkkommunikation kann Daten zwischen unterschiedlichen Fahrzeugen und der Infrastruktur austauschen; praktisch für sämtliche Fahrsituationen existieren Algorithmen, um geeignete Manöver zu planen; und Computer sind hinreichend leistungsfähig, um diese zu berechnen und auf der Aktuatorik (Motor, Lenkung, Getriebe und Bremsen) umzusetzen.

Eine der Hauptaufgaben der kommenden Jahre ist es nun, aus den vielfältigen Lösungen ein Gesamtsystem zu entwickeln, das vollautomatisches Fahren serienfähig umsetzt. Selbstfahrende Serienfahrzeuge müssen höchste Zuverlässigkeitsansprüche erfüllen, möglichst kostengünstig in Anschaffung und Energieverbrauch sein, ihre Technik möglichst unscheinbar verkleiden, und den Fahrgästen sowie anderen Verkehrsteilnehmern ihren Zustand nachvollziehbar vermitteln. Und somit ist nicht alles, was in der Entwicklung noch erlaubt war, in der Serie möglich – wie etwa Kofferräume gefüllt mit Computern, oder Laserscanner auf dem Dach.

Dabei bedienen viele der heute verfügbaren Technologien überlappende Anforderungen: Die Tiefenwahrnehmung von





Objekten wird heute in Versuchsfahrzeugen etwa durch Radar, Laserscanner oder Stereokameras gewährleistet. Es gibt unzählige Algorithmen, die Objekte und ihre Eigenschaften in diesen Sensordaten erkennen, oder Manöver nach unterschiedlichen Kriterien planen. Um auszuwählen, welche Kombination von existierenden Technologien die Anforderungen an ein Seriensystem optimal und zugleich effizient abdecken kann, und eventuelle Lücken aufzuzeigen und zu schließen, sind umfangreiche Tests erforderlich. Dabei ist Vergleichbarkeit ein kritischer Faktor. Diese ist in vielen derzeitigen Versuchsfahrzeugen aber nicht gegeben, da deren Ausstattung in der Regel auf spezifische Anwendungsfälle zugeschnitten ist und somit aus Effizienzgründen die Redundanz minimiert.

AUFBAU DER FAHRZEUGE

Um hier einen Beitrag zu leisten, plant das Fraunhofer IOSB aus Mitteln des strategischen Investfonds der Fraunhofer-Gesellschaft und des Projekts »Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe« die Ausrüstung von zwei Versuchsfahrzeugen (VERTEX, dt. »Versuchsfahrzeuge für Technologie-Experimente«, engl. »Vehicles for Research and Technology Experiments«), die einen direkten Technologievergleich ermöglichen sollen. Das Projekt »Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe« wird gefördert aus Mitteln der baden-württembergischen Ministerien für Wissenschaft, Forschung und Kunst sowie für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau und als nationales Leistungszentrum aus Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft.

Die Fragestellungen, zu deren Beantwortung die Fahrzeuge beitragen sollen, umfassen die Evaluation von unterschiedlichen Sensoren, Algorithmen für automatisches Fahren, Innenraumbesichtigung und Mensch-Maschine-Kommunikation, sowie die Erhebung von Parametern für Simulationsmodelle und Fahrerverhalten. Zu diesem Zweck werden am IOSB zwei VW Golf VII, einmal mit Elektromotor und einmal mit Verbrennungsmotor, mit redundanten Technologien (z. B. mehreren serienfähigen Laserscannern, Radarsensoren, verschiedenen Kamerasystemen und Ultraschall) und umfangreicher Referenzsensorik (z. B. differentiellem GPS und Inertialsensorik) ausgestattet. Zudem werden flexible Anbaupunkte für weitere Sensoren und Steuergeräte vorgesehen. Somit können unterschiedliche Technologien in denselben Szenarien mit größtmöglicher Vergleichbarkeit getestet werden. Die Fahrzeuge erhalten zudem Car2X-Technologie, die es ihnen erlaubt, in kooperativen Testszenarien mit anderen Fahrzeugen in der Region (beispielsweise von FZI und KIT) eingesetzt zu werden. Beide Fahrzeuge sollen Mitte 2017 einsatzfähig sein und im Rahmen des Testfelds Karlsruhe auch Partnern des Fraunhofer IOSB für Versuche zur Verfügung gestellt werden, die sich teilweise bereits im Spezifikationsprozess mit Anforderungen für eigene Fragestellungen beteiligt haben. Somit sollen die VERTEX auch einen Beitrag leisten, die in Karlsruhe und Umgebung vorhandene Kompetenz für die Herausforderungen des vollautomatischen Fahrens zu bündeln.



PROFILREGION
MOBILITÄTSSYSTEME
KARLSRUHE

Themen



Dipl.-Inform. Erik Krempel

Interaktive Analyse
und Diagnose (IAD)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-292
erik.krempel@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/IAD



Dr. techn. Dieter Willersinn

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme (MRD)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-387
dieter.willersinn@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/MRD

TESTFELD ZUM VERNETZTEN UND AUTOMATISIERTEN FAHREN IN BADEN-WÜRTTEMBERG



Autobahnkreuz Stuttgart-Zuffenhausen, Baden-Württemberg, Luftaufnahme.

Um das automatisierte Fahren erfolgreich in den Markt einzuführen, ist eine Erprobung unter realen Verkehrsbedingungen notwendig. Ein ganz wesentlicher Aspekt hierbei ist die Akzeptanz automatisch fahrender Fahrzeuge bei anderen Verkehrsteilnehmern. Aus diesem Grund hat sich das IOSB einem Konsortium angeschlossen, dessen Ziel die Errichtung und kontinuierliche Weiterentwicklung eines digitalen Testfelds zum vernetzten und automatisierten Fahren ist.

An dem Konsortium unter Führung des Forschungszentrums Informatik (FZI) sind neben den Forschungspartnern Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft (HsKA) und dem Fraunhofer IOSB noch die Städte Karlsruhe und Bruchsal beteiligt sowie assoziierte Partner wie die Stadt Heilbronn und Hochschule Heilbronn. Hinzu kommt eine Vielzahl von Partnern aus der Industrie,

welche teilweise bereits konkrete Nutzungszusagen abgegeben haben. Nach dem Aufbau übernimmt der Karlsruher Verkehrsverbund (KVV) den Betrieb des Testfelds. Gefördert werden die Arbeiten vom Ministerium für Verkehr des Landes Baden-Württemberg.

KONZEPT

Das Testfeld soll Industrie, Verkehrsdienstleistern und Forschern, aber auch der Gesellschaft ein Reallabor bieten für die Erforschung und Erprobung von Technologien, Dienstleistungen und Anwendungen des vernetzten und automatisierten Fahrens. Hierfür wurden mit Partnern aus diversen Industriezweigen Nutzen-Szenarien identifiziert. Diese Szenarien belegen exemplarisch die Bereiche öffentlicher Personen-Nahverkehr (ÖPNV), Logistik- und Lieferbetrieb, Sonderfahrzeuge, Car-Sharing, Individualverkehr sowie Mobilitäts-App und -Dienste.



TESTFELD AUTONOMES FAHREN
BADEN-WÜRTTEMBERG



Ein neuer, im Testfeld betrachteter Bereich der Individualmobilität ist die so genannte Mikromobilität. Diese wird von einer neuen Klasse von Fahrzeugen getragen, welche die Lücke zwischen dem Fuß- und Radverkehr und dem klassischen motorisierten Verkehr (ÖPNV und PKW) schließen.

Das Testfeld wird die komplette Bandbreite von Straßentypen abdecken, vom urbanen Bereich mit gemischtem Fahrrad- und Fußgängerverkehr über Parkhäuser und Wohngebiete bis hin zu Landes- und Bundesstraßen und Autobahnabschnitten. Hinzu kommen nichtöffentliche Bereiche wie der Campus Ost des KIT und der EFEU-Campus der Stadt Bruchsal.

Für die zum Testfeld gehörenden Verkehrsflächen wird eine Infrastruktur aufgebaut, welche 3D-Karten ebenso umfasst wie gegenseitige Sensorik für die lückenlose

Erfassung der Verkehrssituation um die zu testenden Fahrzeuge zum Zeitpunkt des Tests. Hinzu kommen Funkstrecken neuester Technologie, welche gemeinsam mit der gegenseitigen Sensorik an ein leistungsfähiges Backbone-Netzwerk angeschlossen sind.

Alle für die Steuerung der Tests wesentlichen Informationen werden in der Leitwarte des Karlsruher Verkehrsverbunds (KVV) zusammengeführt, der den operativen Betrieb des Testfelds sicherstellen wird.

BEITRÄGE DES FRAUNHOFER IOSB

Das Fraunhofer IOSB wird im Rahmen des Internetauftritts des Testfelds ein Transparenz-Portal aufbauen. Dieses soll interessierten Bürgern eine erste Anlaufstelle bieten, um sich zum Beispiel Informationen über die Beschaffenheit und Ausstattung der Teststrecken anzuzeigen. Eine zusätzliche Visualisierung von erfassten Sensordaten

macht deutlich, dass keine personenbezogenen Daten verarbeitet werden und somit das Testfeld keinen Eingriff in die Privatsphäre der Bürger darstellt. Mit dieser Maßnahme wird ein wichtiger Grundstein für die Akzeptanz des Testfelds und des autonomen Fahrens in der Region gelegt.

Die in diesem Heft in eigenen Beiträgen beschriebenen Versuchsträger VERTEX und AVATARES des Fraunhofer IOSB können interessierten Partnern für den Einsatz im Testfeld zur Verfügung gestellt werden.

gefördert von:



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR

Karlsruhe

Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe
Telefon +49 721 6091-0
Fax +49 721 6091-413
info@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de

Ettlingen

Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Gutleuthausstr. 1
76275 Ettlingen
Telefon +49 7243 992-0
Fax +49 7243 992-299
www.iosb.fraunhofer.de

Ilmenau

Fraunhofer IOSB, Institutsteil
Angewandte Systemtechnik AST
Am Vogelherd 50
98693 Ilmenau
Telefon +49 3677 4610
Fax +49 3677 461-100
info@iosb-ast.fraunhofer.de
www.iosb-ast.fraunhofer.de

Lemgo

Fraunhofer IOSB-INA
Anwendungszentrum
Industrial Automation
Langenbruch 6
32657 Lemgo
Telefon +49 5261 94290-22
Fax +49 5261 94290-90
juergen.jasperneite@iosb-ina.fraunhofer.de
www.iosb-ina.fraunhofer.de

Beijing

Representative for Production and
Information Technologies
Unit 0610, Landmark Tower II
8 North Dongsanhuan Road
Chaoyang District
100004 Beijing, PR China
Telefon +86 10 6590 0621
Fax +86 10 6590 0619
muh@fraunhofer.com.cn

