[PROJEKT.EINBLICK]

Wie beweist man die Sicherheit autonomer Fahrzeuge, bevor man sie in den Verkehr bringt?

↗

Wann vollständig fahrerlose Fahrzeuge in Deutschland und Europa Wirklichkeit werden, hängt nicht nur von der Entwicklung der Fahrzeugtechnologien selbst ab: Hersteller, Zulieferer, Prüforganisationen und öffentliche Stellen stehen vor der Frage, wie man ein ausreichend sicheres System von einem unsicheren System unterscheiden kann, bevor man es in den Verkehr bringt. Das Paradoxon: Weil autonome Fahrfunktionen mittlerweile so sicher fahren, wird es immer schwieriger, ihre Schwächen in realen Testfahrten zu finden. Das Sicherheitsniveau eines Menschen gilt bereits als nicht mehr wirtschaftlich durch Realfahrten erprobbar. Aber wenn Simulationen diese Lücke schließen wollen, müssen sie noch deutlich an Realismus gewinnen – und diesen vor allem auch nachweisen können.

Automatisierte Fahrzeuge werden immer komplexer – und ebenso die Umgebungen, in denen sie sich bewegen. Mit der Markteinführung der sogenannten »dritten Stufe der Automatisierung« nach SAE und VDA muss nun auch der Mensch die Fahrfunktion nicht mehr durchgängig überwachen.

Im Ernstfall muss also die künstliche Intelligenz vollständig allein reagieren, und kritische Situationen auflösen. Ob sie dazu in der Lage ist, oder ob ihr Fehler unterlaufen, erprobt man besser nicht ausführlich im Realverkehr. Welche Alternativen das AVEAS-Projekt eröffnen soll, erklären die Partner im Interview.



Realistischere Simulationen zu erzeugen, in denen künftige automatisierte Fahrfunktionen ihre Sicherheit nachweisen sollen, mithilfe gezielter Erhebung und Auswertung von Realdaten – das ist das Ziel des AVEAS-Projekts. Dazu erheben die Partner mit Versuchsfahrzeugen, Infrarotkameras und Laserscannern an Kreuzungen, sowie Ultraleichtflugzeugen den fließenden Verkehr – insbesondere an Unfallschwerpunkten an den Standorten Karlsruhe, Dresden und Paderborn. KI-gestützte Verfahren erkennen Verkehrsteilnehmer und ihre Bewegungen, und erzeugen daraus anonymisierte Szenario-Zeitreihen. Aus diesen werden dann unter anderem Verhaltensmodelle für Simulationen erzeugt, mithilfe von Optimierungsverfahren und maschinellem Lernen. Im Erfolgsfall soll die Methodik ausgedehnt und dauerhaft betrieben werden, um die komplexe Wirklichkeit immer umfassender in der Simulation abzubilden. Wie gut die neuen, *datengetriebenen* Simulationen sind um Fahrzeugfunktionen auf Schwachpunkte abzutasten, wird ganz praktisch ausprobiert: Drei prototypische Funktionen werden in der bevorstehenden Projektphase in den entwickelten Simulationen erprobt, und die Ergebnisse mit der Realität abgeglichen.

Ob das schon das Ende der realen Testfahrten von fahrerlosen Autos einläutet, oder nur einer von vielen Bausteinen im komplexen Entwicklungs- und Absicherungsprozess sein wird, fragen wir die Projektpartner in unserem Interview. [1]

→ Das AVEAS-Projekt

Das AVEAS-Projekt (Absicherungsrelevante Verkehrssituationen erheben, analysieren, simulieren) ist 2021 mit Förderung des **Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz** (BMWK) und einem Gesamtbudget von über 10 Mio. € gestartet. Es wird geleitet vom Karlsruher Unternehmen **understand.ai**, und verbindet nicht nur die KAMO-Partner **PTV GmbH**, **KIT** und **Fraunhofer IOSB**:

Aus Baden-Württemberg beteiligen sich die **Porsche Engineering Group** und die **GOTECH GmbH** aus Weissach, die **EDI GmbH** aus Karlsruhe, das **Fraunhofer EMI** in Freiburg, sowie der **ADAC Württemberg** und das **Polizeipräsidium Karlsruhe**.

Aus Deutschland sind die **dSPACE GmbH**, die **Continental Automotive GmbH**, das **Allianz Zentrum für Technik** in Ismaning bei München, das **Spiegel Institut Ingolstadt**, der **TÜV Süd** in München sowie **ASAM e.V.** am Projekt beteiligt, sowie das **Fraunhofer IVI** in Dresden.

International kooperiert das Projekt unter anderem mit dem österreichischen Testfeld **ALP.Lab**.

Laufzeit	01.12.2021 – 30.11.2024
Budget	10,0 Mio. EUR
Förderung	6,2 Mio. EUR
Fördergeber	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Förderpartner	12
Website	https://aveas.org

Hallo zusammen, gehen wir zuerst mal der Reihe nach durch: Was ist euer Hintergrund und wie seid ihr zu dem Projekt gekommen?

Janina Stompe (UAI): Ich bin Mathematikerin. Ich habe 2017 am KIT in angewandter Mathematik promoviert. Danach habe ich fast vier Jahre am Fraunhofer IOSB unterschiedlichste Forschungsprojekte bearbeitet und geleitet, insbesondere im Maschinellen Lernen für die Produktion, aber auch im autonomen Fahren. Seit Juni 2022 bin ich bei understand.ai, weiterhin in der Projektleitung geförderter Forschungsprojekte. UAI ist Konsortialführer des AVEAS-Projekts, und so kam ich auch hier zu der Projektleitung.

Philipp Renner (UAI): Und ich bin seit 2019 bei UAI im Bereich Technical Sales und Solution Engineering. Den Großteil meiner Zeit verbringe ich also damit, die Anforderungen unserer Kunden zu verstehen und gezielt Lösungsansätze für sie zu entwickeln. Damit habe ich mich über die letzten Jahre intensiv mit autonomem Fahren beschäftigt und kann Projekte in diesem Bereich ganzheitlich von technischer Seite betreuen, wenn es um die Aufnahme und Verarbeitung von Trainings- und Validierungsdaten verschiedener Sensoren geht, insbesondere bei der Annotation.

Mohanad El-Haji (EDI): Wir waren seit der initialen Planung von AVEAS am Projekt beteiligt. Unsere Firma ist ein Spin-off des KIT, aus der ursprünglichen Forschergruppe sind die Gründer der EDI GmbH geworden. Das Ziel unserer Forschung war es, die Entwicklung neuer Fahrzeugfunktionen durch rechnerunterstütze Validierung zu beschleunigen. Diesem Ziel widmet sich auch unsere Firma seit der Gründung 2015, insbesondere beim autonomen Fahren.

Jens Ziehn (Fh-IOSB): Ich habe Informatik in Hannover studiert, bin jetzt seit gut zehn Jahren am IOSB und leite die Gruppe »Automotive und Simulation«, in der wir unter anderem die offene Simulationsplattform OCTANE entwickeln, die auch im AVEAS-Projekt eine Rolle spielt.

1 Aus Platzgründen können wir nur eine gekürzte Version veröffentlichen – die vollständigen Antworten werden nach und nach über die LinkedIn-Seite des Projekts veröffentlicht: https://www.linkedin.com/company/aveas-projekt

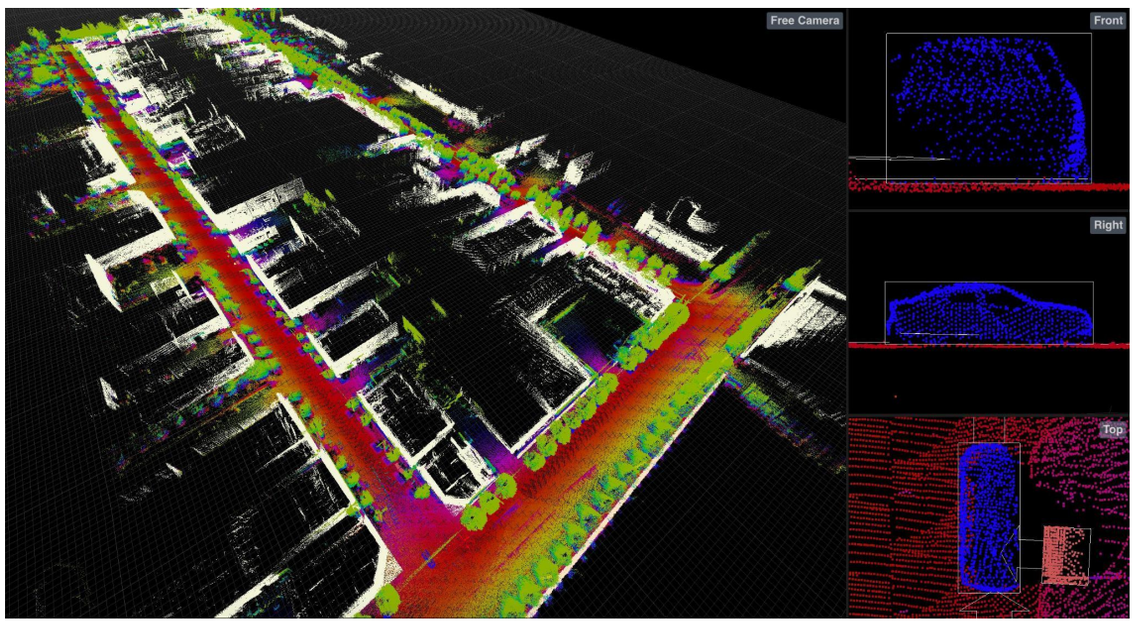


Abb. 1: Die Erhebung und automatisierte Auswertung von realen Verkehrssituationen ist ein wesentlicher Projektpfeiler — wie hier bei der Auswertung von Laserscanner-Punktwolken durch den Konsortialführer understand.ai GmbH.

Daniel Stadler (Fh-IOSB): Ich bin auch am IOSB, aber aus Jens' Nachbarabteilung Videoauswertesysteme. Nach meinem Masterstudium in Elektrotechnik am KIT habe ich meine Promotion am Lehrstuhl für Interaktive Echtzeitsysteme (IES) am KIT begonnen, der in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IOSB arbeitet. Dort arbeite ich in verschiedenen Projekten mit, unter anderem auch in AVEAS.

Florian Lüttner (Fh-EMI): Ich bin Physiker und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer EMI in Freiburg. Seit etwa drei Jahren arbeite ich in der Abteilung Sicherheit und Resilienz technischer Systeme an realistischen Verkehrsflusssimulation und der Bewertbarkeit von Straßenverkehr bezüglich der Kritikalität. Wir am EMI haben unter anderem zum Ziel, durch Optimierungsverfahren möglichst realistisches Fahrverhalten in agentenbasierten, mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen abbilden zu können, sowie Fahrszenarien bezüglich ihrer Kritikalität bewertbar zu machen. Diese Ideen flossen in die Projektskizze ein und bilden einen zentralen Bestandteil des Projekts.

Maria Pohle (Fh-IVI): Am Fraunhofer IVI arbeite ich seit 2018 in der Gruppe Fahrzeug- und Verkehrssicherheit. Studiert habe ich Verkehrsingenieurwesen in Dresden und arbeite seit etwa zwölf Jahren im Bereich der Unfallforschung. Ich widme mich im Besonderen der Modellierung des Einflusses der Verkehrsinfrastruktur auf das Verkehrsverhalten und die Verkehrssicherheit. Das Fraunhofer IVI unterstützt das Projekt durch seine langjährige Erfahrung in der Erstellung von Unfallszenarien aus Infrarotaufnahmen, deren Kritikalitäts- und Repräsentativitätsbewertung und die Überführung in ein harmonisiertes Datenformat.

Matthias Pfriem (PTV): Ich bin bei der PTV als Produktmanager für unsere mikroskopische Verkehrssimulation PTV Vissim verantwortlich. Vor meinem Wechsel zur PTV war ich über ein Jahrzehnt am Institut für Fahrzeugsystemtechnik am KIT in verschiedenen Rollen in der Mobilitätsforschung aktiv. Die PTV habe ich hier immer wieder als Industriepartner in den Forschungsprojekten kennen und schätzen gelernt. Als Gründung aus der Karlsruher Uni gibt es hier immer enge Bande. Und da die PTV eine sehr wissensaffine Organisation ist, die nicht nur das Fachwissen zur Softwareentwicklung, sondern auch das Domänenwissen unserer Anwender bündeln möchte, gab es für mich ein Angebot, dass ich dieses Gesamtbild mit einer stärkeren fahrzeugtechnischen Perspektive erweitern könnte.

Henrik Gommel (GOTECH): Nach meinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens in Hamburg habe ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Fraunhofer Austria und an der TU Wien im Bereich Operations Management gearbeitet und in diesem Umfeld promoviert. Inzwischen habe ich die geschäftsführenden Aufgaben bei der GOTECH Fahrzeugentwicklungs- und Konstruktionsgesellschaft mbH mit Sitz in Weissach übernommen — das Unternehmen wurde vor über 25 Jahren gegründet. Zum Projekt sind wir durch den Austausch rund



> Nach Beispielrechnungen müssten über **6 Mrd. km** auf einer Autobahn zurückgelegt werden, um nachzuweisen, dass ein Autobahnpilot sicherer fährt als ein Mensch. Das liegt einfach daran, dass es – glücklicherweise – relativ wenige Unfälle gibt, an denen man Fahrzeuge testen könnte. Simulationen können diese Lücke schließen.«
>
> Dr. Janina Stompe, understand.ai

um unsere eigenentwickelte Fahrsimulationsumgebung gekommen. Virtual-Reality-basiert können wir damit Neuentwicklungen rund um das Interieur in Fahrzeugen erproben. Auf Basis der mitunter von uns als Entwicklungsdienstleister generierten CAD-Modelle können wir bereits in frühen Entwicklungsphasen, in denen vorwiegend nur 3D-Daten und keine physischen Prototypen vorliegen, ein realitätsnahes Erprobungsumfeld inklusive Fahrphysik bieten.

Martin Lauer (KIT-MRT): Ich arbeite als wissenschaftlicher Gruppenleiter seit 15 Jahren am KIT an Themen zum autonomen Fahren. Nachdem in den letzten Jahren viele Technologien zum autonomen Fahren entwickelt wurden, wird es jetzt immer wichtiger, diese Technologie sicher zu machen, gerade in schwierigen und ungewöhnlichen Situationen. Genau solche Situationen werden im Projekt AVEAS modelliert und mit Sensoren erfasst, daher ist das Projekt für mich interessant.

Laut Projektbeschreibung ist das Ziel, Daten zu erheben für die Absicherung von automatisierten Fahrfunktionen in der Simulation. Welche Rolle spielen Daten im Bereich der Absicherung?

Janina Stompe (UAI): Um auf das Thema Daten zu kommen, muss ich etwas ausholen: Für automatisiertes Fahren, bzw. für die Absicherung automatisierter Fahrfunktionen, werden Simulationen immer wichtiger. Denn für eine reale Erprobung müssten, nach Beispielrechnungen, über 6 Mrd. Test-Kilometer auf einer Autobahn zurückgelegt werden. Erst dann könnte man nachweisen, dass ein Autobahnpilot sicherer fährt als ein Mensch. Das liegt einfach daran, dass es – glücklicherweise – relativ wenige Unfälle oder kritische Situationen gibt, an denen man Fahrzeuge testen könnte. Simulationen können diese Lücke schließen. Situationen können erprobt, wiederholt und variiert werden. Und das auch ohne reales Risiko.

Damit dieser Ansatz eben auch zielführend ist, müssen Realdaten erhoben werden. Auf diesen bauen die Simulationen auf. In AVEAS arbeiten wir deshalb mitunter an gezielten und wohlüberlegten Realdatenaufnahmen an Unfallhäufungspunkten.

Interessant ist hierbei auch, dass sinnvolle Daten in diesem Zusammenhang nicht gleich Unfälle sein müssen. Es gibt viele Beinahe-Unfälle, und gerade diese sind interessant. Denn aus einem Beinahe-Unfall kann schnell ein Unfall werden, wenn der Fahrer nur kurz unkonzentriert ist. Nehmen wir beispielsweise riskante Einschermanöver oder dichtes Auffahren. Das kommt häufig vor und bildet eine sehr gute Basis für Simulationen.

Daniel Stadler (Fh-IOSB): Viele Module moderner Systeme, wie auch die eines autonomen Fahrzeugs, arbeiten datengetrieben. Durch eine Vielzahl an Beispieldaten lernt ein KI-basiertes System eine gewisse Aufgabe, beispielsweise die Erkennung von Fußgängern oder auch die Detektion von Fahrzeugen in Luftbildern. Hierbei ist es wichtig, dass die erhobenen Daten die Realität möglichst gut widerspiegeln. Sonst kann es passieren, dass das System im realen Einsatz in eine unbekannte Situation gerät, mit der es nicht umgehen kann, was es unbedingt zu vermeiden gilt. Daten spielen also eine immens wichtige Rolle bei der Absicherung.

Martin Lauer (KIT-MRT): Daten sind ein ganz wichtiges Element der Absicherung. Die heutigen Technologien, zum Beispiel aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz, sind so komplex, dass kein Mensch sie mehr vollständig verstehen und durchdringen kann. Daher ist es erforderlich, sie auf die Probe zu stellen und zu überprüfen, ob sie mit den besonders herausfordernden Situationen zurecht kommen. Und dazu benötigen wir Daten, die solche Situationen beschreiben – etwa Daten von Fahrzeugkameras unter schwierigen Sichtverhältnissen oder Daten von ungewöhnlichen Bewegungen und Fahrmanövern verschiedener Verkehrsteilnehmer.

Und wie kommt man an »wertvolle Daten«?

Janina Stompe (UAI): Das ist ein schwieriges Thema. Wir haben im Vorfeld beispielsweise mit dem Polizeipräsidium Karlsruhe Unfallhäufungsschwerpunkte herausgefiltert und so unsere Schwerpunkte für die Datenerhebung gelegt. Ob wir diese Straßenabschnitte, Kreuzungen und Autobahnabschnit-

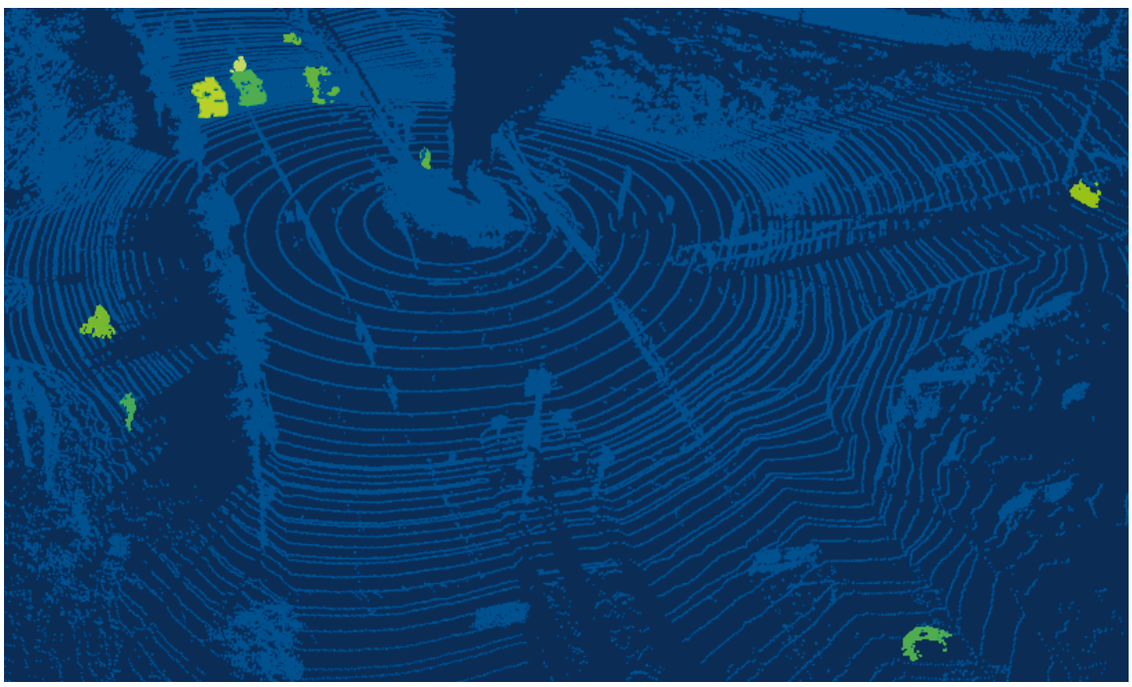


Abb. 2: Die Erhebung an Kreuzungen durch das KIT nutzt Laserscanner um die Verkehrssituation dreidimensional und hochgenau zu erfassen. In den entstehenden Punktwolken werden Verkehrsteilnehmer erkannt und ihre Bewegungen datenschutzsicher verfolgt.

te nochmal ändern müssen, wird sich im Laufe des Projektes zeigen.

Maria Pohle (Fh-IVI): Wichtig bei der Frage nach »wertvollen Daten« ist, bereits im Vorfeld zu wissen, welche Verkehrssituationen einen interessieren. Wir untersuchen dazu zunächst polizeiliche Unfalldaten in unserer Datenbank und filtern relevante Parameterausprägungen. Ergeben sich dabei örtliche Häufungen, kann davon ausgegangen werden, dass an dieser Stelle durch Verkehrsbeobachtungen relevante Situationen erhoben werden können. Wir nutzen dazu Infrarotkameras, da sie auch bei Nacht aufnehmen können und nativ anonym sind, da Kennzeichen und Gesichter nicht erkennbar sind. Aus den Aufnahmen können durch eine automatisierte Prozessierung Objekte erkannt werden und deren Bewegung über die Zeit aus den Bildsequenzen abgeleitet werden.

Martin Lauer (KIT-MRT): Wir wiederum nutzen an Kreuzungen LiDAR-Sensoren, um das Verkehrsgeschehen zu beobachten. LiDARe sind Sensoren basierend auf Lasertechnik, mit denen das Verkehrsgeschehen sehr genau in dreidimensionaler Sicht beobachtet werden kann. Aus den Daten der LiDARe werden automatisch Objekte wie Fahrzeuge, Fußgänger oder Fahrradfahrer erkannt und deren Bewegung verfolgt. Dadurch können wir Bewegungsabfolgen einzelner Verkehrsteilnehmer sowie das Zusammenspiel mehrer Verkehrsteilnehmer erfassen.

Florian Lüttner (Fh-EMI): Die relevanten Daten und Metriken zu identifizieren ist auch Teil des Projekts, und hängt davon ab, für was man diese Daten verwenden möchte. Interessiert man sich für die eher seltenen kritischen Szenarien, bilden klassische Metriken wie eine Time-to-Collision[2] eine Möglichkeit. Hier gibt es zahlreiche weitere. Allerdings greifen diese oft nur von außen beobachtbare Dimensionen auf. Kenntnisse über das Innere des Fahrzeugs fehlen in diesen Bewertungen. Diese zu beobachten, ist ebenfalls Teil des Projekts.

Welche Rolle spielt der Datenschutz?

Jens Ziehn (Fh-IOSB): Wir haben im Projekt eine enge Abstimmung mit dem Landesbeauftragten für Datenschutz und Informationsfreiheit Baden-Württemberg und dem zentralen juristischen Dienst der Stadt Karlsruhe gesucht, und die Erhebungsmethoden detailliert aufgeschlüsselt und diskutiert. Dabei haben wir auch an mehreren Stellen konkrete technische und organisatorische Vorgaben bekommen, die einzuhalten waren. Aber das waren immer sehr konstruktive und lösungsorientierte Diskussionen, und wir möchten mit dem Projekt auch zeigen: Datenschutz und innovative, datengetriebene For-

2 In Verkehrssituationen die hypothetische Zeit, bis zwei Fahrzeuge kollidieren würden, wenn keines der beiden Geschwindigkeit oder Fahrtrichtung ändert. Die sogenannte TTC kann damit auch bei Beinaheunfällen berechnet werden, und ist dort entsprechend niedrig.



Abb. 3: Unter anderem werden Luftbilder eines Ultraleichtflugzeugs an Unfallschwerpunkten in Karlsruhe und Umgebung genutzt. Das Fraunhofer IOSB erkennt, klassifiziert und trackt darin Fahrzeuge um Verkehrsverhaltensdaten zu gewinnen. Dabei ist das Ziel nicht die Erhebung konkreter Unfallhergänge, sondern insbesondere die Erhebung von Beinaheunfällen und kritischen Verhaltensweisen, die in deutlich größerer Zahl vorkommen. Aus ihnen sollen Verhaltensmodelle für die Simulation lernen, sich menschenähnlicher zu verhalten.

schung schließen sich nicht aus. Die für uns wichtigen Daten sind weder Nummernschilder noch Gesichter. Sicherzustellen, dass solche personenbezogenen Informationen nicht als »Beifang« mit erhoben werden, ist teilweise bewusster Aufwand, aber häufiger praktisch machbar als manchmal vermutet wird — wenn man es versucht.

Das Projekt hat kürzlich die Halbzeit überschritten. Wie ist der Stand der Dinge? Läuft alles nach Plan?

Janina Stompe (UAI): Wir sind gut vorangekommen: Wir haben Erhebungskampagnen an mehreren Unfallschwerpunkten in Karlsruhe, Dresden und Paderborn erfolgreich abgeschlossen, ebenso wie die ersten Probandenstudien. Die unterschiedlichen Verarbeitungsketten für Luftbilddaten, Fahrzeugdaten und stationärer Infrastruktur liefern gute Ergebnisse. Auf der IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) werden wir im September in Bilbao unsere Zwischenergebnisse in mehreren Fachpapieren vorstellen. Wir sind gerade dabei, das gemeinsame Datenformat basierend auf dem ASAM-Standard OpenLABEL final zu spezifizieren. Dann können die erhobenen Daten aller Partner nahtlos miteinander genutzt werden.

Aber..?

Janina Stompe (UAI): Aber es war deutlich aufwändiger, an diesen Punkt zu kommen, als wir ursprünglich geplant hatten. Bei einem Forschungsprojekt dieser Größe muss man immer akzeptieren, dass man nicht alles bis ins Detail vorhersehen kann. Da kann zu viel zusammen kommen: Organisatorische Überraschungen, kaputte Sensoren, Lieferengpässe, regulatorische Herausforderungen, und natürlich immer der Punkt: Wenn man wüsste, was herauskommt, wäre es keine Forschung. Da ist es unverzichtbar, dass alle Partner an einem Strang ziehen, schnell und flexibel reagieren können und neue Lösungen finden. Das haben wir im Konsortium unter Beweis gestellt, und deswegen sind wir weiterhin optimistisch, dass wir die Ziele vollständig erreichen, die wir uns gesteckt haben. Die Stimmung ist gut, es herrscht überall eine sehr engagierte Zusammenarbeit — obwohl wir uns wegen der räumlichen Verteilung nur zweimal pro Jahr in Präsenz treffen.

Jens Ziehn (Fh-IOSB): Und auch wegen Corona, übrigens. Wir haben die ersten Planungen zum Projekt schon 2020 kurz nach Ausbruch der Pandemie gestartet. Und obwohl wir in der Antragsphase und der Frühphase des Projekts sehr intensiv zusammengearbeitet haben, haben viele von uns sich das erste Mal im Frühling 2022 persönlich in Karlsruhe getroffen. Da hat sich in der Pandemie viel getan in der Technik zur Zusammenarbeit, aber auch in der Wahrnehmung. Gut möglich, dass ohne die Pandemie die geografische Verteilung der Partner eine Herausforderung gewesen wäre. Aber so treffen wir uns etwa zweimal im Jahr in Präsenz, und durch Videokonferenzen und Online-Tools sind wir trotzdem dauerhaft im engen Austausch.

Was treibt die Partner denn an? Wie passt das AVEAS-Projekt in eure Strategie?

Philipp Renner (UAI): UAI hat sich zum Ziel gesetzt, Daten, die für Entwicklung und Validierung autonomer Fahrzeuge und Fahrfunktionen notwendig sind, mit der bestmöglichen Qualität so effizient wie möglich zu verarbeiten und auszuliefern. Dazu annotieren wir Daten aus unterschiedlichen Sensoren, wie LiDAR, Kamera oder Radar, gemäß Funktion und Use-Case unserer Kunden. Dabei setzen wir auf Automatisierung durch KI, die beispielsweise Objekte ohne menschliche Hilfe erkennt und klassifiziert. Diese Automatisierung ist essenziell, um die riesigen Datenmengen überhaupt verarbeiten zu können.

Janina Stompe (UAI): Und im Projekt AVEAS liegt zunächst mal die Gesamtprojektleitung bei UAI. Wir sind damit an erster Stelle für den Projekterfolg verantwortlich. Das ist eine große Verantwortung für uns. Inhaltlich beteiligen wir uns natürlich auch: Wir prozessieren und annotieren die Daten, die von anderen Partnern aufgenommen werden. Dabei bringen wir auch unsere Kernkompetenz ein, nämlich das automatisierte Labeln. Dadurch können ganz andere Datenumfänge annotiert werden und in einer sehr hohen Geschwindigkeit. Darüber hinaus unterstützen wir auch bei der Auswahl der Erhebungsorte und Erhebungszeiten und bringen unsere Erfahrungen im Bereich Validierung von autonomen Fahrzeugen ein.

Mohanad El-Haji (EDI): Wir unterstützen Fahrzeugentwickler mit der Entwicklung von KI-basierten Applikationen sowie der Verschneidung von Daten aus verschiedenen Quellen mittels Ansätzen aus dem Bereich des Semantic Webs. Insbesondere unsere langjährige Kooperation mit Prof. Hideo Inoue vom Kanagawa Institute of Technology ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen: Gemeinsam haben wir ein Modell zur kontextsensitiven Risikobewertung basierend auf Trainingsdaten der Near-Miss Incident Data Base entwickelt. In AVEAS werden wir die Erkenntnisse auf neu gesammelten Daten anwen-



Abb. 4: Das AVEAS-Team und Stakeholder beim Workshop am 21. April 2023 beim Gastgeber und Partner Porsche Engineering in Mönsheim. Die Interviewpartner (v.l.n.r., markiert) sind Dr. Henrik Gommel von GO-TECH, Dr. Mohanad El-Haji von EDI, Dr. Martin Lauer vom KIT-Institut für Mess- und Regelungstechnik (MRT), Daniel Stadler und Jens Ziehn vom Fraunhofer IOSB, sowie Florian Lüttner vom Fraunhofer EMI. Abwesend beim Workshop, aber beim Interview dabei, sind die Partner Philipp Renner von der understand.ai GmbH und Dr. Matthias Pfriem von PTV (oben rechts).

den und insbesondere das Modell nach den Anforderungen unserer Projektpartner weiterentwickeln.

Matthias Pfriem (PTV): Die Entwicklung und Absicherung automatisierter Fahrfunktionen ist ein zentraler Use-Case für unsere Automotive-Kunden. Der Weg von der schnellen Demonstration einer Funktionalität, zum Beispiel in einem Pilotprojekt, hin zur Absicherung für einen verlässlichen und sicheren Einsatz in der Großserie, ist die zentrale Herausforderung. Ohne intensive Erprobung in möglichst unterschiedlichen relevanten Verkehrsumgebungen ist dies nicht zu erreichen. Das alles in Realfahrt zu machen, verbietet sich jedoch, zum einen aus Sicherheitsüberlegungen für die frühen Entwicklungsphasen, und natürlich auch auf Grund der schieren Menge an Testkilometern, die man für den statistischen Nachweis der Betriebssicherheit abspulen müsste. Der Ausweg ist hier der möglichst intensive Einsatz der Simulation zur Erprobung im Rechner. Die mikroskopische Simulation PTV Vissim liefert hierfür den realistischen, multimodalen Realverkehr als Testumgebung und kann als Co-Simulation mit einer detaillierten Simulation des abzusichernden Fahrzeugs gekoppelt werden.

Und was interessiert euch persönlich an dem Projekt?

Philipp Renner (UAI): Persönlich interessiert mich, direkt Teil der zukünftigen Transportlösungen zu sein und wie diese sicherer gemacht werden können. Prominente Beispiele bekannter Unternehmen außerhalb Deutschlands zeigen, dass darauf oft zu wenig Fokus gelegt wird und die »Time to Market« im Vordergrund steht, auch wenn das mitunter nicht zu Ende entwickelte Fahrzeuge zur Folge hat – die dann ein reales Risiko im Straßenverkehr darstellen können. Abgesehen davon finde ich die Diskussionen um Problemlösungen spannend, da das Thema autonomes Fahren noch wenige »abschließende« Standards etabliert hat, und hier direkt mitgewirkt werden kann.

» Wir alle stehen als Bürgerinnen und Bürger dem Ganzen immer etwas skeptisch und ängstlich gegenüber, und das, obwohl wir sogar ziemlich oft die Verantwortung über das Fahren abgeben. Wir fahren ja ganz selbstverständlich mit dem Taxi oder dem Bus. Ich finde, das ist ein wichtiger Punkt. Wir haben zwar mehr Vertrauen in Menschen, aber Menschen machen Fehler.«

Dr. Janina Stompe, understand.ai

Janina Stompe (UAI): Generell finde ich die Absicherung von autonomen Fahrfunktionen ein spannendes Thema. Wir alle stehen als Bürgerinnen und Bürger dem Ganzen immer etwas skeptisch und ängstlich gegenüber, und das, obwohl wir sogar ziemlich oft die Verantwortung über das Fahren abgeben. Wir fahren ja ganz selbstverständlich mit dem Taxi oder dem Bus. Ich finde, das ist ein wichtiger Punkt. Wir haben zwar mehr Vertrauen in Menschen, aber Menschen machen Fehler.

Menschen haben ein bestimmtes Verhalten, Menschen werden abgelenkt, sind unaufmerksam, gelangweilt, überfordert. Sie können in bestimmten kritischen Situationen vielleicht nicht schnell genug und nicht richtig reagieren. Das alles kann abgefangen werden, wenn nicht der Mensch, sondern eine künstliche Intelligenz das Fahrzeug fährt, oder zumindest den Fahrer wesentlich unterstützt. Aber neben der Entwicklung muss das eben auch erprobt



> Beim Autonomen Fahren können bestehende und neuartige Anzeige- und Bedienelemente auf ganz andere Art genutzt werden. Wir sind gespannt, wie in den Probandenstudien in AVEAS damit umgegangen wird.«
>
> Dr. Henrik Gommel, GOTECH

werden, idealerweise mit realbasierten Modellen und Simulationen. Und genau hier setzt ja AVEAS an.

Maria Pohle (Fh-IVI): Autonome Fahrfunktionen werden uns ja bereits heute als zukunftsweisende und verlässliche Technologien in der Werbung präsentiert. Vielen ist jedoch nicht bewusst, welcher erhebliche technische und wissenschaftliche Aufwand und Zeit im Hintergrund investiert wird, bis ein System Marktreife erlangt. Unfall- und Verkehrsszenarien können dazu beitragen schneller und effektiver verlässliche Prototypen zu entwickeln. Hierzu fehlt es derzeitig noch an der notwendigen Bandbreite an Szenarien, um Prototypen anhand einer Vielzahl an repräsentativen Szenarien digital zu testen. Und genau da möchten wir gerne ansetzen.

Henrik Gommel (GOTECH): Betrachtet man die Entwicklung des Fahrzeuginterieurs in den letzten Jahren, so haben sich Anzeige- und Bedienelemente grundsätzlich geändert — beispielsweise durch den Einsatz von Multitouchdisplays. Damit hat sich nicht nur die optische und haptische Aufmachung der Fahrzeug-Cockpits verändert, sondern auch die Inhalte und Interaktionsmöglichkeiten, die uns diese Infotainmentsysteme bieten. Wenn nun die Aufgabe des aktiven Fahrens immer mehr an das automatisierte Fahrzeug abgegeben werden kann, erwarten uns noch viele weitere Möglichkeiten in der Auslegung dieser Systeme und bei der Integration in die Fahrzeuge. Beim Autonomen Fahren können bestehende und neuartige Anzeige- und Bedienelemente auf ganz andere Art genutzt werden. Wir sind gespannt, wie in den Probandenstudien in AVEAS damit umgegangen wird.

Diese theoretischen Möglichkeiten bereits in frühen Entwicklungsphasen und vor allem im Zusammenhang mit realitätsnahen und mitunter kritischen Verkehrssituationen zu erproben, Verhaltensweisen von Insassen zu erkennen und diese in die Interieurentwicklung einfließen zu lassen, ist äußerst spannend: letztlich geht es um die Gestaltung des »Wohn- und Arbeitszimmers« künftiger Fahrzeuge!

Martin Lauer (KIT-MRT): Wir adressieren mit dem Projekt in meinen Augen zwei der wesentlichen Herausforderungen in Bezug auf Sicherheit automatisierter Fahrzeuge: Zum einen sind das die schwierigen Situationen, die wir selten beobachten können, die ein autonomes Fahrzeug aber dennoch sicher beherrschen muss. 99 % der Situationen im Verkehr mögen einfach sein und problemlos beherrschbar, die 1 % der verbleibenden Situationen sind die große Herausforderung. Die zweite Herausforderung besteht darin, Vertrauen in die Fähigkeiten der Fahrzeuge bei den zukünftigen Nutzern, bei anderen Verkehrsteilnehmern, in der Bevölkerung und bei Entscheidungsträgern zu schaffen. Dies erfordert, dass das Fahrzeugverhalten nachvollziehbar und vorhersagbar ist, dass die Fahrzeugsicherheit erlebbar gemacht wird, und dass wir nachweisen können, dass die autonomen Fahrzeuge sicherer unterwegs sind als von Menschen gesteuerte Fahrzeuge.

Werden Simulationen über kurz oder lang Realerprobungen ersetzen?

Jens Ziehn (Fh-IOSB): Das muss in meinen Augen das Ziel sein. Wenn das Problem ist, dass man zehn Millionen Testkilometer fahren muss für die Absicherung, und Simulation das Problem lösen soll, dann doch, weil man zum Beispiel 9 Millionen Kilometer in der Simulation fährt und nur noch 1 Million Kilometer in Realität — und nicht umgekehrt. Soll heißen: Wenn Simulation die Testumfänge eindämmen soll, dann nicht, indem sie hier und da ein bisschen aushilft, sondern indem sie perspektivisch den allergrößten Teil der Testkilometer abdeckt. Dann stellen sich ganz neue Fragen: Wenn ich fast alles in der Simulation teste, wieso mache ich dann überhaupt noch Realtests? Wie stelle ich sicher, dass beides zusammen wirklich »alles« ergibt? Diese Fragen werden uns noch länger beschäftigen.

Mohanad El-Haji (EDI): Ich habe auch den Eindruck, dass immer mehr in die Simulation »wandert«. Jedoch halte ich es nicht für zielgerichtet, die Realerprobung komplett zu ersetzen: Der Aufwand die Realität dermaßen genau in einer Simulation abzubilden wird insbesondere bei Neuentwicklungen den Aufwand übersteigen, den es benötigt einen realen Prototyp bereitzustellen.

Matthias Pfriem (PTV): Ich denke, das ist keine Frage, auf die man mit »ja« oder »nein« antworten kann, sondern es geht hier um ein »wie viel«. Spätestens seit der in vielen Medien zitierten Abschätzung



Abb. 5: Die Simulation kritischer Situation erlaubt die gezielte Variation von Parametern, um Schwächen im System eines automatisierten Fahrzeugs zu identifizieren – im menschlichen Fahrverhalten ebenso wie etwa in der KI-basierten Sensorauswertung unter verschiedenen Lichtsituationen, wie hier in der Simulation OCTANE, deren Entwicklung im Rahmen von KAMO vorangetrieben wurde. Zudem erlaubt Simulation den direkten Abgleich zur vollständig bekannten Realität, wie oben links dargestellt.

der RAND Corporation aus dem Jahre 2016, dass es hunderte Millionen bis hunderte Milliarden Erprobungsmeilen zur Absicherung autonomer Fahrzeuge bräuchte, ist allen klar, dass ein rein auf Realerprobung gestützter Ansatz nicht zielführend sein kann. Mit der Simulation erschaffen wir uns daher möglichst gute Repräsentationen der echten Welt, um diese für virtuelle Tests einsetzen zu können. In der digitalen Welt kann ich hier natürlich ganz anders skalieren und daher Testumfänge abbilden, die in der Realität nicht leistbar wären. Und ich kann viel fokussierter absichern, da ich auf Situationen und Szenarien fokussieren kann, die besonders sicherheitsrelevant sind oder das automatisierte Fahrzeug vor ganz besondere Herausforderungen stellen. Allen Simulationen ist jedoch gemein, dass sie immer eine gewisse Abstraktion oder Vereinfachung in der Abbildung der echten Welt vornehmen müssen, um handhabbar zu bleiben. Wir können uns also am Ende nie sicher sein, dass sie wirklich in jeder Situation ganz genau alles abdecken, was es in der Realität auch geben könnte. Gerade wenn menschliches Verhalten als Einflussfaktor hinzukommt, ist die mögliche Bandbreite nahezu unendlich. Ich erwarte daher, dass die Entwicklung auch auf lange Sicht einen Anteil Realerprobung umfassen wird, einfach, um wirklich sicher zu gehen. Diese kann jedoch zu einem Zeitpunkt der Entwicklung stattfinden, wo durch die Absicherung im Computer schon ein sehr hoher funktionaler Reifegrad erreicht wurde, was das Restrisiko für die Realerprobung minimiert wie auch den Aufwand.

Florian Lüttner (Fh-EMI): Dem würde ich zustimmen: Ein bekanntes Paradox ist, dass wenn wir die Realität immer genauer in Simulationen nachbilden können, die Simulation sich irgendwann nicht mehr von der Realität unterscheidet. Entsprechend ließen sich zu untersuchende Sachverhalte in der Simulation auch nicht mehr abstrahieren, und das würde wiederum zu erheblichem Aufwand führen. Doch wann sind wir genau genug in der Simulation? Simulationen werden zukünftig einen entscheidenden Beitrag bei der Absicherung technischer Neuerungen bilden. Potenzielle Gefahrenfelder und Versagenszustände können simulativ identifiziert werden. Durch gezielte Realerprobungen an diesen identifizierten Stellen können diese dann verifiziert und behoben werden.

Maria Pohle (Fh-IVI): Realerprobungen bieten klar den Vorteil, Systeme in ihrem »natürlichen Umfeld« zu testen, sind jedoch sehr kostenintensiv in Vorbereitung und Durchführung. Mit vertretbarem Aufwand können Fahrzeuge daher zum Beispiel im Rahmen von EuroNCAP bisher nur in einigen wenigen ausgewählten und klar definierten Situationen in Realerprobungen getestet werden. Um Punktoptimierung der Fahrzeughersteller auf diese Situationen zu vermeiden, hat EuroNCAP bereits in ihrer Roadmap 2025 angekündigt, dass zunehmend insbesondere automatisierte Fahrfunktionen simulativ getestet werden sollen, für ein breiteres und robusteres Assessment. Aus meiner Sicht werden allein aus diesen Betrachtungen heraus zukünftig vermehrt Simulationen zur Prüfung der Funktionssicherheit von Systemen zu erwarten sein. Jedoch halte ich allein aus den geltenden gesetzlichen Bestimmungen heraus, aber vor allem wegen der noch existierenden Skepsis, Realerprobungen für ein sinnvolles Verfahren.

Wie nah sind Simulationen heute schon daran, Safety-kritische Komponenten abzusichern?



> Mit Simulation erschaffen wir uns möglichst gute Repräsentationen der echten Welt, um diese für virtuelle Tests einsetzen zu können. In der digitalen Welt kann ich ganz anders skalieren und daher Testumfänge abbilden, die in der Realität nicht leistbar wären.«
>
> Dr. Matthias Pfriem, PTV

Matthias Pfriem (PTV): Diese Frage lässt sich aus meiner Sicht nicht pauschal beantworten, sondern hängt an der Tiefe des Verständnisses der Komponente und der Komplexität der Absicherung. Nehmen wir beispielsweise eine Spiralfeder im Fahrwerk. Natürlich ist diese Komponente Safety-kritisch. Ein Bruch einer Feder während der Fahrt kann schwerste Unfälle verursachen. Es handelt sich jedoch auch um eine klar beschreibbare Geometrie mit klar definierten mechanischen Eigenschaften und bekannten Materialkennwerten im klar definierten Lastfall als Wechselspiel zwischen Ein- und Ausfedern. Hier ist eine Absicherung in der Simulation schon heute machbar. Erhöhe ich die Komplexität und gehe zur Komponente Rad mit den mechanischen Eigenschaften der Felge, der Feder- und Dämpfungswirkung des Reifens und den viskoelastischen Eigenschaften des Gummis, dann ist das schon eine ganz andere Herausforderung. Und natürlich verhält es sich bei automatisierten Fahrfunktionen ganz ähnlich. Ein Notbremsassistent, der rein auf Basis eines Radarsignals eine reine Längsführungsaufgabe initiieren soll, ist eine ganz andere Herausforderung in der Absicherung als ein Highway-Pilot, der auf Basis einer Fülle von Sensorinformationen die Entscheidungen für die gesamte Fahraufgabe durchführen soll.

Florian Lüttner (Fh-EMI): In der Entwicklung neuer Fahrzeugkomponenten bilden zum Beispiel sogenannte FEM-Simulationen[3] und Sampling-Verfahren bereits heute eine zentrale Rolle in der Absicherung solcher Komponenten. Allerdings fehlen bisher realistische Abbildungen des vorkommenden Straßenverkehrs auf statistische Art und Weise. Diese würde es ermöglichen, über lang angelegte Simulationen solche Komponenten teilweise virtuell und annähern real abzusichern.

3 Finite-Elemente-Methode, ein Verfahren aus der physikalischen Simulation

→ Typen von Simulationen

Für die Simulation von Verkehr und insbesondere Straßenverkehr kommen sehr unterschiedliche Simulationen zum Einsatz, die aus unterschiedlichen Forschungsdisziplinen stammen. Wir stellen einige der gängigen Arten von Simulationen vor.

Verkehrssimulationen haben das Ziel, realistisches Verkehrsaufkommen zu simulieren. Man unterscheidet zwischen **makroskopischer** Verkehrssimulation, die auf der Ebene von Personengruppen Mobilitätsbedarfe und -entscheidungen simuliert, und **mikroskopischer** Verkehrssimulation, die einzelne Verkehrsteilnehmer simuliert – wie die verbreitete und auch im AVEAS-Projekt genutzte Simulation PTV Vissim, aber auch das Verkehrsnachfragemodell mobiTopp im Beitrag »Wie bringen uns Künstliche Intelligenz und Daten nahtlos und nachhaltig ans Ziel?« ab S. 24). Beide Arten der Verkehrssimulation wurden ursprünglich entwickelt, um Verkehrsbedarfe und Verkehrsbelastungen zu modellieren. Im Bereich der Erprobung von automatisierten Fahrfunktionen erhalten sie aber zusätzliche Bedeutung, weil sie zum Teil in der Lage sind, realistisch Verkehrsszenarien zu simulieren, und damit die Umgebung eines fahrerlosen Fahrzeugs.

Aus dem Bereich des Maschinenbaus hingegen gibt es **Dynamiksimulationen**, die das Zusammenwirken mechanischer Komponenten, sowie zusätzlich potentiell Aerodynamik oder Antriebe umfassen. In einigen Fällen werden hier detaillierte **Mehrkörpersimulationen** betrieben – zur Reduktion der Aufwände sind aber auch vereinfachende Näherungen gängig, bei denen die Dynamik eines Fahrzeugs auf relativ einfach (und damit schnell) lösbare Gleichungen zusammengeführt wird.

Im Bereich der **Sensorsimulation** werden Umgebungssensoren wie Kameras, Laserscanner und Radar simuliert. Hier kommen vermehrt auch 3D-Engines aus Computerspielen zum Einsatz. Kamera- und Laserscannersimulationen teilen sich den Bedarf, optische Phänomene zu simulieren, während Radarsimulationen teilweise eine enge Verwandtschaft zu Funksimulationen haben, so wie die am KIT entwickelte Software ihert3d. Gerade bei Sensorsimulationen gehört oft zu den Anforderungen, nicht nur realistische Sensorbilder zu liefern, sondern auch »Annotationen« im Sinne von Informationen über die Positionen und Typen der sichtbaren Objekte als »Grundwahrheit«.

Kein Modell sondern eher eine Anwendung bezeichnen **Fahrsimulatoren**, wie in AVEAS von GOTECH betrieben, in denen menschliche Probanden in simulierten Szenarien fahren bspw. durch virtuelle Realität oder Projektionswände. Mit ihnen können menschliche Verhaltensweisen ebenso untersucht werden wie neue Konzepte für Interieur oder Mensch-Maschine-Interaktion.

Meist liegen diese Simulationen in eigenständigen Softwareprodukten vor. Durch die zunehmende interdisziplinäre Breite in Entwicklungsfragen nimmt aber auch der Bedarf zu, nicht nur einzelne Facetten zu simulieren, sondern ihr Zusammenspiel. Werden mehrere Simulatoren miteinander gekoppelt, spricht man von *Co-Simulation*.

Anders gefragt: Was fehlt bis zur rein virtuellen Testfahrt?

Jens Ziehn (Fh-IOSB): Insgesamt kann man vielleicht sagen, dass es für die Absicherung komplexer Systeme, also zum Beispiel eines automatisierten Autos in der Innenstadt, zu wenige Daten gibt, um fundiert zu beurteilen, ob eine Simulation die Realität hinreichend vollständig und statistisch korrekt abbildet. Solche Eigenschaften fordert zum Beispiel der europäische »AI Act« prinzipiell berechtigt ein, und ich würde behaupten, dass keine heutige Simulation das erfüllt. Aber es liegt eben nicht zunächst daran, dass Simulation das nicht kann, sondern: es gibt heute zu wenige Daten, wie das »Ziel« aussehen sollte. Wenn das Ziel klar ist, gibt es – denke ich – heute schon viele wohlverstandene Methoden, es zu erreichen.

Matthias Pfriem (PTV): Hier sehe ich primär zwei Herausforderungen. Zum einen ist dies – ganz allgemein gesprochen – die Berechnung der Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen. Wenn man die Wahrnehmung der Sensoren wie Radar, LiDAR oder Kameras auch in komplexen Situationen mit Reflexionen und Mehrfachreflexionen und herausfordernden Umgebungsbedingungen wie beispielsweise starkem Regen berechnen möchte, dann erfordert das derart anspruchsvolle Rechenverfahren, dass sich auch der virtuelle Test nicht mehr in gewünschtem Maße skalieren ließe. Hier kann es der geschicktere Ansatz sein, solche Komponentenabsicherungen in der realen Welt vorzunehmen, um dann in der Simulation mit vereinfachten Modellen zu arbeiten. Die zweite Herausforderung liegt im Faktor Mensch. Wären schlagartig alle Verkehrsteilnehmer mit deterministischen Verhaltensmodellen automatisiert, dann wäre es auch leichter, die daraus resultierenden Situationen verlässlich zu simulieren. Durch die Bandbreite des menschlichen Verhaltens kommt jedoch eine Variabilität in den Verkehr, die ich selbst durch intensive Randomisierungen oder breite Parametervariationen nicht vollumfänglich in der virtuellen Testfahrt wiedergeben kann. Daher bleibt auch hier die Ergänzung mit Realdaten das Mittel der Wahl.

Henrik Gommel (GOTECH): … wobei diese Realdaten im Fall von menschlichem Verhalten nicht zwingend nur aus dem öffentlichen Verkehr stammen müssen. Seit wir mit der Entwicklung der VR-basierten Fahrsimulationsumgebung begonnen haben, hat sich alleine in der VR-Technologie und der damit ermöglichten Integration in das Simulationsumfeld unglaublich viel getan. Wir haben die Immersion, also das Zusammenspiel zwischen realer und virtueller Welt, signifikant erhöht und sind aus unserer Sicht in AVEAS noch einmal entscheidend weitergekommen. Das merken wir etwa daran, dass die Quote in Bezug auf Motion-Sickness bei Probanden stark abgenommen hat. Die Bewegungskrankheit, die man beispielsweise auch beim Lesen als Beifahrer im Auto bekommt, ist ein großes Thema bei solchen Virtual-Reality-Anwendungen. Aber auch die Einbindung realer Verkehrssituationen, mit der wir uns aktuell im Projekt intensiv beschäftigen, stimmt uns für unsere Anwendungsfälle der Simulationsumgebung sehr positiv: Wir kommen einer rein virtuellen Testfahrt immer näher.

Welche Rolle spielt der »Faktor Mensch«, wie Matthias sagte, mit Blick auf die zunehmende Automatisierung?

Mohanad El-Haji (EDI): Automatisierung hat keinen Selbstzweck, der Mensch ist die Instanz, die das Bewertungsschema aufstellt. Das bedeutet jegliche Automatisierung muss am Ende dienlich für Menschen sein, die Erwartungen erfüllen sowie den Befürchtungen Rechnung tragen.

Henrik Gommel (GOTECH): Für den Individualverkehr werden immer die menschlichen Bedürfnisse unterschiedlicher Art im Vordergrund der Fahrzeugentwicklung stehen. Ob das Fahrzeug selbst gefahren wird oder automatisiert fährt, verändert diese Bedürfnisse gegebenenfalls, jedenfalls müssen sich die Insassen beim »Gefahrenwerden« wohl und sicher fühlen. Und wir möchten im Projekt herausfinden, an welchen Kriterien das unter anderem festzumachen ist, insbesondere wenn es um kritische Verkehrssituationen geht.

Mohanad El-Haji (EDI): Ja, gerade in Absicherungskatalogen bilden wir den Faktor Mensch schon jetzt bei unseren Produktentwicklungen ab. Dies wird auch in Zukunft so sein, aber die Anforderungen wachsen mit der Systemkomplexität.

Wie, und wie bald, könnten diese Herausforderungen gelöst werden?

Matthias Pfriem (PTV): Ein zentraler Ansatz ist Standardisierung. Es braucht beispielsweise Daten- und Kommunikationsstandards, um das herstellerübergreifende Zusammenspiel zwischen Fahrzeugen und auch mit der Infrastruktur zu ermöglichen. Es braucht eine Standardisierung von Testfällen und Absicherungsansätzen, um der Kommunikation Herr zu werden. Es braucht mehr Standardisierung von Komponenten, Plattformen, Softwarestacks etc. um nicht für jedes Fahrzeug alles entwickeln zu müssen, sondern die Aufwände verteilen zu können. Hierfür



Abb. 6: 95% der Verkehrsunfälle beruhen auf menschlichen Fehlern. Nur eine realistische Abbildung dieser menschlichen Verhaltensweisen in Simulationen erlaubt es, automatisierte Fahrfunktionen fundiert simulativ zu erproben — wie hier in der Verkehrssimulation PTV Vissim, die die Basis für das AVEAS-Projekt ist und auf die Entwicklungen von Rainer Wiedemann 1974 am KIT (damals: Universität Karlsruhe) zurückgehen.

kommt auch der Zusammenarbeit über die Grenzen von einzelnen Firmen hinweg eine große Bedeutung zu. Und natürlich braucht es die Organisation und Orchestrierung, sowohl für die beteiligten Menschen als auch die Modelle, Daten, und Komponenten um alles sinnvoll gemeinsam miteinander zum Funktionieren zu bringen. Schon heute stehen für alle genannten Bereiche Lösungsansätze zur Verfügung und sind in Verwendung. Ich erwarte keine Revolution, sondern Evolution. Also werden wir sprichwörtlich morgen bessere Lösungen haben und übermorgen noch bessere.

Was kann das AVEAS-Projekt aus eurer Sicht hier beitragen?

Janina Stompe (UAI): Wir hoffen, dass wir mit dem Projekt dazu beitragen, aufzuzeigen, wie die Erhebung und Nutzung solcher Daten systematisiert werden kann. Wir werden im Rahmen der dreijährigen Laufzeit sicherlich nicht die gesamten Bedarfe der Branche, zumal dauerhaft, decken können. Aber die gewonnen Daten, und insbesondere die entwickelten Lösungen, wie diese künftig erhoben und verarbeitet werden können, sollen dazu beitragen, langfristig die Entwicklung automatisierter Fahrzeuge auf eine solide Datengrundlage zu stellen.

Florian Lüttner (Fh-EMI): Diese Datenbank soll in Zukunft eine der Standardquellen für Absicherungsszenarien bezüglich der Absicherung autonomen Verkehrs sein. Gleichzeitig sind die entwickelten Methoden ein Fundament, um zukünftig automatisierte Fahrfunktionen und autonome Fahrzeuge rentabel durch realistische Simulationen abzusichern. Deshalb ist das Projekt auch so spannend, und ich freue mich, bisher und aktuell daran beteiligt zu sein und zukünftig weiter die Idee und die Zukunft des autonomen Fahrens zu gestalten.

Matthias Pfriem (PTV): AVEAS treibt den Dialog zwischen Forschung, Fahrzeugherstellern und Tool-Anbietern voran und hilft, gemeinsame Zielrichtungen beim Aufbau der Lösungen zu entwickeln. Darüber hinaus führt die empirische Arbeit zu einer Sammlung relevanter Erprobungsszenarien, die in der zukünftigen Entwicklung und Absicherung Verwendung finden kann. Der Aufbau der Szenariodatenbank und die damit verbundenen Diskussionen zur Integration der verschiedenen Datenquellen führen zur weiteren Harmonisierung und Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Beschreibungs- und Modellierungsstandards.

Janina Stompe (UAI): Wir glauben, dass das für die Mobilität in Deutschland und den Wirtschaftsstandort von großer Bedeutung sein wird. Deshalb freuen wir uns, hier mit dem starken Konsortium dieses wichtige Thema anzugehen.

Vielen Dank für das Gespräch! ■

KAMO

KARLSRUHE MOBILITY

HIGH PERFORMANCE CENTER / PROFILREGION



KAMO.ONE

Das **KAMO: Karlsruhe Mobility Leistungszentrum** (engl. High Performance Center) ist der Zusammenschluss der Karlsruher Institutionen für Forschung, Lehre und Transfer. Seit der Gründung 2016 – damals als »Leistungszentrum Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe« gestartet – ist das Zentrum der zentrale Anlaufpunkt für interdisziplinäre Forschung und Entwicklung im Bereich Mobilität in Karlsruhe.

Seit sieben Jahren arbeiten in diesem Verbund die Karlsruher Forschungseinrichtungen Fraunhofer ICT, IOSB, ISI und IWM, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das FZI Forschungszentrum Informatik und die Hochschule Karlsruhe (HKA) an der Mobilität von morgen, und unterstützen regionale, nationale und internationale Partner aus Wirtschaft, Forschung und öffentlicher Hand dabei, neue Ideen Wirklichkeit werden zu lassen.

TOGETHER, WE TAKE YOUR IDEAS FURTHER!

Fraunhofer ICT

Fraunhofer ISI

Fraunhofer IOSB

Fraunhofer IWM

KIT Karlsruher Institut für Technologie

FZI

Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences

HKA