

Timing and accessibility matter: Die MobileCity-App für Stadtentwicklung, Beteiligung und Lehre
➤ Seite 6

Hands on the App – Ein Studierendenseminar am KIT über Serious Games und die Mobilitätswende
➤ Seite 12

Ausgabe 06/2024

MobileCityGame – Komplexe Verkehrsmodelle auf ihre wesentlichen Funktionen reduzieren
➤ Seite 28

Titelthema

➔ **Die gespielte Mobilitätswende:**
Können Gamification-Ansätze helfen, die Mobilität von morgen zu verstehen?

AVVA: Spielerisch einen Beitrag zur Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen leisten
➤ Seite 14



KAMO.MAGAZIN

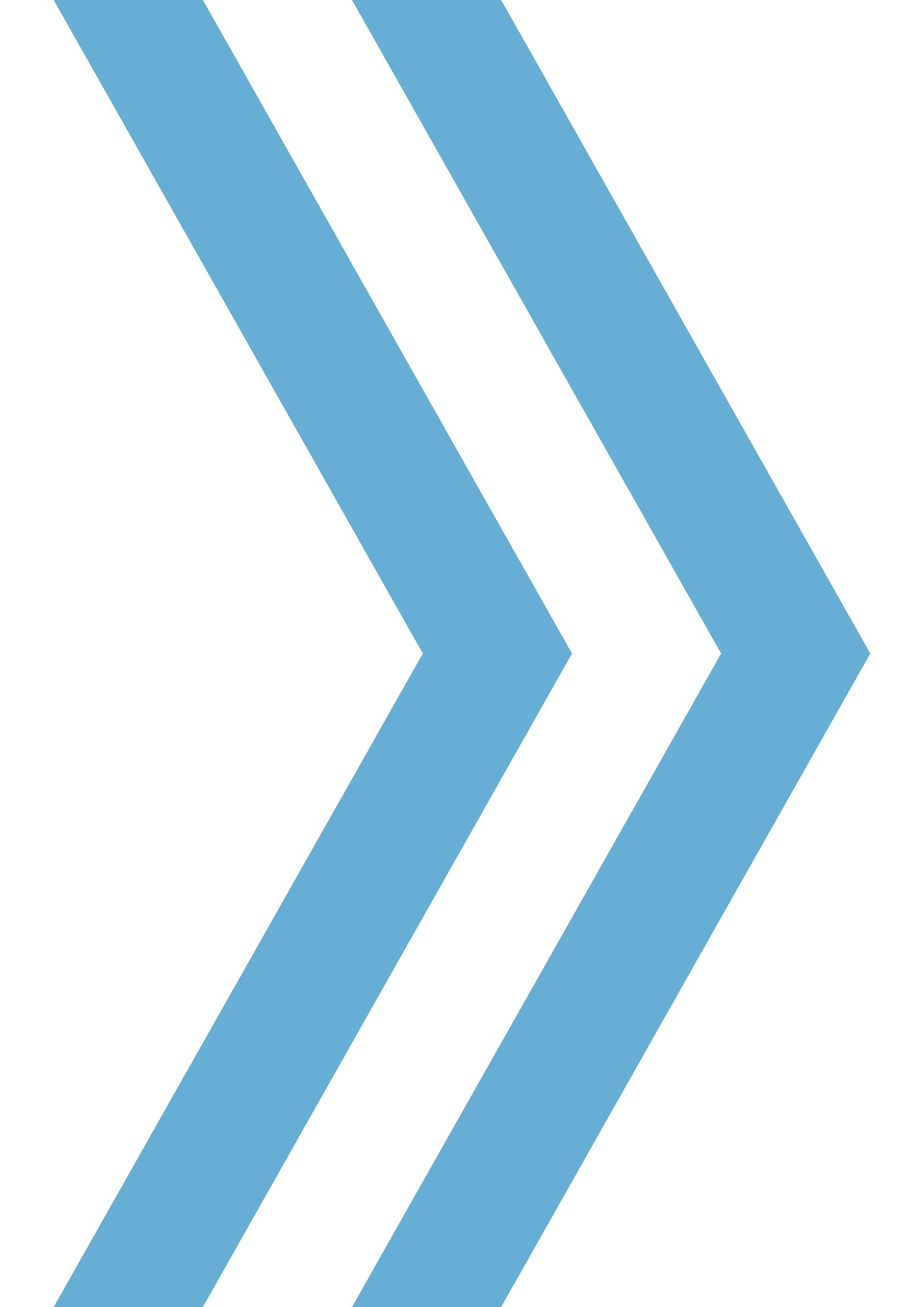
KARLSRUHE MOBILITY
HIGH PERFORMANCE CENTER / PROFILREGION

Mensch-Maschine-Interaktion im virtuellen Raum erproben: Der Fahr-simulator des KIT-IFAB
➤ Seite 20

Mobilitätsforschung kompakt und verständlich:
Karlsruher Aktivitäten laufender Forschungsprojekte und aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse

Kooperative Entscheidungsfindung in öffentlichen Verkehrsräumen: Sicherheit im Stadtverkehr durch Mensch-Maschine-Kooperation
➤ Seite 24

ISSN (Print) 2941-7511
ISSN (Online) 2941-7554



Impressum

KAMO.Magazin

kamo.one/magazin

Redaktion

Dr. Miriam Ruf
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7
76327 Pfinztal

Jens Ziehn
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Fraunhoferstr. 1
76131 Karlsruhe

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7
76327 Pfinztal

Telefon +49 721 4640-0
Fax +49 721 4640-111
info@ict.fraunhofer.de
www.ict.fraunhofer.de

Erscheinungsort

Karlsruhe

Redaktionsschluss

06/2024

ISSN (Print) 2941-7511

ISSN (Online) 2941-7554

© Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

[KAMO.INFO]

Dr. Claus Doll (Fraunhofer ISI), Leiter des KAMO-Forschungsfelds »Verkehr und Gesellschaft« & Jens Ziehn (Fraunhofer IOSB), Leiter »Digitalisierung«

Editorial



Titelthema: Die gespielte Mobilitätswende: Können Gamification-Ansätze helfen, die Mobilität von morgen zu verstehen?

Viele der Ideen und potentielle Lösungen für die Mobilität von morgen sind heute in der Realität höchstens in Ansätzen erlebbar. Wie sie jedoch zukünftig ausgestaltet und gelebt werden, hat weitreichende Auswirkungen auf die alltägliche Wirklichkeit von Bürgerinnen und Bürgern – von der Verfügbarkeit geeigneter Verkehrsmittel, um die Mobilitätsbedarfe zu decken, bis hin zur Sicherheit automatisierter und autonomer Verkehrssysteme, ebenso wie Verkehrs- und Lebensqualität sowie Umwelt.

Dass dabei die Ernsthaftigkeit der Entwicklungsziele und das spielerische Ausloten von Handlungsoptionen nicht im Widerspruch zueinander stehen, zeigen aktuelle Aktivitäten im Karlsruher Raum, die dem Feld der »Gamification« beziehungsweise der »Serious Games« angehören, also spielerische Konzepte nutzen, um reale, aktuelle Forschungs- und Entwicklungsfragen zu adressieren.

Wie solche »ernsthaften Spiele« dazu beitragen können, Mobilität und Menschen besser zu verstehen, ist Gegenstand dieser Ausgabe des KAMO-Magazins.

In dieser Ausgabe betrachten wir in der Rubrik **[PROJEKT.EINBLICK]** ab Seite 6 zunächst das Projekt MobileCityGame, das vom Fraunhofer ISI geleitet und 2023 mit dem Deutschen Mobilitätspreis ausgezeichnet wurde. Hier sollen Nutzerinnen und Nutzer verschiedenster Hintergründe und Altersklassen einen Einblick in die komplexe Welt der Verkehrsplanung erhalten. Das Projekt AVVA (S. 14) des KIT-Instituts für Produktentwicklung (IPEK) zielt dagegen auf Anwendungen im automatisierten Fahren. Hier wird menschliches Fahrverhalten in einer Computerspielumgebung erfasst, um Szenarien für die Absicherung autonomer Fahrzeuge zu generieren.

In der neuen Rubrik **[TECHNIK.CHECK]** besuchen wir die Karlsruher Forschungsinfrastruktur, und schauen auf die Prüfstände, Versuchsfahrzeuge und -strecken, Rechencluster oder digitale Modelle, die teilweise über viele Jahre auf- und ausgebaut wurden, und den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Karlsruhe für ihre aktuellen und zukünftigen Projekte zur Verfügung stehen. In dieser Ausgabe bleiben wir beim Thema Fahrsimulation, und schauen auf eine Probefahrt im Fahrsimulator des KIT-IFAB vorbei (S. 20).

Wie komplexe Zusammenhänge in der Wirklichkeit für solche interaktiven Echtzeit-Anwendungen vereinfacht modelliert werden können, betrachten wir diesmal in der Rubrik **[FORSCHUNG.KOMPAKT]**, in der es um die effiziente Einbeziehung der Handlungen menschlicher Verkehrsteilnehmer in eine automatisierte Fahrfunktion geht (S. 24), sowie die Vereinfachung eines ganzen Verkehrsmodells für die Nutzung in der MobileCity-App (S. 28).

Wir wünschen viel und »ernsthaften« Spaß bei der Lektüre! ■

Mit den besten Grüßen aus Karlsruhe

Claus Doll & Jens Ziehn



WEITERE GAMIFICATION-KLASSIKER, UM DIE MOBILITÄTSWENDE
SPIELERISCH ZU VERSTEHEN



BAHNVERBINDUNGEN



TEMPOLIMITS



MAUT



E-LADESÄULEN

→ In dieser Ausgabe

[KAMO.INFO] – In eigener Sache (1/2) 3

Editorial 4

[PROJEKT.EINBLICK] – Wie nutzen Projekte in und aus Karlsruhe Gamification für die Forschung? 5

Timing and accessibility matter: Vorzüge und Anwendungsfelder der dynamischen und einfach handhabbaren App MobileCity für Stadtentwicklung, Beteiligung und Lehre 6

Hands on the App – Ein Studierendenseminar am KIT über Serious Games und die Mobilitätswende 12

AVVA: Spielerisch einen Beitrag zur Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen leisten 14

[TECHNIK.CHECK] – Forschungsinfrastruktur und ihre Nutzung 18

Mensch-Maschine-Interaktion im virtuellen Raum erproben: Der Fahrsimulator des KIT-IFAB 20

[FORSCHUNG.KOMPAKT] – Wissenschaftlich geprüfte Forschungsergebnisse greifbar aufbereitet 21

Kooperative Entscheidungsfindung in öffentlichen Verkehrsräumen: Sicherheit im Stadtverkehr durch Mensch-Maschine-Kooperation 24

MobileCityGame – Komplexe Verkehrsmodelle auf ihre wesentlichen Funktionen reduzieren 28

[KAMO.INFO] – In eigener Sache (2/2) 30

Veranstaltungen 32

[PROJEKT.EINBLICK]

Claus Doll¹, Tim Wörle^{2A}, Eckhard Szimba^{2B}, Michael König^{2C}

Timing and accessibility matter: Vorzüge und Anwendungsfelder der dynamischen und einfach handhabbaren App MobileCity für Stadtentwicklung, Beteiligung und Lehre



Im dreijährigen Forschungsprojekt »MobileCityGame« haben sechs Institute des KAMO-Leistungszentrums zusammen mit dem Softwareentwickler takomat aus Düsseldorf die App »MobileCity« als Serious Game für mobile Endgeräte entwickelt. Im November 2023 bekam das Forschungsteam hierfür den Deutschen Mobilitätspreis 2023 in der Kategorie »Digital Transformation & Data Driven Mobility« durch den Bundesverkehrsminister Dr. Volker Wissing überreicht. Dieser Beitrag stellt MobileCity und einige Ergebnisse vor, und gibt einen Ausblick auf die weitere Entwicklung.

MobileCity – was und wofür?

→ Kontakt

¹ Fraunhofer ISI,
claus.doll
@isi.fraunhofer.de

² Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)

^A Institut f.
Verkehrswesen (IfV)

^B Institut f. Volks-
wirtschaftslehre
(ECON)

^C Institut f. Fahrzeug-
systemtechnik
(FAST)

Traditionelle Verkehrsplanung ist in der Regel zwar räumlich sehr detailliert, jedoch aufwendig und teuer in der Anwendung. Insbesondere mittlere und kleinere Kommunen können sich aufwendige Modelle zur Analyse von Maßnahmen der Mobilitätswende oft nicht oder nur in großen zeitlichen Abständen leisten. Der Druck auf die Städte und Gemeinden steigt jedoch aufgrund leerer Kassen, wachsender Ansprüche unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen, verfehlter

Klimaziele und vielfältiger Aufgaben in allen Ressorts.

Um die Kommunen in der Strategieentwicklung zu unterstützen und die Bürgerinnen und Bürger besser über die Möglichkeiten und Grenzen der Mobilitätspolitik zu informieren, initiierten die KAMO-Partner KIT und Fraunhofer zusammen mit der takomat GmbH das Forschungsprojekt »MobileCity-Game«. Von September 2020 bis August 2023 entwickelten die Fraunhofer-Institute ISI und IOSB, sowie die KIT-Institute IfV, ECON, FAST und IPEK mit finanzieller Unterstützung des BMBF-Forschungsprogramms »Mobilität-zukunftslabore2050« einen Mobilitätssimulator für die Hosentasche.

Konzept und User Interface

Mit der MobileCity-App zielen wir auf unterschiedliche potenzielle Anwendungsfälle ab. Ein Anwendungsfall ist zunächst die Vorbereitung verkehrspolitischer Strategien in Kommunen in frühen Entscheidungsphasen. MobileCity soll hier auf einfache Weise die komplexen Wirkungen und Wechselwirkungen von Maßnahmen der Mobilitätswende auf Klima, Lebensqualität und Finanzen sichtbar machen, und damit Workshops und Diskussionen innerhalb städtischer Gremien unterstützen.



MobileCity soll auf einfache Weise die komplexen Wirkungen von Maßnahmen der Mobilitätswende auf Klima, Lebensqualität und Finanzen sichtbar machen, und damit Diskussionen innerhalb städtischer Gremien unterstützen – sowie durch einen spielerischen Ansatz und verständliche Darstellung Politikkommunikation fördern.«

Darüber hinaus soll MobileCity durch einen spielerischen Ansatz und eine verständliche Darstellung die Politikkommunikation fördern. In digital begleiteten Beteiligungsverfahren bietet MobileCity das Potenzial, junge und sonst für politische Diskussionen schwerer erreichbare Menschen für den Diskurs um die Gestaltung ihrer Stadt oder Region zu begeistern.

Schließlich kann MobileCity in der akademischen Lehre oder in Schulen über Vorlesungen, Seminare oder Projektwochen einen unkomplizierten Einstieg in die Themen Nachhaltigkeit, Verkehr und Mobilität bieten. Für diese Anwendungsfelder war bei der Entwicklung von MobileCity entscheidend, Zugangsbarrieren zu den in der App verwendeten Verkehrsmodellen zu vermeiden. Hieraus entstand der Ansatz eines Serious Games mit einer grafischen Oberfläche, einfachen Bedienelementen und einem übersichtlichen Set an Ergebnisindikatoren.

Die aktuell verfügbare Demo-Version von MobileCity für Karlsruhe verfügt über folgende Darstellungs- und Bedienelemente:

1. Ein In-Game Tutorial,
2. eine Auswahl zeitlich frei wähl- und konfigurierbarer Maßnahmen,

3. dynamische Ergebnisindikatoren für Verkehr, Klima, Lebensqualität und Finanzen,
4. Layer mit einer Auswahl von Kartenansichten zu Indikatoren und Maßnahmen,
5. Meldungen und Hinweise für die Spielenden während der Simulation,
6. einen Abschlussbericht für jede Simulation zum Teilen über Social Media oder E-Mail, sowie
7. eine durchgängig zweisprachige Oberfläche in Deutsch und Englisch.

Abb. 1 illustriert die Nutzeroberfläche von MobileCity für Tablets (links) und Smartphones (rechts). Die Demo-Version ist kostenfrei für beide Gerätetypen im Apple App-Store und Google Play-Store verfügbar. Hierbei ist zu beachten, dass die Entwicklung an der App im Rahmen mehrerer Folgeprojekte stetig weiterläuft. Hinweise auf in Entwicklung befindliche Funktionen und Features werden am Ende dieses Artikels beschrieben.

Die Game-Engine als dynamisches Verkehrsmodell

MobileCity stellt die derzeit einzige bekannte App mit einem auf mobilen Endgeräten laufenden Simulationsmodell für Verkehr und Nachhaltigkeit dar. Die sogenannte »Game Engine« bildet den Kern von MobileCity. Diese arbeitet nach dem Prinzip systemdynamischer Simulationsmodelle mit verknüpften Analysen, die kontinuierlich miteinander kommunizieren. Die Variablen der einzelnen Module werden in Jahresschritten zwischen 2023 und 2050 neu berechnet. Geografisch arbeitet MobileCity auf der Ebene von Stadtteilen. Für Karlsruhe sind dies 27 städtische plus 15 umliegende Bezirke zur Abbildung von Quell- und Zielverkehren.

Die Funktionsverläufe in MobileCity wurden mithilfe analytischer Modelle, wie mobiTopp des KIT Mallig, Kagerbauer und Vortisch, 2013 oder ASTRA-M des Fraunhofer ISI Schade, Stich, Kleemann Max, Berthold, Haug, Scherf u. a., 2022 kalibriert. Mit der im Vergleich zu etablierten Verkehrsmodellen groben Strukturierung stellt die Game-Engine in MobileCity ein didaktisches Modell zur Veranschaulichung von Zusammenhängen und dynamischen Verläufen der urbanen Mobilität, und kein analytisches Modell zur detaillierten Analyse möglicher Wirkungsursachen dar.

Die modulare Struktur der Game-Engine und die verwendeten Daten- und Modellinputs lassen sich wie folgt zusammenfassen (vgl. Abb. 2):

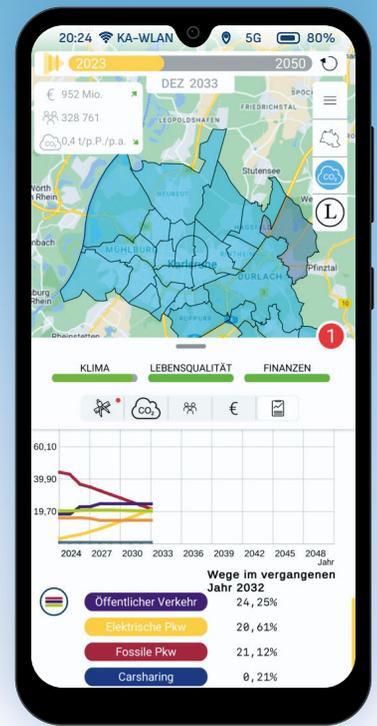
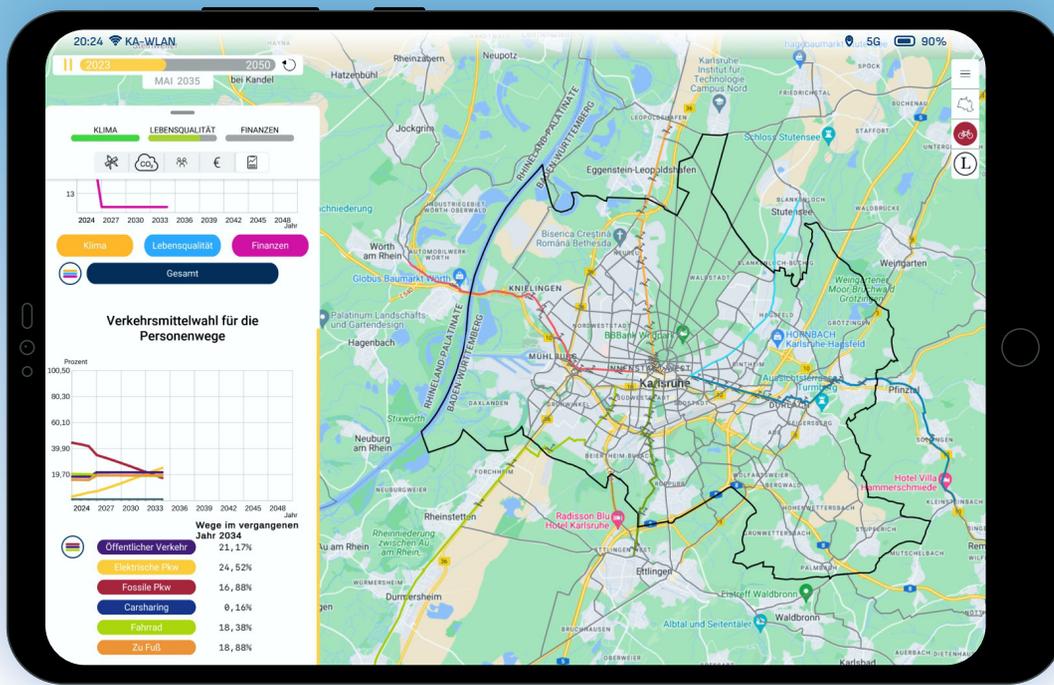


Abb. 1: MobileCity-Oberfläche für Tablets (links) und Smartphones (rechts), Quelle: takomat GmbH

Modul BEV (Bevölkerung) Fortschreibung der Bevölkerung nach Altersklassen und deren Wege nach Fahrzweck.

Modul REG (Regionen) Schätzung der relativen Attraktivität der Bezirke für die Fahrzwecke Ausbildung, Beruf, Erledigungen und Freizeit als Input für die Zielwahl.

Modul INF (Infrastruktur) Ermittlung von Fahrzeiten und Kosten je Verkehrsmittel zwischen den Bezirken auf der Basis eines vereinfachten Verkehrsnetzes (Hypernetz).

Modul SOZ (Sozialwissenschaft) Kaufentscheidungen für Fahrzeuge als Input für die Modellierung von Fahrzeugflotten in TEC, sowie Kaufentscheidungen für ÖPNV-Dauerkarten und Carsharing-Mitgliedschaften als Input für **MOD**.

Modul TEC (Technologie) Ermittlung der Nutzerkosten und Emissionen aus dynamischen Flottenmodellen nach Antriebstechnologien (Verbrenner und elektrisch) für Pkw und ÖPNV.

Modul MOD (Mobilitätsverhalten) Berechnung der Ziel- und der Verkehrsmittel nach Fahrzwecken auf Grundlage der Module **REG, INF, SOZ** und **TEC**. Das Modul **MOD** stellt damit den Kern der Game-Engine in MobileCity dar.

Alle Module werden auf Basis statistischer Daten für die Stadt Karlsruhe, wissenschaftlichen Studien sowie mittels des Modells mobiTopp des KIT parametrisiert und kalibriert. Die Ergebnisse dieser dynamischen Berechnungen fließen schließlich in die drei Bewertungsmodule von MobileCity ein. Einen detail-

lierteren Einblick in einen Teil der Modellierung gibt auch der Beitrag »MobileCityGame – Komplexe Verkehrsmodelle auf ihre wesentlichen Funktionen reduzieren« auf Seite 28.

Die Bewertungsmodule: Nachhaltige Mobilität hat viele Dimensionen

Kommunen sehen sich multiplen, gleichzeitig zu bewältigenden Herausforderungen gegenüber. Diese reichen von der Einhaltung von Klimazielen über die Aufrechterhaltung bzw. der Verbesserung der Lebensqualität von Bürgerinnen und Bürgern bis hin zur Berücksichtigung finanzieller Restriktionen. In Anlehnung an die drei klassischen Dimensionen der Nachhaltigkeit – Umwelt, Soziales und Wirtschaft – wurde für MobileCity ein Bewertungssystem mit drei entsprechenden Hauptkategorien entwickelt (vgl. z.B. Assmann, Honold, Grabow und Roose, 2018).

In der Game-Engine werden die drei Output-Indikatoren (Klima, Lebensqualität und Finanzen) über Daten aus den Analysemodulen und zum Teil direkt über die angewählten Maßnahmen bestimmt. Über variable Emissions- oder Kostenfaktoren lassen sich so Wirkungen von Mobilitätsstrategien im Zeitverlauf und abhängig vom Kontext bereits ausgeführter Maßnahmen abschätzen. Durch den systemdynamischen Ansatz kann MobileCity neben den Endergebnissen im Zieljahr 2050 auch die Einhaltung oder Verfehlung von Zielen auf dem Weg dorthin, etwa zur Kontrolle von Emissionsbudgets, bewerten.

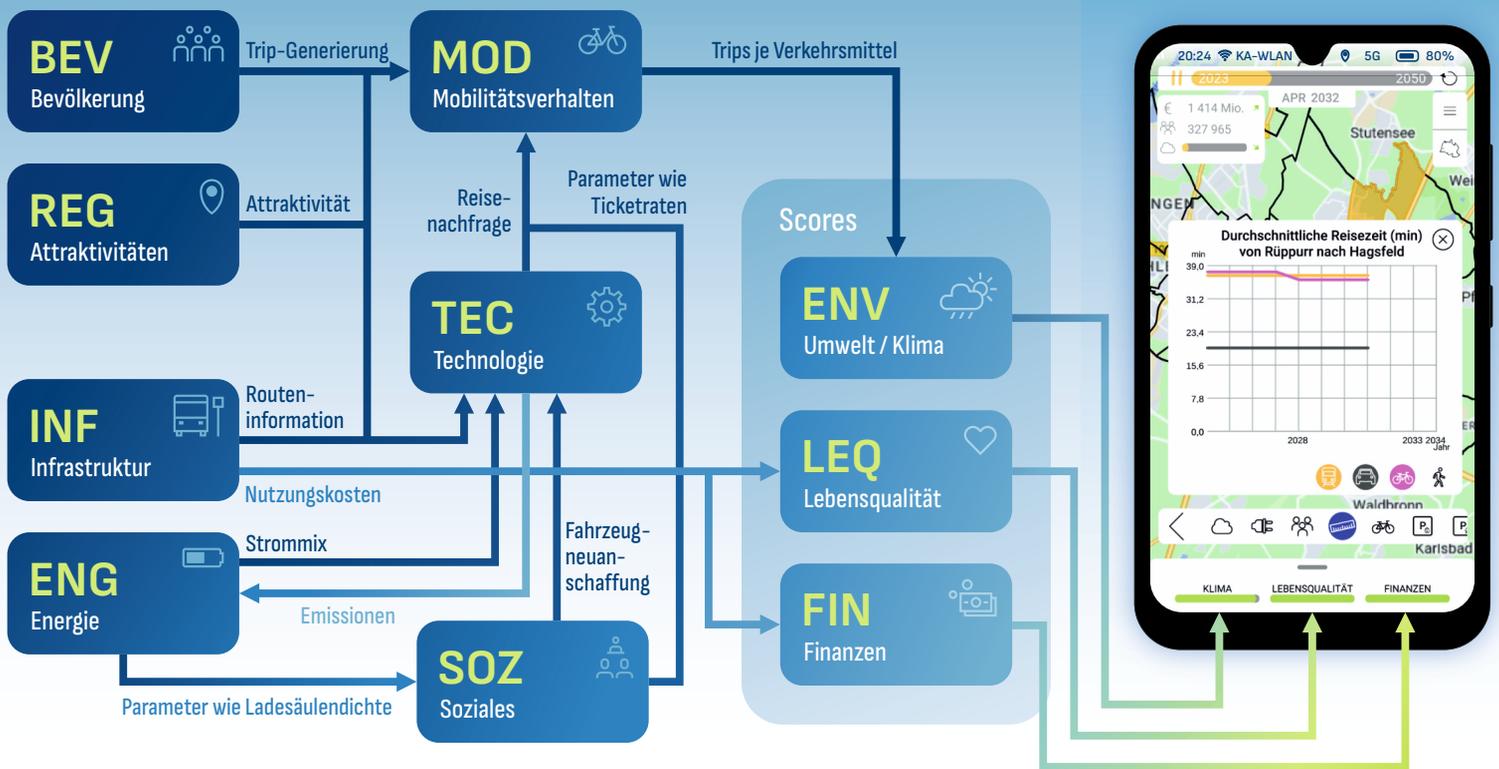


Abb. 2: Übersicht der Module mit Schnittstellen als Prinzipskizze, entwickelt im SysML-Tool, Quelle: KIT-IPEK

Um die Akzeptanz von Maßnahmen in der Bevölkerung als Teil der Zielgröße Lebensqualität zu quantifizieren, wurde im Sommer 2023 eine repräsentative Umfrage in den 25 größten deutschen Städten mit 2.660 Antworten durchgeführt Krauß, Duffner-Korbee, Flacke und Doll, 2023. Damit konnten für die vier Maßnahmen »Parkgebühren«, »Radschnellwege«, »ÖPNV-Tarife« und »Straßenumgestaltung« Bewertungen vor und nach deren Einführung abgeschätzt werden. Ergebnis: Insbesondere hohe Parkgebühren erfahren bei guter Umsetzung und Kommunikation nach der Implementierung eine höhere Akzeptanz als während der Planungsphase.

Da MobileCity unter die Kategorie »Serious Game« fällt, wurde ein Punktesystem entwickelt, das die jährliche Leistung in den drei Wirkungskategorien visualisiert und zusammenfasst.

Maßnahmen, Szenarien und Simulationsergebnisse

In MobileCity schlüpfen Spielende in die Rolle einer allmächtigen Stadtverwaltung. Maßnahmen oder Eingriffe werden durch Planungs- und Bauzeiten, Kosten, Akzeptanz und detaillierte Auswirkungen auf einzelne Stadtteile, Netzkomponenten und andere Modellparameter beschrieben. Die aktuelle Demoversion von MobileCity enthält elf Einzelmaßnahmen, die verschiedene Interventionskategorien, Verkehrsmittel und geografische Details abdecken. Für reale Anwendungen soll diese Auswahl einen

Eindruck von den Möglichkeiten von MobileCity in der Verkehrsplanung vermitteln.

Mit diesen beispielhaften Maßnahmen lassen sich bereits unterschiedliche Wege zu einem klimaneutralen Verkehr darstellen. Mit jeweils einem frühen (2025) und späten (2035) Implementierungszeitpunkt haben wir folgende Maßnahmenbündel definiert (vgl. Doll, Bieker und Duffner-Korbee, Doriën, Krauss, Konstantin, 2023; Doll, Bieker, Duffner-Korbee und Krauß, 2024):

- E-Mobilität: Maximaler Ausbau von E-Ladestationen, kostenloses Parken von E-Pkw, Anreizprogramme wie Gutscheine und Reallabore.
- Fahrradstadt: Bau aller Radschnellwege, Straßenraumgestaltung mit 30 % weniger Pkw-Parkplätzen.
- Parken & Geschwindigkeit: Gebühren von 10 € auf 75 % aller Parkplätze in der Innenstadt, Tempolimit auf 30 km/h auf allen innerörtlichen Straßen.
- ÖPNV-Tarife: Monatskarte für 29 EUR mit entsprechender Ermäßigung bei Einzeltickets.
- Klimapaket: Fahrradstadt, Parken & Geschwindigkeit und ÖPNV-Tarife kombiniert.
- Klima-Notbremse mit verschärften Maßnahmen in allen Bereichen.

Die Ergebnisse dieser Simulationen sind in Abb. 3 dargestellt. Hieraus lassen sich für die Bildung urbaner Mobilitäts- und Klimastrategien folgende Erkenntnisse ableiten:

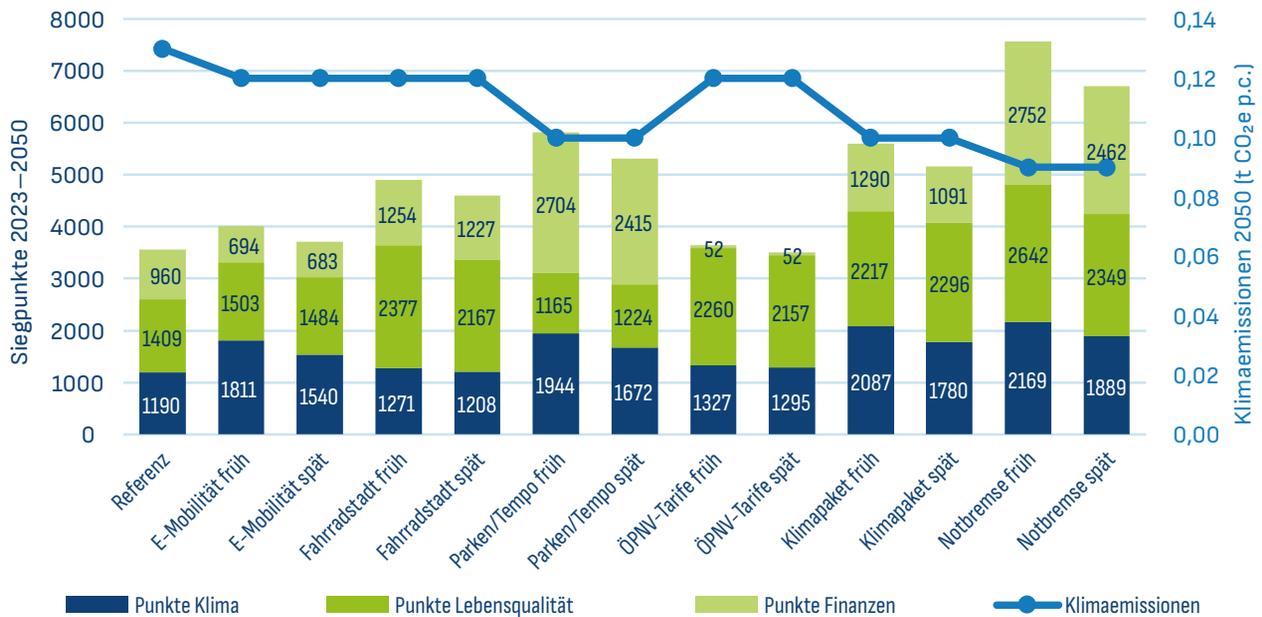


Abb. 3: Szenarien-Vergleich von Scores und CO₂-Emissionen 2050

1. Frühe Maßnahmen zur CO₂-Reduktion führen zu größeren Effekten, da sich die Wirkungsdauer dieser Maßnahmen bis 2050 verlängert. Dies drückt sich in der Punktebewertung aus.
2. Der unterstellte Hochlauf der Elektromobilität führt auch ohne weitere Maßnahmen zu einer deutlichen Minderung der Klimaemissionen. Jedoch sinken die Klimaemissionen aufgrund der Stromerzeugung auch bis 2050 nicht auf null.
3. Harte Maßnahmen wie die Regulierung und Bepreisung des Pkw-Verkehrs haben große Effekte, müssen aber durch positive Maßnahmen begleitet werden, um die Akzeptanz in der Bevölkerung nicht zu verlieren.

Ausblick: Softwareentwicklung hört nie auf

Das Forschungsprojekt MobileCityGame wurde im September 2023 mit der Veröffentlichung des Demonstrators für Karlsruhe offiziell abgeschlossen. Im November 2023 wurde dem Team der Deutsche Mobilitätspreis in der Kategorie »Digital Transformation & Data Driven Mobility« durch Verkehrsminister Dr. Volker Wissing verliehen. Damit hört die Arbeit an MobileCity jedoch nicht auf.

Im Wintersemester 2023/2024 haben das KIT-ECON und das Fraunhofer ISI die App und deren Potenziale durch Studierende des KIT unter Leitung von Dr. Eckhard Szimba durchleuchten lassen, wie auf Seite 12 beschrieben. Das Forschungsteam nimmt

jetzt die Vorschläge des Seminars zur Verbesserung von Mobile-City mit in eine Reihe gemeinsamer Forschungsprojekte unter Beteiligung von Fraunhofer, KIT und takomat.

Das Projekt »Country-to-City Bridge« wird über drei Jahre durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) über das Deutsche Zentrum für Mobilität (DZM) gefördert. Hierin geht es um die Möglichkeiten und Potenziale von Mobility-Hubs in der Region Karlsruhe. Mit MobileCity sollen Beteiligungsformate durchgeführt und regionale Entwicklungsstrategien für eine intermodale Mobilität erstellt werden.

Das Projekt Car-goNE City wird durch die Chalmers-Universität Göteborg koordiniert und läuft über drei Jahre unter dem Programm »Driving Urban Transitions« der EU-Kommission. Kern des Projektes sind Strategien für Nahmobilität und den Einsatz von Lastenrädern für die Mobilitätswende. MobileCity wird hierzu auf die Städte Oslo, Göteborg und Trollhättan (Schweden) übertragen.

Im Rahmen dieser und weiterer Projekte arbeiten wir an folgenden Erweiterungen der MobileCity-App:

- Verbesserungen und Verfeinerungen der Game-Engine und Einbau weiterer Maßnahmen insbesondere in den Bereichen ÖPNV und Radverkehr.
- Einbau eines Feedback-Kanals für digitale Bürgerbeteiligung und ein kommunales Vorschlagswesen,
- Nutzung frei verfügbarer Daten zu Infrastrukturen und Mobilitätsdiensten für eine informative-



Abb. 4: Verleihung des deutschen Mobilitätspreises in der Kategorie »Digital Transformation & Data Driven Mobility« an das Projekt MobileCityGame durch Verkehrsminister Dr. Volker Wissing, 30.11.2023, Berlin © M. Golejewski

re Anzeige des aktuellen Fortschritts der Mobilitätswende in den Kommunen.

- Erstellung eines begleitenden Wikis zu Möglichkeiten, Grenzen und praktischen Erfahrungen einzelner Maßnahmen der Mobilitätswende für eine umfassendere Information von Bürgerinnen und Bürgern sowie Verbänden und kommunalen Stellen.

Mit diesen Erweiterungen soll sich MobileCity von einem Simulationswerkzeug zu einer Informations- und Wissensbasis um die urbane Transformation entwickeln.

Mehr Informationen zu MobileCity sind unter der Webseite erhältlich. Wir laden alle Leserinnen und Leser dieser Ausgabe des KAMO-Magazins ein, die Demoversion von MobileCity zu testen und uns Feedback und Vorschläge zukommen zu lassen. Viel Spaß beim Spielen und Kommentieren wünscht das Projektteam! ■

Literaturverweise

Assmann, Dirk, Jasmin Honold, Busso Grabow und Jochen Roose (2018). *SDG-Indikatoren für Kommunen: Indikatoren zur Abbildung der Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen in deutschen Kommunen*. Hrsg. von Bertelsmann Stiftung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Gütersloh.

Doll, Claus, Susanne Bieker, Dorien Duffner-Korbee und Konstantin Krauß (2024). *Gamification of Early-Stage Planning, Participation and Education in Urban Mobility: the MobileCityGame: Paper presented at Transport Research Arena (TRA), April 14th-17th 2024, Dublin*.

→ **Infos & Downloads zu Projekt & App...**

... finden Sie unter folgenden Links:

Projektseite	Apple / iOS 	Android 
		
www.isi.fraunhofer.de/mobilecitygame	apps.apple.com/de/app/mobilecity/id1536118611	play.google.com/store/apps/details?id=com.takomat.MobileCity

Doll, Claus, Susanne Bieker und Duffner-Korbee, Dorian, Krauß, Konstantin (2023). »Gamification zur Unterstützung frühzeitiger Planung, Partizipation und Bildung für eine erfolgreiche Mobilitätswende: das MobileCityGame: Das MobileCityGame«. In: *Transforming Cities 4/23*, S. 62–66.

Krauß, Konstantin, Dorian Duffner-Korbee, Johanna Flacke und Claus Doll (2023). *Do People Actually Want Sustainable Urban Mobility Systems? A Residents' Perspective on Policy Measures*. Konferenzbeitrag Transport Research Arena (TRA) 15.–18.4.2024, Dublin.

Mallig, Nicolai, Martin Kagerbauer und Peter Vortisch (2013). »mobitopp—a modular agent-based travel demand modelling framework«. In: *Procedia Computer Science* 19, S. 854–859.

Schade, Wolfgang, Maike Stich, Kleemann Max, Daniel Berthold, Ines Haug, Christian Scherf u. a. (2022). *Gestaltung des MKS Referenzszenarios für die Periode 2021 bis 2035 (REF-2020): Arbeitspapier im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)*. Karlsruhe.

[PROJEKT.EINBLICK]

Eckhard Szimba¹, Claus Doll²

Hands on the App – Ein Studierendenseminar am KIT über Serious Games und die Mobilitätswende



Unter dem Titel »Die Herausforderungen der Mobilitätswende im urbanen Bereich – welche Beiträge kann das Serious Game MobileCityGame liefern?« fand im Wintersemester 2023/24 ein Studierendenseminar statt, das gemeinsam vom Lehrstuhl für Netzwerkökonomie des Instituts für Volkswirtschaftslehre (ECON) am KIT und dem Fraunhofer ISI angeboten wurde.

Seminar

Nachdem die Beta-Version der MobileCity-App im Sommer 2023 öffentlich verfügbar geworden war, haben wir ein Seminarangebot konzipiert, bei dem sich Studierende sowohl mit der App, als auch mit den Herausforderungen der Mobilitätswende beschäftigten. Außerdem ermittelten die Studierenden Potenziale und Verbesserungsmöglichkeiten der App, und konnten eigene Ideen für die Weiterentwicklung der MobileCity-App einbringen.

Inhaltlich bestand das Seminar aus drei Teilen. Der erste Teil befasste sich mit Definitionen und Konzepten von »Serious Games«. Außerdem wurden Anwendungsbeispiele von Serious Games vorgestellt und nach verschiedenen Merkmalen gegliedert. Der zweite Teil des Seminars hatte zum Ziel, Fallbeispiele für unterschiedliche Anwendungsfälle des Serious Game zu erarbeiten. Hierzu wurden zunächst Fragestellungen identifiziert, die für die jeweilige Nutzergruppe von

Interesse sein könnten. Dann wurde die Implementierung der Fragestellung / Maßnahme im Spiel dokumentiert, und die erhaltenen Ergebnisse dargestellt und erörtert.



Neben anderen Kursen zu Verkehrs- und Mobilitätsthemen war das Seminar eine gute Ergänzung, da der Bereich urbane Mobilität kompakt und gleichzeitig ganzheitlicher betrachtet wird. Außerdem war das Arbeiten in Teams eine angenehme Erfahrung.«

Max P. (Wi.-Ing. Master)

→ Kontakt

¹ Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON)

² Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

identifiziert, die für die jeweilige Nutzergruppe von

Die Studierenden untersuchten folgende Anwendungsfälle:

- Strategische nachhaltige Stadtentwicklung
- Operative Stadtverkehrsplanung
- Bürgerbeteiligung
- Hochschullehre



Abb. 1: Mit welchen positiven Attributen würden Sie die App beschreiben? Antworten der Studierenden.

Schließlich wurden im dritten Teil Verbesserungsvorschläge und Weiterentwicklungspotenziale der MobileCity-App abgeleitet. Hierzu testeten die Studierenden die App systematisch, und werteten die Erfahrungen der Kommiliton*innen aus, die sich mit den Fallbeispielen beschäftigt haben. Alle Seminararbeiten wurden in Zweier- bzw. Dreierteams bearbeitet. Die Teilnehmer*innen des Seminars studieren Wirtschaftsingenieurwesen, technische Volkswirtschaftslehre oder Wirtschaftsinformatik im Bachelor und Master.

Einige Ergebnisse

Die Studierenden kamen zu dem Schluss, dass unter den betrachteten Anwendungsfällen die MobileCity-App für die Bürgerbeteiligung und die Hochschullehre am besten geeignet ist, dicht gefolgt von der strategischen, nachhaltigen Stadtentwicklung. Für die operative Stadtverkehrsplanung wurde die App als weniger sinnvoll erachtet.



Wir sind gespannt darauf, in welche Richtung sich die App weiterentwickelt, um ihr volles Potenzial zu entfalten.«

Helena F. (Wi.-Ing. Bachelor) und Katharina F. (T-VWL Master)

Empfehlungen zur Weiterentwicklung der MobileCity-App umfassen folgende Aspekte: Die Anzahl der verfügbaren Politikmaßnahmen sollte erhöht werden, und auch Maßnahmen aufgenommen werden, deren Wirkungen vorwiegend negativ sind. Ferner sollte die Transparenz der App verbessert werden, indem ein Tutorial bereitgestellt wird sowie ausführlichere Informationen, wie die Auswirkungen von Maßnahmen berechnet werden. Überdies wur-

de vorgeschlagen, weitere Spielanreize zu setzen, um die spielerische Motivation zur Nutzung der App zu erhöhen. Schließlich wurde angeregt, MobileCity nicht nur über eine App, sondern auch über eine Internet-Website oder als Software für die Nutzung am PC zugänglich zu machen.



Das Seminar hat uns aufgrund des Praxisbezugs besonders gut gefallen. Es war eine spannende Erfahrung, bestehende Literatur und Praxisbeispiele zu recherchieren und zu analysieren, und darauf aufbauend Fallbeispiele für eine echte Anwendung zu entwickeln. Dabei durften wir die Potenziale der App herausarbeiten und nebenbei kreativ werden.«

Helena F. (Wi.-Ing. Bachelor) und Katharina F. (T-VWL Master)

Wie geht es weiter?

Das Forschungsteam nutzt die Analysen und Empfehlungen der Studierenden, um MobileCity im KAMO-Projekt C2CBridge¹ fit für die Bürgerbeteiligung in der Region Karlsruhe zu machen. Wir laden alle Leserinnen und Leser herzlich ein, die MobileCity-App in den Stores von Apple und Google herunterzuladen und uns ihr Feedback mitzuteilen.

¹ <https://c2cbridge.de>

→ Ihre Meinung zählt

Wir freuen uns über Ihre Eindrücke zur App.

forms.office.com/e/BQiu9Xvziz

AVVA: Spielerisch einen Beitrag zur Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen leisten



Die fortschreitende Entwicklung autonomer Fahrzeuge (engl. Automated Vehicles – AV) erfordert innovative Ansätze für die Validierung und Zulassung. Herkömmliche Absicherungsmethoden, die auf Realfahrten basieren, stoßen angesichts der kurzen Entwicklungszyklen und der Variantenvielfalt von AVs an ihre Grenzen. Die damit verbundenen hohen Kosten, Sicherheitsrisiken und Emissionen bei Realfahrten sowie das seltene Auftreten kritischer – und daher interessanter – Szenarien sind nur einige der aktuellen Herausforderungen. Mit unserem Forschungsprojekt »Automated Vehicle Validation« – kurz AVVA – wollen wir einen Ansatz für eine Antwort auf einige der Herausforderungen demonstrieren und eine weitere Quelle für Testszenarien bieten.

→ Kontakt

Institut für
Produktentwicklung (IPEK)
am Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)

Kaiserstr. 10
Geb. 10.23
76131 Karlsruhe

Mail:
sekretariat@ipek.kit.edu

Web: www.ipek.kit.edu



Durch die Integration von Spielmechanismen in Nicht-Spiel-Umgebungen kann Gamification nachweislich das Engagement der Nutzer und die Datenerfassung in verschiedenen Bereichen verbessern. Das Projekt AVVA des Instituts für Produktentwicklung (IPEK) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) macht sich dieses Konzept zunutze, um einen neuen Ansatz für die Generierung von kritischen und interessanten Szenarien zu bieten.

Dabei fühlt sich AVVA für die Spielerinnen und Spieler wie ein normales Videospiel an. Im Hintergrund wird das aktuelle Spielge-

schehen jedoch kontinuierlich auf kritische Szenarien hin überprüft und bei Bedarf aufgezeichnet. In einer virtuellen Umgebung sind verschiedene Levels als Minigames implementiert und bieten der Spielerin oder dem Spieler vielseitige Herausforderun-

gen, die sie nur mit der menschlichen Kreativität lösen können. Dadurch bietet AVVA einen neuen Ansatz, wie kritische Szenarien generiert werden können, und ergänzt bestehende Szenarienkataloge aus Flotten- oder Drohrendaten sowie Unfallstatistiken. Durch die Kombination des Gamification-Ansatzes mit traditionellen Ansätzen kann ein umfassenderes Erprobungskonzept erreicht werden, das die Stärken beider Methoden nutzt und letztlich zu sichereren und zuverlässigeren automatisierten Fahrzeugen führt.

Einleitung

Aktuell gibt es zwei etablierte Ansätze für die Erprobung von automatisierten Fahrzeugen. Fahrversuche auf der Straße oder einem Testgelände erlauben eine Erprobung des Fahrzeugs unter realitätsnahen Bedingungen, sind jedoch mit hohen Kosten und Sicherheitsrisiken verbunden. Virtuelle Simulationen auf der anderen Seite sind leicht zu skalieren und erlauben somit die Ausführung einer hohen Anzahl von Tests in einer kurzen Zeit. Die Glaubwürdigkeit



Abb. 1: AVVA-Spielumgebung bei Dämmerung mit verschlechterten Sichtbedingungen durch die tiefstehende Sonne.

der Ergebnisse muss aber aufgrund der starken Abstraktion in der Modellbildung erst aufwendig nachgewiesen werden. Darüber hinaus weisen sie häufig nicht die Unvorhersehbarkeit und Komplexität realer Interaktionen auf, was zu Lücken in der Absicherung führen kann. Für eine statistisch vollständige Absicherung ist die Aufzeichnung von Millionen von Fahrkilometern erforderlich, um alle für die Prüfung oder Validierung entscheidenden Situationen abzudecken.

Um diese Lücken zu schließen, sind einige Forschende dazu übergegangen, synthetische Daten zu erzeugen, um die Datensätze zu erweitern und die Abdeckung der Szenarien zu verbessern. Diese Methode kann zwar die Abdeckung von Szenarien künstlich erhöhen, ohne dass umfangreiche reale Daten gesammelt werden müssen, bringt aber auch eine Reihe von Herausforderungen mit sich.

Ein Hauptproblem bei synthetischen Daten ist die Validierung ihrer Authentizität und Sinnhaftigkeit. Es muss sichergestellt werden, dass die generierten Daten die realen Bedingungen genau genug abbilden, da auch kleine Abweichung zu einem fehlerhaften Training beispielsweise von Algorithmen zur Sensorauswertung (Perzeption) führen kann. Außerdem besteht ein erhebliches Risiko, dass Verzerrungen in die Daten einfließen, und das Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI), beispielsweise künstliche neuronale Netze, mit manchen Situationen besser zurechtkommen als mit anderen, oder manche Objekte schlichtweg nicht erkannt werden.



Fahrversuche auf der Straße sind mit hohen Kosten und Sicherheitsrisiken verbunden. Virtuelle Simulationen weisen häufig nicht die Unvorhersehbarkeit und Komplexität realer Interaktionen auf. Der Gamification-Ansatz von AVVA bietet eine neuartige Lösung, indem er die menschliche Kreativität einsetzt, um eine hohe Vielfalt von Szenarien zu erzeugen.«

Vor diesem Hintergrund bietet der Gamification-Ansatz von AVVA eine neuartige Lösung, indem er die menschliche Kreativität einsetzt, um eine hohe Vielfalt von Szenarien zu erzeugen. Diese Methode reichert nicht nur den Szenarienkatalog mit vielfältigen und komplexen Daten an, sondern spiegelt auch die reale Variabilität der individuellen Entscheidungen der Spielerinnen und Spieler bzw. virtuellen Fahrerinnen und Fahrer. Durch das Schließen dieser Lücke, die sowohl durch reale Tests als auch durch die Generierung synthetischer Daten entstehen, verbessert AVVA die Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen.



Abb. 2: Basiskonfiguration des Innenstadtbereichs (a) und abgewandelte Form mit Markierungen und Baustelle (b).

Spielgestaltung und Zielsetzung

Das Hauptziel von AVVA ist es, die Gesellschaft mit in die Szenarioerzeugung und somit den Validierungsprozess von automatisierten Fahrzeugen einzubinden. Das Spiel soll kurzweilig und unterhaltsam sein und daher eine große Anzahl von Spielerinnen und Spielern mit unterschiedlichem Hintergrund anziehen, von denen jede und jeder durch einzigartige Entscheidungen und Spielstile zum Datenpool beiträgt. Dieser Ansatz reduziert nicht nur erheblich den Aufwand und die Kosten, die mit einer Datenerhebung auf der Straße verbunden sind, sondern vermeidet auch die potenziellen Verzerrungen und Einschränkungen synthetischer Daten. Die Interaktionen zwischen den Spielerinnen und Spielern innerhalb des Spiels simulieren das reale Fahrverhalten besser als Daten, die durch geplante Szenarien oder Simulationen generiert werden, und liefern so einen reichhaltigen, menschenzentrierten Datensatz.



Die Interaktionen zwischen Spielerinnen und Spielern simulieren das reale Fahrverhalten und liefern so einen reichhaltigen, menschenzentrierten Datensatz.

Für eine möglichst kleine Einstiegshürde bei den Spielenden wurde AVVA so konzipiert, dass es sich im »Look and Feel« gängigen Videospiele ähnelt. Die Spielumgebung, In-Game-Herausforderungen und Mechanismen des Spiels sind nicht nur zur Unterhaltung gedacht, sondern auch zur subtilen Integration von Basisszenarien, die für die Erprobung von automatisierten Fahrzeugen entscheidend sind. Dieser Ansatz stellt sicher, dass mit AVVA ein hoher Anteil wertvoller Daten gesammelt wird, und es

gleichzeitig ständig wechselnde Herausforderungen für die Spielenden gibt.

Um eine Umgebung für jeden Spielertyp zu schaffen, gibt es derzeit zwei Spielmodi, zwischen denen jederzeit gewechselt werden kann. Die Spieler beginnen im »Freeroam«-Spielmodus, in dem ihnen kein Ziel und keine Aufgabe vorgegeben wird. Sie können daher frei fahren und die Umgebung erkunden, wie sie wollen. Dies ermutigt die Spieler, mit dem Spiel zu experimentieren. Im zweiten Spielmodus werden die Spielerinnen und Spieler zur Lösung der Basis-szenarien durch kleine Minispiele motiviert, die in die Open-World-Umgebung mit Triggern integriert sind. So kann in der Innenstadt z.B. ein Rettungsgassen-Simulator gestartet werden, in dem die Spieler versuchen müssen, einen Rettungswagen in einer engen Straße überholen zu lassen, ohne sich selbst oder andere Spieler zu gefährden.

Um den Realismus und die Datenvielfalt zu erhöhen, gibt es eine Auswahl von Umgebungsbedingungen, die sich während des Spielens verändern. So ändert sich z.B. das Wetter oder die Tageszeit. Abgesehen von veränderten Sichtverhältnissen werden auch die Fahreigenschaften der Fahrzeuge auf einer nassen oder verschneiten Fahrbahn verändert. Zusätzlich werden Baustellen mit notwendigen Umfahrungen dynamisch in das Spielgeschehen eingebettet.

Das Spiel nutzt als Unterbau die »Unreal Engine 5«, und stellt die Basis für die Minispiele bereit. Viele Grundfunktionen, wie beispielsweise der Szenariorekorder oder die Bedienoberfläche, lassen sich so einfach für mehrere Minispiele wiederverwenden.

Ein wesentlicher Grundsatz von AVVA ist das offene Spielkonzept. Die Spielerinnen und Spieler werden nicht auf starre Aufgaben oder vordefinierte Pfade beschränkt, sondern haben die Freiheit, eine Vielzahl von Rollen innerhalb der Spielumgebung



Abb. 3: Cut-In Minispiel: Ziel dieses Minispiels ist es, möglichst viele Diamanten vor KI-gesteuerten Verkehrsteilnehmern einzusammeln. Da der Verkehr fließend ist, muss die Spielerin oder der Spieler knapp vor den KI-gesteuerten Verkehrsteilnehmern einscheren und erzeugt somit potentiell kritische Szenarien.

einzunehmen. Ob sie sich als Autofahrer durch die Stadt bewegen, unter hohem Druck als Rettungswagenfahrer agieren oder die städtische Umgebung als Fußgänger erleben – jede Option bietet einzigartige Herausforderungen und Missionen. Diese Freiheit ermöglicht die unvorhersehbare Natur des realen Fahrens, und erlaubt, dass einzigartige Szenarien im Spielablauf geschehen.

Das Spiel bietet den Spielerinnen und Spielern Anreize durch ein dynamisches Punktesystem, bei dem der erfolgreiche Abschluss von Missionen nicht nur den Fortschritt fördert, sondern auch zusätzliche Anpassungsoptionen freischaltet. Diese Belohnungen können vom Tuning sowie der Lackierung ihrer Fahrzeuge bis hin zur Gestaltung eines persönlichen Avatars reichen. Solche Funktionen erhöhen die intrinsische Motivation der Spielerinnen und Spieler, sich länger mit dem Spiel zu beschäftigen, wodurch der Datensatz kontinuierlich mit vielfältigen und komplexen Fahrdaten angereichert wird.

Aufzeichnung der kritischen Szenarien

Bei der Entwicklung von AVVA war es den Forschenden wichtig, den Spaß an erste Stelle zu setzen und die interessanten Szenarien im Hintergrund aufzuzeichnen. Während die Spielerin oder der Spieler durch verschiedene Minispiele navigiert, erfasst das Spiel umfassend alle relevanten Daten im Hin-

tergrund. Dazu gehören statische Elemente wie die Geometrie der Straßen und Fahrspuren, Fahrbahnmarkierungen und Merkmale wie Verkehrssignale. Aber auch dynamische Elemente wie die Art und Größe von Objekten, ihre IDs, Bezugsrahmen, Richtungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen werden erfasst. All diese Daten werden automatisch in einem gewünschten Standard und Format, wie beispielsweise dem ASAM-Standard OSI (Open Simulation Interface) gespeichert. Dadurch entsteht ein detaillierter, annotierter Datensatz, der die Komplexität realer Umgebungen widerspiegelt, ohne die Leistung des Spiels oder die zugrunde liegende Spiel-Engine zu belasten.

Zukünftige Entwicklung und Kooperationen

Wir entwickeln AVVA mit der Vision, eine umfassende virtuelle Umgebung zu schaffen, die viele verschiedene Straßentypen und mögliche Verkehrsteilnehmer abbildet. Unser Ziel ist es, die Möglichkeit zu eröffnen, dass jede denkbare Situation, egal wie selten sie in der realen Welt ist, innerhalb unserer Anwendung reproduziert werden kann, um zu unseren Datensätzen beizutragen. Durch die Simulation einer Vielzahl von kritischen Szenarien, Straßenbedingungen und unterschiedlichem Spielerverhalten wollen wir AVVA als ein wesentliches Instrument bei der Erstellung von Szenarienkatalogen etablie-



Abb. 4: Der Screenshot zeigt eine Kreuzung in der virtuellen Umgebung. Die Spielerinnen und Spieler können beispielsweise die Rollen des PKWs, Krankenwagens, Baggers oder Fußgängers einnehmen.

ren. Die weitläufige Spielumgebung in Kombination mit dem adaptiven Gameplay und den realistischen Szenarien stellt sicher, dass AVVA eine robuste Plattform für die Erstellung von Szenarien für die zielgerichtete Erprobung von automatisierten Fahrzeugen bietet, die die Komplexität der realen Welt so gut wie möglich widerspiegelt.



Wir laden interessierte Partnerinnen und Partner ein, mit uns zusammenzuarbeiten, um die Fähigkeiten von AVVA zu erweitern, sei es durch Datenaustausch, Forschung oder neue Ideen für Minispiele.«

Angesichts des ehrgeizigen Umfangs dieses Projekts sind wir auf die aktive Mitgestaltung anderer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Unternehmen und Start-Ups angewiesen. Wir laden interessierte Partnerinnen und Partner ein, mit uns zusammenzuarbeiten, um die Fähigkeiten von AVVA zu erweitern, sei es durch Datenaustausch, Forschung oder neue Ideen für Minispiele.

Darüber hinaus sind wir in der Lage, maßgeschneiderte Spielumgebungen, Szenarien und Minispiele für diejenigen zu entwerfen und zu entwickeln, die AVVA als Testwerkzeug einsetzen möchten. Durch

unsere Zusammenarbeit können wir eine dynamische, sich entwickelnde Plattform schaffen, die die Entwicklung sicherer und zuverlässiger automatisierter Fahrzeuge beschleunigt.

Fazit

Zusammenfassend stellt AVVA einen neuen Ansatz für die Generierung von kritischen Szenarien für die zielgerichtete Erprobung von automatisierten Fahrzeugen dar. Gamification bietet die Möglichkeit, die menschliche Kreativität einzusetzen und eine neue Datenquelle für kritische Szenarien zu erschließen.

Die Nachbildung realistischer Fahrerausforderungen in unterhaltsamen Gameplay gewährleistet die Sammlung hochwertiger, szenariobasierter Datensätze, die die Variabilität der realen Welt in einem hohen Grad widerspiegeln. Dieser neuartige Ansatz minimiert nicht nur die Kosten und Sicherheitsrisiken herkömmlicher Testmethoden, sondern steigert auch die Effizienz des Validierungsprozesses und trägt zu einer Erhöhten Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen bei. ■



KAMO.DIALOG

KARLSRUHE MOBILITY

HIGH PERFORMANCE CENTER / PROFILREGION

SEMINARREIHE

14
05

**Elektrische Lkw:
Von der Batterieinnovation bis zur Ladeinfrastruktur**
Steffen Link & Daniel Speth (Fraunhofer ISI)
Lokalisierung von Schienenfahrzeugen
Martin Lauer (KIT-MRI)

21
05

**Welche Haushalte laden ihre Elektroautos mit erneuerbarer Energie?
Umfrageergebnisse aus Europa**
Sabine Preuss & Aline Scherrer (Fraunhofer ISI)
**Simulation des menschlichen Fahrverhaltens für die virtuelle Absicherung
von automatisierten Fahrfunktionen**
Nicole Neis (Porsche Engineering, Fraunhofer IOSB, KIT-IES)

11
06

Einfluss von Wetter auf die Mobilität
Gabriel Wilkes & Pia Tulodetzki (KIT-IIV)
Faster, greener, scooter?
Nutzung geteilter E-Scooter in Karlsruhe
Konstantin Krauss (Fraunhofer ISI)

02
07

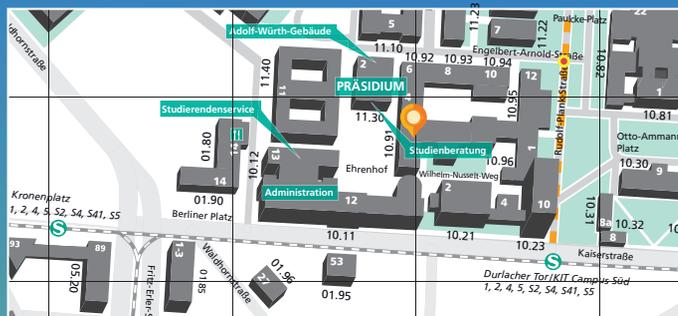
Automarken, -modelle und -baujahre im Verkehr erkennen
Stefan Wolf (Fraunhofer IOSB, KIT-IES)
**Wie erzeugen wir Trainingsdaten für KI mit Simulation –
und wie realistisch sind sie?**
Anne Sielemann (Fraunhofer IOSB)

16
07

MobilKULT - Panelstudie zu Mobilitätsgewohnheiten
Marvin Helferich & Josephine Träger & Elisabeth Dütschke (Fraunhofer ISI)
**Wege zu nachhaltiger urbaner Mobilität -
Ergebnisse einer Umfrage unter Stadtverkehrsplanern in der Oberrheinregion**
Eckhard Szimba (KIT-ECON)

17.30 – 19.00 Uhr

KIT Gebäude 10.91 | Ehrenhof | Oberer Hörsaal Maschinenbau



Anfahrt KIT:
Gebäude 10.91, Engelbert-Arnold-Straße 4, 76131 Karlsruhe

Wir sind gut erreichbar über die Haltestellen Kronenplatz
und Durlacher Tor/KIT Campus Süd.

2024



[TECHNIK.CHECK]

Mensch-Maschine-Interaktion im virtuellen Raum erproben: Der Fahrsimulator des KIT-IFAB



Die Interaktion zwischen Mensch und Fahrzeug spielt eine zentrale Rolle – in Bezug auf Sicherheit, Komfort und Effizienz. Das hat auch der technische Fortschritt durch neue Mobilitätslösungen nicht geändert, im Gegenteil: Durch Automatisierung und neue Interaktionskonzepte ist das Zusammenspiel wesentlich komplexer geworden. Um Assistenzsysteme und automatisierte Fahrfunktionen zu entwickeln, in denen die Insassen mitgedacht sind, Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (IFAB) am KIT einen Fahrsimulator, der umfangreiche Probandenstudien ermöglicht. Wir werfen einen Blick vor Ort auf die Technik und die damit verbundenen Möglichkeiten.

Fahrsimulatoren dienen in Forschung und Entwicklung dazu, die Interaktion von Menschen mit ihrem Fahrzeug oder mit anderen Verkehrsteilnehmern zu untersuchen. Die Software erlaubt hierbei die Simulation aller denkbaren Verkehrssituationen – von der Kreuzung im innerstädtischen Verkehr bis zur Baustelle auf der Autobahn im Schneefall.

Ein wesentlicher Vorteil liegt darin, dass besonders kritische Verkehrssituationen risikofrei und standardisiert untersucht werden können. Außerdem können Fahrfunktionen simuliert werden, die technisch noch nicht möglich oder noch nicht zugelassen sind.

Eine der kritischsten Situationen im teilautomatisierten Fahren ist die Übergabe der Fahrverantwortung vom Fahrzeug zurück an den Menschen, weil die Automatisierungsfunktion – zum Beispiel in einer Baustelle, einer Autobahnabfahrt oder unter schwierigen Umgebungsbedingungen – an Systemgrenzen gelangt.

Ein Fahrsimulator erlaubt die Erprobung verschiedenster Übergabeszenarien ohne Risiko und ohne, dass die technischen Fahrzeugfunktionen bereits real umgesetzt sein müssen.



Abb. 1: Der Fahrsimulator verfügt über digitale Rückspiegel (A) und die Möglichkeit, detailliert den Insaszustand zu erheben (B), beispielsweise die Blickposition über Eye-Tracking oder Steuereingaben. Die vollständig digitalen Interieurdisplays (C) können nach Studienbedarf angepasst werden. Auf der 180°-Panoramaleinwand (D) können Fahrszenarien und Umgebungsbedingungen immersiv simuliert werden.

Durch entsprechende frühzeitige Simulatorstudien kann sichergestellt werden, dass neue Funktionen von Anfang an menschengerecht entwickelt werden, was teuren Fehlentwicklungen vorbeugen kann.



Ein Fahrsimulator erlaubt die Erprobung verschiedenster Übergabeszenarien ohne Risiko und ohne, dass die technischen Fahrzeugfunktionen bereits real umgesetzt sein müssen.

Simulatoren werden in verschiedenen Bereichen zum Training von bestimmten Fertigkeiten eingesetzt, z.B. bei der Ausbildung von Piloten mit Flugsimulatoren. Und auch im Bereich Gaming gibt es Ansätze, in denen ein Spielerlebnis mit der Vermittlung von Wissen oder Fähigkeiten verknüpft wird, sogenannte »Serious Games«. Die Forschung mit Fahrsimulatoren erhebt jedoch nicht den Anspruch, das Autofahren zu simulieren, sondern stelle eine »fahrähnliche Aufgabe« dar. Nachdem Erkenntnisse also zunächst risikofrei und kosteneffizient im Fahrsimulator erlangt werden, werden sie in der Regel im nächsten Schritt noch im Realverkehr erprobt, bevor sie im Fahrzeug umgesetzt werden.

Der Fahrsimulator des IFAB am KIT besteht aus einem Golf-6 Fahrzeugelement, das beständig an die neuen Fahrzeuggenerationen angepasst wurde. Zuletzt wurde ein großes Mittelkonsolendisplay mit Touchfunktion verbaut, der die Bearbeitung von Ne-

beaufgaben oder Anzeige von Fahrzeugzustandsmeldungen erlaubt. Weitere Anzeigen, beispielsweise von Assistenzsystemen, sind im Tachodisplay möglich.

Das Fahrzeugelement steht von einer speziellen 180°-Panoramaleinwand, auf die drei Beamer die Umgebung projizieren, die in der Software SILAB 7.1 der Firma WIVW GmbH simuliert wird. Der Blick zurück wird über Displays in den Außenspiegeln und im Innenspiegel ermöglicht. In Kombination führen die Anzeigen zu einem hohen Immersionserleben, man taucht also tief in die simulierte Umgebung ein. Für eine möglichst detaillierte Erfassung des Fahrerverhaltens kann der Simulator mit weiteren Messsystemen kombiniert werden. Hierzu stehen dem IFAB beispielsweise Systeme zur Blickerfassung oder zur Messung physiologischer Parameter zur Verfügung.

Somit kann der Simulator am Standort Karlsruhe flexibel für eine weite Bandbreite an Studien im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion eingesetzt werden. Die technische Infrastruktur, sowie die Expertise zum Betrieb des Simulators und von Konzeption bis Durchführung gesamter Probandenstudien steht am IFAB für aktuelle und künftige Projekte zur Verfügung. ■

→ Kontakt

Institut für Arbeitswissenschaft & Betriebsorganisation (IFAB)
am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Engler-Bunte-Ring 4
Gebäude 40.29, Raum 006B
76131 Karlsruhe

Tel: +49 721-608-44250

Mail: info@ifab.kit.edu

Web: www.ifab.kit.edu



The logo for 'airbag 2024' features the word 'air' in a dark blue, lowercase sans-serif font, followed by 'bag' in a larger, bold, dark blue font. The year '2024' is positioned above the 'bag' in a green, sans-serif font. The background of the entire page is a photograph of a white car airbag with blue stitching, a white car seat, and a presentation board with charts and graphs.

air 2024
bag

Save the date!

Airbag 2024 – 16th International Symposium and Accompanying Exhibition on Integral Car Safety Systems

November 25-27, 2024, Mannheim, Germany

International accident studies | Global safety ratings and legislation | Trends in the automotive industry | Safety system developments serving the trends | Product and component innovation | Tools and methods | Further key influencing factors | A look to future applications and technologies

Organized by

 **Fraunhofer**
ICT

#airbagsymposium

#Airbag2024



NUFAM

DIE NUTZFAHRZEUG MESSE



KAMO
KARLSRUHE MOBILITY

WIR
SIND
DABEI

GET THINGS MOVING!

25.-28.09.2025
MESSE KARLSRUHE

NUFAM.DE

messe
— karlsruhe



In der Rubrik [FORSCHUNG.KOMPAKT] stellen wir aktuelle Forschungsergebnisse übersichtlich und frei zugänglich dar, die eine wissenschaftliche Begutachtung (»Peer Review«) durchlaufen haben. Die Originalfassung dieses Artikels wurde veröffentlicht unter B. Varga, D. Yang, M. Martin and S. Hohmann, "Cooperative Decision-Making in Shared Spaces: Making Urban Traffic Safer Through Human-Machine Cooperation," 2023 IEEE 21st Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Pula, Croatia, 2023, und kann unter der nebenstehenden Adresse abgerufen werden.



<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10417908> (kein Open-Access)

[FORSCHUNG.KOMPAKT]

Balint Varga¹, Dongxu Yang¹, Manuel Martin², Sören Hohmann¹

Kooperative Entscheidungsfindung in öffentlichen Verkehrsräumen: Sicherheit im Stadtverkehr durch Mensch-Maschine-Kooperation



Mit steigender Anzahl automatisierter Fahrzeuge auf unseren Straßen ist es wichtiger denn je, dass diese Systeme vertrauenswürdig und sicher agieren. Besondere Herausforderungen ergeben sich auf städtischen Straßen, wo es häufig zu Interaktionen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (z.B. Fußgängern und Radfahrern) kommt. Dieser Artikel beschreibt ein neuartiges Konzept für die kooperative Entscheidungsfindung automatisierter Fahrzeuge. Diese berücksichtigt entsprechende Interaktionen, um eine sichere und effiziente Zusammenarbeit zwischen Fahrzeug und Mensch zu ermöglichen. Grundlage ist ein neues Modell, das Interaktion und Prädiktion in einem Schritt berücksichtigt, was den Ansatz für Echtzeitanwendungen geeignet macht. In einer Simulationsumgebung konnte die Überlegenheit des Systems im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren nachgewiesen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass das System für die Anwendung in der realen Welt geeignet ist und einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten kann.

→ Kontakt

¹ Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Regelungssysteme und Steuerungssysteme (IRS), bal-int.varga2@kit.edu

² Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, manuel.martin@iosb.fraunhofer.de

Hochautomatisierte und autonome Fahrzeuge werden Teil unseres Alltags. Die Akzeptanz unserer Gesellschaft für diese Systeme hängt vom Vertrauen besonders gefährdeter Verkehrsteilnehmer (z.B. Fußgänger – FG und Radfahrer) ab. Ihre Sicherheit ist eines der wichtigsten Anliegen. Unfälle mit automatisierten Fahrzeugen erregen eine große öffentliche Aufmerksamkeit und erhöhen das Misstrauen gegenüber solchen Systemen. Daher wird er-

forscht, automatisierte Fahrzeuge mit geeigneten Kommunikationskanälen und Entscheidungsalgorithmen auszustatten, die mit schwierigeren Situationen umgehen können, z.B. städtische Szenarien, in denen Fahrzeuge langsam fahren und Fußgänger unerwartet die Straße überqueren können. Abb. 1 zeigt beispielhaft ein solches Szenario.

Bei niedrigen Geschwindigkeiten kann es zu einer Interaktion zwischen Fußgängern und automatisierten Fahrzeugen (Mensch-Maschine-Interaktion) kommen. Solche Mensch-Maschine-Interaktionen müssen entsprechend gehandhabt werden, um das Vertrauen in automatisierte Fahrzeuge zu erhöhen. Daher stellt dieser Artikel eine neuartige kooperative

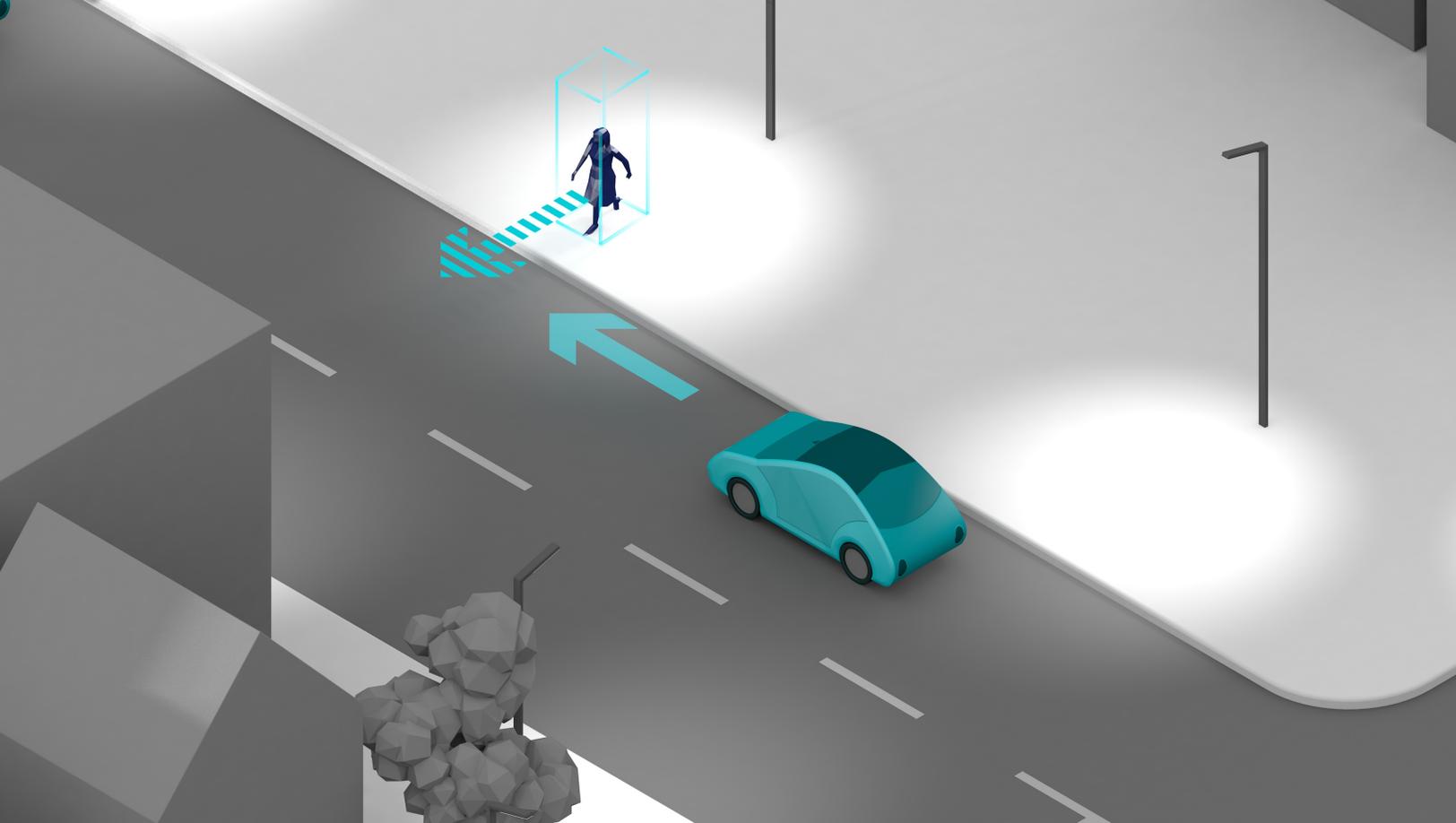


Abb. 1: Ein Beispielszenario, in dem eine Interaktion zwischen dem Fußgänger und dem automatisierten Fahrzeug stattfindet. Grafische Darstellung durch die version1 GmbH.

modellprädiktive Regelung (engl.: »model predicitive control« – MPC) für gemischte Verkehrsszenarien vor. Diese MPC ist in der Lage, eine kooperative Entscheidungsfindung zu vorherzusagen, die die *Vorhersage* von Fußgängerbewegungen ebenso wie die *Mensch-Maschine-Interaktion* gleichzeitig abbilden kann.

Spieltheoretische Ansätze bieten mathematische Modelle zur Analyse des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern. Alle diese Ansätze sind darauf ausgerichtet, die Sicherheit und Effizienz in gemischten Kreuzungsszenarien zu verbessern.

Ansätze aus der Literatur und die Forschungslücke

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über verschiedene Ansätze zum Lösen von Interaktionsproblemen zwischen autonomen Fahrzeugen und Fußgängern in gemischten Kreuzungsszenarien präsentiert. Diese Ansätze umfassen *regelbasierte* (engl.: »rule-based«) und *modellbasierte* (engl.: »model-based«) Konzepte sowie spieltheoretische Modelle. Regelbasierte Konzepte nutzen festgelegte Regeln, die auf Entfernungs- und Geschwindigkeitsdaten des Fahrzeugs und des Fußgängers basieren, um Entscheidungen in Fahrzeug-Fußgänger-Situationen zu treffen. Modellbasierte Konzepte verwenden Bewegungsmodelle von Fußgängern und Fahrzeugen, um Interaktionen zu modellieren und zu handhaben. Modellprädiktive Regelungen ermöglichen die Trajektorienplanung und -regelung basierend auf solchen Vorhersagemodellen des Fußgängers.



In der Literatur zu gemischten Interaktionsszenarien mit automatisierten Fahrzeugen fehlt ein Fußgängermodell, das sowohl die *Vorhersage* von Fußgängerbewegungen als auch die *Mensch-Maschine Interaktion* gleichzeitig abbilden kann und für Echtzeitanwendungen geeignet ist.«

Daher wird ein einfaches Modell benötigt, das solche Interaktionen charakterisiert und die gemeinsame Entscheidungsfindung zwischen Fußgängern und Fahrzeugen ermöglicht. Deswegen schließt dieser Forschungsbeitrag diese Forschungslücken durch die Einführung eines neuartigen Fußgängermodells, das Vorhersage und Kooperation explizit behandelt. Aus diesem Grund wird dies als *explizites Fußgängermodell* bezeichnet.

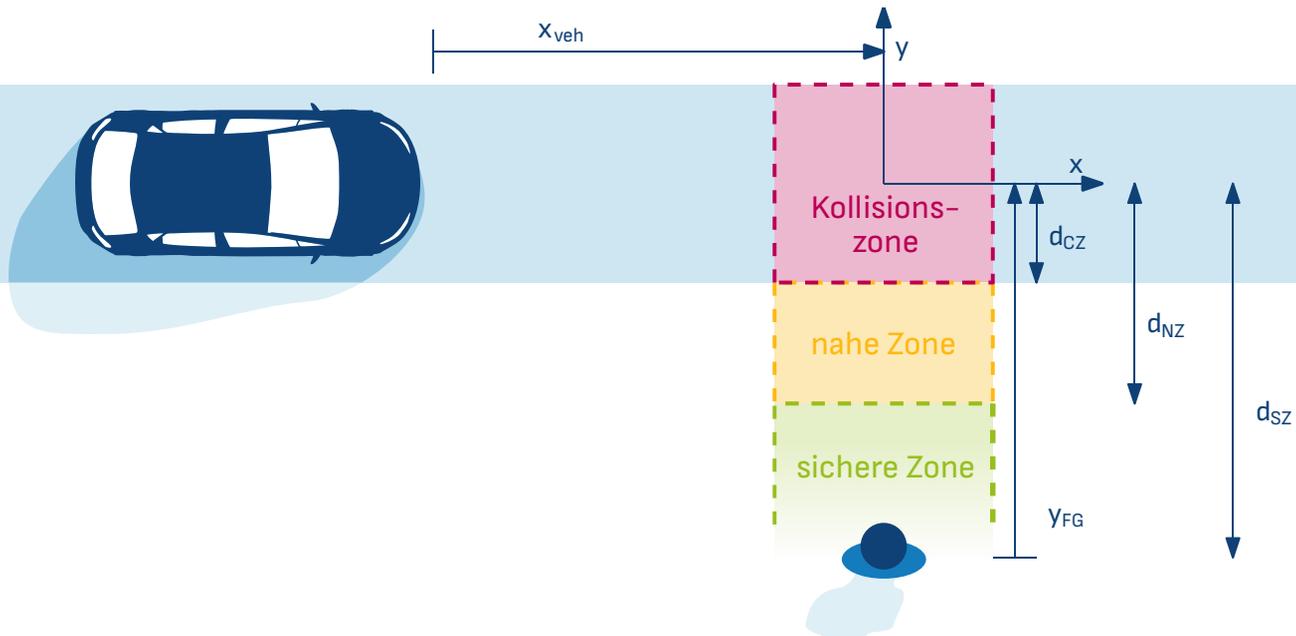


Abb. 2: Vogelperspektive des Szenarios mit den relevanten Abständen für die Entscheidungsfindung.

Das entwickelte Prädiktionsmodell

Die angepasste, modellbasierte kooperative Entscheidungsfindung wird im Folgenden vorgestellt. Für die Modellierung des Interaktionsszenarios wird angenommen, dass sich der Fußgänger nur in die positive y-Richtung und das automatisierte Fahrzeug nur in die positive x-Richtung bewegt, siehe Abb. 2. Man beachte, dass diese Annahmen die Anwendung der Konzepte nicht einschränken, da die Interaktion hauptsächlich in diesen beiden senkrechten Richtungen stattfindet. Außerdem wird die Bewegung des Fußgängers entlang der Straße (parallel zum automatisierten Fahrzeug) durch die Position und Geschwindigkeit des automatisierten Fahrzeugs berücksichtigt.

Für das explizite Bewegungsmodell wird angenommen, dass die Geschwindigkeitswahl des Fußgängers im nächsten Zeitschritt durch

$$\dot{y}_{FG}(i+1) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-TTC(i)}{s} + c\right)} \cdot \dot{y}_{FG}^{ref} \quad (1)$$

modelliert werden kann, wobei c ein Parameter ist, über den der Charakter des Fußgängers eingestellt werden kann, wie z.B. zurückhaltendes oder aggressiveres Verhalten. TTC ist die Zeit bis zur Kollision (engl.: »time to collision«). Die Ausgangsfunktion von (1) ist eine *sigmoidähnliche Funktion*¹ und liegt zwischen 0 und 1, was als Wahrscheinlichkeit für die Überquerung des Fußgängers interpretiert werden

¹ Als sigmoidähnliche Funktionen oder Sigmoidfunktionen bezeichnet man Funktionen, die von einer unteren Schranke allmählich und stetig ansteigen und dann hin zu einer oberen Schranke wieder allmählich ausklingen, sodass ein S-förmiger Verlauf entsteht.

kann. Je größer der TTC-Wert ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass der Fußgänger mit einer Referenzgeschwindigkeit gehen würde. Es muss also lediglich eine Referenzgeschwindigkeit des Fußgängers für das Modell bestimmt werden. Damit lässt sich die Verhandlung zwischen Fußgänger und Fahrzeug abzubilden.

Da (1) ein dynamisches Modell ist, wurde es in eine MPC eingesetzt. Dadurch kann das zukünftige Verhalten des Fahrzeugs sowie der Fußgänger bestimmt werden. Zusammenfassend: Mit diesem eindimensionalen Modell (1) lässt sich die *Vorhersage* von Fußgängerbewegungen und die *Mensch-Maschine Interaktion* gleichzeitig abbilden, was mit den Methoden aus dem Stand der Literatur nicht möglich war.

Ergebnisse und Diskussion

In der Arbeit *Varga, Yang, Martin und Hohmann, 2023* wurde das Konzept erstmals in Simulationen verifiziert. In einer Simulationsumgebung wurde das Verfahren mit einem regelbasierten Regelungskonzept (*rule-based*) *Varga, Yang und Hohmann, 2023* und mit einem *impliziten* MPC verglichen. Die *rule-based*-Regelung berechnet die optimale Geschwindigkeit des Fahrzeugs mithilfe eines Entscheidungsbaumes. Die implizite MPC teilt die Vorhersage der Fußgängerbewegungen und die Verhandlung in zwei Schritte: Erst wird die Fußgängerposition prädiziert, dann reagiert das Fahrzeug auf diese vorhergesagten Werte. Dieses Vorgehen ist üblich in den Arbeiten aus der Literatur.

Tab. 1: Bewertung der neuen entwickelten expliziten MPC mit bestehenden Ansätzen

Regelung	regelbasiert	implizite MPC	explizite MPC
J _{gesamt}	16,01 s	7,24 s	3,23 s
mittlere Rechenzeit	$1,5 \times 10^{-6}$ s	0,016 s	0,017 s

Für die Bewertung der Konzepte wird das Maß

$$J_{\text{gesamt}} = t_{\Sigma} + |a_{\text{max}}| \cdot \frac{s^3}{m} - \text{TTC}_{\text{min}} \quad (2)$$

verwendet, wobei t_{Σ} die benötigte Zeit für die Kreuzung und $|a_{\text{max}}|$ die maximale Beschleunigung ist. Die Untersuchung beinhaltet 100 Simulationen der Kreuzung, wobei unterschiedliche Startpunkte und Anfangsgeschwindigkeiten von Fahrzeugen und Fußgängern berücksichtigt wurden. Die Simulationen wurden auf einem Standard-Notebook mit einem »AMD Ryzen 7 Pro 4750U«-Prozessor und 32 GB RAM durchgeführt.

Tab. 1 zeigt die Ergebnisse der Simulationen. Es ist zu sehen, dass die neu entwickelte explizite MPC bezüglich des definierten Maßes J_{gesamt} besser als beide Methoden aus der Literatur ist.

Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben in diesem Artikel eine kooperative Entscheidungsfindung für automatisierte Fahrzeuge in gemischtem Straßenverkehr vorgestellt, welche sowohl die *Vorhersage* von Fußgängerbewegungen als auch die *Mensch-Maschine-Interaktion* gleichzeitig abbilden kann. Das Konzept wurde simulativ untersucht und seine Überlegenheit gegenüber den Methoden aus der Literatur gezeigt.

In Zukunft wird die entwickelte kooperative Entscheidungsfindung in einen Versuchsträger integriert, um Realversuche durchzuführen und das Gesamtsystem zu bewerten.

Außerdem ist geplant, weiteren Studien durchzuführen, in welchen die *Human-Factors* berücksichtigt und weitere Entwicklungs- und Forschungsschritte abgeleitet werden können. ■

Danksagung

Diese Arbeit wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Forschungsinitiative *Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien* im Projekt »IntelligenTe Mensch-Technik Kommunikation im gemischten Verkehr« (INITIATIVE, Projektnummer 19A21008D) gefördert.

Literaturverweise

- Varga, Balint, Dongxu Yang und Sören Hohmann (2023). »Intention-Aware Decision-Making for Mixed Intersection Scenarios«. In: *2023 IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)*, S. 000369–000374. DOI: 10.1109/SACI58269.2023.10158550.
- Varga, Balint, Dongxu Yang, Manuel Martin und Sören Hohmann (2023). »Cooperative Decision-Making in Shared Spaces: Making Urban Traffic Safer Through Human-Machine Cooperation«. In: *2023 IEEE 21st Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, S. 109–114. DOI: 10.1109/SISY60376.2023.10417908.

→ Die »time to collision«, TTC

Die Messgröße »time to collision«, TTC, auf Deutsch »Zeit bis zur Kollision« ist ein häufiges Maß zur Bestimmung der Kritikalität in Verkehrssituationen – und zwar nicht nur für solche, in denen es tatsächlich zu einem Zusammenstoß kommt.

Vielmehr kann die TTC zwischen zwei Verkehrsteilnehmern zu jedem Zeitpunkt berechnet werden, auch wenn ein Zusammenstoß letztlich vermieden wird. **Es ist stets die Zeit, die bis zur Kollision verbleiben würde, sofern keiner der beiden Verkehrsteilnehmer seine derzeitige Geschwindigkeit (und Bewegungsrichtung) ändert. Die Berechnung nimmt also an, dass sich die Situation gleichförmig weiterentwickelt.** In den allermeisten Fällen ist das selbstverständlich nicht der Fall, und die Menschen reagieren rechtzeitig.

Wenn zwei Verkehrsteilnehmer selbst bei unveränderter Weiterbewegung nicht kollidieren würden, kann die TTC auch den Wert »unendlich« annehmen. Hingegen kann selbst bei einer typischen, unkritischen Folgefahrt, wo das vorausfahrende Fahrzeug leicht abbremst, eine TTC berechnet werden. Sie erlaubt eine ungefähre Schätzung, wie lange das nachfolgende Fahrzeug Zeit hat, um die Kollision durch Bremsen zu vermeiden.

Somit spielt die TTC nicht nur bei tatsächlichen Unfällen eine Rolle (wo sie tatsächlich den Wert 0 annimmt), sondern wird bei der Kritikalitätsbewertung von Beinaheunfällen verwendet, und insbesondere auch in Fahrerassistenzsystemen, etwa bei Auffahrwarnsystemen (engl.: Forward Collision Warning, FCW) oder Notbremssystemen (engl.: automated emergency braking, AEB).



In der Rubrik [FORSCHUNG.KOMPAKT] stellen wir aktuelle Forschungsergebnisse übersichtlich und frei zugänglich dar, die eine wissenschaftliche Begutachtung (»Peer Review«) durchlaufen haben. Die Originalfassung dieses Artikels wurde veröffentlicht unter Wörle, T., Görgülü, M. E., Szimba, E., Kagerbauer, M., Vortisch, P. (2024). Discrete Continuous Travel Mode Choices based on Simulated Travel Demand: a MDCEV Model Application. *Transportation Research Procedia.*, und kann unter der nebenstehenden Adresse abgerufen werden.



<https://www.sciencedirect.com/search?pub=Transportation%20Research%20Procedia&cid=308315&qsw=C3%B6rle>
(Open-Access)

[FORSCHUNG.KOMPAKT]

Tim Wörle^{1A}, Emre Görgülü^{1A}, Eckhard Szimba^{1B}, Martin Kagerbauer^{1A}, Peter Vortisch^{1A}

MobileCityGame – Komplexe Verkehrsmodelle auf ihre wesentlichen Funktionen reduzieren



Im Forschungsprojekt *MobileCityGame* wurde ein *Serious Game* entwickelt, um die Auswirkungen diverser verkehrsplanerischer Maßnahmen zu demonstrieren. Dazu wurde ein mikroskopisches, rechenintensives Verkehrsmodell in ein makroskopisches übergeführt, um eine Berechnung in Echtzeit zu ermöglichen – ohne dabei allzu große Einbußen hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse hinzunehmen.

Einleitung

In agentenbasierten Verkehrsnachfragemodellen (ABM) liefern Verkehrsmittelwahlmodelle äußerst detaillierte Ergebnisse, indem sie das Verhalten einzelner Individuen betrachten.

Die Anwendung solcher Modelle stellt hohe Anforderungen an Datenbedarf und Modellkalibration. Ein hoher Detaillierungsgrad ist für viele verkehrsplanerische Anwendungsbereiche von Verkehrsmittelwahlmodellen unumgänglich. In anderen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel der Verwendung in dynamischen Spielumgebungen (*MobileCityGame*), werden unmittelbare Berechnungen erforderlich, um die Wirkung

von Politikmaßnahmen zu zeigen.

Der Artikel greift die Anwendung des agentenbasierten Verkehrsnachfragemodells *mobiTopp* für die Region Karlsruhe aus dem Projekt *regiomove* für ein *Serious Game* auf. Dieses soll den Nutzenden er-

möglichen, die Auswirkungen städtischer Verkehrspolitikmaßnahmen in einer Spielumgebung zu verstehen (s. Krath, Schürmann und von Korflesch, 2021). Unterschiedliche Gruppen wie städtische Verkehrsplanende, Studierende, interessierte Bürgerinnen und Bürger sowie weitere Stakeholder (z.B. Ladenbesitzende, Bürgervereine) werden angesprochen.

Indem es die Auswirkungen, Abhängigkeiten, Möglichkeiten und Grenzen städtischer Verkehrspolitikoptionen anhand eines Bewertungssystems bezüglich Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zeigt, soll das *Serious Game* den verschiedenen Gruppen direktes Feedback bieten. Daher erfordert die vereinfachte Bewertung von Planungsalternativen im *Serious Game* kurze Simulationszeiten und eine stärker aggregierte Betrachtung von Wechselbeziehungen mit einem geringeren Detaillierungsgrad. Somit wird eine vereinfachte Modellierung benötigt, um die Benutzerfreundlichkeit und direkte Reaktionsfähigkeit des *Serious Games* zu gewährleisten.

→ Kontakt

¹ Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

^A Institut für Verkehrswesen (IfV)

^B Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON)

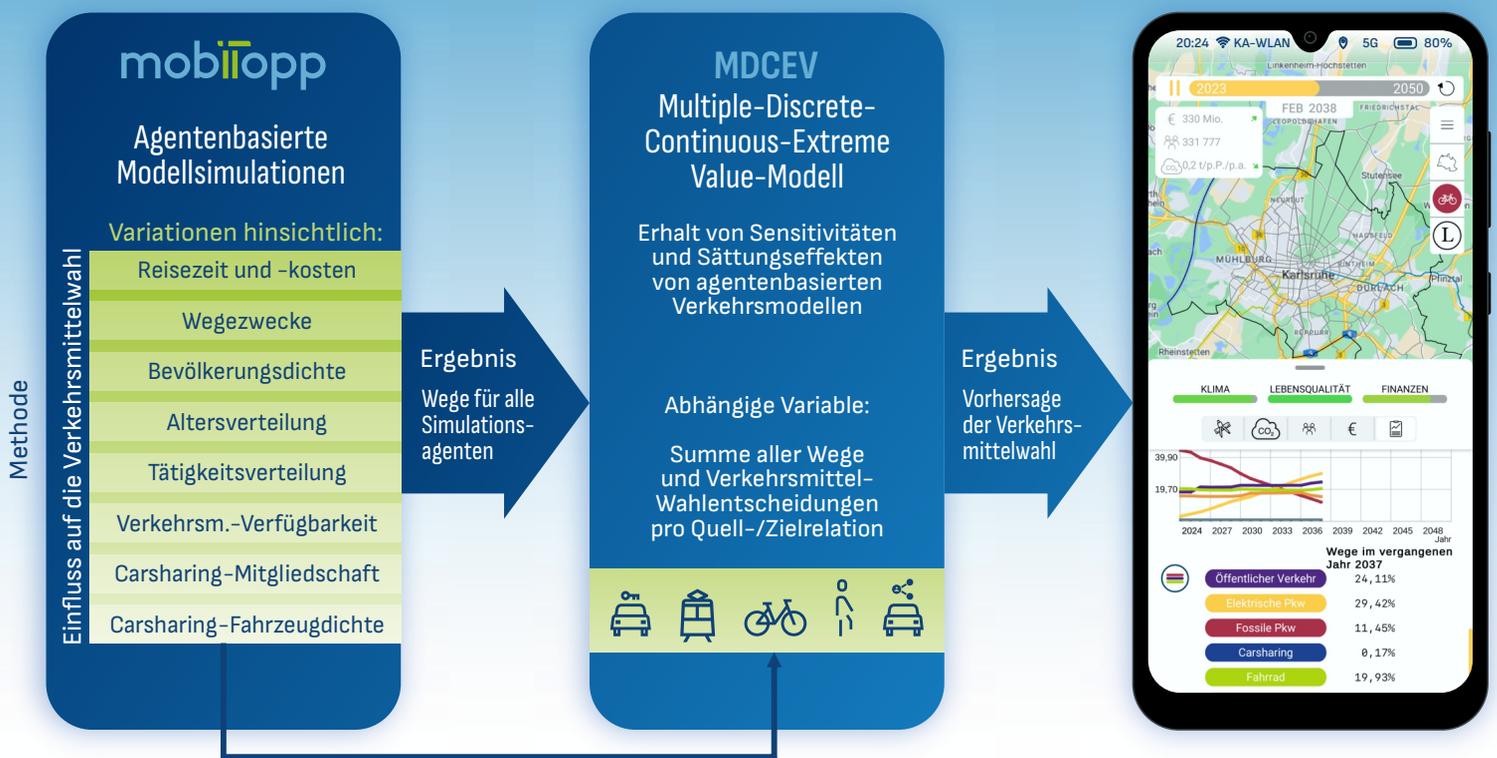


Abb. 1: Überblick über das Zusammenspiel der Methoden.

Methode

Der Artikel zeigt, wie Bestandteile des komplexen agentenbasierten Verkehrsnachfragemodells mobitopp, entwickelt vom Institut für Verkehrswesen (IfV) am KIT, bezüglich Verkehrsmittelwahl und der Abbildung von Einflüssen durch z.B. Bevölkerungs- und Mobilitätsbedürfniseigenschaften aggregiert werden können, um wesentliche Zusammenhänge und Sensitivitäten gegenüber Politikmaßnahmen abzubilden. Um Modellsensitivitäten bezüglich der Verkehrsmittelwahl zu aggregieren, wurde ein sogenanntes »Multiple Discrete-Continuous Extreme Value«-Modell (MDCEV-Modell) implementiert (s. Bhat, 2005).

Das Ergebnis verschiedener mobitopp-Simulation auf der Ebene einzelner Fahrten wird zu Quelle/Ziel-Verkehrsmengen mit aggregierten Merkmalen umgewandelt, sodass es anschließend als Eingabe für die MDCEV-Schätzung dienen kann. Im Vergleich zu den meisten Verkehrsmittelwahlmodellen können dadurch sämtliche relevante Verhaltensmuster auf mikroskopischer Ebene (z.B. Kapazitätseffekte von Sharing-Angeboten, gemeinsame Nutzung eines Pkws innerhalb eines Haushaltes) im Modell berücksichtigt werden. Durch eine solche Transformation des vorhandenen Modells konnte eine wesentlich aufwändigere Neuentwicklung eines makroskopischen Modells vermieden werden.



Vergleiche zwischen der MDCEV-Modellanwendung und den Referenzergebnissen des ABM bestätigen, dass das aggregierte Modell die Verkehrsnachfrage im Referenzfall sinnvoll wiedergibt.«

Ergebnis

Das hier entwickelte MDCEV-Modell zeigt im Vergleich zum mikroskopischen Verkehrsmodell nachvollziehbare Wirkungen von Verkehrsmiteleeigenschaften (z.B. Reisezeiten, Nutzungskosten) auf die Verkehrsmittelwahl. Allerdings ist die Interpretation der aggregierten Ergebnisse nicht immer intuitiv, da sie anstelle individueller Präferenzen aggregierte Einflüsse repräsentieren. Zu den erfolgreich reproduzierten Effekten gehören u.a. das verstärkte Mitfahren von Kindern und älteren Menschen im Pkw, die Bedeutung von Carsharing für Berufspendler, die positive Korrelation zwischen dem Besitz von Zeitkarten für den öffentlichen Verkehr und einer Carsharing-Mitgliedschaft sowie der hohen Affinität von Studierenden für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und des Fahrrads.

Vergleiche zwischen der MDCEV-Modellanwendung und den Referenzergebnissen des agentenbasierten Verkehrsnachfragemodells bestätigen, dass das aggregierte Modell die Verkehrsnachfrage im Referenzfall sinnvoll wiedergibt. Bei Differenzierung nach

Quell-, Ziel- und Binnenverkehr können auch deren Unterschiede korrekt abgebildet werden, wie z.B. der hohe Anteil aktiver Mobilität (Fuß- und Fahrradverkehr) innerhalb der Stadt.

Das aggregierte Modell ist außerdem in der Lage, Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl weitgehend adäquat darzustellen. Diesen kommt nämlich im Hinblick auf die bei Anwendung des Serious Game gewählten Politikmaßnahmen und den resultierenden Effekten auf die Verkehrsmittelwahl eine zentrale Bedeutung zu. So werden durch die Berücksichtigung multimodaler Verhaltensindikatoren (z.B.: Zeitkartenbesitz, Carsharing-Mitgliedschaft) insbesondere Verlagerungseffekte auf das Fahrrad und Carsharing für alle Wege bzw. Verkehrsarten angemessen abgebildet.



Das aggregierte Modell ist in der Lage, Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl weitgehend adäquat darzustellen.«

Dennoch zeigen sich auch einige Optimierungspotenziale hinsichtlich bestimmter Verkehrsmittel und Verkehrsarten. Während sich im Falle des öffentlichen Verkehrs (ÖV) die Veränderungen auf längeren Strecken des aus- und eingehenden Verkehrs mit den Vorhersagen der ABM-Simulation decken, treten im innerstädtischen Verkehr Probleme bei der Bewertung des ÖV auf. Daher empfehlen die Autoren die Integration weiterer Einflüsse von Bevölkerung, Zugang zu Verkehrsmitteln und Mobilitätsangeboten, sowie räumlichen Interaktionseffekten zwischen diesen, um unrealistische Effekte zu vermeiden und Modellsensitivitäten validieren zu können. Andere Anwendungen des Ansatzes könnten die Nutzung von Mobilfunkdaten zur Eingabe für die Verkehrsnachfrage umfassen, da sie detaillierte Informationen auf Quell-/Zielebene liefern können.

Fazit

Prognosen, die auf agentenbasierten Verkehrsnachfragemodellen (ABM) basieren, ermöglichen einen hohen Grad an Wechselwirkungen des Verhaltens von Reisenden und deren Reaktionen auf Entwicklungen und Maßnahmen. Dadurch werden im Vergleich zu dem vereinfachten Modell, das in diesem Artikel präsentiert wurde, genauere Ergebnisse erzielt. Dennoch kann dieser aggregierte Modellansatz verwendet werden, um detaillierte Auswirkungen von Veränderungen im Verhalten bei der Ver-

kehrsmittelwahl oder im Verkehrsangebot schneller zu bewerten. Wie in diesem Artikel dargelegt, ist die Integration in ein Serious Game ein Anwendungsbeispiel für einen aggregierten Modellansatz. Während beide Ansätze mit derselben Datengrundlage arbeiten, sind auch ihre Ergebnisse bis zu einem gewissen Grad vergleichbar. Dies ermöglicht eine verbesserte und flexiblere Kommunikation von Prognoseergebnissen in verschiedenen Anwendungsfällen, und verbessert gleichzeitig die Verständlichkeit und Glaubwürdigkeit von Planungswerkzeugen im Verkehrssektor für zusätzliche Interessengruppen (z.B. Bürger, Studierende). ■

Literaturverweise

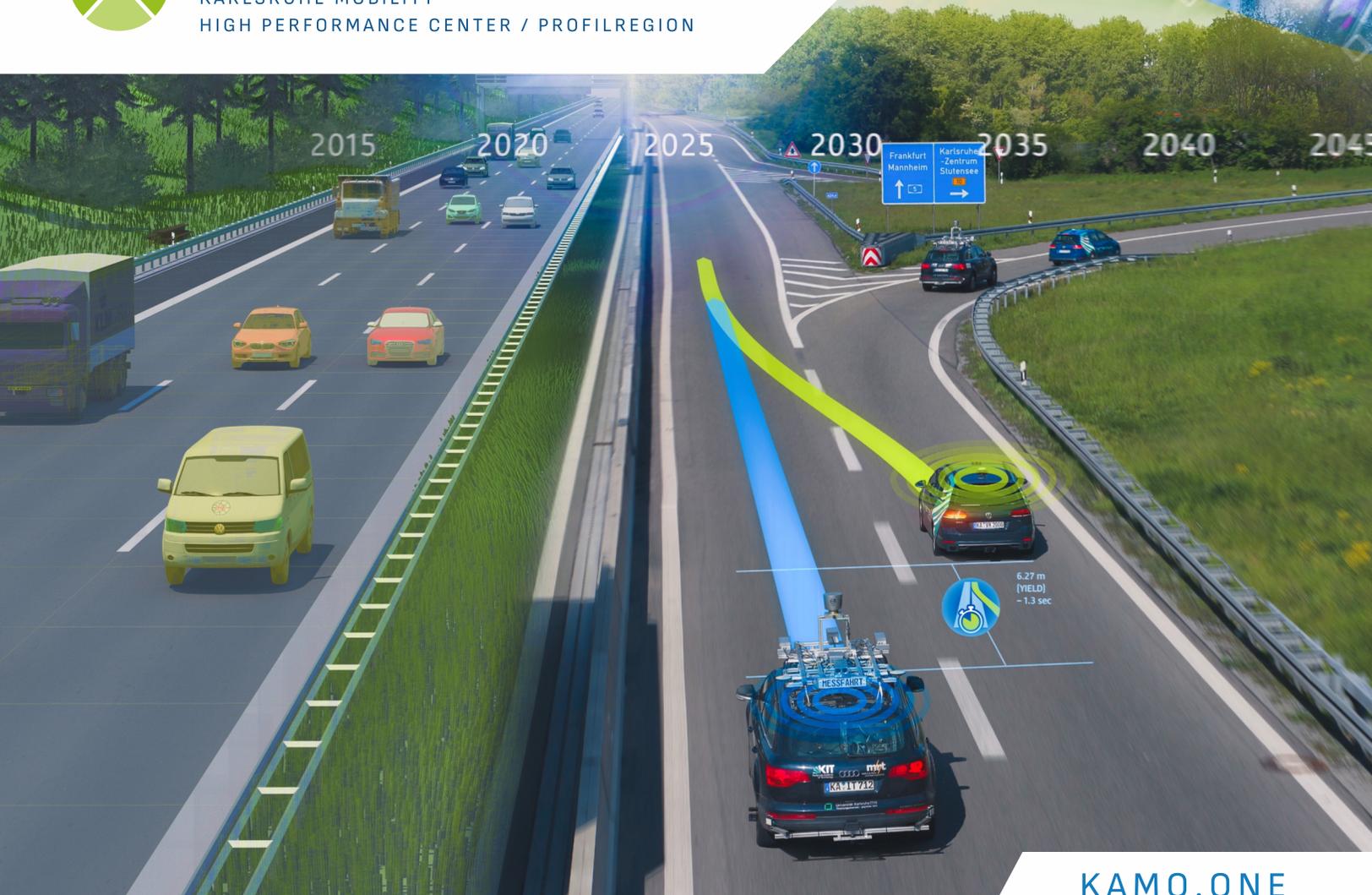
Bhat, Chandra R. (2005). »A multiple discrete–continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions«. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 39.8, S. 679–707. ISSN: 0191-2615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2004.08.003>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261504001274>.

Krath, Jeanine, Linda Schürmann und Harald F.O. von Korffesch (2021). »Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning«. In: *Computers in Human Behavior* 125, S. 106963. ISSN: 0747-5632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563221002867>.



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!



Hochschule Karlsruhe
University of
Applied Sciences



[KAMO.INFO]

Veranstaltungen



Wenn Sie KAMO direkt erleben und kennen lernen wollen, oder sich direkt mit den Expertinnen und Experten vor Ort austauschen wollen, planen Sie doch gern einen Besuch unserer Veranstaltungen ein. Im Folgenden geben wir einen kurzen Überblick über einige Highlights von und mit KAMO in der nächsten Zeit. Alle Veranstaltungen und Termine finden Sie natürlich auch auf unserer Website.



→ Auf der IT-TRANS moderiert Dr. Miriam Ruf das Market-Update-Forum.
©ARTIS Uli Deck / TRK GmbH
Messe Karlsruhe, 15. Mai 2024

→ Women in Mobility #MoveUp
Mobilitätsmanagement

Drees & Sommer, Freiburg 17.6.2024, 17:30-19:00 Uhr
Ideen und Umsetzung für Unternehmen, Quartiere und Städte Mit Mobilität und FrauenPower wettbewerbsfähig sein.



<https://www.eventbrite.com/e/moveup-drees-sommer-tickets-898987274137>

→ NUFAM DAY

Messe Karlsruhe 20. Juni ab 10:00 Uhr
Fokus des NUFAM DAY steht eine Diskussion mit Expertinnen und Experten von BGL, Die Güterbahnen, Öko-Institut sowie Spediteur Rainer Schmitt zum Thema: Lkw-Maut – Gelungene Klimapolitik oder Steuererhöhung durch die Hintertür? Die Teilnahme ist kostenfrei, die Registrierung erfolgt ganz einfach über den untenstehenden Link.

<https://survey.lamapoll.de/NUFAM-DAY>

→ KAMO.Dialog-Seminarreihe

KIT-Gebäude 10.91, Karlsruhe 14. Mai–16. Juli 2024

Immer Dienstags im mehrwöchentlichen Rhythmus erzählen Karlsruher Forscherinnen und Forscher von unserer Mobilitätsforschung – gemischt, institutionsübergreifend und verständlich! Neben technischen Fragestellungen werfen wir auch einen Blick auf ökonomische und gesellschaftliche Themen.

Die Veranstaltung findet statt im Oberen Hörsaal Maschinenbau, 2. OG, KIT-Gebäude 10.91 im Ehrenhof des KIT, Kaiserstr. 10, Karlsruhe.

<https://www.kamo.one/kamo-seminarreihe/>

→ Tacheles 2024: Generative KI & autonomes Fahren
Karlsruhe 18. Juni 2024

Die vom FZI Forschungszentrum Informatik initiierte Konferenzreihe steht unter der Schirmherrschaft des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg und reflektiert kritisch, was beim autonomen und vernetzten Fahren bisher erreicht wurde, zeigt realistisch auf wie es weitergeht und verzichtet auf Hochglanzversprechen.

<https://www.tacheles-avf.de>



→ Im Rahmen der KAMO.Dialog-Seminarreihe erklärt Nicole Neis von Porsche Engineering ihre Forschungsarbeiten, die sich mit der realistischen Simulation von menschlichem Fahrverhalten für die Sicherheitserprobung automatisierter Fahrfunktionen befassen.

Karlsruhe, Ehrenhof des KIT, Gebäude 10.91, Mai 2024

→ **Klimagerechte Mobilität – wie können uns kommunale Netzwerke dabei helfen?**
endura kommunal, Freiburg 24.7.2024, 16:30–19 Uhr

Der Women in Mobility Hub Baden lädt ein zu einer spannenden Paneldiskussion zum Thema: »Klimagerechte Mobilität – Wie können uns kommunale Netzwerke dabei helfen?«



<https://www.eventbrite.com/e/moveup-wim-baden-klimagerechte-mobilitat-tickets-899808831437>

→ **EDPC – Electric Drives Production Conference Regensburg, Marinaforum & Online 26.–27. Nov. 2024**

Die EDPC mit Konferenz dient als Treffpunkt von Experten, visionären und Industrievertretern im Bereich innovativer elektrischer Antriebstechnologien. Wir zeigen das ineinandergreifende Zusammenspiel von KIT und Fraunhofer im Rahmen von Projektbeispielen.

<https://www.edpc.eu>

→ **InnoTrans 2024**
Berlin, Messegelände, Halle 23 24.–27. Sep. 2024

Die InnoTrans ist die internationale Leitmesse für Verkehrstechnik. Sie ist aufgeteilt in die fünf Messesegmente Railway Technology, Railway Infrastructure, Public Transport, Interiors und Tunnel Construction. Auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand (Halle 23, Stand 240) zeigen die KAMO-Partner innovative Lösungen für den Verkehr der Zukunft.

<https://www.innotrans.de/de/>

→ **POLIS Conference 2024**
Karlsruhe 27.–28. November

Die jährliche POLIS-Konferenz ist Europas führende Veranstaltung für nachhaltige urbane Mobilität. Sie bietet Städten und Regionen die Möglichkeit, ihre Erfolge im Verkehrsbereich einem großen Publikum von Mobilitätsexperten, Anwendern und Entscheidungsträgern aus dem öffentlichen und privaten Sektor vorzustellen.

Nach einer rekordverdächtigen Ausgabe im Jahr 2023 in Belgien freuen sich das POLIS-Team und unsere Gastgeber und POLIS-Mitglieder Baden-Württemberg und Karlsruhe, Sie zu einer weiteren fantastischen Konferenz begrüßen zu dürfen.

<https://www.polisnetwork.eu/2024-annual-polis-conference>

→ **Airbag-Tagung 2024**
Mannheim 25.–27. November 2024

Im November veranstaltet das Fraunhofer ICT das 16. Internationale Symposium und Ausstellung für hochentwickelte Fahrzeugsicherheitssysteme.

https://www.ict.fraunhofer.de/de/veranstaltungen_messen/veranstaltungen/airbag.html

→ Ihre Perspektive bringt uns weiter!



Gefällt Ihnen unser KAMO.Magazin? Gefällt es Ihnen nicht? Welche Ideen bewegen Sie? Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, und gestalten Sie die Zukunft mit.

Zum Beispiel auch durch Teilnahme an unserer Online-Befragung zur aktuellen Ausgabe:

<https://www.kamo.one/magazin-feedback-06-2024/>

KAMO.Magazin

[kamo.one/magazin](https://www.kamo.one/magazin)

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7
76327 Pfinztal

ISSN (Print) 2941-7511

ISSN (Online) 2941-7554

© Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

KAMO: Karlsruhe Mobility — Leistungszentrum
www.kamo.one kamo.one/magazin



KAMO.Magazin
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7
76327 Pfinztal

Telefon +49 721 4640-0
Fax +49 721 4640-111
info@ict.fraunhofer.de
www.ict.fraunhofer.de

Erscheinungsort
Karlsruhe

Redaktionsschluss
06/2024



ISSN (Print) 2941-7511
ISSN (Online) 2941-7554

© Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.