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&qs=w%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.

→ **Kontakt**

[1] Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- [A] Institut für Verkehrswesen (IfV)
- [B] Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON)

Die Anwendung solcher Modelle stellt hohe Anforderungen an Datenbedarf und Modellkalibration. Ein hoher Detailierungsgrad 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 ermöglichen, 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.

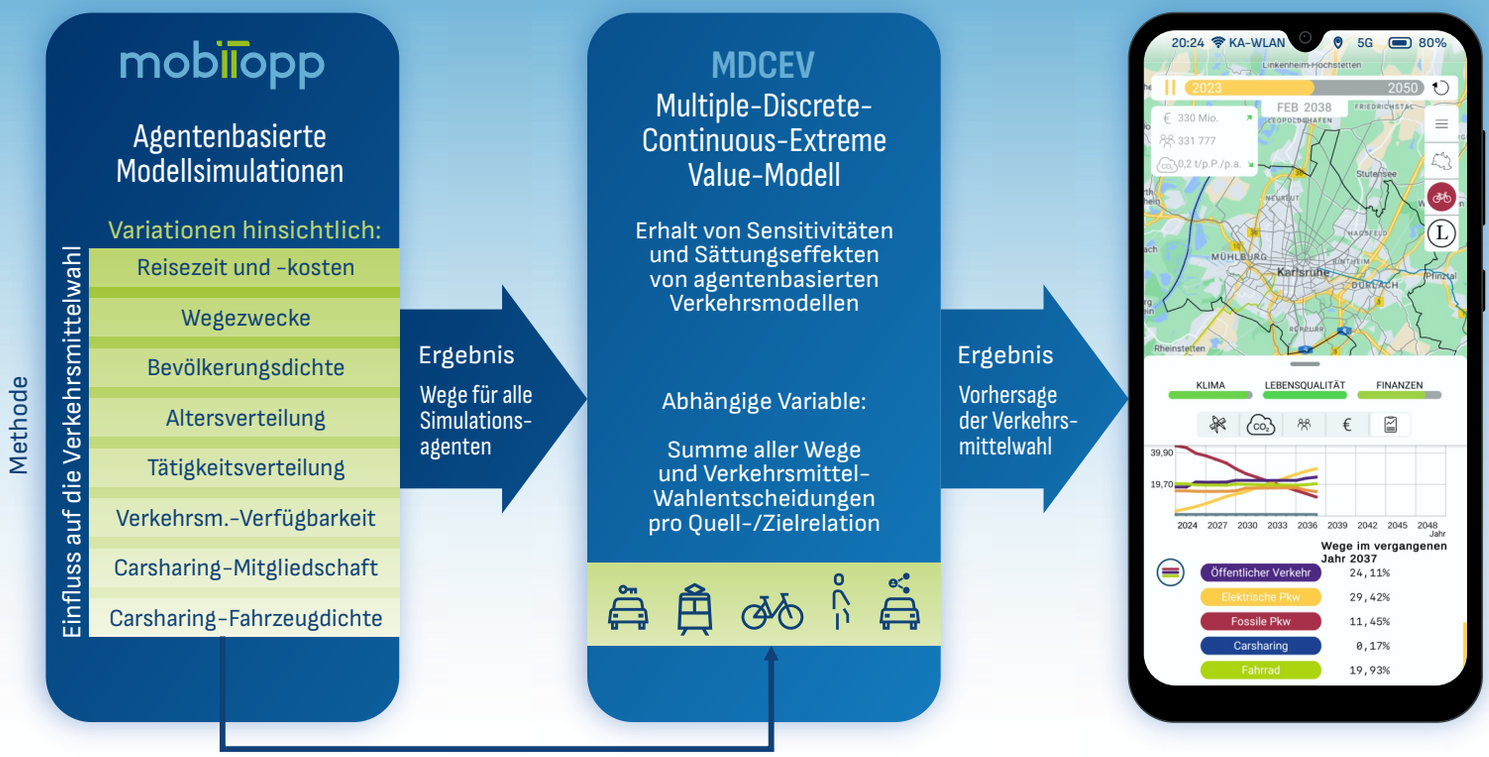


Abb. 1: Überblick über das Zusammenspiel der Methoden.

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 Verkehrsmitteleigenschaften (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 Verkehrsnachfragemodelles 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 Verkehrsmittelwahl 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 Korflesch (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!

Fraunhofer ICT

Fraunhofer ISI

Fraunhofer IOSB

Fraunhofer IWM

KIT Karlsruher Institut für Technologie

FZI

Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences

HKA