



PROFILREGION
MOBILITÄTSSYSTEME
KARLSRUHE

»URBANE MOBILITÄT IM WANDEL«

ERGEBNISSE DER PROFILREGION MOBILITÄTSSYSTEME KARLSRUHE

AUTOREN

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Dr. Till Gnann, Dr. Uta Burghard, Dr. Claus Doll, Dr. Elisabeth Dütschke, Dr. Joachim Globisch, Dr. Tim Hettesheimer, Konstantin Krauß, Dr. Cornelius Moll, Dr. Patrick Plötz, Aline Scherrer, Dr. Johannes Schuler, Prof. Dr. Martin Wietschel

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Tobias Burgert

KIT-Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON)

Lukas Leisener, Dr. Eckhard Szimba

KIT-Institut für Verkehrswesen (IfV)

Dr. Martin Kagerbauer, Anna Reiffer, Gabriel Wikes

KIT-Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)

Nora Baumgartner

KIT-Institut Entwerfen von Stadt und Landschaft (IESL)

Han Baek, Prof. Dr. Barbara Engel, Daniel Grenz

KIT-Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Andreas Czech, Maike Puhe, Jens Schippl

KIT-Karlsruhe Service Research Institute (KSRI)

Dr. Melanie Reuter-Oppermann (hat im Projektverlauf ihre Arbeit am KIT beendet und arbeitet jetzt an der TU Darmstadt.)

PROFILREGION MOBILITÄTSSYSTEME KARLSRUHE

Die Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe ist ein Netzwerk der Karlsruher Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Mobilitätsforschung, die gemeinsam in einem Leistungszentrum effiziente, intelligente und integrierte Lösungen entwickeln. Den wissenschaftlichen Kern bilden die Gründungspartner Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die in Karlsruhe ansässigen Fraunhofer-Institute ICT, IOSB, ISI und IWM, die Hochschule Karlsruhe und das FZI Forschungszentrum Informatik. Weitere Informationen finden sich unter: ► www.profilregion-ka.de



INHALT

- 6 EINLEITUNG UND ÜBERBLICK**
- 8 LOKAL UND GLOBAL HANDELN – WAS BESTIMMT NACHHALTIGE MOBILITÄT IM ALLTAG UND FÜR FREIZEITREISEN IN DIE FERNE?**
- 10 VERBREITUNG DER KAUFBEREITSCHAFT FÜR ELEKTROFAHRZEUGE DURCH NACHBARSCHAFTSEFFEKTE**
- 12 ANGEBOT UND NACHFRAGE NEUER MOBILITÄTSFORMEN**
- 14 STÄDTEBAULICHE UND SOZIOÖKONOMISCHE IMPLIKATIONEN NEUER MOBILITÄTSFORMEN**
- 18 ROLLE UND VERBREITUNG DES BETRIEBLICHEN MOBILITÄTSMANAGEMENTS IN DER REGION KARLSRUHE**
- 20 FLOTTENELEKTRIFIZIERUNG – AM BEISPIEL DER KARLSRUHER TAXIFLOTTE**
- 22 CITY-LOGISTIK UND WIRKUNGEN AUF DEN PERSONENVERKEHR**
- 26 IM STRASSENVERKEHR SIND VIEL STÄRKERE POLITIKMASSNAHMEN ZUR SENKUNG DER CO₂-EMISSIONEN ERFORDERLICH**
- 28 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE**
- 30 LITERATUR**



PROFILREGION
MOBILITÄTSSYSTEME
KARLSRUHE

»URBANE MOBILITÄT IM WANDEL«



NEUE
MOBILITÄTS-
KONZEPTE



ALTERNATIVE
ANTRIEBE



BETRIEBLICHES
MOBILITÄTS-
MANAGEMENT



ELEKTRO-
TAXI



VERÄNDERUNGEN
DES STADTBILDS
DURCH MOBILITÄTS-
KONZEPTE



CITY-LOGISTIK
UND WIRTSCHAFTS-
VERKEHR

EINLEITUNG UND ÜBERBLICK

Die Begrenzung des Klimawandels ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Er geht einher mit einer wachsenden Weltbevölkerung und einem starken Trend zur Urbanisierung. Dabei ist eine Schwierigkeit, das globale Problem Klimawandel auch für einzelne Menschen greifbar zu machen, um sie zum Nachdenken über Alternativen zu motivieren. Dieses Dilemma verringert sich jedoch in Städten, wo die Auswirkungen schon jetzt spürbar sind.

»Fast allen großen Städten auf der Welt ist – unabhängig von ihrer geografischen und ökonomischen Lage und ihrem Entwicklungsstadium – eines gemeinsam: Sie haben die Einwohner, die den Stadtraum immer noch in Massen bevölkern, zunehmend schlecht behandelt. Begrenzter Raum, Hindernisse, Lärm, Luftverschmutzung, Unfallrisiken und generell entwürdigende Lebensbedingungen sind typisch für die meisten Großstädte der Welt.« (Gehl 2010)

Der Trend zur Urbanisierung und der damit verbundene steigende Mobilitätsbedarf erhöht Platzprobleme, verursacht Staus und reduziert die Verkehrsgeschwindigkeit. Gleichzeitig zeigen sich in der Bevölkerung Tendenzen eines steigenden Umweltbewusstseins bezüglich Klimawandel, lokalen Emissionen und dem Wunsch nach einem grünen Stadtumfeld mit hoher Lebensqualität. Eine weitere wesentliche Herausforderung stellt hierbei vor allem auch die Alterung der Gesellschaft dar und das zunehmende Problem, dass sich nicht alle Bevölkerungsgruppen ihre gewünschte Mobilität leisten können und sich eine sogenannte Mobilitätsarmut verbreiten könnte. Aber Mobilität ist nicht nur für eine Wirtschaftsentwicklung wichtig, sondern auch für eine soziale Teilhabe.

»Die nachhaltige Stadt wird allgemein gefördert, wenn ein Großteil des Nahverkehrs als »grüne Mobilität« stattfindet, das heißt, wenn ihre Einwohner mehrheitlich zu Fuß, mit dem Rad oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln unterwegs sind. Diese Verkehrsarten bieten der lokalen Wirtschaft Marktvorteile und wirken umweltfreundlich, da sie Ressourcen sparen, Schadstoffemissionen verringern und den Lärmpegel senken. (...) Ein gut geplanter öffentlicher Raum und ein gutes Verkehrssystem gehören somit untrennbar zusammen.« (Gehl 2010)

Um diesen Herausforderungen begegnen zu können, müssen neue Mobilitätsangebote, Mobilitätsformen und emissionsarme Antriebe entwickelt und eingesetzt werden, um den Wandel der urbanen Mobilität zu gestalten.

Im Rahmen des Profilregion-Teilprojekts »Urbane Mobilität im Wandel« erforschten zahlreiche Forscher:innen der Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe unterschiedliche Aspekte der urbanen Mobilität. Die Ergebnisse werden in dieser Broschüre kurz dargestellt und durch weiterführende Literatur ergänzt, die im Rahmen des Projekts entstanden ist.

Die Verhaltensweisen einzelner Nutzer:innen und ihre Bereitschaft zu nachhaltiger Mobilität wird im ersten Beitrag beleuchtet. Dabei geht es vor allem um die Bewertung von nachhaltiger Alltagsmobilität und Fernreisen (Abschnitt 1). Anschließend wird die Kaufbereitschaft von Elektrofahrzeugen als ein Beispiel nachhaltiger Mobilität untersucht. Analysiert wird hier vor allem, wie sich die individuelle Kaufbereitschaft durch Meinungen von Freunden oder Bekannten verändert (Abschnitt 2).

Der detaillierten Untersuchung der Annahme von neuen Mobilitätskonzepten widmet sich Abschnitt 3. Dort werden die Ergebnisse einer Umfrage mit über 3.000 Personen und ihrer Einstellung zu Carsharing, Bikesharing, E-Scootern und Ride-sharing vorgestellt. Abschnitt 4 widmet sich den Wechselwirkungen neuer Mobilitätsformen mit Nutzerverhalten und städtebaulichen Perspektiven. Zur Bewertung möglicher Entwicklungen werden Nachhaltigkeitsindikatoren angewendet. Auch automatisierte Angebote werden betrachtet. Dabei stehen städtebauliche Implikationen wie auch die Auswirkungen des autonomen Fahrens auf die individuellen Nutzerkosten im Mittelpunkt.

Eine wichtige Rolle für den Verkehr in Städten bildet der Verkehr von und zu Unternehmen. Der Arbeitsweg der Arbeitnehmenden kann durch unterstützende Maßnahmen des Unternehmens im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements nachhaltiger gestaltet werden. Hierzu wurden über 160 Unternehmen in der Region Karlsruhe zu ihren Maßnahmen in diesem Bereich befragt, deren Ergebnisse in Abschnitt 5 dargestellt sind. Weiter kann die Elektrifizierung von Taxis einen Beitrag zur lokalen Emissionsfreiheit leisten. Eine beispielhafte Analyse der Karls-

ruher Taxiflotte findet sich in Abschnitt 6. Die gesamte Belieferung mit Waren durch Unternehmen spielt nicht erst seit der Corona-Krise eine wichtige Rolle. Eine Analyse nachhaltiger Logistikkonzepte und ihrer Auswirkungen auf den Personenverkehr bietet Abschnitt 7.

Zu guter Letzt gilt es natürlich auch für die Politik, Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensqualität in Städten zu leisten. Einen Beitrag zu Maßnahmen der Emissionsminderung im Straßenverkehr liefert Abschnitt 8. Abschnitt 9 fasst die wichtigsten Erkenntnisse aus diesen Arbeiten zusammen.

1. LOKAL UND GLOBAL HANDELN – WAS BESTIMMT NACHHALTIGE MOBILITÄT IM ALLTAG UND FÜR FREIZEITREISEN IN DIE FERNE?

Beim Mobilitätsverhalten wird zwischen Alltagsmobilität und Freizeitreisen unterschieden. Als Alltagsmobilität wird das Zurücklegen kürzerer Distanzen, beispielsweise der Weg zur Arbeit oder zum Einkaufen bezeichnet. Das Auto ist dabei das am häufigsten genutzte Verkehrsmittel. Der Begriff Freizeitreisen steht für Mobilität über längere Distanzen (> 400 km). Hier sind besonders die hohen Zuwächse im Flugverkehr zu beachten – zumindest bis zum Zeitpunkt der Corona-Krise. Die CO₂-Emissionen im Individualverkehr lassen sich zu gleichen Anteilen auf Alltagsmobilität und Freizeitreisen zurückführen. Bisherige Studien beschäftigten sich häufiger mit Alltagsmobilität als mit Freizeitmobilität, sehr wenige Studien betrachteten bisher beide Mobilitätsbereiche. Eine der Forschungsarbeiten in der Profilregion beschäftigte sich deshalb mit dem Schließen dieser Forschungslücke in Zusammenarbeit mit einem studentischen Forschungsvorhaben an der Hochschule Darmstadt.

Der Fokus lag auf dem Zusammenhang zwischen psychologischen sowie sozio-demographischen Faktoren bei der Verkehrsmittelwahl in der Alltagsmobilität als auch bei Freizeitreisen. Dafür erfolgte 2019 eine nach Alter und Geschlecht repräsentative Befragung von 1.982 Personen, die in Besitz eines Führerscheins waren. Es wurde sowohl die aktuelle Verkehrsmittelwahl als auch die für die Zukunft beabsichtigte betrachtet. Für die Alltagsmobilität wurde dabei die Autonutzung mit umweltfreundlicheren Mobilitätsoptionen wie ÖV (öffentlicher Verkehr) und Fahrrad kontrastiert, für Freizeitreisen die Wahl des Flugzeugs im Vergleich zu anderen Optionen.

Abbildung 1 zeigt anteilig die aktuelle Verkehrsmittelwahl der befragten Personen. Das aktuelle Mobilitätsverhalten im Alltag wurde erhoben, indem die Befragten den Anteil der mit dem Auto zurückgelegten Wege an den insgesamt zurückgelegten

Wegen innerhalb der letzten drei Tage angaben. Es zeigte sich erwartungsgemäß, dass eine häufigere Nutzung des Autos insbesondere durch eine höhere Anzahl an Autos im Haushalt vorhergesagt werden konnte. Ein weiterer, mit häufiger Autonutzung zusammenhängender Faktor waren der wahrgenommene Aufwand für die Nutzung einer umweltfreundlicheren Alternative, wie beispielsweise ein höherer Zeitaufwand oder weniger Komfort. Wahrgenommene Verhaltenskontrolle, d. h. die Abhängigkeit vom Auto als Verkehrsmittel, und umweltfreundliche Gewohnheiten erklärten am besten die Nutzung von Alternativen zum Auto.

Der beabsichtigte Autoverzicht wurde mit Blick auf die nachfolgende Woche erfragt. Hier spielten erneut der wahrgenommene Aufwand und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle eine wichtige Rolle: Personen, die den Aufwand als höher wahrnehmen sowie den Autoverzicht als schwierig empfinden (wahrgenommene Verhaltenskontrolle), beabsichtigen eher nicht, auf das Auto zu verzichten. Weitere Faktoren, die die Absicht zum Autoverzicht eher begünstigen, waren umweltfreundliche Gewohnheiten, die persönliche Norm, ein Wohnort in der Stadt (vs. Land) und ein niedrigeres Alter.

Die retrospektive Flugzeugnutzung wurde, analog zur Autonutzung, als Anteil mit dem Flugzeug zurückgelegter Freizeitreisen an allen Freizeitreisen (> 400 km) während der vergangenen zwei Jahre gemessen. Hier konnte gezeigt werden, dass sozio-ökonomische Faktoren wie eine höhere Bildung, Berufstätigkeit (vs. Arbeitslosigkeit), ein höheres Einkommen und Wohnort in der Stadt (vs. Land) mit einem höheren Anteil an mit dem Flugzeug zurückgelegter Freizeitreisen einhergingen. Auch die Annahme, dass Urlaubserlebnisse nur an fernen Orten erfahrbar seien, erklärten einen Teil der retrospektiven Flugzeugnutzung. Dagegen wurde die Nutzung

Verkehrsmittelwahl für Alltag und Freizeit

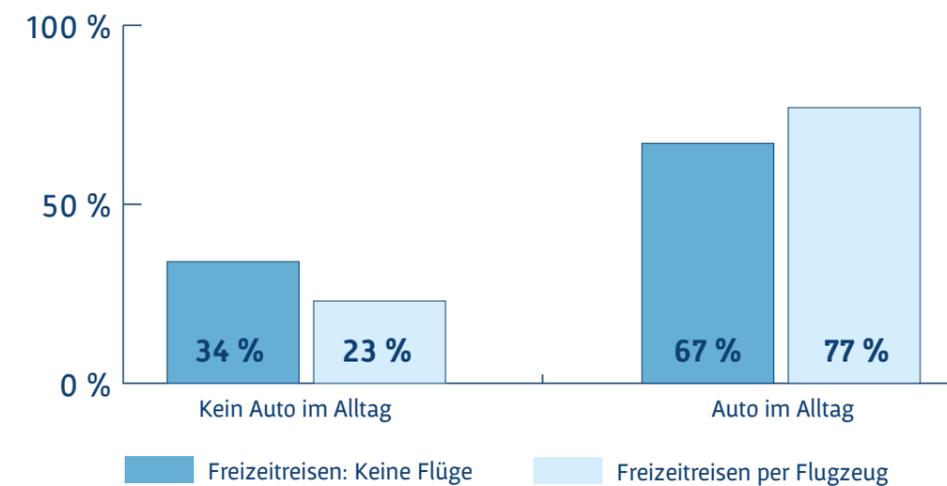


Abbildung 1: Verkehrsmittelnutzung im Alltag (Autoverzicht vs. Autonutzung) und für Freizeitreisen (Flugverzicht vs. Flugnutzung).

umweltfreundlicher Alternativen zum Flugzeug erneut durch die wahrgenommene Verhaltenskontrolle vorhergesagt.

Die Intention, auf Freizeitreisen mit dem Flugzeug zu verzichten, wurde analog zum Autoverzicht und mit Blick auf die nächste Reise erhoben. Hier zeigte sich, dass die wahrgenommene Verhaltenskontrolle Flugzeugverzicht begünstigt. Weitere Faktoren, die mit einer stärkeren Absicht zum Verzicht auf Flugreisen einhergingen, waren unter anderem ein Wohnort in der Stadt (vs. Land) und umweltfreundliche Gewohnheiten.

Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle zeigte sich sowohl für die Alltagsmobilität als auch für Freizeitreisen als der zentrale Faktor im Zusammenhang mit mobilitätsfreundlichem Verhalten. Der Frage, wie sich die wahrgenommene Verhaltenskontrolle in der Bevölkerung zukünftig erhöhen lässt, kommt daher eine zentrale Stellung zu.

DANKSAGUNG

► Das Fraunhofer ISI dankt der Projektgruppe an der Hochschule Darmstadt für die gute Kooperation bei Entwicklung und Auswertung der Befragung:
Lukas Engel, Silke Fett, Alina Mathewes, Andreas Rütthlein, Luise Scheler, Anna-Lou Strater, Anna Theis, Jonas Weiler, Prof. Dr. Daniel Hanss.

2. VERBREITUNG DER KAUFBEREITSCHAFT FÜR ELEKTROFAHRZEUGE DURCH NACHBARSCHAFTSEFFEKTE

Eine Zielsetzung des Projektes bestand darin, die Wahrnehmung und den Einfluss von sozialen Normen auf die Kaufbereitschaft für Elektrofahrzeuge zu untersuchen. Konkret ging es um die Beantwortung von zwei Forschungsfragen:

- Inwieweit hängt die Kaufbereitschaft für ein Elektrofahrzeug damit zusammen, ob jemand glaubt, dass nahestehende Personen eine positive oder negative Haltung zur Elektromobilität haben?
- Inwieweit stimmt die tatsächliche und die vermutete Einstellung von nahestehenden Personen zur Elektromobilität überein?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein sogenannter »Snowball-Survey« durchgeführt. Bei dieser Form der Befragung wird zunächst der Link zu einem Online-Fragebogen an einige Personen verschickt. Diese Personen können, nachdem sie den Fragebogen beantwortet haben, den Link zum Online-Fragebogen an weitere Personen weiterleiten, die den Link nach erfolgter Teilnahme ihrerseits auch wieder weiterleiten können (etc.). Mit Blick auf Frage 2 bietet dieses Erhebungsdesign die Möglichkeit, zunächst Fragen zur vermuteten Einstellung nahestehender Personen gegenüber der Elektromobilität zu stellen und diese im Anschluss mit Angaben dieser Personen zu ihrer tatsächlichen Einstellung abzugleichen.

Im Rahmen der Befragung wurden auswertbare Angaben von insgesamt 1.053 Personen erhoben. Davon waren 102 Befragte Teil eines sog. Ego-Alter-Paares, d. h., es lagen Informationen des Egos (Sender) zur vermuteten Einstellung der Alteri (Empfänger) sowie Selbstauskünfte der Alteri zu ihrer tatsächlichen Einstellung vor. Im Rahmen einer linearen Regressionsanalyse auf Grundlage der Gesamtstichprobe (n= 1053) zeigte sich, dass die vermutete Einstellung nahestehender Personen einen signifikant positiven Effekt hat. Je positiver die Einstellung des eigenen Umfelds eingeschätzt wird, desto höher ist die berichtete Kaufbereitschaft. Für die Teilstichprobe mit vorliegenden Ego-Alter-Paaren (n= 102) wurde untersucht, wovon Abweichungen zwischen vermuteter und tatsächlicher Einstellung der Alteri abhängen. Zwar zeigte sich, dass vermutete und tatsächliche Einstellung in den meisten Fällen übereinstimmen (78 %). Wenn es jedoch Abweichungen gibt, so wird die Meinung der anderen zur Elektromobilität i.d.R. negativer eingeschätzt als sie tatsächlich ist (in 21 % der Fälle). Entsprechend ist anzunehmen, dass Maßnahmen, die zum Austausch über Elektromobilität anregen, einen positiven Einfluss auf die Diffusion von Elektrofahrzeugen haben können. Dies liegt daran, dass nach einem entsprechenden Austausch die Meinung anderer (die einen signifikant positiven Effekt auf die Kaufbereitschaft hat) besser und dadurch in vielen Fällen positiver eingeschätzt werden dürfte.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

► **Schelchshorn, T. (2020): Der Einfluss des sozialen Umfelds auf die individuelle Akzeptanz von Elektromobilität: Eine egozentrische Netzwerkanalyse zu Adopter-Gruppen von Elektroautos (Masterarbeit). Universität Konstanz.**

Hypothese	Ergebnis
H1: Je höher die Innovationsfreude des Egos, desto positiver ist die Ausprägung seiner Akzeptanz.	bestätigt
H2: Je positiver die wahrgenommenen normativen Erwartungen der Alterigruppe hinsichtlich des Kaufs eines Elektroautos, desto positiver ist die Ausprägung der Akzeptanz.	bestätigt
H3a: Je höher das wahrgenommene Umweltbewusstsein der Alterigruppe, desto positiver ist die Ausprägung der Akzeptanz des Egos.	nicht bestätigt; negativer Zusammenhang festgestellt
H3b: Je höher die wahrgenommene Technikaffinität der Alterigruppe, desto positiver ist die Ausprägung der Akzeptanz des Egos.	nicht bestätigt
H4: Je höher die wahrgenommene technikspezifische Selbstwirksamkeitserwartung der Alterigruppe, desto positiver ist die Ausprägung der Akzeptanz des Egos.	nicht bestätigt

Abbildung 2: Geprüfte Hypothesen und Ergebnisse im Rahmen des Snowball-Surveys.

3. ANGEBOT UND NACHFRAGE NEUER MOBILITÄTSFORMEN

Die urbane Mobilität wird seit einigen Jahren zunehmend auch von neuen Mobilitätsdiensten wie Carsharing (geteiltes Nutzen von Autos), Bikesharing (geteiltes Nutzen von Fahrrädern / Pedelecs), Ridepooling (gemeinsam genutzter Bedarfsverkehr ähnlich einem Sammeltaxi) und zuletzt auch dem E-Scootersharing (geteiltes Nutzen von E-Scootern) geprägt. Diese Dienste ermöglichen multimodales Mobilitätsverhalten: Verkehrsmittel werden so effizient und effektiv wie möglich kombiniert. Ihre Effekte werden kontrovers diskutiert: Einerseits können sie das Verkehrsaufkommen durch ihren geteilten und mikro-mobilen Charakter entlasten sowie die Verkehrsmittelnutzung und damit den Modal-Split verändern (bspw. Reduktion des motorisierten Individualverkehrs). Andererseits können sie durch günstige Preise und erhöhten Komfort für erhöhtes Verkehrsaufkommen sorgen (sog. Rebound-Effekt). Daher wird in diesem Teil des Projekts untersucht, wer warum welchen Dienst für welche Wege nutzt.

Voraussetzung für die Nutzung der neuen Mobilitätsangebote ist deren Bekanntheit. Eine Befragung von rund 3.000 Personen in deutschen Großstädten mit über 100.000 Einwohner:innen (Krauss et al. 2020) zeigt, dass Carsharing sehr bekannt ist (93 % kennen dieses Angebot). Bikesharing (69 %), E-Scootersharing (53 %) und Ridesharing (47 %) sind dagegen noch weniger bekannt. Um das theoretische Nutzungspotenzial abzufragen, wurden die Mobilitätsdienste objektiv erläutert und im Anschluss abgefragt, für welche Wegezwecke (z. B. Arbeits- vs. Freizeitwege) die Dienste infrage kämen (s. Abbildung 3 für E-Scooter).

Unsere Ergebnisse zeigen Nutzungspotenziale, die sich stark zwischen den verschiedenen Diensten und Wegezwecken unterscheiden. Während stationsbasiertes Carsharing ein eher verhaltenes Potenzial von ca. 12 % über die verschiedenen Wegezwecke zeigt, steigt das Nutzungspotenzial beim stations-

freien Carsharing um rund 20 %. Bikesharing können sich rund 35 % der Befragten zur Nutzung vorstellen. Das E-Scootersharing zeigt die höchsten Nutzerpotenziale: Bis zu 64 % können sich für kurze Strecken eine Nutzung vorstellen. Ebenso vielversprechend zeigt sich das bisher weniger verbreitete, aber stark wachsende Ridepooling. Bei nächtlichen Freizeitwegen können sich bis zu 58 % der Befragten vorstellen, einen solchen Dienst zu nutzen. Doch auch tagsüber werden Nutzungspotenziale von knapp 40 % erreicht.

Die Betrachtung und Analyse früher Nutzer:innen einer Innovation (sog. Early Adopter), im vorliegenden Fall also Personen, die besonders affin gegenüber neuen Mobilitätsdiensten sind und diese schon jetzt nutzen, gibt Aufschluss über die weitere Verbreitung der betrachteten Dienste. Im Rahmen der Untersuchung wurden die sozio-demographischen und mobilitätsbezogenen Merkmale von NutzerInnen mit denen von Personen verglichen, die diese Dienste (noch) nicht nutzen. Anwender:innen aller vier Dienste sind jünger als solche, die diese Dienste noch nicht nutzen, und sie sind häufiger männlich. Car- und Bikesharing werden zudem häufiger von Vollzeitbeschäftigten und von Personen mit höherem Bildungsniveau genutzt. Ein höheres Bildungsniveau weisen auch NutzerInnen von Ridepooling auf. Beim E-Scootersharing zeigt sich andererseits, dass sowohl der Zusammenhang mit dem Erwerbsstatus schwächer ist, als auch eine Benutzung über alle Bildungsschichten hinweg stattfindet. Die Mehrheit der Nutzer:innen der Sharing-Angebote verfügt oft oder immer über einen Pkw im Haushalt. Dennoch zeigt sich, dass die Nutzer:innen weniger oft ein Auto zur Verfügung haben als Personen, die diese Angebote nicht nutzen. Als Zielgruppe für Maßnahmen zur weiteren Verbreitung von Sharing-Angeboten eignen sich daher aktuell vor allem Personen, die diesem Profil der Early Adopter von Sharing-Diensten entsprechen und / oder diesen Diensten offen gegenüberstehen.

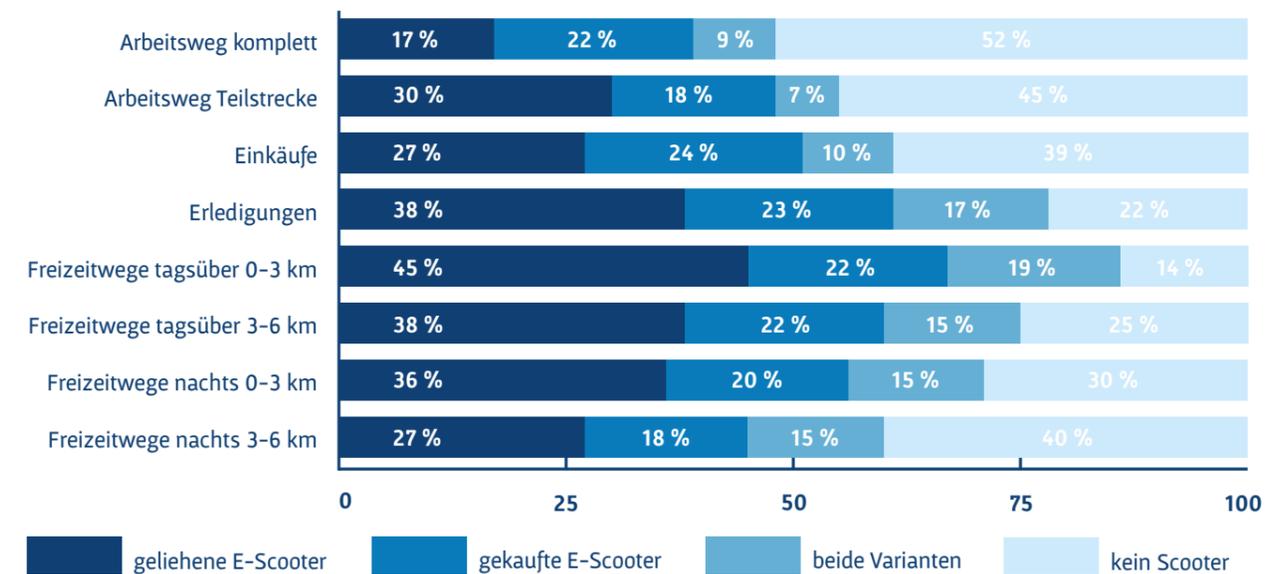


Abbildung 3: Nutzungsabsicht für E-Scooter in Abhängigkeit des Wegezwecks. (Frage: »Für welche Arten von Wegen könnten Sie sich die Nutzung von elektrischen Tretrollern vorstellen?« Dabei konnten die Befragten zwischen »geliehen«, »gekauft« und »kommt nicht in Frage« wählen.)

Die Analysen weisen darauf hin, dass speziell bei Einkaufs- und Freizeitwegen ein hohes Potenzial für Mobilitätsdienste besteht. Sharing-Dienste können hier ihre Flexibilität ausspielen. Kommunikation, Buchungs- und Abstellmöglichkeiten im Einzelhandel, bei Jugend- und Freizeiteinrichtungen sowie in Schulen und Firmen bieten hier Chancen. Der ÖPNV muss diese Angebote aufgreifen und in sein Angebot integrieren, um negative Effekte zu vermeiden. Die Forschung muss die großen Wissenslücken über das Verkehrs- und Nachfrageverhalten in der urbanen Mobilität durch aufmerksame Beobachtung, Befragung und Experimente schließen, um gute Politikempfehlungen geben zu können.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Krauss, K.; Scherrer, A.; Burghard, U.; Schuler, J.; Burger, A.; Doll, C. (2020): *Sharing Economy in der Mobilität – Potenzielle Nutzung und Akzeptanz geteilter Mobilitätsdienste in urbanen Räumen in Deutschland. Working Papers Sustainability and Innovation No. S 06 / 2020.* Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Krauss, K.; Göddeke, D.; Gnann, T. (2020): *What drives the usage of shared transport service? An impact analysis*

of supply and utilization of mobility services in German cities. 20th Swiss Transport Research Conference (STRC), Mai 2020.

► Krauss, K.; Scherrer, A.; Burghard, U.; Doll, C.; Schuler, J.; Niessen, P. (2021): *Shared Mobility Facts: Wie lassen sich (geteilte) Mobilitätsdienste erfolgreich in kommunale Mobilitätssysteme integrieren – und wer nutzt sie?* Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

► Krauss, K.; Burger, A.; Burghard, U.; Scherrer, A. (2021): *(Non-) Traffic related factors influencing the acceptance of shared transport services. 9th Symposium of the European Association for Research in Transportation (hEART), Februar 2021.*

► Burghard, Uta; Scherrer, Aline (2021): *SHARING VEHICLES OR SHARING RIDES – WHAT INFLUENCES THE ACCEPTANCE OF SHARED MOBILITY SERVICES IN GERMANY? BEHAVE 2020-2021 – 6th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency, 21-23 April 2021.* Virtual conference.

4. STÄDTEBAULICHE UND SOZIOÖKONOMISCHE IMPLIKATIONEN NEUER MOBILITÄTSFORMEN

In zwei Tasks werden interdisziplinär, mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen, Entwicklungspotenziale und Folgen neuer Mobilitätsformen mit Bezug zur Karlsruher Oststadt untersucht.

TASK 1: WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN INNOVATIVEN MOBILITÄTSFORMEN UND STÄDTEBAULICHEN ENTWICKLUNGEN IN DER KARLSRUHER OSTSTADT

Im Mittelpunkt der Zusammenarbeit steht die Frage, inwiefern neue Mobilitätsangebote und städtebauliche Aufwertungen die soziale Akzeptanz von restriktiven Maßnahmen zur Reduktion des ruhenden und fahrenden Pkw-Verkehrs in der Karlsruher Oststadt erhöhen können. Weiter wird untersucht, wie sich solche verkehrlichen und städtebaulichen Änderungen mit Nachhaltigkeitsindikatoren im Vergleich zum aktuellen Mobilitätsangebot bewerten lassen.

Viele Städte zielen darauf ab, die Anzahl und Nutzung privater Pkw in urbanen Räumen zu reduzieren, um mehr Raum für andere Verkehrsmittel zu schaffen sowie die Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums zu erhöhen. Dabei wird u. a. argumentiert, dass ohne ein gewisses Maß an »sozialer Akzeptanz« von restriktiven Maßnahmen zur Reduzierung privater Pkw keine Transition des gegenwärtigen Mobilitätssektors zu erwarten ist. Angebotserweiterungen, wie neue, oft digital gestützte Mobilitätsangebote wie zum Beispiel Elektroroller, Leihräder, flexible Shuttlebusse oder verschiedene Formen von Car-Sharing allein, so die Argumentation, reichen nicht aus, um zu einem nachhaltigeren urbanen Verkehrssystem zu gelangen (Schippel,

Arnold 2020). Wie diese soziale Akzeptanz konkret aussehen kann, gilt es jedoch weiterhin zu erforschen.

In diesem Zusammenhang wird u. a. davon ausgegangen, dass das Mobilitätsverhalten eng mit der Alltagsgestaltung und somit mit den sozialen Netzwerken der Menschen verbunden ist (Puhe et al. 2021). Mit dieser Annahme verändern Restriktionen im Verkehrsangebot nicht nur die generalisierten Kosten des Verkehrs (z. B. Zeit und Kosten je Verkehrsmittel), sondern wirken hinein in die Arbeitswelt, den Familienalltag, das Konsumverhalten oder die Art und Weise wie freundschaftliche Beziehungen gepflegt werden. In Bezug auf die Bereitschaft zur Änderung von Mobilitätsmustern kommen den vielfältigen Beziehungsgeflechten der Menschen damit eine besondere Bedeutung zu und sollten auch für die soziale Akzeptanz von restriktiven Maßnahmen eine relevante Rolle spielen.

Der Akzeptanz-Begriff ist in der Wissenschaft vielfältig (Wüstenhagen et al. 2007). Unser Akzeptanzverständnis geht davon aus, dass Menschen aufgrund gewisser Vorteile bereit sind, Änderungen »zu akzeptieren«, obwohl diese vielleicht gleichzeitig mit Nachteilen oder »Zumutungen« (Grunwald 2019) verbunden sind. Daran anknüpfend lässt sich vermuten, dass eine Reduktion des ruhenden und fahrenden Pkw-Verkehrs eher akzeptiert wird, wenn damit Maßnahmen verbunden sind, die als Aufwertung und damit als Verbesserung der Lebensqualität im Stadtquartier wahrgenommen werden.

Vor diesem Hintergrund werden in dem Projekt leitfadengestützte Interviews mit Einwohner:innen der Karlsruher Oststadt mit folgenden Kernfragen geführt:



Abbildung 4a+b: Visualisierung einer fiktiven Umnutzung einer Straße in der Karlsruher Oststadt. Links: aktuelle Situation; rechts: fiktive Situation.

- Wie passen neue Mobilitätsdienstleistungen zu den Alltagskonfigurationen der Bürger:innen, bzw. zu welchen Verhaltensänderungen könnten solche Angebote führen?
- Welche Bedeutung hat die Gestaltung des Stadtteils für die Wohnstandortwahl und die wahrgenommene Lebensqualität?
- (Inwieweit) erhöhen städtebauliche Aufwertungen die Akzeptanz regulativer / baulicher Restriktionen für Pkw bei den Bürgern?

Dafür werden Mobilitätstagebücher und Interviews (jeweils zwei Interviews pro Person) eingesetzt. Die folgenden zwei Bevölkerungsgruppen werden in die Studie einbezogen: Erstens jüngere Erwachsene ohne Kinder, bei denen von relativ hohen Freiheitsgraden in der Alltagsgestaltung ausgegangen werden kann. Zweitens Erwachsene, die mit Kindern im Grundschulalter und jünger in einem Haushalt leben, bei denen von relativ geringen Freiheitsgraden in der Alltagsgestaltung ausgegangen werden kann. Um die Entwicklung von Vorstellungen und Meinungen zu städtebaulichen Änderungen zu unterstützen, werden den Interviewten fiktive Zukunftsbilder von Situationen in der Karlsruher Oststadt gezeigt, die bewusst stark und deutlich gewählt sind (vgl. Abbildung 4). Bisher wurden 13 Interviews durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass neue Mobilitätsdienstleistungen durchaus positiv bewertet werden. Viele Befragte können sich vorstellen, ihren privaten Pkw ab-

zuschaffen und Fahrten, für die ein Pkw notwendig ist, wie z. B. Einkaufsfahrten, mit Carsharing-Fahrzeugen zu ersetzen. Einige der Interviewpartner:innen nutzen bereits Carsharing. Grundvoraussetzung für die Nutzung von Carsharing ist jedoch ein attraktiver und gut ausgebauter ÖPNV. Der Nutzen von E-Scooter-Sharing wird jedoch in Bezug auf seine Umweltauswirkungen und die Stadtgestaltung vielfach in Frage gestellt. Städtebauliche Aufwertungen, wie im Bild unten zu sehen, werden meistens durchaus positiv gesehen und mit steigender Lebensqualität verbunden. Restriktionen für private Pkw werden vereinzelt kritisch gesehen, insbesondere dann, wenn sie diesen für ihre aktuelle Alltagsgestaltung benötigen. Parkplätze in Garagen am Stadtrand kommen für mehrere Befragte mit eigenem Pkw als Alternative zum Parken im öffentlichen Raum in Frage. Städtebauliche Entwicklungsoptionen sind durchaus vorhanden, deren Umsetzbarkeit ist weiter zu prüfen.

Zudem kommt für eine umfassende Bewertung der Nachhaltigkeit der Karlsruher Oststadt ein Indikatorensystem aus dem Projekt »SuMo-Rhine« (SuMo-Rhine 2021) zur Anwendung. Mobilitätsindikatoren sind insbesondere für Städte und Kommunen ein nützliches Instrument, um positive wie auch negative Effekte des Verkehrs zu erfassen, Handlungsbedarfe zu identifizieren und Maßnahmen zur Gestaltung nachhaltiger Verkehrs- und Mobilitätskonzepte zu bewerten. Gerade im kommunalen Raum besteht die Herausforderung einerseits darin, dem kleinräumigen Kontext gerecht zu werden und andererseits die Komplexität auf ein Maß zu reduzieren, sodass die Bewertungsergebnis-

se aussagekräftig, interpretierbar und im Dialog mit Akteuren als Entscheidungshilfe angewendet werden können. Bisher fehlten jedoch breit angelegte Fallstudien, in denen das Indikatorensystem angewendet werden konnte.

Daher verfolgte die Studie das Ziel, das Indikatorensystem aus dem SuMo-Rhine-Projekt zur Nachhaltigkeitsbewertung gegenwärtiger und zukünftiger urbaner Mobilitätskonzepte am Fallbeispiel der Karlsruher Oststadt anzuwenden. Dabei wurde das Indikatorensystem an die spezifischen Anforderungen der Nachhaltigkeitsbewertung auf Quartiersebene angepasst. Neben der Bewertung der Nachhaltigkeit des Mobilitätskonzepts im Istzustand wurden zwei mögliche Zukunftsszenarien entwickelt und hinsichtlich deren Nachhaltigkeit mit dem Ist-Zustand verglichen. Im Fokus dieser Studie stand die Frage, wie sich die Nachhaltigkeit durch eine Verlagerung des öffentlichen und privaten Parkraums sowie einer Weiterentwicklung des ÖPNV-Angebots und der Förderung alternativer Mobilitätsangebote (z. B. Carsharing) in den Indikatoren widerspiegelt.

In der Studie konnte gezeigt werden, dass durch die Einbindung der Szenarien die Bewertungsindikatoren sensitiv auf Veränderungen im Mobilitätssystem reagieren. So verändern sich eine Vielzahl der Indikatoren in den Szenarien aufgrund von Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Im Rahmen einer Einflussanalyse wurden Wechselwirkungen zwischen Einflussgrößen und Indikatoren herausgearbeitet. Es wurden außerdem Schlüsselfaktoren identifiziert, die in den Szenarien zu Veränderungen der Indikatorperformances führen. Beispielsweise konnte für den Indikator Angebotsvielfalt gezeigt werden, dass dieser bereits im Ist-Zustand sehr gute Performancewerte aufweist. Durch den Ausbau des Car-Sharing-Angebots und den Bau zusätzlicher Fahrradabstellanlagen erhöht sich die Qualität in den beiden Szenarien weiter. Insgesamt konnten infrastruktureitige und städtebauliche Indikatoren aussagekräftige Bewertungsergebnisse in einem plausibel begründeten, abgeschlossenen System liefern. Außerdem konnten Anpassungen im Verkehrsaufkommen, die durch Änderungen im Mobilitätsverhalten hervorgerufen werden, präzise abgeschätzt werden. Somit lässt sich abschließend sagen, dass das Indikatorensystem des SuMo-Rhine-Projekts ein wertvolles Instrument für die Nachhaltigkeitsbewertung des Mobilitätssystems darstellt.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

► **Puhe, M.; Schippl, J.; Fleischer, T.; Vortisch, P. (2021): Stability and variability of travel decisions: an approach to analyse social network configurations. Transportation Research Record, accepted, forthcoming.**

► **Schippl, J.; Arnold, A. (2020): Stakeholders' Views on Multimodal Urban Mobility Futures: A Matter of Policy Interventions or Just the Logical Result of Digitalization? Energies, 13, 1788.**

TASK 2: AUSWIRKUNG DER VERÄNDERUNG DER NUTZERKOSTEN DURCH AUTONOME FAHRZEUGE AUF DIE MOBILITÄT IN DER KARLSRUHER OSTSTADT

Die Automatisierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) stellt eine bedeutende technologische Entwicklung für das urbane Verkehrssystem dar. Um die Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage abschätzen zu können, wird ein Szenario entwickelt, in welchem alle privat genutzten konventionellen Pkw durch voll automatisierte Pkw ersetzt werden, und welches auf die Karlsruher Oststadt angewandt wird. Berücksichtigt werden die Kostentreiber Wertverlust, Versicherung, Kraftstoff/Energie, Kfz-Steuer und Reifen. Kostenbestandteile wie Wartung, Parken oder Reinigung werden auch berücksichtigt, sind aber für konventionelle und autonome Fahrzeuge identisch. Ebenfalls identisch sind in dem Szenario die Jahresfahrleistung von 14.700 km (infas et al. 2018) und der Besetzungsgrad von 1,5 Personen pro Fahrt (infas et al. 2019).

Untersucht wurden ein Golf mit Benzinmotor (25.035 €), Dieselmotor (27.855 €) und Elektromotor (33.705 €). Für die autonomen Varianten wird ein Technikaufpreis von 8.000 € angenommen. Dies führt bei prozentual gleichem Wertverlust zu höheren Kosten (siehe Abbildung 4c.). Ein erwarteter Rückgang der Unfälle resultiert in 50 % geringere Versicherungskosten (Bösch et al. 2018). Ferner verbrauchen die autonomen Golfmodelle aufgrund angepasster Fahrprofile 10 % weniger Kraftstoff bzw. Energie (Stephens et al. 2016). Die monatlichen Fixkosten im

Veränderung von konventionellem zu autonomem Fahrzeug		Antriebsarten (VW Golf)		
		Benzin	Diesel	Elektro
Nutzerkosten konventionelles Fzg. (€/Pkm)		0,28	0,286	0,266
Kostenveränderung durch Automatisierung	Wertverlust (%)	+31,96	+28,72	+23,74
	Versicherung (%)	-50	-50	-50
	Kraftstoff/Energie (%)	-10	-10	-9,25
	Kfz-Steuer (%)	-30	-11,82	0
	Reifen (%)	-10	-10	-10
	Fahrzeug (gesamt) (%)	-3,57 %	-3,5 %	-2,63 %
Nutzerkosten autonomes Fzg. (€/Pkm)		0,27	0,276	0,259

Abbildung 4c: Veränderung der Nutzerkosten durch Automatisierung nach Level 5.

Stromtarif des eGolf reduzieren sich hingegen nicht. Durch den verringerten Verbrauch sinken die CO₂-Emissionen, was zu geringeren Kfz-Steuern für den Benzin- und Diesel-Golf führt. Die Reifenkosten für autonome Fahrzeuge sinken aufgrund einer schonenderen Fahrweise um 10 % (Bösch et al. 2016).

Die Nutzung eines autonomen Fahrzeugs erlaubt die Ausübung weiterer Tätigkeiten während der Fahrt (z. B. Arbeiten, Lesen), was dazu führt, dass sich die wahrgenommenen »Kosten« für die Reisezeit, insbesondere für Pendler und Geschäftsreisen, verändern. Unter Berücksichtigung anderer Arbeiten (z. B. Kolarova et al. 2019; Szimba und Hartmann 2020) wurde in einem Szenario der »Value-of-time« für Berufspendler:innen und Geschäftsreisende um 30 % verringert.

Diese veränderten Kostensätze und Zeitsensitivitäten haben auch Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage. Um diese Auswirkungen zu ermitteln, werden Kostensätze und Zeitintensitäten in das agentenbasierte Verkehrsnachfragemodell von Karlsruhe integriert (regiomove-Modell mit mobiTopp). Zudem wird angenommen, dass alle Bewohner:innen der Oststadt anstelle von

konventionellen Fahrzeugen autonome Fahrzeuge nutzen. Diese stehen ihnen bei der Verkehrsmittelwahl zur Verfügung. Das angewandte Modellframework erlaubt es dabei, differenziert auf die Fahrtzwecke einzugehen. Entsprechend der Erkenntnis, dass sich hauptsächlich bei Pendelwegen zum Arbeits- oder Ausbildungsplatz sowie beruflichen Wegen die Zeitsensitivität verändert, werden diese nur für diese Fahrtzwecke berücksichtigt. Die veränderten Kosten werden bei allen Pkw-Fahrten berücksichtigt. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Nutzung des MIV der Personen in der Oststadt insgesamt um ca. 2,5 % steigt, während insbesondere die Nutzung des ÖV zurückgeht. In zukünftigen Arbeiten kann die Modellierung weitergeführt werden, um differenziert unterschiedliche Fahrtweiten sowie die Effekte neuer Mobilitätsangebote wie autonomes Carsharing oder autonome Shuttles abzubilden.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

► **Szimba, E.; Hartmann, M. (2020): Assessing travel time savings and user benefits of automated driving – A case study for a commuting relation, Transport Policy.**

5. ROLLE UND VERBREITUNG DES BETRIEBLICHEN MOBILITÄTSMANAGEMENTS IN DER REGION KARLSRUHE

Unternehmen gelten als maßgeblicher Verursacher von Verkehr und damit von Schadstoff- und CO₂-Emissionen. Das Potenzial für die Verminderung der Emissionen wäre für Unternehmen, ihre Mitarbeitenden und die Gesellschaft aber von bedeutendem Ausmaß: 60 % aller Arbeitnehmer:innen in Deutschland pendeln täglich zur Arbeit, durchschnittlich 16,8 Kilometer. Das beliebteste Verkehrsmittel ist hier mit Abstand das Auto – mit einem Anteil von bis zu 79 % dominiert der Pkw-Individualverkehr im täglichen Berufsverkehr. Alternative Verkehrsmittel – wie etwa das Fahrrad oder der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) – und alternative Verkehrskonzepte – bspw. Sharing oder Park & Ride – sind umwelt- und sozialverträglicher und somit wünschenswert, spielen aber aufgrund ihrer geringen Attraktivität und Verbreitung noch eher eine untergeordnete Rolle (Krondorfer 2010).

Für Unternehmen stellt dabei das Betriebliche Mobilitätsmanagement (BMM) einen zentralen Stellhebel dar, um den betrieblichen Verkehr effizienter sowie umwelt- und sozialverträglicher zu gestalten. Doch obwohl die möglichen Maßnahmen bekannt sind, sind Informationen über andere relevante Themen, wie z. B. die Diffusion und Motivation für BMM, noch weitestgehend unerforscht. Im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme wurde daher die Rolle des BMM in der Region Karlsruhe näher untersucht, um Antworten auf folgende Fragen zu finden:

- Wo und in welchem Umfang werden derzeit bereits Maßnahmen ergriffen?
- Wie wichtig sind die einzelnen Verkehrsmittel und -konzepte für eine nachhaltigere Organisation des Unternehmensverkehrs?

- Inwieweit beeinflusst BMM tatsächlich die Situation eines Unternehmens in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht?
- Welche Rolle spielen Elektrofahrzeuge in diesem Zusammenhang?

Um diese Fragen zu beantworten wurde eine quantitative Online-Umfrage und qualitative Experteninterviews durchgeführt. Insgesamt haben 363 Unternehmen aus der Technologieregion Karlsruhe an der Umfrage teilgenommen, auf deren Basis sich ein Bild für die Region Karlsruhe ableiten lässt (siehe Abbildung 5). Von den insgesamt 363 Unternehmen in der Online-Umfrage betreiben 66 Unternehmen oder 18,2 % ein BMM. Bei den Kleinst- und kleinen Unternehmen (weniger als 10 Mitarbeitende bzw. 10 bis 49 Mitarbeitende) wird BMM in weniger als jedem fünften bzw. in weniger als jedem elften Unternehmen umgesetzt. Bei den mittleren Unternehmen (50 bis 249) dagegen bereits in jedem vierten und bei den Großunternehmen sogar in zwei von drei Unternehmen eingesetzt. Es besteht somit ein klarer Zusammenhang zwischen Größe und Verbreitung des BMM, wobei sich natürlich auch die Notwendigkeit und Möglichkeiten für ein BMM je nach Unternehmensgröße unterscheiden. Im Durchschnitt werden pro Unternehmen mit BMM in etwa vier Maßnahmen durchgeführt. Die wichtigsten Maßnahmen stellen dabei die Nutzung von Firmenfahrrädern und die Bereitstellung von Umkleieräumen dar, gefolgt von der Einführung von Elektrofahrzeugen, die immer noch in über 40 % aller Unternehmen mit BMM erfolgt.

Es zeigt sich zudem, dass insbesondere zwei Ziele die Hauptmotivationstreiber für die Einführung eines BMM darstellen: 71 % der Unternehmen wollen die Mitarbeiterzufriedenheit erhöhen,

Im BMM meist umgesetzte Maßnahmen nach Unternehmensgröße

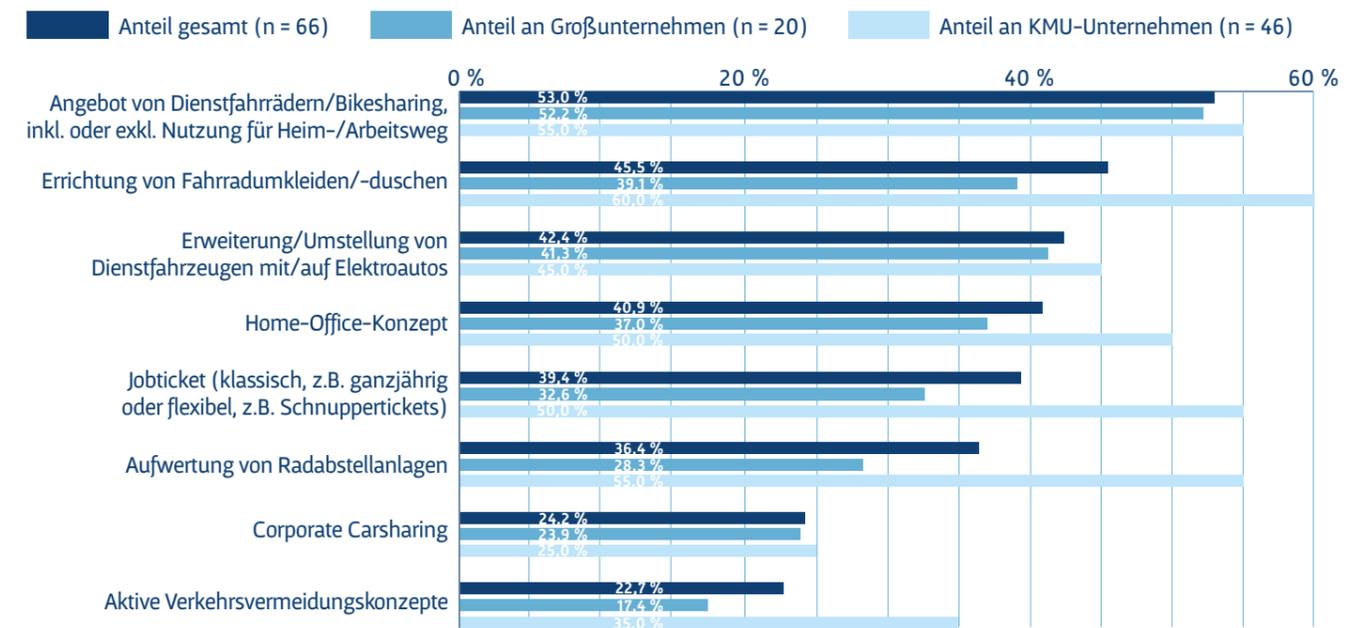


Abbildung 5: Ergriffene Maßnahmen im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagement

68 % wollen die Umweltbelastung reduzieren. Auch das (vor allem interne) Image und die Gesundheit der Mitarbeiter spielen eine relevante Rolle bei der Entscheidung. Die wichtigsten Ziele sind daher sozialer und ökologischer Natur. Ökonomische Ziele wie Kostensenkung oder Effizienzsteigerung sind dagegen eher von untergeordneter Bedeutung, wenn auch nicht irrelevant. Unternehmen, die kein BMM betreiben, begründen dies in der Regel mit der Größe ihres Unternehmens. Fast jedes dritte Unternehmen ohne BMM ist jedoch auch nicht über Maßnahmen und Ziele des BMM informiert. Und rund 20 Prozent geben an, dass aufgrund fehlender Staus, Park- oder Anschlussprobleme des öffentlichen Verkehrs kein Handlungsbedarf besteht. Allerdings sieht jedoch fast jedes zweite Unternehmen, das derzeit kein BMM betreibt, Potenzial darin und könnte sich in Zukunft die Einführung verschiedener BMM-Maßnahmen vorstellen. Auch hier ist das Firmenfahrrad wieder die am häufigsten genannte Einzelmaßnahme, diesmal direkt gefolgt von der Flottenerweiterung / Umrüstung auf Elektroautos.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bereits fast jedes fünfte Unternehmen ein BMM betreibt. Der Fokus liegt dabei primär auf Maßnahmen aus dem Bereich Fahrradverkehr und Elektromobilität. Darüber hinaus besteht auch ein nennenswertes Potenzial bei Unternehmen, die noch kein BMM implementiert haben. Diese Entwicklung kann für Kommunen, Verkehrsunternehmen oder andere Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen ein wichtiges Indiz für eine Weiterentwicklung von Infrastrukturen und Dienstleistungen darstellen.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

► Kulawik, Hettesheimer & Funke (2021 i.E.): **The role and potentials of electric vehicles in corporate mobility management.** EVS33, digital.

6. FLOTTENELEKTRIFIZIERUNG – AM BEISPIEL DER KARLSRUHER TAXIFLOTTE

Fahrzeugflotten im Wirtschaftsverkehr bieten ein großes Potenzial zur Dekarbonisierung der Innenstädte und allgemein beim Mobilitätswandel von fossilen Kraftstoffen hin zu klimafreundlichen Energieträgern. Dies gilt auch für den Taxiverkehr: hohe Jahresfahrleistungen und ein – in seiner örtlichen Verteilung – konzentrierter Bewegungsradius sind eine gute Voraussetzung für den gezielten Aufbau von Ladeinfrastruktur und eine schnelle Amortisierung hoher Investitions- und Anschaffungskosten (Funke und Burgert 2017). Obgleich elektrische Taxis (eTaxis) in einer wachsenden Zahl von Städten, wie Oslo oder Shenzhen, eingesetzt werden, ist die Frage, wie sowohl elektrische Taxis als auch ihre Ladeinfrastruktur rentabel sein können, nicht ausreichend geklärt (Funke und Burgert 2020). Für eine erfolgreiche Flottenelektrifizierung ist es allerdings notwendig, die Auswirkungen beider Seiten zu berücksichtigen. Am Beispiel der Karlsruher Taxiflotte soll im Weiteren ein mögliches Vorgehen aufgezeigt werden.

Basierend auf den Fahrdaten des Flottenmanagementsystems der 161 Taxis der Taxi-Funk-Zentrale wurde eine technische Potenzialanalyse durchgeführt (Funke und Burgert 2017).

Fahrverhalten und Fahrtenverteilung: Taxis in Karlsruhe verteilen sich auf viele Einzelunternehmen mit nur wenigen Fahrzeugen. Die bei einer (Teil-)Elektrifizierung der Flotte häufig notwendige Neuallokation stellt daher eine große Herausforderung dar und wurde zunächst nicht betrachtet. Die Anzahl der Fahrzeuge sowie deren Bewegungsprofile bleiben in örtlicher und zeitlicher Verteilung identisch. Ein Unterstützungssystem für die Zuweisung von Fahraufträgen zu Taxis bei einem elektrischen oder gemischten Fuhrpark unter Berücksichtigung von Ladestrategien und finanziellen Aspekten wird derzeit entwickelt.

eTaxi: Für die Analyse wurde ein gemischter Fuhrpark aus rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV) mit Verbrennungsmotor und einer geringeren elektrischen Reichweite angenommen. Energiebedarf und elektrische Reichweite wurden fahrzeugspezifisch konstant gehalten und folgen den Angaben der US-amerikanischen Umweltbehörde EPA (Funke und Burgert 2020). Ein BEV muss alle Fahrten eines Profils rein elektrisch fahren können. Ist dies nicht möglich, so wird für das entsprechende Taxi-Profil ein PHEV eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass die Fahrt bei geringem Batterieladezustand der Traktionsbatterie verbrennungsmotorisch fortgesetzt wird. Somit kann potenziell jede Fahrt (teil-)elektrifiziert werden, und die Durchführung aller Fahrten ist sichergestellt.

Bereits ein anfänglicher Ausbau der Ladeinfrastruktur an fünf ausgewählten Standorten ermöglicht eine Elektrifizierung von knapp 50 % der Gesamtjahresfahrleistung. Die Bewegungsprofile von 61 der 161 Taxis, das entspricht 37 % der untersuchten Flotte, könnten dabei durch BEV substituiert werden. Wird angenommen, dass jedes Taxi zusätzlich über Nacht an der Taxizentrale geladen wird, so steigt der Anteil der rein elektrischen Gesamtjahresfahrleistung auf 69 %. Ebenfalls steigt der BEV-Anteil an der Gesamtflotte auf 60 % an. PHEV stellen daher gerade in der Aufbauphase von Ladeinfrastruktur eine gute Brückentechnologie dar, um den elektrischen Fahranteil einer Flotte zu steigern. Den Nachteil der geringeren Batteriekapazität und damit auch der geringeren elektrischen Reichweite zeigt der Vergleich zwischen elektrischer Jahresgesamtfahrleistung und PHEV-Flottenanteil. Ist Laden nur am Taxistand möglich, so beträgt der Anteil der PHEV an der Flotte über 60 %, jedoch ist der Anteil an der elektrischen Jahresfahrleistung nur knapp 20 %.



Abbildung 6: Einführungsszenario zur Elektrifizierung der Karlsruher Taxiflotte – Ausstattung von fünf Taxiständen mit Ladeinfrastruktur.

Dieses technische Potenzial wurde in einer tiefergehenden techno-ökonomischen Analyse bestätigt (Funke und Burgert 2020). Ein hoher Elektrifizierungsanteil erfordert dabei eine hohe Anzahl an Ladepunkten. Bei rein taxispezifischer Ladeinfrastruktur führt dies zu einer geringen Auslastung sowie zu einer geringen Profitabilität (Funke und Burgert 2020; Burgert und Funke 2020). Betrachtete profitabilitätssteigernde Maßnahmen waren zum einen eine monatliche Grundgebühr zur Nutzung taxispezifischer Ladeinfrastruktur (Funke und Burgert 2020) und zum anderen das Öffnen der Ladeinfrastruktur für den Individualverkehr in definierten Zeitfenstern (Burgert und Funke 2020).

Für die gezeigte Analyse wurde ein ideales Ladeverhalten und ein zwar fahrzeugabhängiger, jedoch auch konstanter,

streckenspezifischer Energiebedarf angenommen. Die reale Nutzung ist individuell stark schwankend, und sowohl im elektrischen Fahranteil als auch im Gesamtenergiebedarf kommt es zu starken Abweichungen. Daher wird im weiteren Projektverlauf eine Sensitivitätsanalyse zur Energiebedarfsannahme durchgeführt, und zwar streckenspezifisch konstant im Vergleich zur realfahrverhaltensbasierter Simulation. Hierfür wurden bereits Taxis mit einem zeitlich hochauflösenden Datenlogger (Burgert 2017) ausgestattet und ermöglichen so einen Vergleich zu den geringer aufgelösten Daten des On-Board-Flottenmanagementsystems. Um das Potenzial weiter zu steigern, bedarf es der detaillierteren Betrachtung der Ladeinfrastruktur. Neben einer Sensitivitätsanalyse zu verschiedenen Ladeleistungen und der Nutzung von Warteschlangenmodellen, wird zusätzlich das Potenzial induktiver

Lademöglichkeiten untersucht. Auch haben unsere Analysen gezeigt, dass das Bewegungsprofil eines Taxis oft wegen nur einer langen Fahrt nicht durch ein BEV ausgeführt werden kann. Da die langen Fahrten über 50 km jedoch einen hohen Anteil am Gesamtumsatz bedeuten (Funke und Burgert 2020; Burgert und Funke 2020), bietet eine gezielte Neuverteilung der Fahrten unter Einbeziehung des Ladezustands und der Verfügbarkeit einen weiteren Hebel auf dem Weg zur Flotten-elektrifizierung und wird ebenfalls untersucht.

Sowohl in der technischen als auch der techno-ökonomischen Analyse zeigt sich ein hohes Potenzial zur Elektrifizierung der Taxi-Flotten. Dieses Potenzial kann durch einen weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur, der Nutzung von eTaxis mit einer höheren elektrischen Reichweite, sowie der gezielten Allokation der Fahraufträge nach Ladezustand und Fahrzeug weiter erhöht werden. Für eine erfolgreiche Umsetzung bedarf es jedoch einer engen Abstimmung von Stadt / Kommune, Taxi-Unternehmen und Ladesäulen-Betreibern / Energieversorgern. Die in unserer Forschung entwickelten Ansätze und Verfahren können die praktische Umsetzung zum Beispiel bei der Wahl der Standorte oder der Zuweisung von Fahraufträgen unterstützen. Durch den gezielten Einsatz von Anreizen wie der Subventionierung der Fahrzeuganschaffung, Ladegutscheinen und der Förderung beim Ladeinfrastrukturaufbau kann der Weg zur Dekarbonisierung der Innenstädte weiter fortschreiten.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

► **Funke, S. Á.; Burgert, T. (2020): Can Charging Infrastructure Used Only by Electric Taxis Be Profitable? A Case Study From Karlsruhe, Germany.**
In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 69, Nr. 6, 5933–5944, 2020.

► **Burgert, T.; Funke, S. Á. (2020): Should taxi specific charging infrastructure be opened to the public for higher profitability? 33. Electric Vehicle Symposium (EVS33) Portland, Oregon, 14–17 June 2020.**

► **Burgert, T. (2017): Jedem Fahrer das passende Fahrzeug – Datenlogger optimiert Mobilitätsszenarien. Fraunhofer-Forschung Kompakt.**

► **Funke, S. Á.; Burgert, T. (2017): Electrification Potential of a Taxicab Fleet: A Techno-Economic Case Study from Karlsruhe, Germany. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Belfort, 2017.**

► **Reuter-Oppermann, M.; Jochem, P.; Raith, A.; Xiao, J. (2019): Charging systems for e-taxis in Germany. Gemeinsame Herbsttagung der WKS Nachhaltigkeitsmanagement und Produktionswirtschaft, 2019.**

7. CITY-LOGISTIK UND WIRKUNGEN AUF DEN PERSONENVERKEHR

Besonders in städtischen Gebieten ist die Verkehrsbelastung sehr hoch. Das Resultat sind Staus und hohe lokale Schadstoff- sowie CO₂-Emissionen, was zu Zeitverlusten, Gesundheitsproblemen und negativen Klimawirkungen führt. Innovative City-Logistik-Konzepte stellen eine Lösung dar, um einerseits den Verkehr und andererseits dessen Auswirkungen, vor allem in städtischen Gebieten, zu verringern. City-Logistik befasst sich grundsätzlich mit allen logistischen Aktivitäten hinsichtlich des Transports von Gütern in städtischen Gebieten. Die Ansätze sind daher sehr vielfältig. Es lassen sich beispielsweise

- alternative Antriebskonzepte wie batterieelektrische Fahrzeuge,
- City-Hubs nahe der städtischen Gebiete zur Verkürzung der Transportwege auf der letzten Meile,
- Micro-Hubs als Kleinstdepots in den Innenstädten in Kombination mit Mikromobilen auf der letzten Meile,
- innovative Zustellmethoden und -orte wie Paketstationen oder Kofferraumzustellung,
- unterirdische Transportnetze zum Gütertransport,
- Gütertransport über bestehende Infrastrukturen wie z. B. Straßenbahnen,
- Nachtlogistik zur Verlagerung von Gütertransport in die Nacht,
- sowie automatisierte Zustellung mit Drohnen,

unterscheiden.

In Untersuchungen im Rahmen der Profilvergion wurden einerseits der Zuspruch zur Umsetzung innovativer City-Logistik-Konzepte in der Praxis untersucht sowie andererseits eine ökonomische und ökologische Bewertung ausgewählter Konzepte durchgeführt.

Basierend auf 13 halb-strukturierten Interviews mit Logistik-Experten:innen der Region Karlsruhe wurden batterieelektrische Fahrzeuge, Micro-Hubs in Kombination mit Lastenrädern sowie Nachtbelieferung als attraktivste Konzepte identifiziert. Sehr hohen Zuspruch fanden auch City-Hubs, welche von vielen der Befragten bereits umgesetzt werden. Es zeigte sich außerdem, dass die Präferenzen sehr stark von der jeweiligen Logistikbranche abhängig sind. Micro-Hubs fanden beispielsweise sehr hohen Zuspruch bei Paketdienstleistern, wohingegen der Handel City-Hubs bevorzugte und Spediteure wiederum batterieelektrische Fahrzeuge als attraktivstes Konzept einstufen.

Als vielversprechende Anwendungsfälle wurden Micro-Hubs in Kombination mit batterieelektrischen Lastenrädern sowie Elektrofahrzeuge in der Nachtbelieferung als attraktivste Konzepte einer Detailbewertung unterzogen. Mittels einer Total-Cost-of-Ownership-Berechnung wurde die Wirtschaftlichkeit der Konzepte bewertet. Außerdem wurden die Konzepte mit einer Well-to-Wheel-Betrachtung hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen bei der Fahrzeugnutzung bewertet. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass Micro-Hubs mit Lastenrädern für Paketdienstleister bereits heute aus finanzieller Sicht vorteilhaft sein könnten und sich Kosteneinsparungen in Höhe von 25 % realisieren ließen. Gleichzeitig könnten damit die CO₂-Emissionen um fast 80 % reduziert werden. Die Nachtbelieferung mit batterieelektrischen Fahrzeugen hingegen würde aufgrund der hohen Investitionen für entsprechende Fahrzeuge fast 20 % teurer werden, wobei CO₂-Emissionsminderungen in Höhe von fast 30 % möglich wären.

Im Rahmen einer Untersuchung zu den Potenzialen von Mikromobilen im gewerblichen Bereich wurden mehr als 350 Unternehmen aus der Technologieregion Karlsruhe befragt. Es zeigte sich dabei, dass diese aufgrund ihrer geringeren Größe, geringeren Lärmemissionen und niedrigeren CO₂-Emissionen zu einem nachhaltigeren gewerblichen Verkehr beitragen könnten. Bisher kennt jedoch nur in etwa die Hälfte der befragten Unternehmen Mikromobile. Und dennoch kann sich ein Viertel dieser Unternehmen vorstellen, Mikromobile einzusetzen. Dieses Potenzial spiegelt sich dabei über alle Unternehmensgrößen hinweg wider, insbesondere aber in großen Unternehmen. Die Hauptgründe für die potenzielle Nutzung von Mikromobilen sind dabei jedoch nicht in erster Linie monetärer Natur, die treibenden Faktoren sind vielmehr der Beitrag zum Umweltschutz und zur Mitarbeiterzufriedenheit. Als Gründe für den Verzicht auf den Einsatz von Mikromobilen werden dagegen unter anderem angeführt, dass sich durch einen etwaigen Einsatz kein logistischer Vorteil für das Unternehmen ergibt oder dass bautechnische Beschränkungen wie Transportgewicht, Reichweite oder Ladevolumen vorliegen. Um das noch nicht ausgeschöpfte Potenzial zu aktivieren, wäre es ratsam, die Unternehmen auch weiterhin verstärkt über die Existenz und die Vorteile von Mikromobilen zu informieren und diesen ggf. probeweise den Einsatz von Mikromobilen zu ermöglichen.

Die steigende Nachfrage im Onlinehandel wirkt sich aber nicht nur auf den Lieferverkehr aus, sondern hat auch zur Folge, dass Personen ihr Verkehrsverhalten anpassen. Es werden unter Umständen weniger Einkaufswege durchgeführt. Dafür entstehen evtl. mehr Wege durch Abholung von nicht-zustellbaren Paketen. Diese Wirkungen auf den Personenverkehr galt es in diesem Projekt zu quantifizieren. Analysegrundlage bildet das am KIT-IfV entwickelte agentenbasierte Verkehrsnachfragemodell mobiTopp. Dabei werden Personen im Kontext ihres Haushaltes abgebildet und deren Verkehrsverhalten über den Simulationszeitraum von einer Woche mikroskopisch abgebildet.

Zur Quantifizierung der Wirkungen von verschiedenen City-Logistikskonzepten auf den Personenverkehr wurde mobiTopp so erweitert, dass das Bestellverhalten der Personen im Modellierungsraum Karlsruhe durch die Agenten abgebildet wird. Die so generierten Pakete werden im Status-quo-Modell den unterschiedlichen Kurier-, Express- und Paket- (KEP) Dienstleistern zugeordnet, welche diese an die entsprechenden Agenten liefern. Durch den agentenbasierten Ansatz können so realistische Lieferungen abgebildet werden: Im Modell kann beispielsweise ermittelt werden, ob jemand aus dem Haushalt zum Zeitpunkt der Lieferung zuhause ist, um das Paket entgegenzunehmen. Falls nicht, wird versucht, das Paket in der Nachbarschaft abzuliefern. Auch hier kann unterschieden werden, ob jemand zuhause ist oder nicht. Außerdem können die Agenten bei der Bestellung auch andere Lieferorte wie den Arbeitsplatz oder eine Paketstation auswählen. Insgesamt werden für die Modellregion Karlsruhe etwa 34.000 Pakete pro Werktag simuliert, die von ca. 250 Fahrzeugen im Gebiet ausgeliefert werden.

Die Erweiterung des Modells um das City-Logistik-Modul erlaubt beispielsweise eine Analyse der zusätzlichen Wege der KEP-Dienstleister durch unzustellbare Pakete und Zusatzwege der Agenten, weil sie Pakete z. B. an einer Paketstation abholen müssen. Diese Wege werden aber zum Teil wieder ausgeglichen, da weniger Einkaufswege in der Woche anfallen – auch dieser Effekt kann durch das Modell analysiert werden. Hinsichtlich der zeitlichen Verteilung der Erfolgsquote über die Simulationswoche ist zu erkennen, dass Lieferungen am Samstag mit einer höheren Erfolgsquote zugestellt werden als unter der Woche. Die räumliche Verteilung der Erfolgsquote der Lieferungen ist für die Modellregion Karlsruhe in Abbildung 7 dargestellt. Diese zeigt, dass unter anderem in einigen Innenstadtbereichen Lieferungen häufig nicht erfolgreich zugestellt werden können. Hier können alternative Lieferkonzepte diesen erfolglosen Zustellversuchen entgegenwirken. Das Modell dient weiterhin der Analyse solcher City-Logistikskonzepte, wie beispielsweise die bereits erwähnten City-Hubs, Nachtlogistik und Mikromobile.

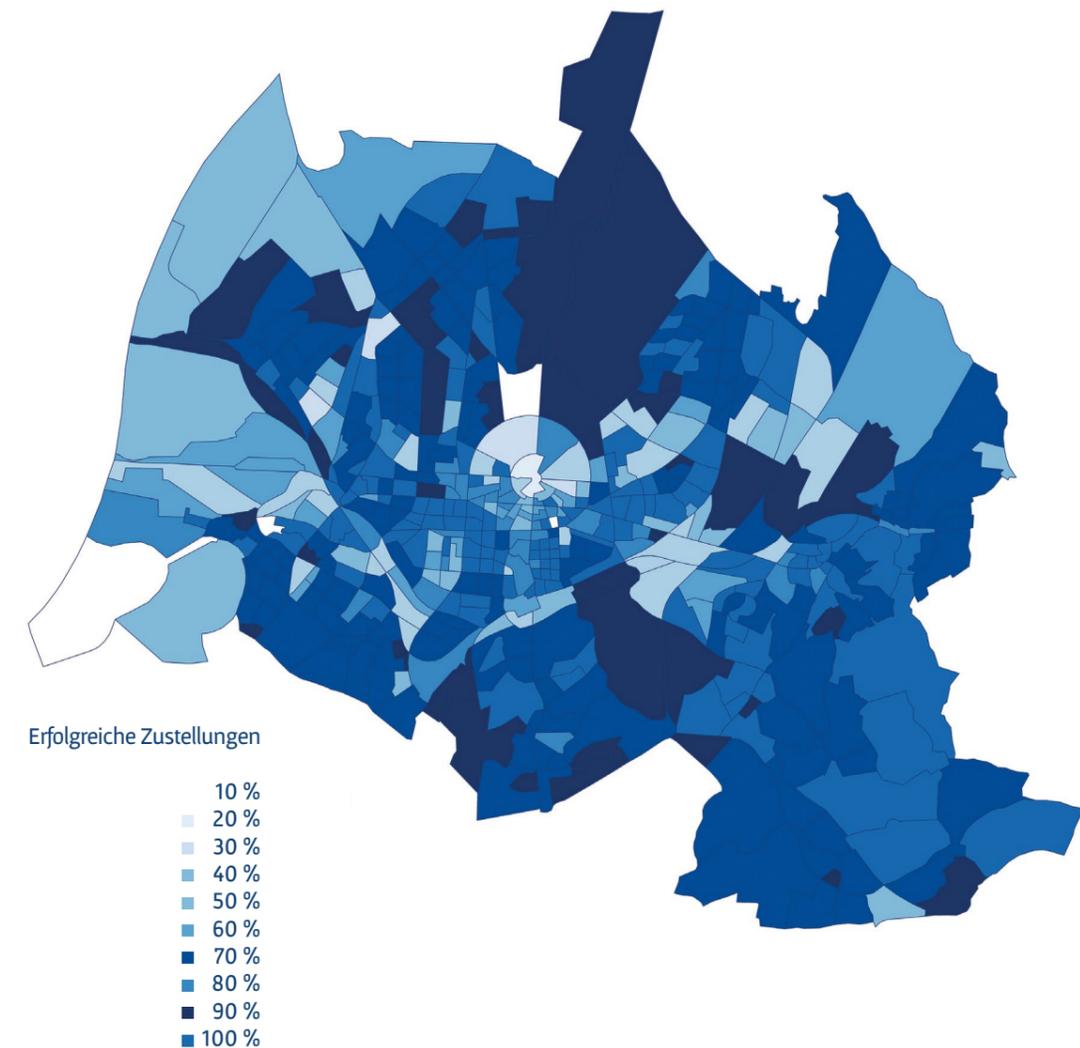


Abbildung 7: Erfolgsquote der Zustellungen nach Verkehrszelle in der Modellregion Karlsruhe

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

► Moll, C. et al. (2020): Are Battery – Electric Trucks for 24-Hour Delivery the Future of City Logistics? – A German Case Study;

► Hettesheimer, T.; Moll, C.; Jeßberger, K., Franz, S. (2020): Small Electric Vehicles in Commercial Transportation – Empirical Study on Acceptance, Adoption Criteria and Economic and Ecological Impact on a Company Level. Im Erscheinen für IEA HEV-TCP Taskforce 32.

► Moll, C.; Franz, S. (2020): Potentials of electric vehicles in innovative city-logistics: A multi-method approach. Electric Vehicle Symposium EVS 33, June 14–17, 2020, Portland, Oregon, USA.

► Reiffer, A.; Kübler, J.; Briem, L.; Kagerbauer, M.; Vortisch, P. (2021): Integrating Urban Last-Mile Package Deliveries into an Agent-Based Travel Demand Model. Im Erscheinen für Procedia Computer Science

► KIT-IfV (2021) logiTop: <https://github.com/kit-ifv>

8. IM STRASSENVERKEHR SIND VIEL STÄRKERE POLITIKMASSNAHMEN ZUR SENKUNG DER CO₂-EMISSIONEN ERFORDERLICH

Der Verkehr ist für fast ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) verantwortlich, wovon etwa 72 % auf den Straßenverkehr entfallen. Der Verkehr ist zudem der einzige Sektor, in dem die Emissionen immer noch wachsen und voraussichtlich weiter zunehmen werden, selbst wenn die derzeit angekündigte Politik umgesetzt wird. Szenarien, die mit dem Pariser Abkommen in Einklang stehen, erfordern aber mindestens 30 bis 40 % Emissionsreduzierung bis 2030 gegenüber 2019, sowie 60 bis 80 % bis 2050 und danach nahezu vollständig. Die derzeitigen Politikmaßnahmen reichen nicht aus, um die Emissionen im Verkehrssektor wie im Pariser Abkommen gefordert zu reduzieren.

In einer Studie im Rahmen der Profilregion wurden die verfügbaren Erkenntnisse von über 150 wissenschaftlichen Studien zusammengefasst und überprüft, welche politischen Maßnahmen langfristig sehr wirksam zur Senkung der THG-Emissionen im Straßenverkehr sind. Klares Ergebnis: Ein einziges politisches Instrument wird wahrscheinlich nicht ausreichen. Vielmehr ist ein Mix starker politischer Maßnahmen erforderlich, um einen Übergang zu CO₂-armem Verkehr herbeizuführen. Am besten erscheint eine Kombination aus Regulierung, Preismechanismen, Subventionen und Infrastrukturmaßnahmen.

Mindeststandards für CO₂-arme Kraftstoffe können erhebliche Wirkung haben. Die derzeit strengste Version befindet sich zum Beispiel in Kanada (British-Columbia), und verlangt eine zwanzigprozentige Reduktion der CO₂-Intensität aller verkauften Kraftstoffe bis 2030 gegenüber 2007. Eine solche Politik sendet ein substanzial transformatives Signal aus, das Innovationsaktivitäten für neue Kraftstoffe vorantreibt und den Marktanteil alternativer Kraftstoffe erhöht.

Eine Quote für emissionsfreie Fahrzeuge erfordert den Verkauf eines bestimmten Marktanteils an Nullemissionsfahrzeugen oder emissionsarmen Fahrzeugen und wird derzeit in elf US-Bundesstaaten, zwei kanadischen Provinzen und China eingesetzt. Eine strikte Quote für Nullemissionsfahrzeuge kann eine starke Rolle bei der THG-Minderung spielen und erheblich zur Erreichung der THG-Ziele für 2050 beitragen, wenn bis 2040 mindestens 50 % der Verkäufe Nullemissionsfahrzeuge sein müssen. Im Gegensatz zu den genannten Regionen fehlt eine entsprechende Quote in Europa noch. Sie würde Planungssicherheit für Verbraucher und Industrie bringen und könnte mit den existierenden CO₂-Flottengrenzwerten in Europa kombiniert werden.

Kaufanreize für Elektrofahrzeuge und andere emissionsarme Fahrzeuge können den Absatz alternativer Antriebe ankurbeln, wenn sie sehr hoch sind und für ein Jahrzehnt oder länger bestehen, wie z. B. in Norwegen (10.000 bis 15.000 € pro Fahrzeug seit zwanzig Jahren). Nur in diesem Fall können Kaufanreize einen substantiellen Beitrag zur Emissionsminderung im Straßenverkehr leisten.

CO₂-Flottengrenzwerte stellen Mindestanforderungen an den Kraftstoffverbrauch oder die CO₂-Emissionen neu verkaufter Fahrzeuge. Sie tragen nachweislich zur Verringerung von Treibhausgasemissionen bei und werden dies auch in Zukunft tun. Am ehrgeizigsten ist derzeit die EU mit der Forderung von 59 g CO₂/km für das Jahr 2030, durch welche die Treibhausgasemissionen von Personenkraftwagen bis 2030 im Vergleich zu 2010 um 40 % gesenkt werden. Unterschiede zwischen den Emissionen in Fahrzeugtests und den Emissionen im realen Betrieb müssen jedoch vermieden werden, und Elektrofahrzeuge sollten nicht zu hoch angerechnet werden, da sonst die CO₂-Minderung niedriger ausfällt.

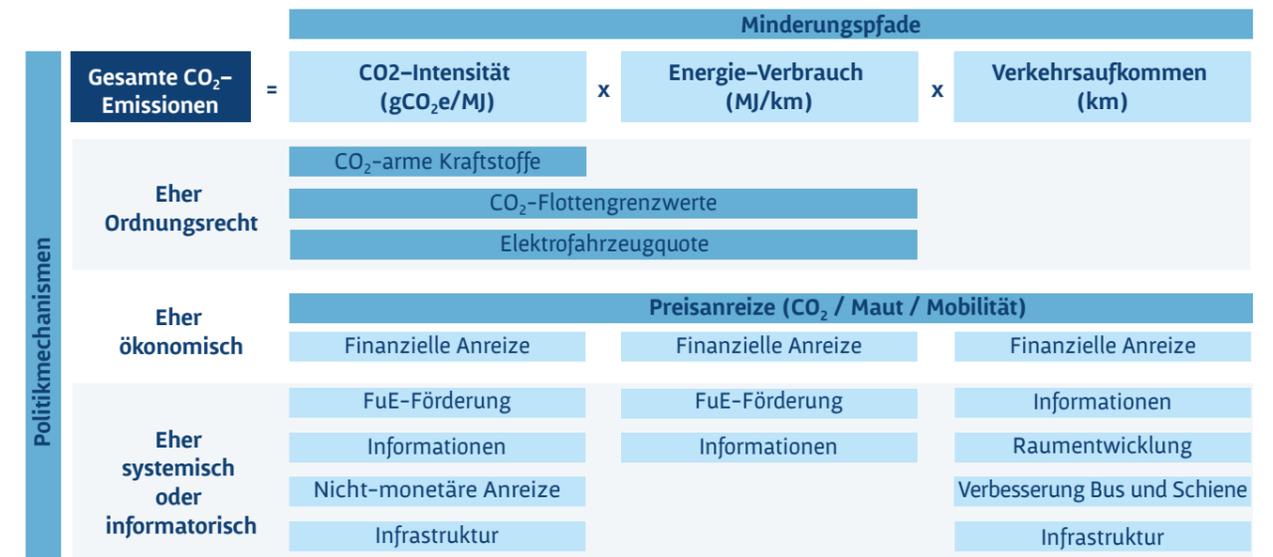


Abbildung 8: Kategorisierung von CO₂-Minderungspolitiken im Straßenverkehr.

Maßnahmen zur Reduzierung des Pkw-Verkehrs, wie die Förderung des Rad- und Fußgängerverkehrs oder die Verbesserung des öffentlichen Nahverkehrs, werden allein wahrscheinlich keine tiefgreifenden THG-Minderungsziele erreichen, obwohl ihre Wirksamkeit gesteigert werden kann, wenn der Maßnahmen-Mix eine strenge Maut beinhaltet. Doch Maßnahmen zur Reduzierung des Pkw-Verkehrs können aufgrund der Abschwächung von Rebound-Effekten und sozialen Zusatznutzen eine wichtige, komplementäre Rolle spielen.

► Axsen, J.; Plötz, P.; Wolinetz, M. (2020): *Crafting strong, integrated policy mixes for deep CO₂ mitigation in road transport*. *Nature climate change* 10 (2020), Nr.9, S.809–818.

► Plötz, P.; Axsen, J.; Funke, S.A.; Gnann, T. (2019): *Designing car bans for sustainable transportation*. In: *Nature Sustainability*, 2, pp. 534–536.

9. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die urbane Mobilität im Wandel ist ein großes Themenfeld. Einzelne Aspekte wurden im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme untersucht. Folgende Erkenntnisse lassen sich für die Allgemeinheit festhalten:



Bewohner:innen von Städten sind eher als diese von ländlichen Regionen bereit, auf Alltagsmobilität mit dem Auto oder Urlaubsreisen mit dem Flugzeug zu verzichten.



Die Meinung von Freunden und Bekannten beeinflusst die persönliche Meinung stark und konnte in Bezug auf die Verbreitung einer Kaufbereitschaft für Elektrofahrzeuge empirisch belegt werden.



Neue geteilte Mobilitätsformen erfahren starken Zuspruch in Städten und sollten in integrierten Konzepten mit dem öffentlichen Personennahverkehr weiterverfolgt werden.



Mobilitätsformen mit autonomen Fahrzeugen können das Stadtbild, die individuellen Nutzerkosten und die Verkehrsbelastung zum Positiven verändern. Um eine Zunahme des motorisierten Individualverkehrs durch Mobilitätskonzepte in Städten zu verhindern, sind politische Flankierungsmaßnahmen erforderlich.



Betriebliches Mobilitätsmanagement könnte ein wichtiger zukünftiger Baustein für die Mobilität in Städten sein, den Unternehmen leisten könnten.



Die Elektrifizierung von Taxis ist mit geringem Aufwand möglich und sollte aufgrund der Außenwirkung von Städten forciert werden.



Neue City-Logistik-Konzepte können bereits heute finanziell, ökologisch und verkehrlich positive Effekte haben, sodass ihnen eine hohe Priorität beigemessen werden sollte.



Die aktuellen Politikmaßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr sind zu schwach, um einen nennenswerten Beitrag gegen die Klimaerwärmung zu leisten. Hier sind größere Anstrengungen als bisher notwendig.

10. LITERATUR

- Bösch, P. M.; Becker, F.; Becker, H.; Axhausen, K. W. (2018):** Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport Policy*. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.09.005>, zuletzt geprüft am 06.05.2020.
- Burgert T. (2017):** Jedem Fahrer das passende Fahrzeug – Datenlogger optimiert Mobilitätsszenarien. Fraunhofer-Forschung Kompakt, 2017.
- Burgert, T.; Funke, S. Á. (2020):** Should taxi specific charging infrastructure be opened to the public for higher profitability? 33rd Electric Vehicle Symposium (EVS33) Portland, Oregon, June 14–17, 2020.
- Funke, S. Á.; Burgert, T. (2020):** Can Charging Infrastructure Used Only by Electric Taxis Be Profitable? A Case Study from Karlsruhe, Germany. In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 69, no. 6, pp. 5933–5944, June 2020, doi: 10.1109/TVT.2020.2973597.
- Funke, S. A.; Burgert, T. J. (2017):** Electrification Potential of a Taxicab Fleet: A Techno-Economic Case Study from Karlsruhe, Germany. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, Belfort, 2017, pp. 1–7, doi: 10.1109/VPPC.2017.8331044.
- Grunwald, A. (2019):** Das Akzeptanzproblem als Folge nicht adäquater Systemgrenzen in der technischen Entwicklung und Planung. In: Fraune et al. (Hrsg.): *Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation*. S. 29–43.
- infas; DLR; IVT; infas 360 (2018):** Mobilität in Deutschland (im Auftrag des BMVI). Online verfügbar unter http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf, zuletzt geprüft am 26.09.2020.
- infas; DLR; IVT; infas 360 (2019):** Mobilität in Deutschland (im Auftrag des BMVI). Online verfügbar unter http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Mobilitaet_in_Deutschland_2017_Kurzreport_DS.pdf, zuletzt geprüft am 26.09.2020.
- Kolarova, V.; Steck, F.; Bahamonde-Birke, F. (2019):** Assessing the effect of autonomous driving on value of travel time savings: a comparison between current and future preferences. *Transport Research Part A: Policy and Practice*. Vol.129, 155–169.
- Krauss, K.; Scherrer, A.; Burghard, U.; Schuler, J.; Burger, A.; Doll, C. (2020):** Sharing Economy in der Mobilität – Potenzielle Nutzung und Akzeptanz geteilter Mobilitätsdienste in urbanen Räumen in Deutschland. Working Papers Sustainability and Innovation No. S 06 / 2020. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Krondorfer, K. (2010):** Betriebliches Mobilitätsmanagement als Instrument zur nachhaltig orientierten Gestaltung des Personenverkehrs in Unternehmen. In: Prammer H.K. (eds) *Corporate Sustainability*. S. 250, Gabler Verlag, https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8991-8_12.
- Puhe, M.; Schippl, J. (2019):** Sustainable transition in mobility: Analyzing personal network configurations to understand stability and changeability of mobility patterns. Paper presented at the 10th International Sustainable Transition Conference (IST 2019), Ottawa, Kanada, 25. Juni 2019.
- Reuter-Oppermann, M.; Jochem, P.; Raith, A.; Xiao, J. (2019):** Charging systems for e-taxis in Germany. *Proceedings of Gemeinsame Herbsttagung der WKs Nachhaltigkeitsmanagement und Produktionswirtschaft*.
- Schippl, J.; Arnold, A. (2020):** Stakeholders' Views on Multimodal Urban Mobility Futures: A Matter of Policy Interventions or Just the Logical Result of Digitalization? *Energies*, 13, 1788. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/7/1788>.
- SuMo-Rhine (2021):** Vorstellung Indikatorensystem (unveröffentlicht).
- Stephens, T. S.; Gonder, J.; Chen, Y.; Lin, Z.; Liu, C.; Gohlke, D. (2016):** Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of Connected and Automated Vehicles. *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*. Online verfügbar unter <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67216.pdf>, zuletzt geprüft am 11.12.2019.
- Szimba, E.; Hartmann, M. (2020):** Assessing travel time savings and user benefits of automated driving – A case study for a commuting relation, *Transport Policy*, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.03.007>.
- Wüstenhagen, R.; Wolsink, M.; Bürer, M. J. (2007):** Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy policy*, 35(5), 2683–2691.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe

PROJEKT BETREUUNG UND KONTAKT

Dr. Till Gnann
Telefon: +49 721 6809-460
till.gnann@isi.fraunhofer.de

AUTOREN

siehe Seite 1

LEKTORAT

Bärbel Katz, Josephine Adam

GESTALTUNG UND REALISATION

bureau bodes, Agentur für Design und Animation

BESTELLUNG

Bärbel Katz
Telefon: +49 721 6809-167
baerbel.katz@isi.fraunhofer.de

BILDNACHWEISE

TBD
Karlsruhe, April, 2021
www.profilregion-ka.de



Diese Veröffentlichung ist entstanden im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe, gefördert aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst und des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg und als nationales Leistungszentrum aus Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft.



