

Umweltwirkungen von verschiedenen Verkehrsmitteln - Potenziale und Effekte geteilter Mobilität -

Dr. Claus Doll, Fraunhofer ISI
VDV New Mobility Forum, Leipzig, 21. Juni 2023

Themen im Überblick

Potenziale geteilter autobasierter Mobilität in Stadt und Land

Klimawirkungen geteilter Mikromobilität in sechs globalen Städten

1. Fazit und Wege für mehr Nachhaltigkeit in Städten

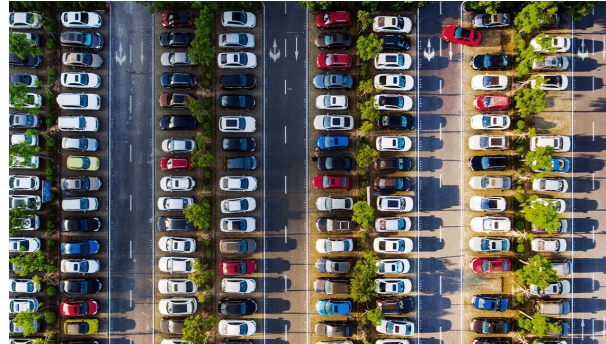
Für die Verkehrswende sind Verlagerungen notwendig



<https://www.spiegel.de/auto/fahrkultur/ratgeber-auto-rauchzeichen-aus-dem-auspuff-richtig-deuten-a-738985.html>

Autos sind für 11% der THG-Emissionen in Europa verantwortlich

(EEA 2022; EU 2021)



<https://www.archdaily.com/976069/when-5-percent-of-the-united-states-is-covered-by-parking-lots-how-do-we-redesign-our-cities/61f87e553e4b3159ff000053-when-5-percent-of-the-united-states-is-covered-by-parking-lots-how-do-we-redesign-our-cities-image>

Autos parken 97% des Tages

(Nobis und Kuhnimhof 2018)



<https://thecityfix.com/blog/3-ways-cities-can-leverage-micromobility-services-for-good/>

Geteilte Mikromobilität könnte ein Teil der Lösung sein

(Abduljabbar et al. 2021)

Potenziale geteilter autobasierter Mobilität in Stadt und Land (E.FI 2021)

Einführung

Was bedeutet neue Mobilität?

Was wir schon lange kennen:

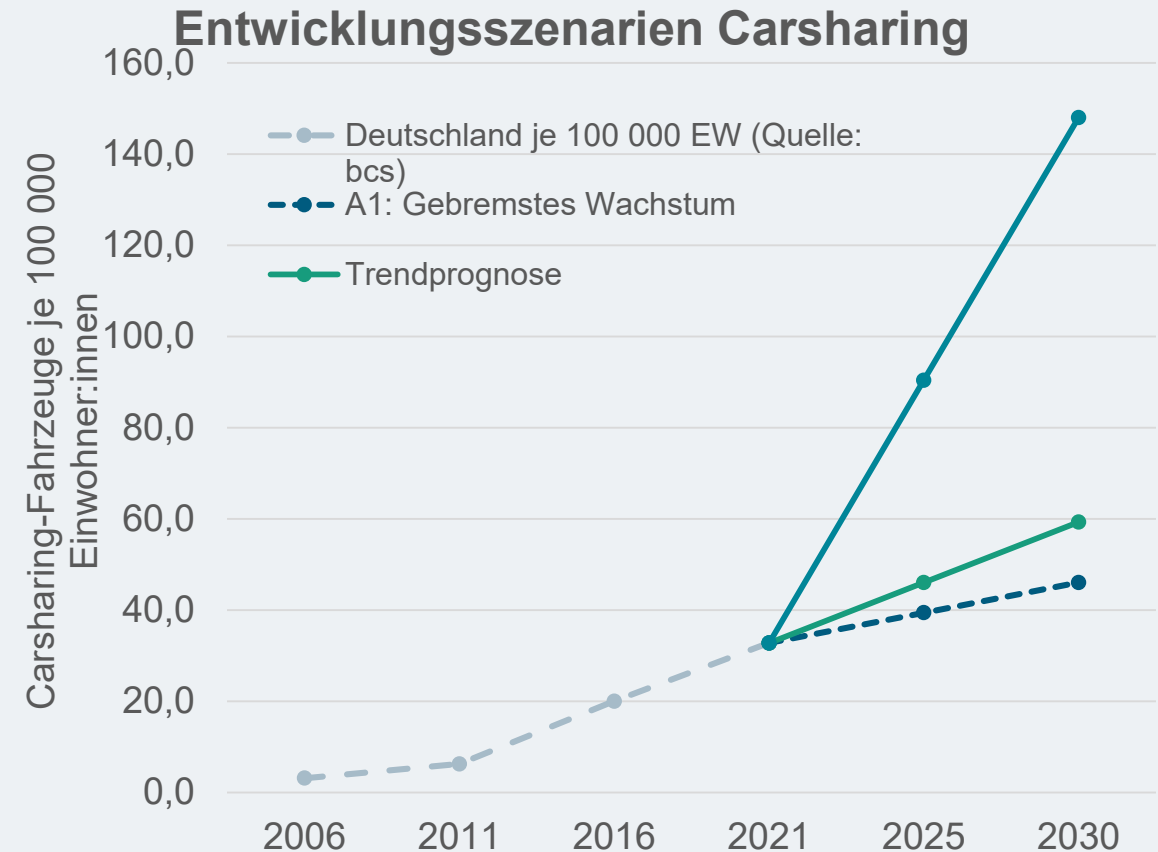
- Mietwagen, Leihfahrräder und Taxidienste seit der Verbreitung des Automobils
- Mitfahrzentralen und private Mitnahme (Trampen)
- Carsharing: Geteilte Autos seit Mitte der 1970er Jahre in der Schweiz
- Flexible Bedienformen im ÖPNV: Anruf-Sammeltaxis und Rufbusse seit längerem in vielen Gegenden.

Was ist jetzt neu und anders?

- Sofortige Buchung mit Positionsinformationen und Austausch von Daten zwischen Kunden und Anbietern
- Geschäftsmodelle für private Anleger durch Werbung und Risikokapital
- Vernetzung der Verkehrssysteme: Verschwimmen von IV und ÖV
- Label Umwelt- und Klimafreundlichkeit
- Wirtschaftliche Situation

Beispiel:

Mögliche Entwicklungen des Carsharings in Deutschland bis 2030
Extreme Prognose (A3): 0,14 Fahrzeuge/1000 Einw.



Quelle: Fraunhofer ISI (2022) im Auftrag der E.FI

Nachfrage nach geteilter Mobilität

Modell und Szenarien

Das Simulationsmodell

- Systemdynamisches Verkehrs- und Wirtschaftsmodell ASTRA-M
- mit neu entwickeltem Modul für Carsharing und Ridepooling
- Simulation bis 2025 und 2030 nach Regierungsbezirken

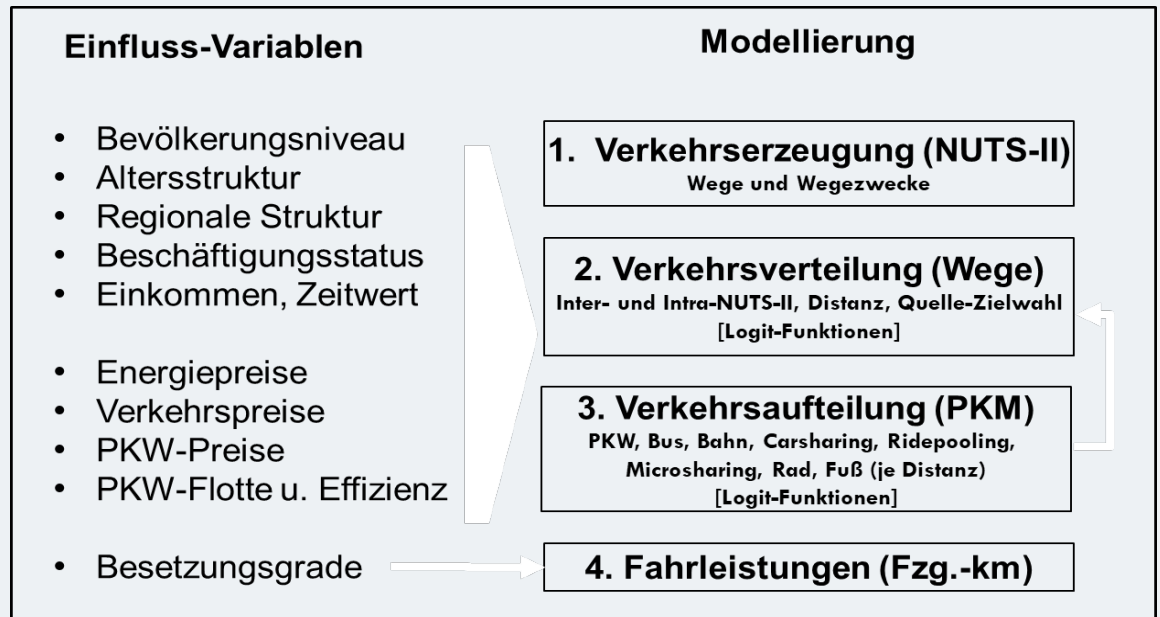
Betrachtete Szenarien

- Hochläufe Carsharing und Ridepooling:
 - (1) Referenz/moderat,
 - (2) dynamisch und
 - (3) extrem
- Umfeldfaktoren Verkehrspolitik
 - Besserer und günstigerer ÖPNV
 - Höhere Gebühren für den Pkw
 - Internalisierung externer Kosten



Modellierung der Nachfrage nach geteilten Mobilitätsdiensten

- Plattform: Systemdynamisches Simulationsmodell ASTRA-M des Fraunhofer ISI
- Dynamische Fortschreibung von Mobilität, Wirtschaft und Bevölkerung bis 2060
- Alle Verkehrsträger inkl. Modelle für Carsharing und Ridepooling
- Regionale Gliederung nach 38 NUTS-2-Zonen (Regierungsbezirke)
- Referenzszenario aus Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) des BMDV
- Szenarien zu verschiedenen Markthochläufen geteilter Dienste und verkehrspolitischen Rahmenbedingungen in Ansprache mit der E.FI
- Zielgröße: Regionale Nachfrage nach geteilten Diensten 2020, 2025 und 2030



Szenarien zur Ermittlung der Potenzialen von Carsharing und Ridepooling

Definition in Kooperation mit der Expertenkommission Forschung und Innovation E.FI

Umfeldszenarien: Verkehrspolitik

Umweltpreise (Umw.)

- CO₂-Preis für alle Kraftstoffe: 25€/t 2020 – 200€/t 2030
- Energiesteuer Benzin: 0,57 €/l 2020 – 1,30 €/l 2030
- Energiesteuer Diesel: 0,41 €/l 2020 – 1,35 €/l 2030
- Subventionen ZEV 2030: 2454 – 4091 €/Fahrzeug

Spezifische Pkw-Abgaben (Pkw)

- City-Maut in Metropolen 2030: 5,00€ je Fahrt
- Parkgebühren flächendeckend 2,00€ 2020 – 5,00€ 2030 je Fahrt

ÖPNV-Förderung (ÖPNV)

- Subventionierung Ticketpreise 2030: 50%
- Taktverdichtung 2030: -25% Wartezeit
- Beschleunigung 2030: -25% Fahrzeit

Angebotsentwicklung der Sharing-Dienste

Hintergrund: ASTRA-M hat kein Modul zu betriebswirtschaftlichen Entscheidungen der Mobilitätsanbieter. Entsprechend müssen Angebotsentwicklungen exogen vorgegeben werden.

Referenz

- Fahrzeuge bis 2030: +200%
- Konstante Zeit- und Entfernungstarife.

Dynamisch

- Fahrzeuge 2030 +190% (Carsharing) bzw. +130% (Ridepooling) gegenüber Referenz (= Vorreiterregionen heute)
- Konstante Zeit- und Entfernungstarife.

Extrem

- Fahrzeugdichte wie „Dynamisch“
- Tarife -40% gegenüber „Referenz“

Modalanteile Carsharing bis 2030

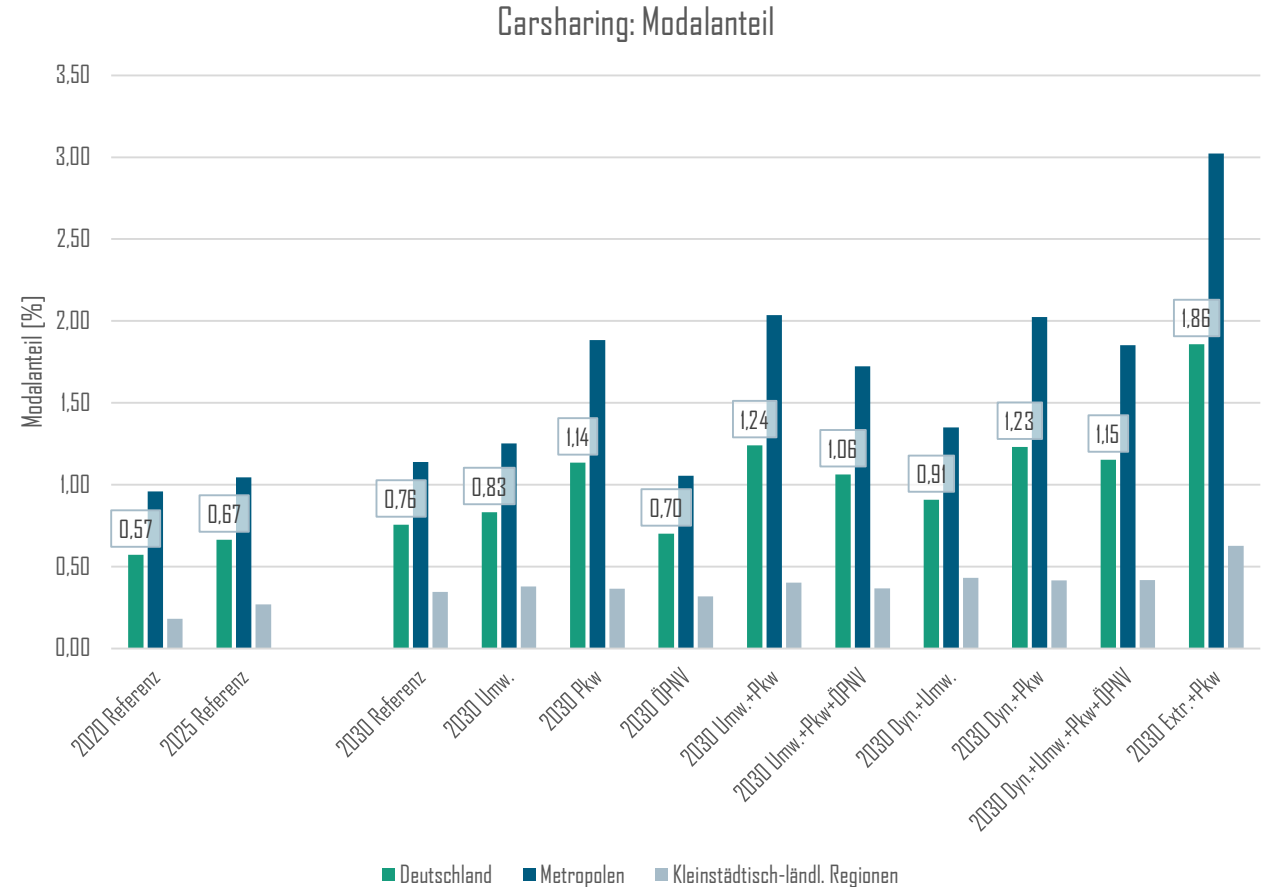
Verdopplung 2030 durch ausgeweitetes Angebot auch auf dem Land

Wesentliche Treiber:

- Metropolen: Angebot und Pkw-Preise
- Ländl. Räume: Angebot

Potenziale (2030 / 2020):

- Bei moderatem Hochlauf ohne Maßnahmen:
+19% in Metropolen,
+94% in ländlichen Räumen
- Bei moderatem Hochlauf und Pkw-Preisen:
+96% in Metropolen,
+106% in ländlichen Räumen
- Bei extremem Hochlauf und Pkw-Preisen:
+215% in Metropolen,
+250% in ländlichen Räumen



Quelle: Fraunhofer ISI (2022) im Auftrag der E.FI

Modalanteile Ridepooling bis 2030

20 mal mehr Ridepooling-Nachfrage im ländlichen Raum möglich

Wesentliche Treiber:

- In allen Fällen: Angebot, aber:
- weniger deutlich als bei Carsharing

Potenziale (2030 / 2020):

- Bei moderatem Hochlauf ohne Maßnahmen:
+89% in Metropolen,
+1300% in ländlichen Räumen
- Bei moderatem Hochlauf und Pkw-Preisen:
+122% in Metropolen,
+1300% in ländlichen Räumen
- Bei extremem Hochlauf und Pkw-Preisen:
+159% in Metropolen,
+1800% in ländlichen Räumen

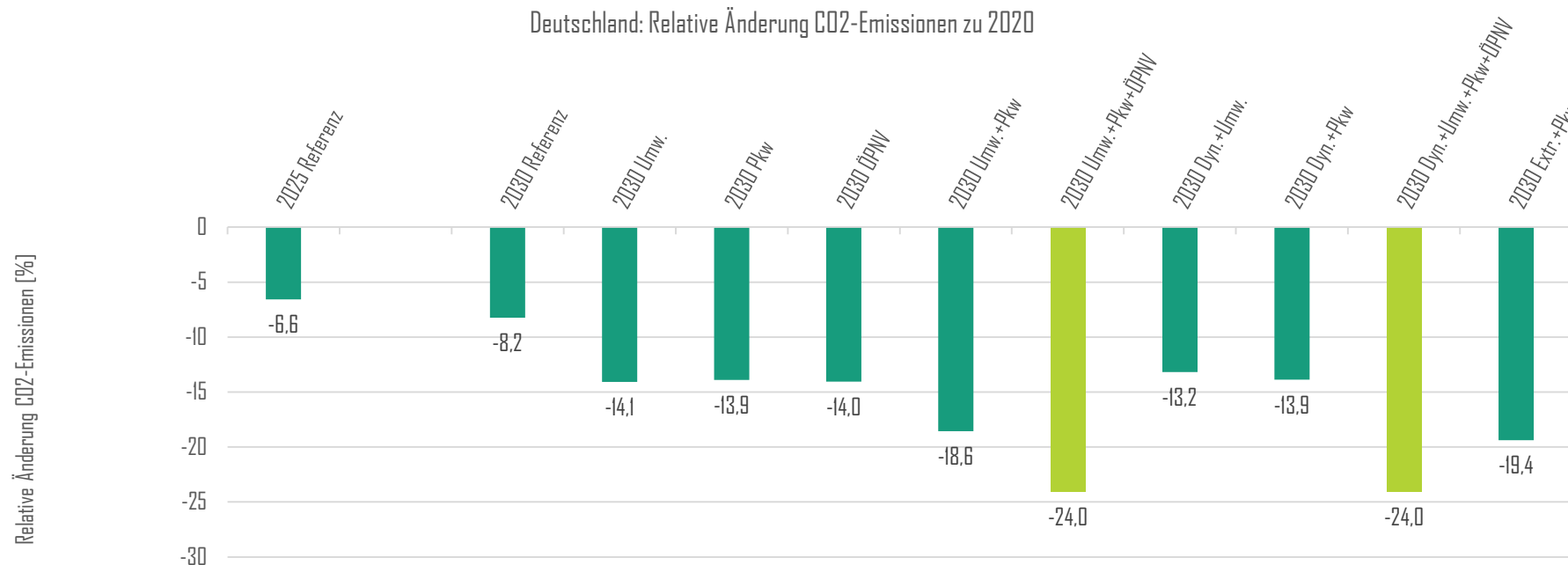


Quelle: Fraunhofer ISI (2022) im Auftrag der E.FI

Klimaeffekte geteilter autobasierter Mobilität

Geteilte Mobilität verbessert die Klimabilanz kaum, erhöht jedoch die Mobilität der Menschen

- Potenzial aller Maßnahmen im Paket: **-24% THG-Emissionen** im Personenverkehr
- Größter Treiber: ÖPNV-Förderung und Preise für Pkw-Nutzung und Umwelt
- Hochlauf von Carsharing und Ridepooling verbessert die Klimabilanz im Personenverkehr nicht



Quelle: Fraunhofer ISI (2022) im Auftrag der E.FI

Klimawirkungen geteilter Mikromobilität in sechs globalen Städten (Lime, 2022)

Bisherige Arbeiten zu Umwelteffekten sind begrenzt

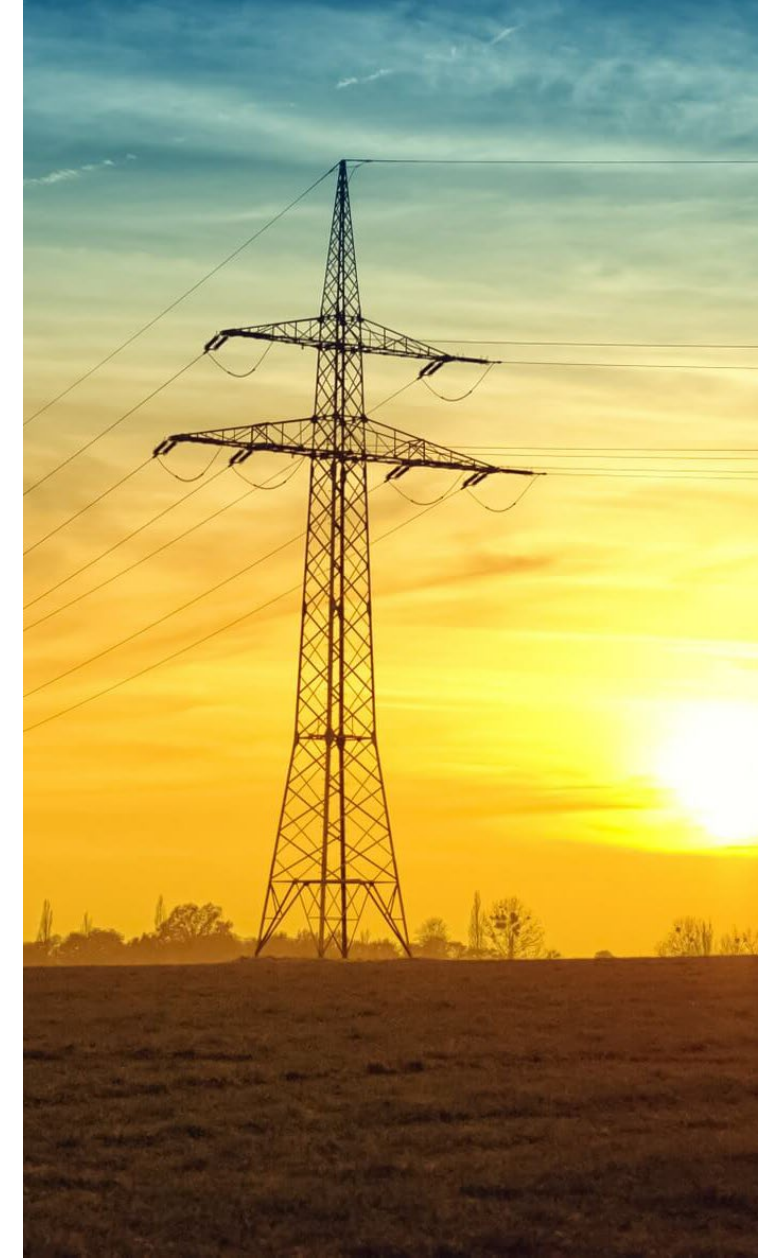
- Gute Erfassung des gesamten Lebenszyklus von Fahrzeugen und Kraftstoffen (z.B. ITF 2020)
- Nur Emissionsberechnungen für die Nutzung von Fahrzeugen, jedoch nicht gegenüber möglichen Alternativen
- Analysen in einzelnen Städten
- Keine lokale Anpassung der Lebenszyklus-Werte



<https://pxhere.com/en/photo/40923>

Lokalisierung der Lebenszyklus-Werte

- Zwei Quellen als Ausgangswerte
 - International Transport Forum (2020)
 - Anthesis (2022) im Auftrag von Lime
- Update ITF auf 2022 und Lokalisierung
 - Zunehmende Dekarbonisierung der Batterieproduktion (Bieker 2021)
 - Zunehmende Dekarbonisierung der Stromproduktion (EEA 2022)
 - Korrektur Infrastruktur-Emissionen an Fahrzeuggrößen. .
 - Berücksichtigung der Infrastruktur-Auslastung (TomTom 2022)
 - Zusammenführung der 132 Fahrzeugtypen des ITF (2020) zu 24 hier genutzten Verkehrsmitteln über Flottendurchschnitte



https://protisedi.cz/wp-content/uploads/2018/10/twilight-532720_1920.jpg

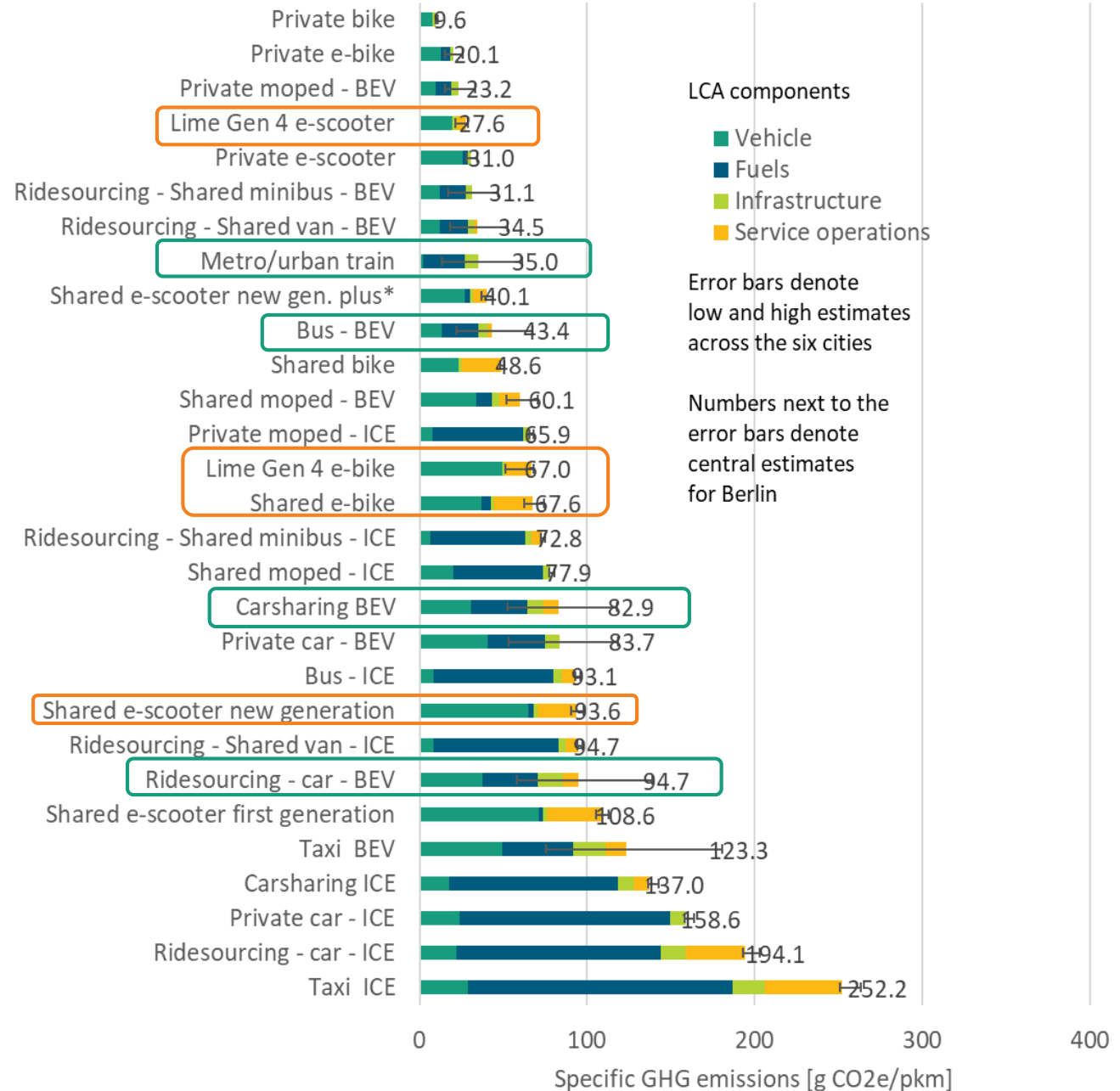
THG-Lebenszyklus-Emissionen ausgewählter Verkehrsmittel

Zentrale Einflussfaktoren:

- Besetzungsgrade (ÖPNV, Taxi)
- Betriebsmodelle und Flottenmanagement (Ridesourcing, Carsharing)
- Elektrifizierung und lokaler Strommix (Pkw, Bus, Tram/Metro)

Analyse shared E-Scooter:

- Generation 4: Potenzial bei idealer Betriebsführung und langen Lebensdauern (Quelle: Anthesis LCA-Analyse 2022 für Lime)
- New Generation: Flottendurchschnitt nach ITF (2020): Good to Go. Bereits deutlich besser als First Generation.
- Shared E-Bikes: Schwierig aufgrund von Nutzungsraten.



* All improvements combined: Advanced Aluminium melting, long life time, low carbon operations, etc.

Ermittlung von Netto-Klimawirkungen der geteilter Mikromobilität: Erhebung unter aktiven Nutzer:innen geteilter Mikromobilität (n=4.167)

Ziel: Abschätzung der Netto-Emissionswirkungen der Mikromobilität durch Verlagerungen zwischen Mikromobilität und anderen Verkehrsmitteln

Zentrale Frage: Welches Verkehrsmittel hätten Sie genutzt, wenn der gerade verwendete Lime-Service nicht verfügbar gewesen wäre?

Erhebungsdesign:

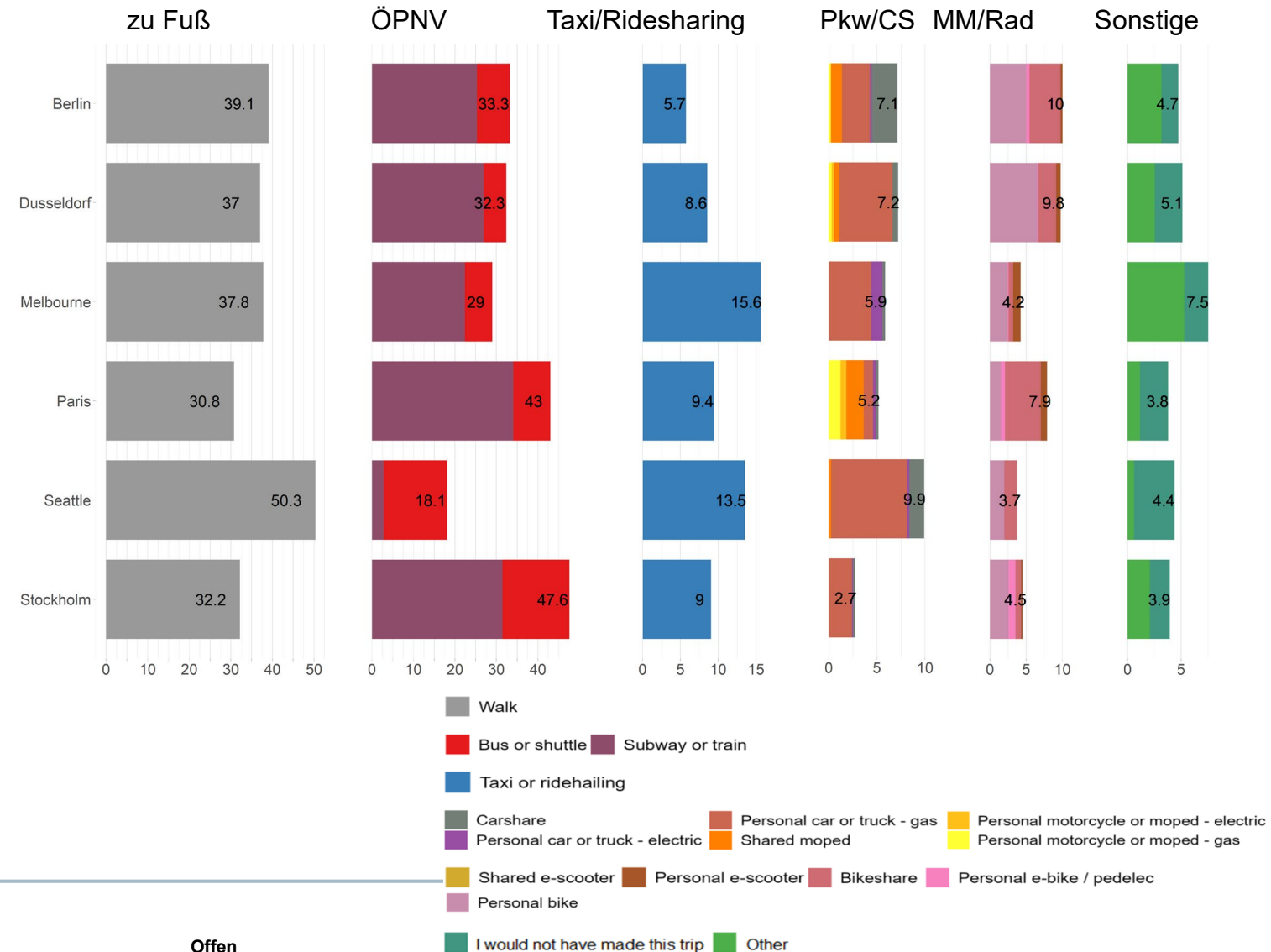
- Personen, die innerhalb der letzten Tage eine Fahrt abgeschlossen haben, erhielten einen Fragebogen:
 - Fragen zur letzten Nutzung inkl. Frage des ersetzten Verkehrsmittels
 - Generelles Mobilitätsverhalten
 - Szenarien für Politikinstrumente
 - Sozio-Demografie
- Untersuchte Städte: Berlin, Düsseldorf, Melbourne, Paris, Seattle, Stockholm
- Zeitraum der Erhebung: 13.05. – 13.06.2022

Verlagerung durch geteilte E-Scooter

Ergebnisse für sechs ausgewählte globale Städte

Zentrale Befunde

- Ähnlich anderer Erhebungen: 80% Verlagerung von zu Fuß und ÖPNV auf geteilte E-Scooter
- Aber: 15% Verlagerung von Pkw und autobasierten Mobilitätsangeboten, insbes. in Pkw-Dominierten Städten (Seattle, Melbourne).
- 5% zusätzliche Wege, die ohne die geteilten E-Scooter nicht durchgeführt worden wären.

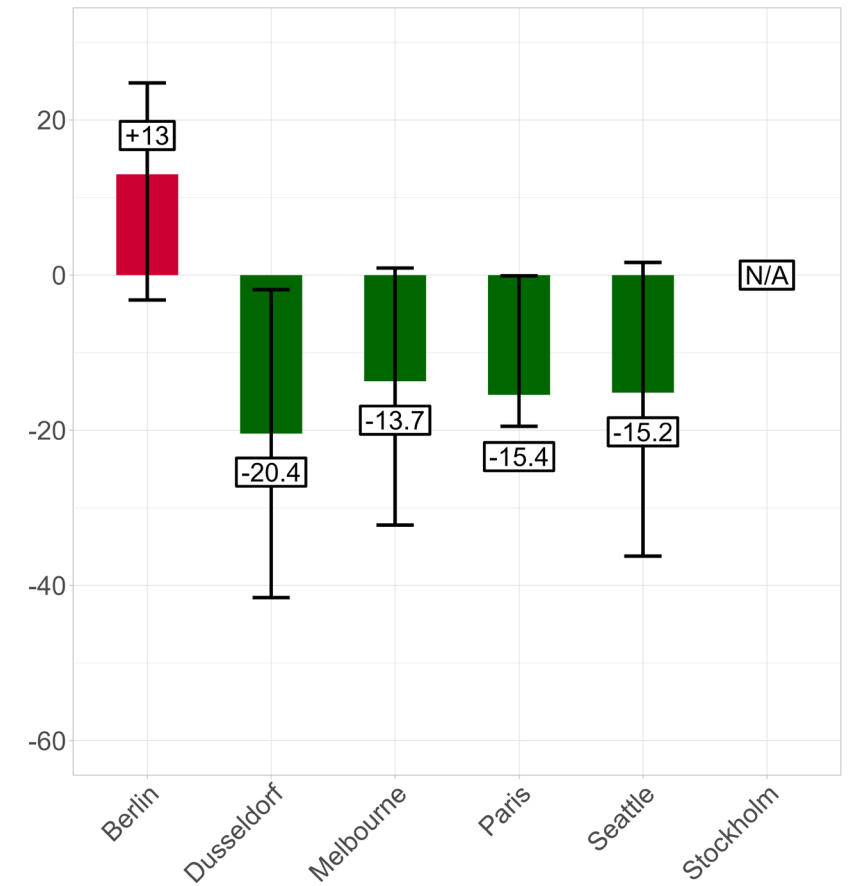
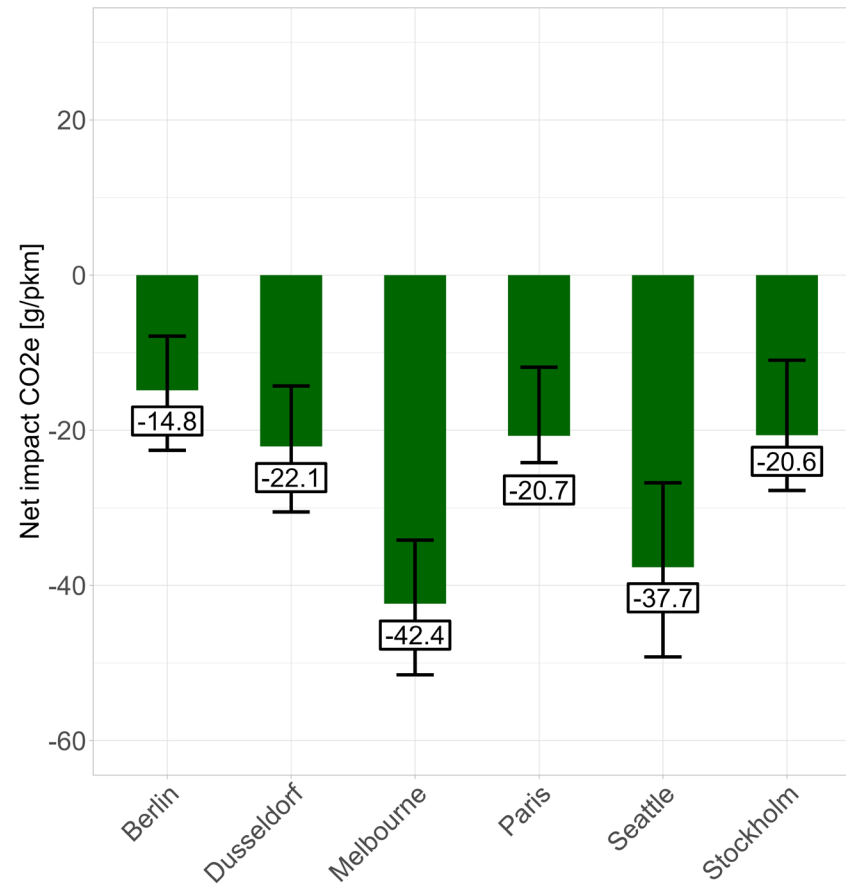


Klimawirkungen der Mikromobilität

Ergebnisse für sechs ausgewählte globale Städte

Zentraler Befund

- Ergebnisse zeigen Potenziale wenn E-Scooter bestmöglich nachhaltig betrieben würden (Gen-4)
- Stärkere Effekte in Städten mit schwächer ausgebauten ÖPNV und hohen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung (Melbourne, Seattle)
- E-Bikes Berlin: Hohe Dichte privater Fahrräder und sehr gut ausgebauter ÖPNV.



Key Messages

Das Wichtigste in vier Punkten

Carsharing und Ridepooling haben enorme Wachstumspotenziale auf dem Land

- Verbesserung der Mobilität für Alle bei schwieriger darstellbarem ÖPNV
- Ausblick: automatisierte Systeme mit breiter zeitlicher Verfügbarkeit
- Diskussion: Kosteneffizienter Betrieb gegenüber liniengebundenem ÖPNV möglich?

Netto-Klimabeitrag von Carsharing und Ridepooling ist positiv

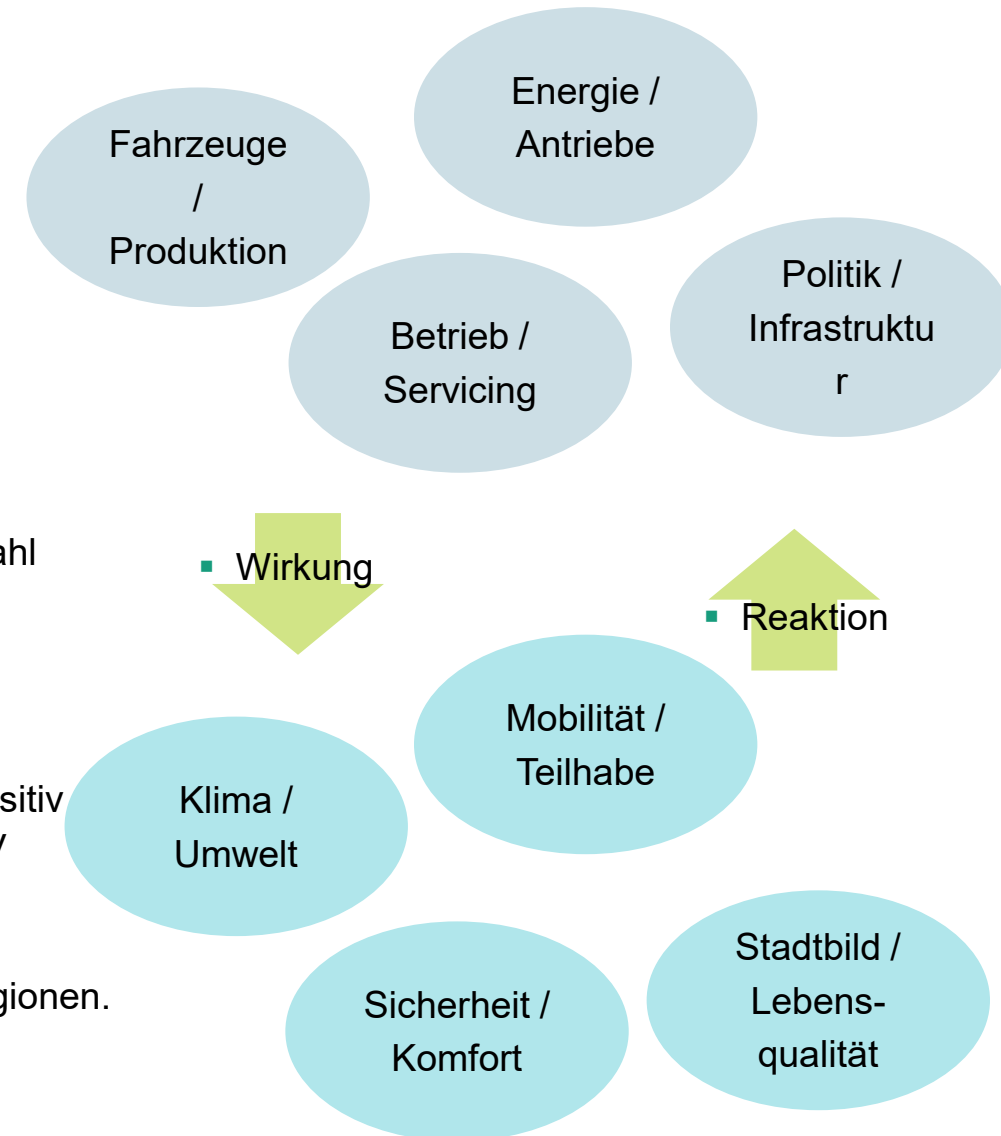
- Umwelt- und Klimawirkungen sind immer nur sekundärer Anreiz der Verkehrsmittelwahl
- Markterfolg wenn diese tatsächlich bessere Mobilität für breite Schichten bewirken
- Gefahr von Rebound-Effekten!

Erkennbares Potenzial der Mikromobilität

- Fallstudie neueste Generation von E-Scootern und E-Bikes für die meisten Städte positiv
- Kein Befund für den ländlichen Raum – Hoffnung erweiterte Einzugsgebiete des ÖPV

Klimawirkungen ist nicht Alles!

- Positive Bedeutung von weniger Autobesitz für die Lebensqualität in Städten und Regionen.
- Beitrag von Carsharing, Ridepooling / Ridesourcing und Mikromobilität möglich.
- Aber: Beobachtung, Evaluierung und Regulierung (Beispiel Paris)



Wege für mehr
Nachhaltigkeit in Städten
(MobileCityGame, 2023)

MobileCityGame: Klimawirkungen der Mobilitätswende

Was hilft? Wie lange dauert das und was kosten die Maßnahmen?

Key Facts:

- „Serious Game“ / Simulationstool auf Basis der Verkehrsmodelle von Fraunhofer und KIT.
- Einfach zugängliche und dynamische Simulation von Maßnahmen der Mobilitätswende bis 2050.
- Bewertung PKM / Modal Split, Klima, Lebensqualität und Finanzen.
- Demonstrator mit ausgewählten Maßnahmen für Karlsruhe.
- Verfügbar in Testumgebungen von iOS und Android, ab September frei in Apple App Store und Google Play Store.
- Team: Fraunhofer ISI / IOSB, KIT, Takomat; unterstützt durch das BMBF-Programm Mobilitätzzukunftslabore 2050



Ziel des MobileCityGames

Erreichen Sie Klimaneutralität im Jahr 2035 und bewahren Sie gleichzeitig die Lebensqualität, ohne dabei pleite zu gehen.

Bedienoberfläche

Intuitive Funktionen zum Festlegen und Steuern von Instrumenten in Bau, Regulierung, Preisgestaltung, Öffentlichkeitsarbeit, Verwaltung und politischen Maßnahmenpaketen.

- Drei Bewertungsmodule zu klimaschädlichen Emissionen, zur Lebensqualität und Zufriedenheit der Bürger:innen sowie zum kommunalen Haushalt
- Analysetools für Stadtteile, Mobilitätsparameter, Treibhausgasemissionen und Auswirkungen auf Nutzer:innen und Finanzen
- Direktes Feedback durch Nachrichten, Infoboxen und Score Boards
- Eingebautes Tutorial und detaillierte Erläuterungen

Team und Kontakt

Projektkoordinator:

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

Claus Doll
claus.doll@isi.fraunhofer.de
+49 721 6809-354

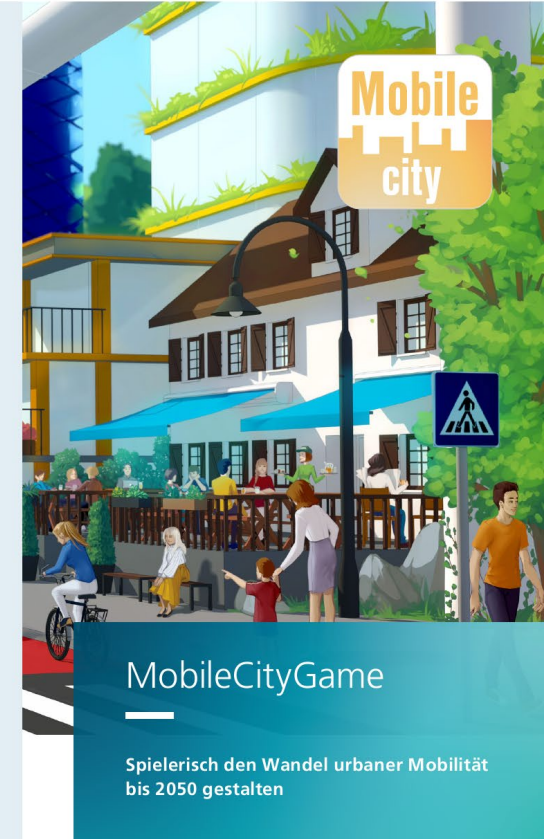
www.isi.fraunhofer.de/mobilitygame

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 - Institut für Verkehrswesen (IFV)
 - Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON)
 - Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST)
 - Institut für Produktentwicklung (IP-EK)
- Takomat GmbH, Köln



© Fraunhofer ISI, Karlsruhe 2023



Klimawirkungen durch das 29€-Ticket im ÖPNV

Beginn der Instrumente: 2025, Wirkungen für 2035

Politikinstrumente Januar 2025

- Dauerkarten im ÖPNV: 29€/Monat.
- Einzelfahrscheine -50 %.

Wirkungen

Kosten insgesamt:

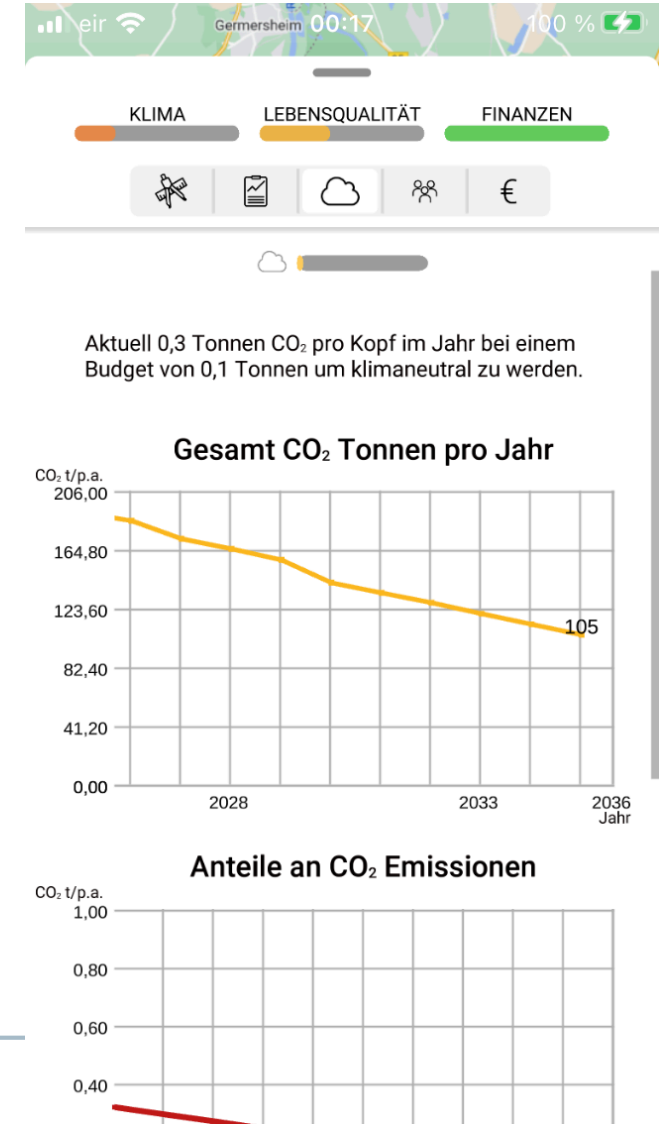
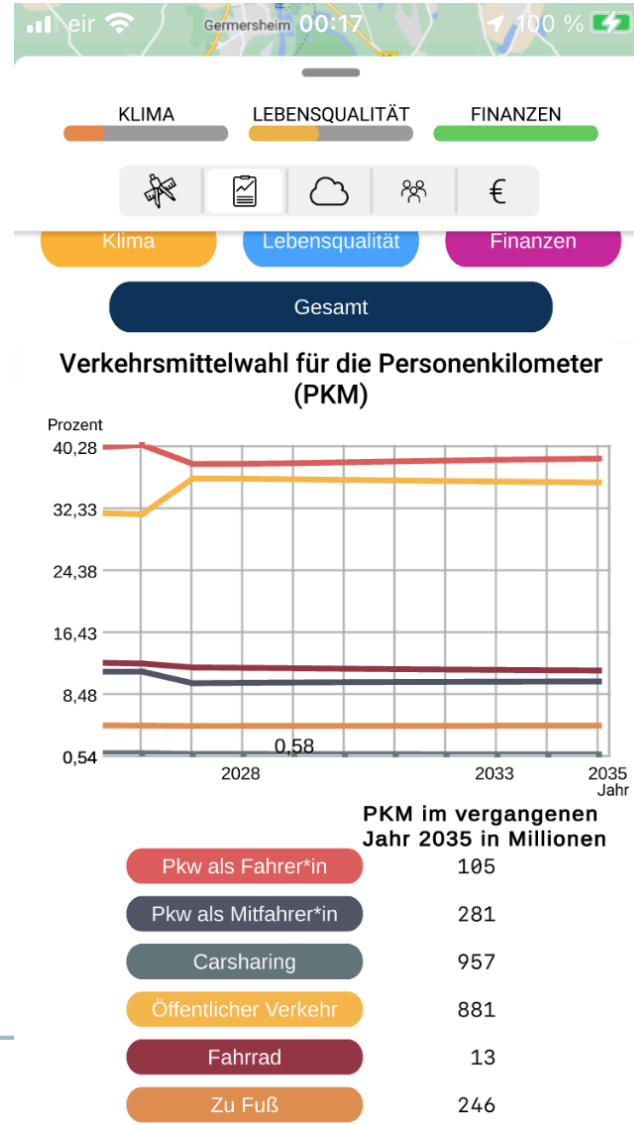
- Stadt und ÖPNV: 60 Mio. € p.a.

Modal Splits 2035:

- 48 % Pkw
- 35 % ÖPNV
- 11 % Fahrrad

CO₂-Emissionen 2035:

- Personenverkehr: 105 t CO₂eq.



Klimawirkungen durch hohe Parkgebühren

Beginn der Instrumente: 2025, Wirkungen für 2035

Politikinstrumente Januar 2025

- Innenstadt 10 €/Parkvorgang, außen weniger
- 50 % Rabatt für E-Pkw
- 75 % aller Parkplätze in der Innenstadt sind gebührenpflichtig, außen weniger.

Wirkungen

Kosten insgesamt:

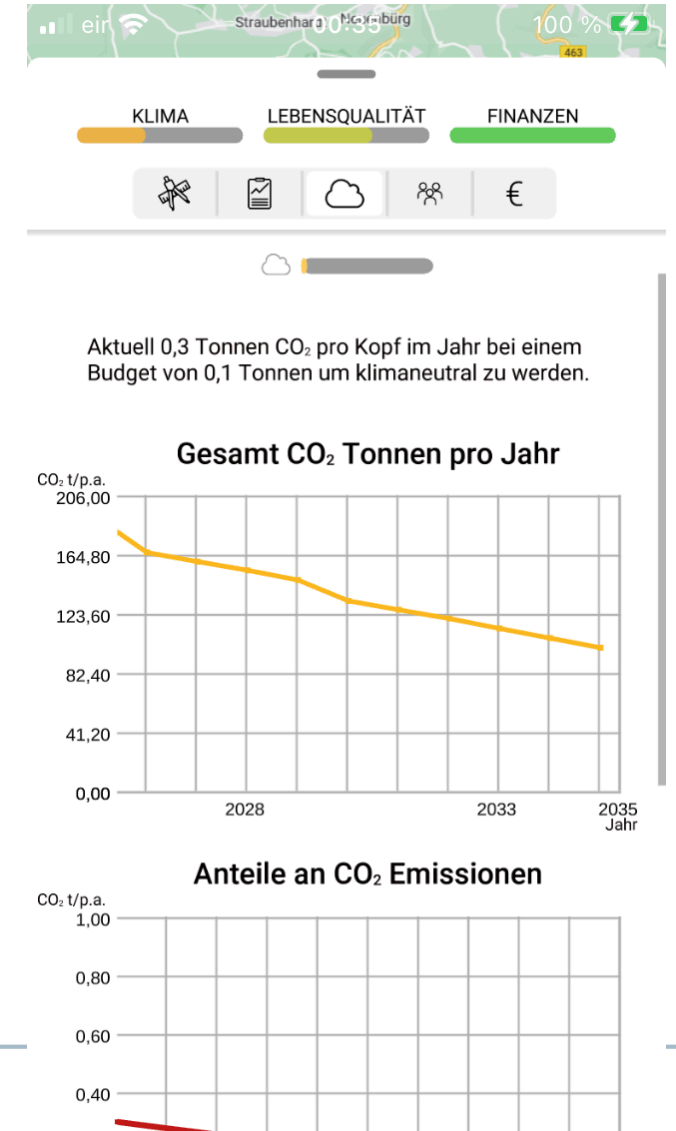
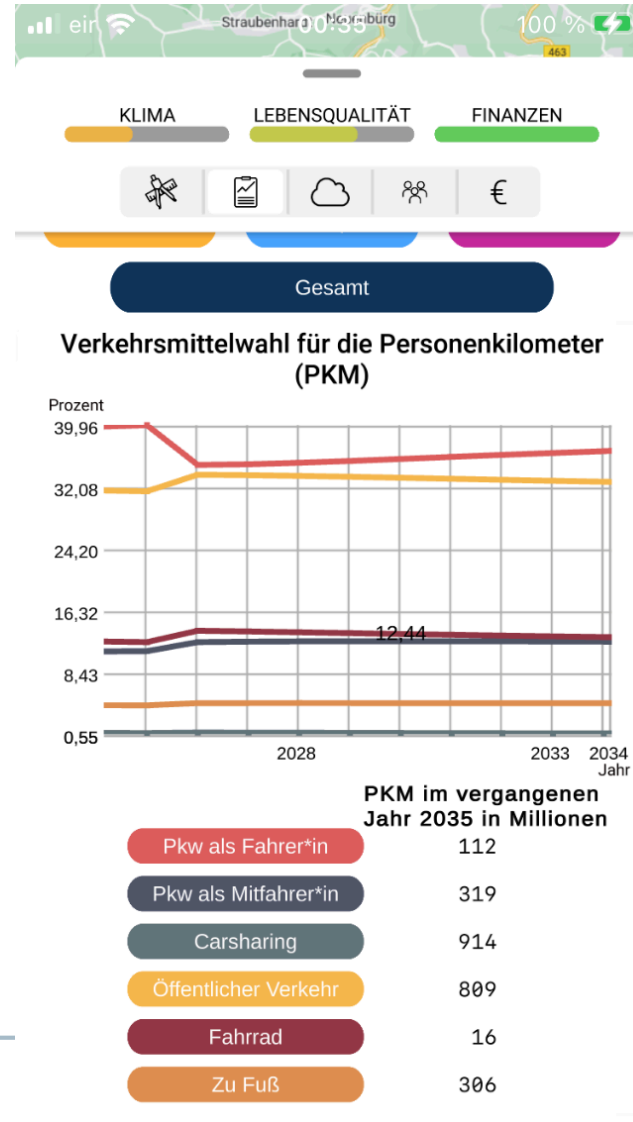
- Mehreinnahmen Stadt 100 Mio. € p.a.

Modal Splits 2035:

- 49 % Pkw
- 33 % ÖPNV
- 13 % Fahrrad

CO₂-Emissionen 2035:

- Personenverkehr: 100 t CO₂eq.



Fazit 2: Push und Pull zur Emissionsminderung der Mobilität

Interpretation der MobilieCityGame-Ergebnisse

Key Message zur Politikgestaltung

E-Mobilität alleine Reduziert CO2-Emissionen deutlich.

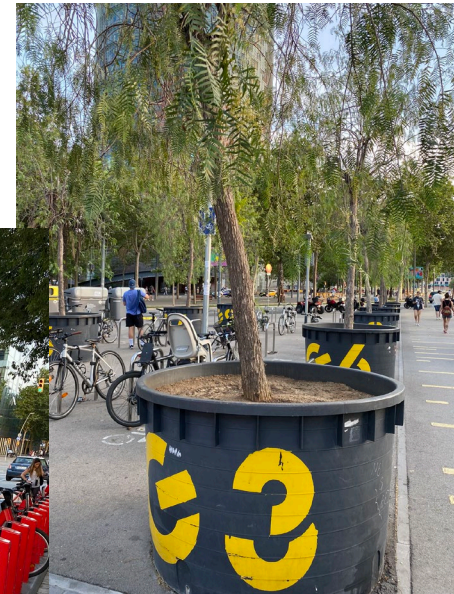
Pull-In (ÖPNV) kann Rad- und Fußverkehr treffen

Reine Anreize nützen wenig, sind aber auch günstig

Push-Out-Faktoren können gut wirken.

Förderung der E-Mobilität erhöht Pkw-Menge.

Wichtig: Technologie + Kulturwandel / green cities.



Barcelona Superblocks

Quelle: Susanne Bieker,
Fraunhofer ISI, 2023

Kontakt

Dr. Claus Doll
Geschäftsbereich Mobilität
Tel. +49 721 6809-354
Fax +49 721 6809-135
claus.doll@isi.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
www.isi.fraunhofer.de

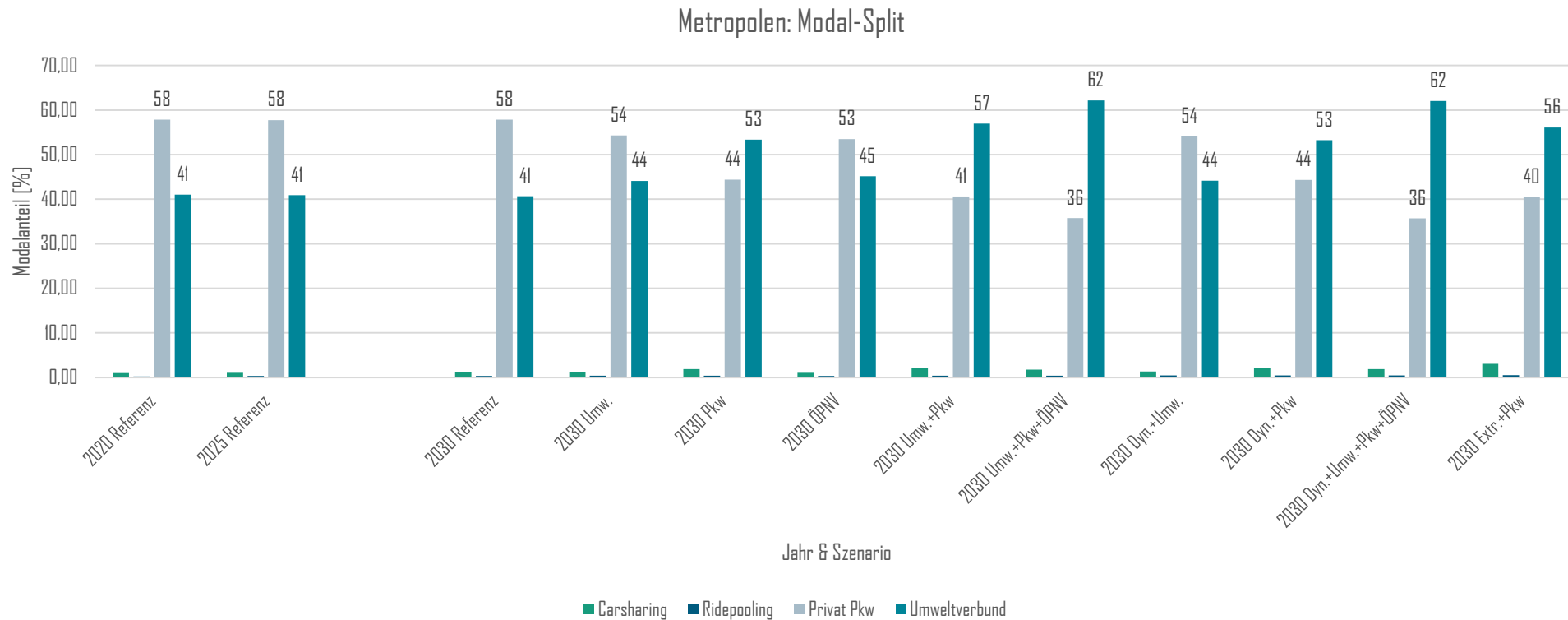


Fraunhofer-Institut für System- und
Innovationsforschung ISI

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Anhang

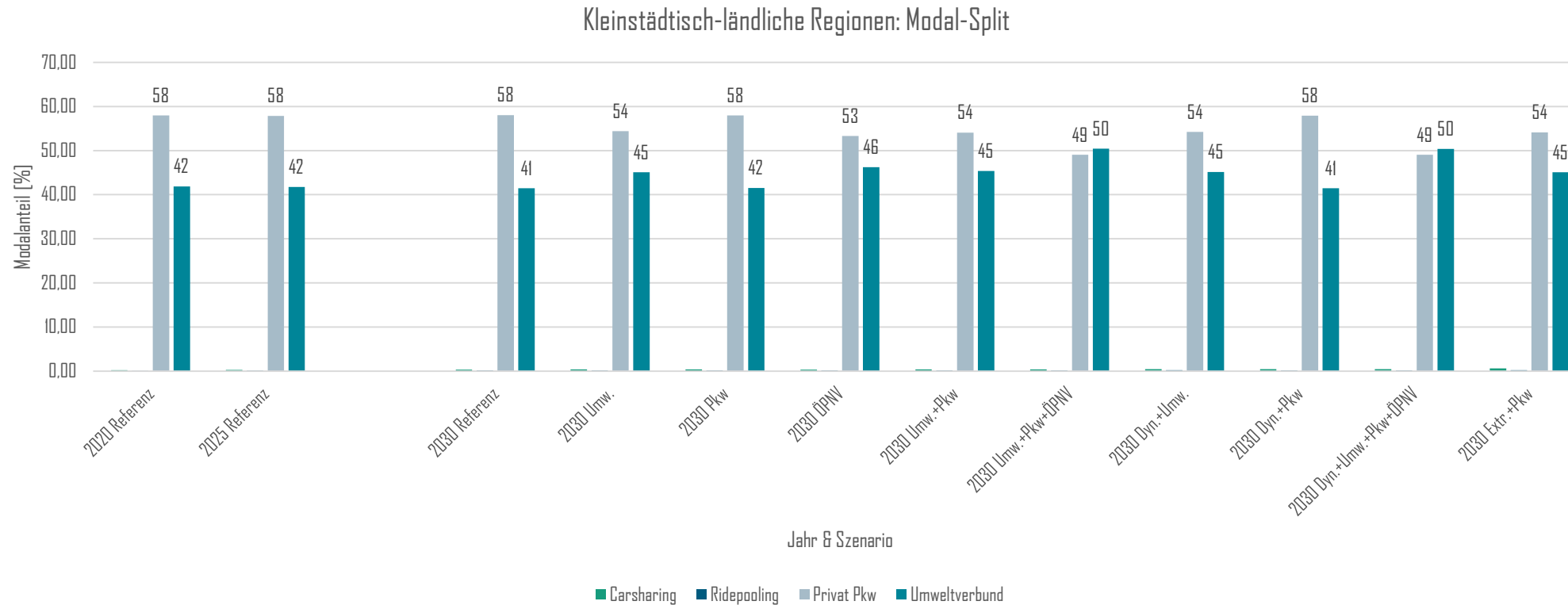
Verkehrsträgeranteile in Metropolregionen, Referenz 2020 und Szenarien 2030



Quelle: Fraunhofer ISI (2022) im Auftrag der E.FI

Anhang

Verkehrsträgeranteile in kleinstädtisch-ländlichen Räumen, Referenz 2020 und Szenarien 2030



Quelle: Fraunhofer ISI (2022) im Auftrag der E.FI

Klimawirkungen durch Radwege und Straßenumgestaltung

Beginn der Instrumente: 2025, Wirkungen für 2035

Politikinstrumente Januar 2025

- 6 Radschnellwege aus der Region in die Innenstadt
- Straßenumgestaltung mit mehr Platz für Rad- und Fußverkehr zu Lasten des Pkw

Wirkungen

Kosten insgesamt:

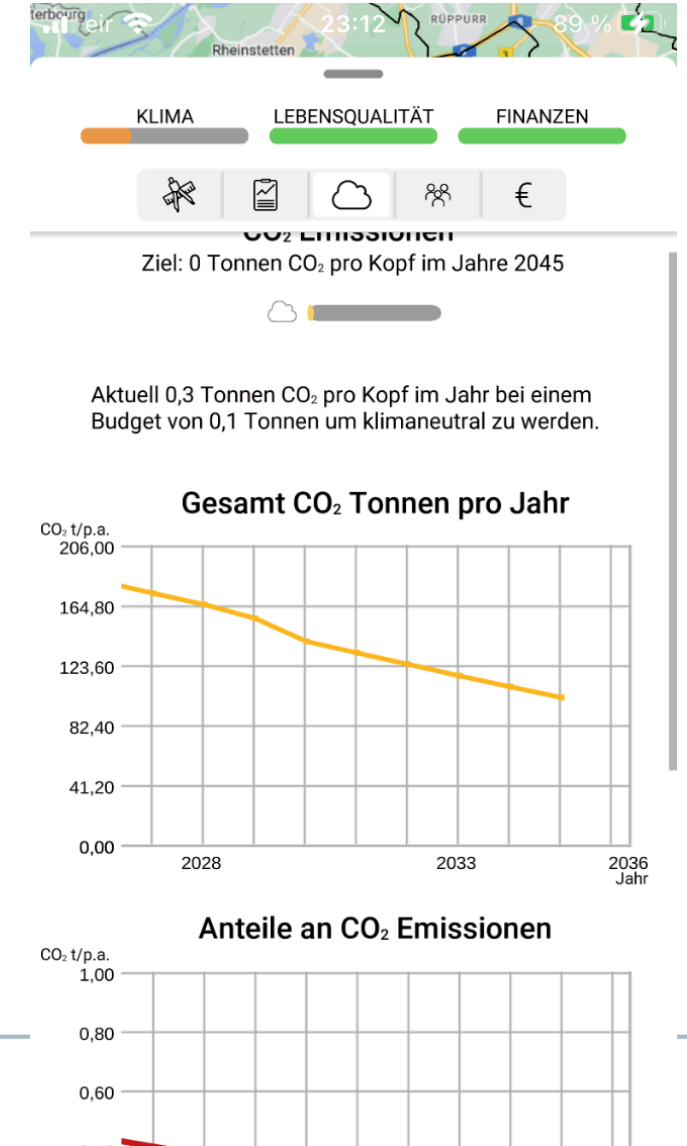
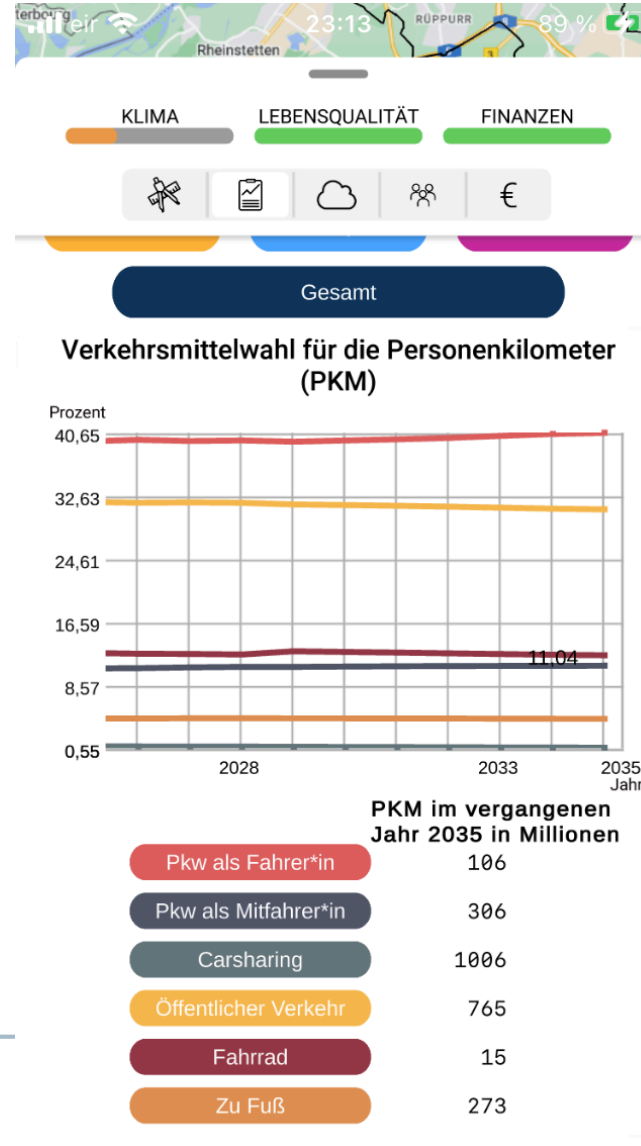
- Stadt und ÖPNV: 16 Mio. €

Modal Splits 2035:

- 44 % Pkw
- 32 % ÖPNV
- 20 % Fahrrad

CO₂-Emissionen 2035:

- Personenverkehr: 101 t CO₂eq



Klimawirkungen durch Förderung der Elektromobilität

Beginn der Instrumente: 2025, Wirkungen für 2035

Politikinstrumente Januar 2025

- 150% der eigentlich notwendigen E-Ladestationen
- Moderate Parkgebühren 100% befreit für E-Pkw

Wirkungen

Kosten insgesamt:

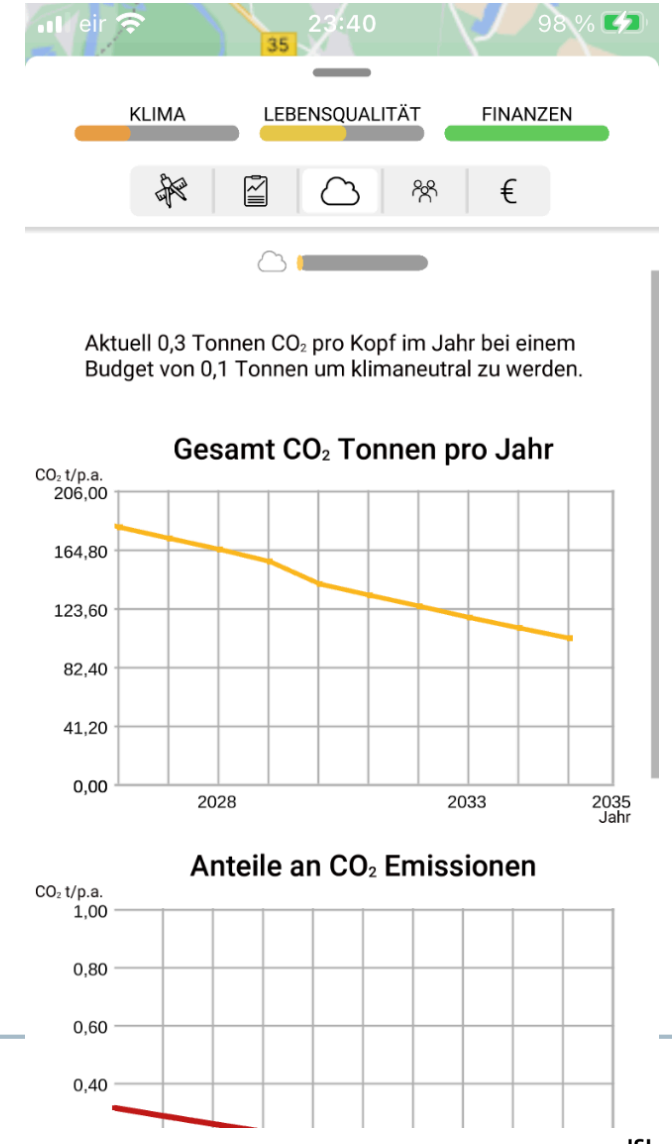
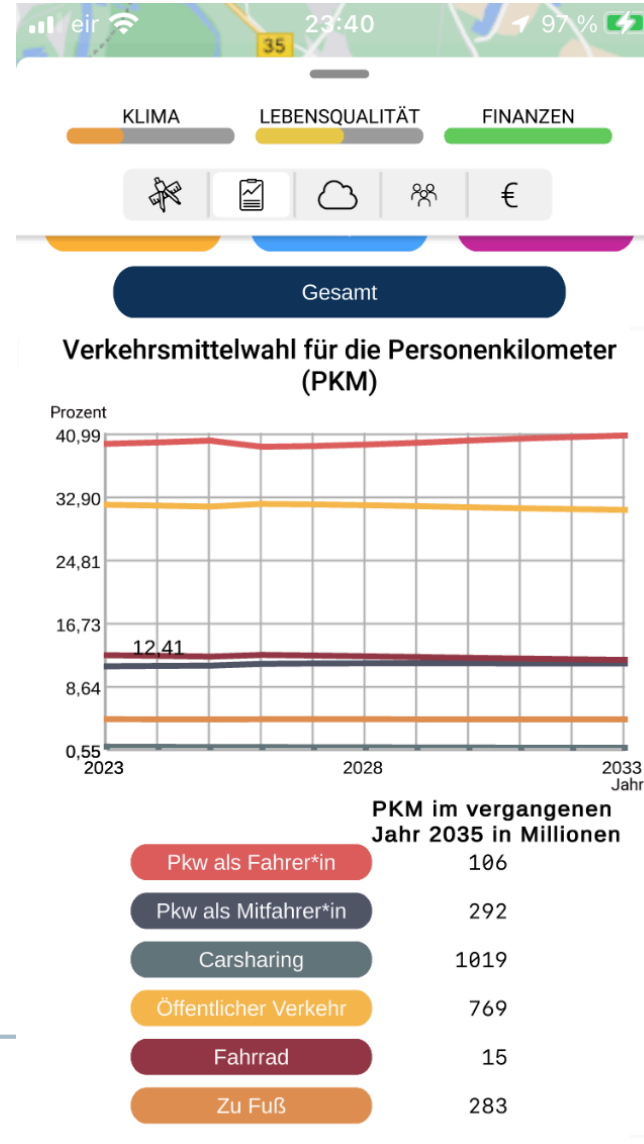
- Stadt und ÖPNV: 52 Mio. €

Modal Splits 2035:

- 53 % Pkw
- 31 % ÖPNV
- 12 % Fahrrad

CO₂-Emissionen 2035:

- Personenverkehr: 102 t CO₂eq.



Quellen

- Fraunhofer Allianz Verkehr, Infrast, BBG & Partner (2022): *Analyse der Rahmenbedingungen für einen nutzerfreundlichen intermodal eingebundenen Schienenpersonenverkehr*. Uwe Clausen, Regina Demtschenko, Claus Doll, Niklas Sieber, Anne Greinus, Maleika Wörner, Sibylle Barth, Marc Wiedemann. Studie im Auftrag des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) am Eisenbahnbundesamt. Bericht 29/2022. Prien, Karlsruhe, Zürich, Bremen.
- Fraunhofer ISI (2022): *Nachhaltige Mobilität und innovative Geschäftsmodelle*. Claus Doll und Konstantin Krauß. Expertenkommission Forschung und Innovation (E.FI) am BMBF. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10/2022. Karlsruhe.
- Fraunhofer ISI (2023) *The Net Sustainability Impacts of Shared Micromobility*. Studie im Auftrag von Lime Ltd. (unveröffentlicht).
- ITF (2020): *Good to Go*. International Transport Forum. Paris.