

CO₂-Emissionen im Personenverkehr

Einfluss von Soziodemografie, Wohnort und Einkommen

Pendelentfernung, Klimaschutzplan, Stadt- und Landbevölkerung, Mobilitätsverhalten

Für verschiedene Bevölkerungsgruppen wurde untersucht, welchen Einfluss Soziodemografie, Wohnort und Einkommen auf die durchschnittlichen jährlichen CO₂-Emissionen haben. Die Analysen zeigen, dass die durchschnittlichen CO₂-Emissionen von Stadt- und Landbevölkerung nahezu identisch sind, jedoch mit dem Haushaltseinkommen ansteigen. Datengrundlage der detaillierten Analysen zu den CO₂-Emissionen im Personenverkehr ist ein Datensatz, der die Gesamtmobilität der in Deutschland lebenden Bevölkerung umfasst, d. h. alle Verkehrsmodi sowie Wege und Fahrten im In- und Ausland.

Felix Steck, Christine Eisenmann, Lars Kröger, Christian Winkler

Die Bundesregierung hat sich im Rahmen des Klimaschutzplans 2050 das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen Deutschlands bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 % zu reduzieren. Anders als in anderen Sektoren hat der Verkehrssektor in den letzten Jahren kaum zu einer Reduktion beigetragen [1], in bestimmten Bereichen (insbesondere im Luftverkehr) sind die CO₂-Emissionen sogar deutlich gestiegen.

Im Sommer 2019 wurden von verschiedenen Akteuren, u. a. von Umweltverbänden, der Fridays for Future-Bewegung und politischen Parteien, Instrumente zur Erreichung der Klimaziele im Sektor Verkehr diskutiert. Am 20. September 2019 hat die Bundesregierung die Eckpunkte des Klimaschutzprogramms festgelegt und der Öffentlichkeit vorgestellt [2]. Maßnahmen im Sektor Verkehr sind u. a. eine Einführung einer CO₂-Bepreisung für fossile Brenn- und Kraftstoffe, eine Reduktion des Mehrwertsteuersatzes auf Bahntickets im Fernverkehr und eine Erhöhung der Luftverkehrsabgabe. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, Anreize zu setzen, die zu einer Änderung des Mobilitätsverhaltens führen. Weiterhin wurden Maßnahmen beschlossen, die einzelne Bevölkerungsgruppen entlasten sollen, beispielsweise die Anhebung der Pendlerpauschale für Fernpendler.

Im Folgenden wird dargelegt, wie hoch die CO₂-Emissionen der in Deutschland lebenden Bevölkerung im Verkehr sind und welchen Einfluss Soziodemografie, Wohnort und Einkommen auf diese haben. Außerdem werden diese Ergebnisse in Bezug auf das Klimaprogramm der Bundesregierung diskutiert. Besonderheit der nachfolgenden Analysen ist, dass hierfür eine Datengrundlage genutzt wird, welche die Gesamtmobilität der in Deutschland lebenden Bevölkerung umfasst: Diese schließt sowohl die Mobilität im Alltag (z. B. Pendeln, Einkaufen) als auch Fernverkehr und Übernachtungsreisen (z. B. Jahresurlaub mit dem Flugzeug) ein und

umfasst alle Verkehrsmodi (z. B. PKW, öffentlicher Verkehr, Flugzeug). Zunächst wird die Datengrundlage für die Verkehrsnachfrage im Personenverkehr sowie die Methodik zur Berechnung der jährlichen CO₂-Emissionen vorgestellt. Es folgen Analysen zu den durchschnittlichen jährlichen CO₂-Emissionen verschiedener Bevölkerungsgruppen. Abschließend werden die Ergebnisse der Analysen in Bezug auf den im September 2019 vorgestellten Klimaschutzplan diskutiert.

Datengrundlage und Methodik

Grundlage für die durchgeführten Analysen ist die Personenverkehrsrechnung aus dem Forschungsprojekt Verkehr in Zahlen (in leicht adaptierter Form zur Darstellung der Inländerverkehrsleistung) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [3]. Als Ergebnis der Personenverkehrsrechnung liegt ein modellierter, mikroskopischer Datensatz vor, der den gesamten Personenverkehr der in Deutschland lebenden Bevölkerung erfasst, die Verkehrsmengen anderer offizieller Quellen auf die Verkehrsnachfrage korrekt darstellt und für die deutsche Bevölkerung in Bezug auf ihre sozioökonomischen Merkmale repräsentativ ist. Die Erhebung Mobilität in Deutschland (MiD) 2017 ist die wesentliche Datenbasis der Personenverkehrsrechnung. Amtliche Statistiken werden für die Kalibrierung von Verkehrsmengen und sozioökonomischer Merkmale herangezogen.

Die MiD ist eine bundesweite, umfassende Erhebung zum Mobilitätsverhalten und zur Verkehrsnachfrage der deutschen Wohnbevölkerung [4]. Insgesamt nahmen rund 316.000 Personen aus 156.000 Haushalten an der MiD 2017 teil und berichteten 961.000 Wege für ihre jeweiligen Erhebungstage. Des Weiteren liegen Informationen zu rund 39.000 Übernachtungsreisen vor. In der Personenverkehrsrechnung fließen sowohl die Alltagsmobilität als auch Übernachtungsreisen ein.

Verkehrsmittel	Emissionsfaktor in CO ₂ -Äquivalenten		Quelle
	Einheit	Wert	
Fuß	g CO ₂ /Pkm	0	Annahme
Rad	g CO ₂ /Pkm	0	Annahme
MIV	g CO ₂ /Fzgkm	63-264	basierend auf Auswertungen des Deutschen Mobilitätspanels (MOP)
Krafträder und Mofas	g CO ₂ /Fzgkm	106	basierend auf angepassten Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) zu Krafträdern und Mofas
ÖPNV (Straße)	g CO ₂ /Pkm	71	TREMODO 5.82 (Anpassung entsprechend der Zuweisungen der Verkehrsmittel)
Fernbus	g CO ₂ /Pkm	32	TREMODO 5.82
Bahn-Nahverkehr	g CO ₂ /Pkm	60	TREMODO 5.82
Bahn-Fernverkehr	g CO ₂ /Pkm	36	TREMODO 5.82
Flugzeug	g CO ₂ /Pkm	201	TREMODO 5.82
Schiff	(g CO ₂ /Pkm)	115	DEFRA: Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors
LKW	g CO ₂ /Fzgkm	278	basierend auf angepassten Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) (Annahme: LKW bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht)

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Emissionsfaktoren

Diese Datengrundlage stellt den Ist-Zustand für die Mobilität der in Deutschland lebenden Bevölkerung im Jahr 2017 sehr differenziert dar und kann für zahlreiche Auswertungen herangezogen werden. Mögliche Mobilitätsverhaltensänderungen infolge einer Einführung der beschlossenen Klimaschutzmaßnahmen sind hierin demzufolge aber nicht enthalten.

Um die jährlichen CO₂-Emissionen verschiedener Bevölkerungsgruppen zu bestimmen, wird, differenziert nach Verkehrsmodi, die Verkehrsnachfrage mit den verkehrsmodispezifischen Emissionsfaktoren multipliziert und über die verschiedenen Verkehrsmodi aggregiert. Für alle im Datensatz vorhandenen PKW werden Emissionsfaktoren differenziert nach Fahrzeugigenschaften (u. a. Antrieb, Fahrzeuggröße, Motorleistung) ergänzt. Bei den weiteren Verkehrsmodi werden durchschnittliche Emissionsfaktoren genutzt. Für die im Datensatz enthaltenen Verkehrsmodi ist in *Tabelle 1* eine Übersicht der für die Berechnung

verwendeten Emissionsfaktoren in CO₂-Äquivalenten dargestellt.

Jährliche CO₂-Emissionen im Personenverkehr für verschiedene Bevölkerungsgruppen

Bei den folgenden Analysen einzelner Bevölkerungsgruppen werden jeweils durchschnittliche Pro-Kopf-Emissionen von Haushalten verglichen. Dafür werden auf Basis des oben beschriebenen Datensatzes die Summen der Gesamtemissionen der einzelnen Haushalte ermittelt und durch die Anzahl der Haushaltsmitglieder geteilt. Die Ergebnisse umfassen eine Auswahl möglicher Auswertungen.

Kaum ein Unterschied zwischen den CO₂-Emissionen in Stadt und Land

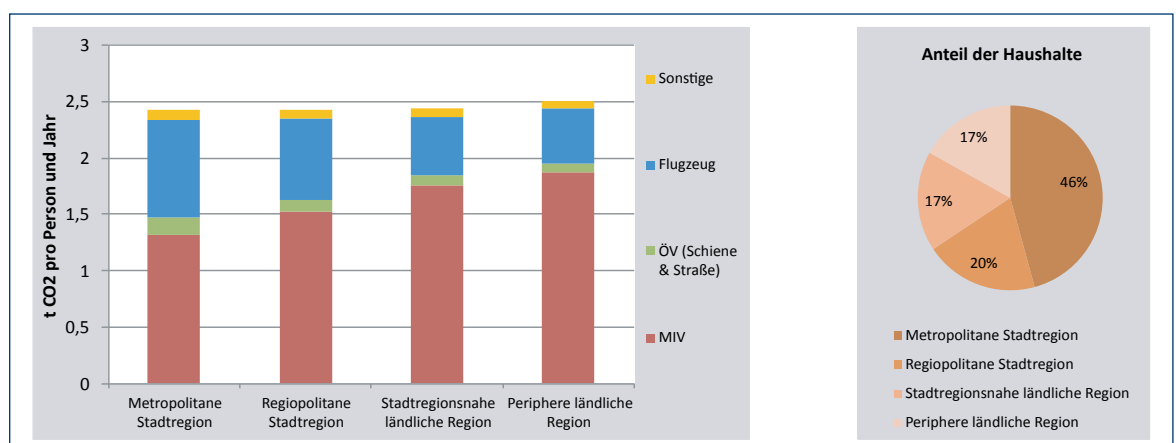
Die verkehrsspezifischen CO₂-Emissionen der in Deutschland lebenden Bevölkerung liegen im Mittel bei 2,4 t CO₂ pro Person und Jahr. Sie variieren jedoch für unterschiedliche Haushaltstypen und setzen sich je nach Raumtyp unterschiedlich zusammen.

Beim Vergleich unterschiedlicher Raumtypen (Regio-StaR4) wird ersichtlich, dass die durchschnittlichen CO₂-Emissionen pro Person aus dem Verkehr für städtische und ländliche Regionen nahezu identisch sind (siehe *Bild 1*). Jedoch setzen sich die durchschnittlichen CO₂-Emissionen (und Verkehrsleistungen) der Bevölkerung aus den einzelnen Regionen unterschiedlich zusammen. In allen Regionen verursacht der motorisierte Individualverkehr (MIV) den Großteil der CO₂-Emissionen, wobei der MIV in peripheren ländlichen Regionen besonders stark zu den CO₂-Emissionen beiträgt (76%). Insbesondere durch die hohen CO₂-Emissionen des Flugverkehrs von Bewohnern metropolitaner Stadtregionen (36%) sind deren durchschnittlichen jährlichen CO₂-Emissionen auf einem ähnlichen Niveau wie die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Bewohner ländlicher Regionen.

Mit dem Haushaltseinkommen steigen auch die CO₂-Emissionen

Zur Teilhabe am gesellschaftlichen Leben ist die Mobilität notwendig und erstrebenswert. Aufgrund der Kosten für die Mobilität unterscheiden sich jedoch die Ausgabepotenziale für unterschiedliche Einkommensgruppen. Zur differenzierten Betrachtung der Haushalte nach ihren finanziellen Möglichkeiten wurden diese in fünf gleich große Gruppen (Quintile) entsprechend ih-

Bild 1: CO₂-Emissionen pro Person und Jahr differenziert nach Verkehrsmodi und Regionstyp
Alle Bilder: DLR



res Haushaltsnettoäquivalenz-Einkommens¹ eingeteilt. Aus Bild 2 geht hervor, dass mit steigendem Haushalts-äquivalenz-Einkommen auch die durchschnittlichen CO₂-Emissionen ansteigen. dass einkommenschwächere Haushalte unterdurchschnittlich viele CO₂-Emissionen verursachen. So emittieren die Mitglieder von Haushalten im höchsten Haushaltsquintil mehr als doppelt so viel wie die Haushaltsmitglieder des ersten und zweiten Quintils. Wiederum ist bei allen Einkommensgruppen der Anteil des MIV an den CO₂-Emissionen am höchsten. Jedoch wird ersichtlich, dass mit steigenden Einkommen die Verkehrsleistung per Flugzeug enorm zunimmt und diese bei dem einkommensstärksten Haushaltsquintil rund 40 % der CO₂-Emissionen verursachen.

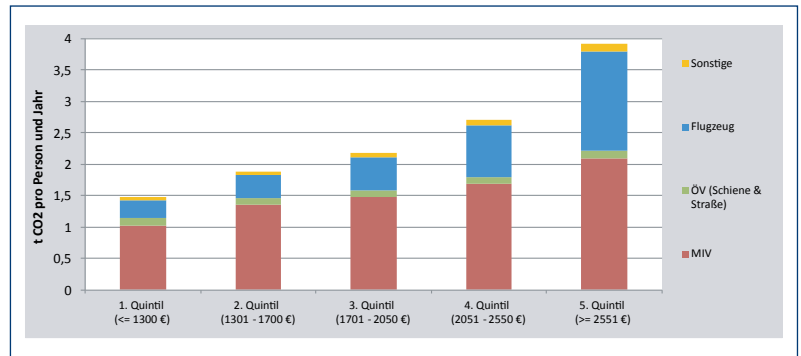


Bild 2: CO₂-Emissionen pro Person und Jahr differenziert nach Verkehrsmodi und Haushaltsäquivalenz-Einkommen

Alleinerziehende und kinderreiche Familien verursachen vergleichsweise niedrige CO₂-Emissionen

Haushalte können auch anhand ihrer Zusammensetzung in Haushaltstypen unterteilt werden. Wesentliche Eigenschaften für eine solche Differenzierung sind die Zahl der im Haushalt lebenden Personen, die Zahl der im Haushalt lebenden Kinder sowie die Altersverteilung der im Haushalt lebenden Personen. Hieraus ergeben sich drei wesentliche Gruppen von Haushalten: Haushalte mit Kindern, Senioren/Seniorinnen-Haushalte und Haushalte im berufstätigen Alter ohne Kinder. Diese Gruppen umfassen wiederum eine Reihe von Haushaltstypen, welche im Folgenden differenziert betrachtet werden (siehe Bilder 3, 4 und 5).

Bild 3 zeigt, dass die meisten Familien mit Kindern unterdurchschnittliche CO₂-Emissionen verursachen. Die Ausnahme stellen Familienhaushalte mit zwei Elternteilen und einem Kind dar; bei diesen liegen die CO₂-Emissionen pro Person leicht über dem Durchschnitt von 2,4 t CO₂ pro Person und Jahr. Ein Grund für die niedrigen Emissionen von Familien ist die geringere Verkehrsleistung von Kindern gegenüber Erwachsenen. Die im Durchschnitt niedrigsten CO₂-Emissionen pro Person verursachen Haushalte mit Alleinerziehenden. Die geringen CO₂-Emissionen dieser Haushaltsgruppe lassen sich wiederum mit dem dargestellten Haushaltseinkommen (Bild 2) in Zusammenhang bringen, denn Alleinerziehende haben im Mittel nur 75% des Haushaltsnettoäquivalenzeinkommens von Familienhaushalten mit zwei Erwachsenen zur Verfügung.

CO₂-Emissionen von Senioren sind gering

Eine weitere wichtige Bevölkerungsgruppe sind Seniorinnen- und Seniorenhaushalte (39 % aller Haushalte in Deutschland). Die grundsätzlich niedrige Verkehrsleistung von Seniorinnen und Senioren führt zu den niedrigsten CO₂-Emissionen über alle betrachteten Bevölkerungsgruppen (vgl. Bild 4). Die geringsten CO₂-Emissionen verursachen allein lebende Seniorinnen (0,9 t). Dies kann mit dem unterschiedlich hohen Anteil an PKW-Führerscheinsbesitz von älteren Frauen und Männern zusammenhängen. [5]

Junge Erwachsene ohne Kinder haben sehr hohe CO₂-Emissionen

Neben den Familienhaushalten mit Kindern und den Seniorinnen/Senioren-Haushalten stellen die Haushalte mit Personen im berufstätigen Alter ohne Kinder eine dritte Gruppe dar. Bild 5 zeigt, dass im Vergleich über alle Haushaltstypen die Haushalte junger Erwachsener (18 bis 29 Jahre) die höchsten CO₂-Emissionen aufweisen. Bei jungen Zwei-Personen-Haushalten sind die durchschnittlichen CO₂-Emissionen deutlich höher (5,7 t) als bei älteren Zwei-Personen-Haushalten (3,7 t). Diese Analyse deutet darauf hin, dass junge Erwachsene besonders mobil sind. Dies liegt weniger an der Mobilität im Alltag als am Reiseverhalten dieser Bevölkerungsgruppe. Junge Erwachsene unternehmen im Vergleich zu anderen Bevölkerungsgruppen im Mittel mehr Flugreisen und suchen auf ihren Reisen weiter entfernte Ziele auf. Beispielsweise verursachen junge Zwei-Personen-Haushalte 45 % ihrer CO₂-Emissionen im Flugverkehr.

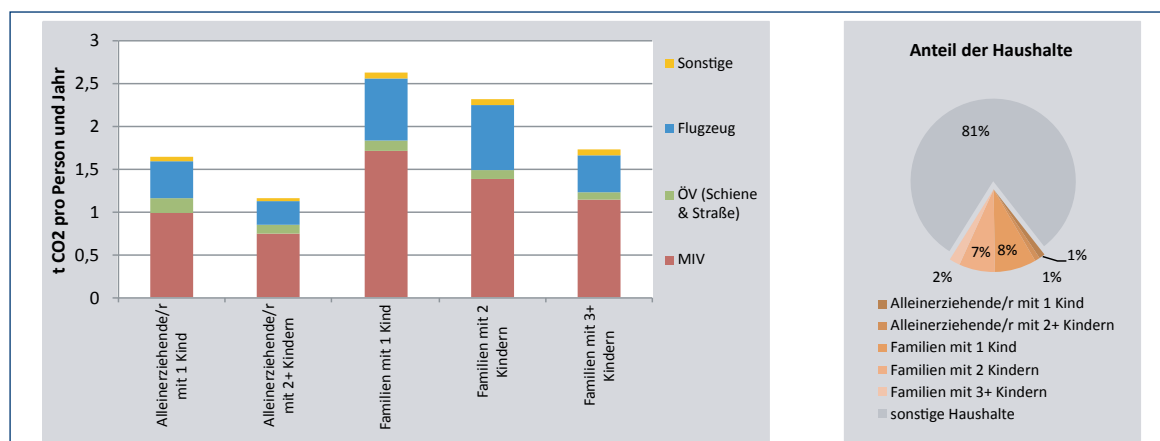


Bild 3: CO₂-Emissionen pro Person und Jahr differenziert nach Verkehrsmodi, Familienhaushalte

Bild 4: CO₂-Emissionen pro Person und Jahr differenziert nach Verkehrsmodi, Senioren- und Seniorinnenhaushalte

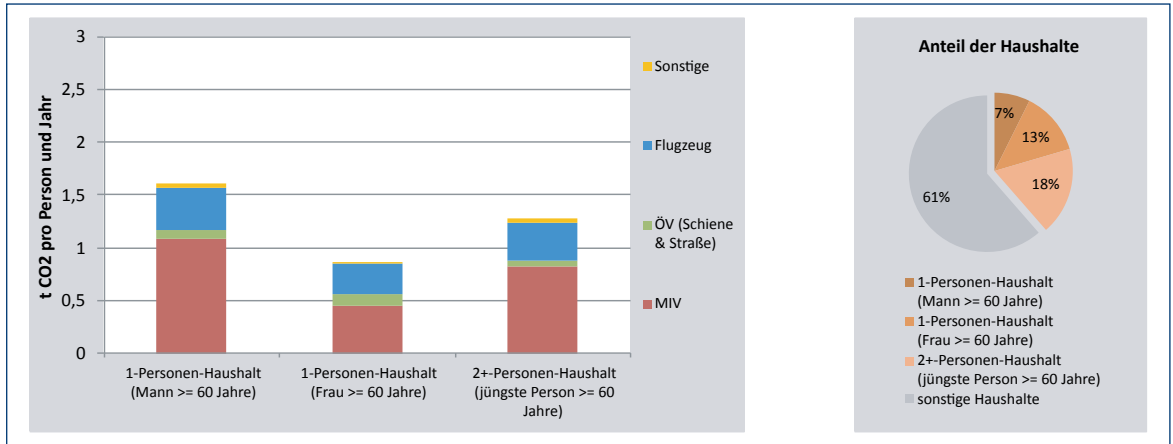


Bild 5: CO₂-Emissionen pro Person und Jahr differenziert nach Verkehrsmodi, Haushalte ohne Kinder

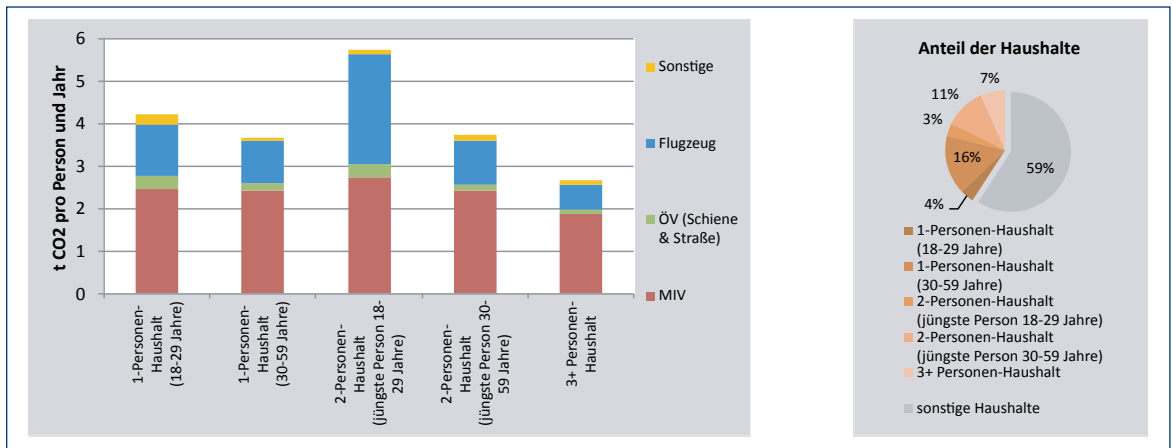
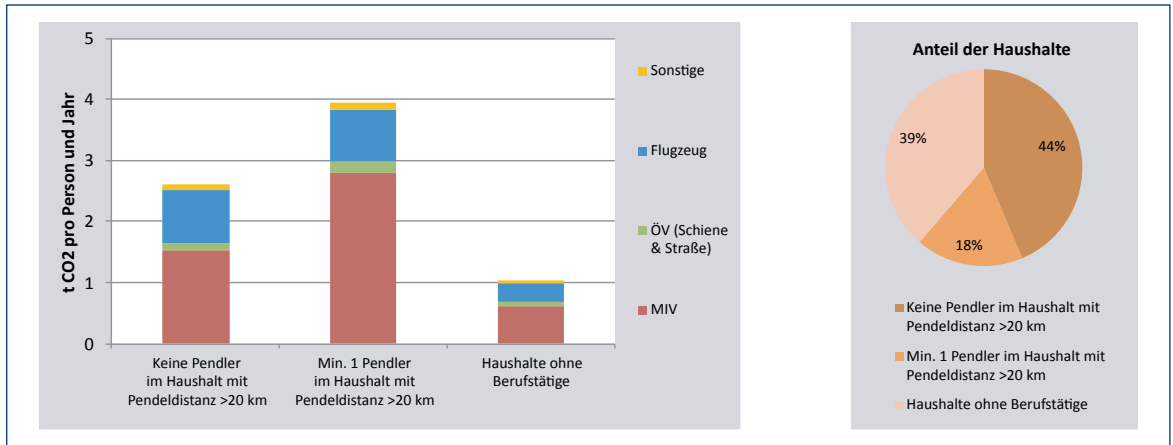


Bild 6: CO₂-Emissionen pro Person und Jahr differenziert nach Verkehrsmodi und Pendeldistanz der Haushaltsmitglieder



Berufstätigkeit und Pendelentfernung determinieren CO₂-Emissionen

Weitere Analysen haben gezeigt, dass die Berufstätigkeit bei Bevölkerungsgruppen im mittleren Alter einen entscheidenden Einfluss hat. Gründe hierfür sind sowohl die täglichen Pendelwege als auch die höhere Kaufkraft, die sich u. a. in einem ausgeprägten Reiseverhalten zeigt.

Neben der Berufstätigkeit determiniert die Pendeldistanz die Verkehrsleistung und die daraus resultierenden CO₂-Emissionen. Um diesen Einfluss zu analysieren, wurden Haushalte anhand der längsten Pendeldistanz im Haushalt in Gruppen unterteilt. Hierbei wurde zwischen Haushalten mit mindestens einem Fernpendler, d.h. Berufstätigen mit einfacher Pendeldistanz ab 21 km und

Haushalten ohne Fernpendler unterschieden. Haushalte ohne Berufstätige stellen eine dritte Gruppe dar.

Die Analysen zeigen, dass Personen in Fernpendler-Haushalten deutlich höhere jährliche CO₂-Emissionen (3,9 t) haben als die anderen betrachteten Gruppen (Bild 6). Personen in Fernpendler-Haushalten verursachen im Mittel rund 70 % ihrer Emissionen im MIV. Allein die MIV-Emissionen dieser Gruppe (2,8 t) sind somit höher als die Gesamtemissionen der Nahpendler (2,6 t) und der Nicht-Berufstätigen (1,1 t).

Bezug zum aktuellen Klimaschutzprogramm

In den vorgestellten Analysen wurden keine Nachfragereaktionen, d.h. mögliche Verhaltensänderungen, die

sich durch das Maßnahmenpaket des Klimakabinetts ergeben könnten, abgebildet. Hierfür wären detaillierte Informationen über Nachfrageelastizitäten der unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen auf eine Änderung der Transportkosten der verschiedenen Verkehrsmodi (u. a. durch eine CO₂-Besteuerung) erforderlich. Jedoch zielen die Maßnahmen des Klimakabinetts darauf ab, Anreize für ein nachhaltigeres Verkehrsverhalten zu setzen.

Die vorgestellten Analysen dienen als Hilfestellung für die Einordnung möglicher Verteilungswirkungen der Maßnahmen des im September 2019 vorgestellten Klimaschutzprogramms. Beispielsweise soll ab dem Jahr 2021 eine CO₂-Bepreisung für den Sektor Verkehr eingeführt werden [2]. Konkret werden Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brenn- und Kraftstoffe bepreist. Diese Bepreisung umfasst hauptsächlich die im MIV entstandenen CO₂-Emissionen, da die anderen CO₂-Emissionen im Verkehr entweder aus einer Bepreisung ausgenommen sind oder bereits im europäischen Emissionshandel berücksichtigt sind. Dies impliziert auch, dass lediglich gut die Hälfte der Verkehrsleistung (55 %) der in Deutschland lebenden Bevölkerung mit einer CO₂-Steuer bepreist wird.

Anhand der vorgestellten Methodik kann die durchschnittliche jährliche Steuerlast pro Person berechnet werden. Annahme der Abschätzung ist, dass sich in den Jahren 2021 bis 2025 keine wesentlichen Änderungen des Verkehrsverhaltens gegenüber dem Jahr 2017 (Bezugsjahr der vorgestellten Berechnung) ergeben. Durch eine Besteuerung der MIV-seitigen Emissionen (durchschnittlich 1,5 t CO₂ pro Person und Jahr) ergäbe sich unter den gegebenen Bedingungen eine durchschnittliche jährliche CO₂-Steuerlast pro Person zwischen 15 EUR in 2021 (Steuersatz: 10 EUR/t CO₂) und 53 EUR (Steuersatz: 35 EUR/t CO₂) in 2025. Zum Vergleich: Im Jahr 2017 betragen die verkehrsbedingten Ausgaben 2.080 EUR pro Person und Jahr [6]. Unter der Annahme einer gleichbleibenden Kostenstruktur in den kommenden Jahren würde eine CO₂-Bepreisung zu einer durchschnittlichen Erhöhung der verkehrsbedingten Ausgaben um lediglich 2,5 % im Jahr 2025 führen. Es ist zu bezweifeln, dass solche vergleichsweise geringe zusätzliche jährliche Kosten durch eine CO₂-Bepreisung einen starken Anreiz setzen, das Mobilitätsverhalten zu ändern.

Zudem wurde im Klimaschutzplan eine Anhebung der Entfernungspauschale für Fernpendler vorgestellt: Die Pendlerpauschale ab dem 21. Kilometer des Pendelweges wird von 30 auf 35 ct ansteigen. Von dieser Maßnahme würden Haushalte mit mindestens einer berufstätigen Person mit einem Pendelweg von mindestens 21 km einfacher Entfernung profitieren. Dies trifft für 18 % aller Haushalte bzw. 29 % der Haushalte mit Berufstätigen zu. Eine zusätzliche Analyse zeigt zudem, dass entgegen häufiger Annahmen die regionale Lage des Wohnortes keinen großen Einfluss auf die Anzahl der Fernpendler hat. Beispielsweise leben in 27 % der Berufstätigen-Haushalte in metropolitanen Stadtregionen, Fernpendler mit einfacher Pendeldistanz ab 21 km. In stadtregionennahen ländlichen Regionen beträgt dieser Anteil 35 % und in peripheren ländlichen Regionen 30 %. Hingegen leben in Haushalten mit hohem Haushaltseinkommen deutlich häufiger Fernpendler als in Haushalten mit niedrigem Haushaltseinkommen. So beträgt der Anteil der Haushal-

te mit Fernpendlern bei Haushalten im untersten Einkommensquintil 21 % und im obersten Einkommensquintil 32 %. Eine Erhöhung der Pendlerpauschale kommt somit? hauptsächlich einkommensstarken Gruppen zugute – unabhängig von ihrem Wohnort.

Der in diesem Beitrag vorgestellte Datensatz verfügt über das Potenzial, aktuelle Entwicklungen im Personenverkehr ganzheitlich zu betrachten und detaillierte Auswertungen unter anderem zum Verkehrsaufkommen, der Verkehrsleistung sowie den dazugehörigen Emissionen für unterschiedliche Personen-, Haushalts- und Nutzergruppen durchzuführen. Die präsentierten Analysemöglichkeiten und Ergebnisse sind von besonderer Relevanz für Verkehrsforscher, Verkehrspolitiker und Entscheidungsträger als Grundlage für die Konzeption, Entwicklung und Implementierung, insbesondere der aktuell diskutierten Klimaschutzmaßnahmen im Sektor Verkehr. ■

¹ Das OECD-Haushaltsäquivalenz-Einkommen ist ein Maß, um Lebensstandards unabhängig von der Größe und Zusammensetzung der Haushalte zu vergleichen. Zur Berechnung wird das Nettoeinkommen des Haushalts durch die gewichtete Anzahl an Haushaltsmitgliedern geteilt, wobei die erste Person mit dem Gewicht 1 eingeht, jede weitere erwachsene Person mit dem Gewicht 0,5 und jede weitere minderjährige Person mit dem Gewicht 0,3.

QUELLEN

- [1] Umweltbundesamt (2019): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2018
- [2] Die Bundesregierung (2019): Eckpunkte des Klimaschutzprogramms 2030
- [3] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur / DIW Berlin (2018): Verkehr in Zahlen 2018/2019
- [4] Nobis, C.; Kuhnimhof, T (2019): Mobilität in Deutschland – MID Ergebnisbericht, Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
- [5] Kuhnimhof, T.; et al. (2019): Veränderungen im Mobilitätsverhalten zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität. Studie von DLR und infas im Auftrag des Umweltbundesamtes
- [6] Destatis (2018): Laufende Wirtschaftsrechnungen: Einkommen, Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte



Felix Steck, M. Sc. Wirtschaftsingenieurwesen
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrsforschung, Abteilung Personenverkehr
felix.steck@dlr.de



Christine Eisenmann, Dr.-Ing.
Gruppenleiterin „Transformation der Automobilität“, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrsforschung, Abteilung Personenverkehr
christine.eisenmann@dlr.de



Lars Kröger, M. Sc. Wirtschaftsingenieurwesen
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrsforschung, Abteilung Personenverkehr
lars.kroeger@dlr.de



Christian Winkler, Dr.-Ing.
Abteilungsleiter „Personenverkehr“, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrsforschung
christian.winkler@dlr.de