

Forschungszentrum für Umweltpolitik Environmental Policy Research Centre

Forschungsstand verkehrsbezogener Umwelt- und Verteilungswirkungen

Eine Literaturstudie zu den Verteilungswirkungen
bisheriger und potenzieller Verkehrs- und
Umweltpolitik

Rafael Postpischil*, Klaus Jacob - Forschungszentrum für
Umweltpolitik, Freie Universität Berlin

Martin Acht, Max Schäfer - Fraunhofer-Institut für
Angewandte Informationstechnik FIT

Unter der Mitarbeit von: Dorothea Schmid, Ulrich Fahl -
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung, Universität Stuttgart

FFU-Report 03-2021



Forschungszentrum für Umweltpolitik
Freie Universität Berlin
Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften
Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft

Herausgeber

Freie Universität Berlin
Forschungszentrum für Umweltpolitik
Innestraße 22
14195 Berlin
Web: www.fu-berlin.de/ffu

FFU-Rep 03-2021

Forschungsstand verkehrsbezogener Umwelt- und Verteilungswirkungen

Dieser Report ist als Teilbericht im Rahmen des vom Umweltbundesamt geförderten Projekts „Analyse von Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen im Verkehrssektor und Erarbeiten eines Gesamtkonzepts für eine sozial ausgewogene Verkehrswende“ (FKZ 3720 58 108 0) entstanden. Die Autor*innen danken Frau Dr. Kerstin Tews (UBA) und Herrn Kilian Frey (UBA) für ihre hilfreichen Kommentare zu der vorliegenden Analyse.

*Hauptansprechpartner: Rafael Postpischil (rafael.postpischil@fu-berlin.de)

In der Schriftenreihe FFU-Report werden seit 1993 Forschungsergebnisse des FFU veröffentlicht. Dazu gehören Studien und Diskussionspapiere aus dem Bereich der akademischen Grundlagenforschung und der Politikberatung. Ergebnisse der Forschung am FFU sollen so frühzeitig einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Die FFU-Reports durchlaufen einen internen fachlichen Review-Prozess, sofern dies nicht bereits durch Auftraggeber*innen oder andere Projektpartner*innen erfolgt ist. Die vertretenen Positionen liegen in der Verantwortung der Autor*innen und spiegeln nicht notwendigerweise die Position des gesamten FFU wider.

Inhaltsverzeichnis

1	Untersuchungsinteresse und methodisches Vorgehen	9
2	Verkehr und dessen ökologische Folgen: zentrale Analysekatgorien	10
2.1	Ökologische Folgen des Verkehrssystems allgemein	10
2.2	Ökologische Wirkungen und Verkehrsarten in der Literatur zu Verteilungswirkungen	12
3	Verteilungswirkungen von Verkehr, Verkehrspolitik und verkehrsbezogener Umweltpolitik	14
3.1	Methodische Ansätze zur Untersuchung von Verteilungswirkungen	14
3.2	Befunde zu den Verteilungswirkungen des Verkehrssystems	19
3.3	Befunde zu Verteilungswirkungen bestehender verkehrs- und umweltpolitischer Instrumente	23
3.4	Stand der Diskussion zu Verteilungswirkungen möglicher umweltpolitischer Reformansätze	30
4	Schlussbetrachtung und Forschungsbedarfe	37
5	Quellenverzeichnis.....	41
A	Anhang: Suchwörterverzeichnis.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aggregierte Umweltkosten des Verkehrs	11
Abbildung 2: Dieselprivileg regressiver als CO ₂ -Preis	28

Abkürzungsverzeichnis

CO ₂	Kohlenstoffdioxid
FLE	Fahrleistungserhebung
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
GIS	Geoinformationssystem
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MiD	Mobilität in Deutschland
MOP	Mobilitätspanel
NIMBY	Not in my backyard
NO ₂	Stickstoffdioxid
PM ₁₀	Particulate Matter (Feinstaub) kleiner als 10 Mikrometer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
SGB II	Zweites Buch Sozialgesetzbuch
SOEP	Sozio-oekonomisches Panel
ViZ	Verkehr in Zahlen

Zusammenfassung der wesentlichen Befunde

Das Ziel dieser Literaturstudie war es, den Forschungsstand auszuwerten, der *sowohl Umwelt- als auch* Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich analysiert. Dazu konnten anhand der in Abschnitt 1 dargelegten Such- und Kategorisierungsstrategie ca. 300 Studien identifiziert und kategorisiert werden.

Die in dieser Literatur am häufigsten untersuchten **ökologischen Wirkungen** sind Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Umweltwirkungen sind auf die verschiedenen Bevölkerungsgruppen ungleich verteilt - hier werden vor allem Luftschadstoffe und Lärm in ihren (indirekten) Verteilungswirkungen analysiert. Andere Umweltveränderungen, beispielsweise Landschafts-, Wasser- und Bodenwirkungen oder die Senkenfunktionen der Umweltmedien werden hingegen kaum unter diesem Gesichtspunkt betrachtet.

Bezüglich der **Verkehrsarten** wird vorrangig der motorisierte Individualverkehr auf Umwelt- und Verteilungswirkungen hin betrachtet, gefolgt vom ÖPNV. Der Flugverkehr hingegen wird wenig auf Umwelt- und damit verbundene Verteilungswirkungen untersucht, genauso wenig wie der Rad- und Fußverkehrs, der Schiffs- und Schienenverkehrs sowie die verschiedenen Formen des Güterverkehrs.

Hinsichtlich der betrachteten **Bevölkerungsgruppen** wird mit Abstand am häufigsten auf Einkommensgruppen fokussiert. Am zweithäufigsten werden Pendelnde und Stadt/Land-Unterschiede untersucht. Gelegentlich wird das Alter als demographische Eigenschaft, sowie der Haushaltstypus bzw. Familienstatus berücksichtigt. Im Gegensatz dazu werden beispielsweise die Eigenschaften Gender, Ethnie, gesundheitliche Disposition oder Angstempfinden kaum betrachtet, obwohl hier maßgebliche Verteilungswirkungen erwartet werden können. Des Weiteren wird kaum auf Vermögen ergänzend zu Einkommen eingegangen, obwohl dadurch ökonomische Ungleichheit unzureichend abgebildet werden könnte. An diesen Stellen zeigen sich Forschungslücken.

Die Umwelt- und Gesundheitswirkungen des **gegenwärtigen Verkehrssystems** werden in der Literatur als tendenziell ungleich in der Bevölkerung verteilt herausgestellt. Insbesondere die Belastung durch verkehrsinduzierten Luftschadstoffen und Lärmemissionen sei stärker ausgeprägt für Personen mit geringem Einkommen, geringerer Bildung und Migrationsgeschichte und ist somit als regressiv zu bewerten. Limitierend wirkt jedoch, dass umfassenden Datensätzen fehlen, welche die Analyse von Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich anhand hochauflösender verkehrlicher und sozioökonomischer Daten auf möglichst kleinräumiger Ebene ermöglichen. Weitere Forschung würde besonders von der Erhebung neuer und Verschneidung bestehender Datensätze profitieren.

Neben dem Verkehrssystem als Ganzes wurde der Forschungsstand in Hinblick auf Verteilungswirkungen der **gegenwärtig genutzten verkehrs- und umweltpolitischen Instrumente** mit Verkehrsbezug ausgewertet. Die betrachteten Instrumente lassen sich wie folgt kategorisieren:

1. *Verkehrspolitische Instrumente, zu denen Befunde zu tendenziell sowohl negativen Umweltwirkungen wie auch negativen Verteilungswirkungen vorliegen: Dienst-*

wagenbesteuerung, Kraftstoffsteuern, Entfernungspauschale, (zu geringe) Geschwindigkeitsbegrenzungen sowie Parkgebühren.

2. *Instrumente mit Befunden zu tendenziell positiven Umweltwirkungen, aber negativen Verteilungswirkungen:* Kaufprämie für E-Pkw und Plug-In-Hybride, die Dienstwagenbesteuerung für E-Autos, den Ausbau von Ladeinfrastruktur, den Mehrwertsteuersatz von 7 % im Bahn-Fernverkehr, das deutsche Emissionshandelssystem (CO₂-Bepreisung) sowie die (niedrige) Luftverkehrsabgabe.
3. *Instrumente mit Befunden zu sowohl positive Umweltwirkungen als auch positive Verteilungswirkungen:* Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs, des Fuß- und Fahrradverkehrs sowie die CO₂-Komponente der gegenwärtigen Kfz-Steuer.

Für viele dieser Instrumente werden in der gesichteten Literatur Reformvorschläge erarbeitet, welche sowohl die Umwelt- als auch Verteilungswirkungen verbessern könnten.

Zusätzlich werden in der Literatur **neue Instrumente** im Hinblick auf Umwelt- und Verteilungswirkungen untersucht, wie bspw. ein Bonus-Malus-System für Pkw, eine Reform der CO₂-Bepreisung, die Einführung einer Pkw-Maut und eine Erhöhung der Flugverkehrsabgabe. Regelmäßig wird hier auch die Verwendung zusätzlicher Steuereinnahmen analysiert, die mit dem jeweiligen Instrument verbunden wären.

Zum Teil sind die Befunde zu einzelnen Instrumenten in Bezug auf Umwelt- und Verteilungswirkungen widersprüchlich. Begründet liegt das in unterschiedlich gezogenen Systemgrenzen sowie gewählten Indikatoren beispielsweise hinsichtlich der berücksichtigten Umweltwirkungen, Verteilungswirkungen, Bevölkerungsgruppen sowie indirekten Wirkungen. Ein einheitlicheres Vorgehen zur Untersuchung von Verteilungswirkungen könnte hier die Vergleichbarkeit maßgeblich erhöhen.

Augenfällig wurde auch, dass einige verkehrs- und umweltpolitische Instrumente, welche sich prominent in der öffentlichen Diskussion finden, in der Literatur aus Verteilungs- und Umweltperspektive kaum beleuchtet werden: beispielsweise Fahrverbote, Verbote bestimmter Antriebstechnologien, alternative Kraftstoffe oder Emissionsgrenzwerte. Außerdem werden bestehende Verkehrsinfrastrukturen und potenzielle Reformen dieser kaum hinsichtlich ihrer Verteilungswirkungen untersucht, obwohl davon maßgebliche ökologische und damit verbundene Verteilungseffekte ausgehen dürften. Insbesondere vor dem Hintergrund technischer und sozialer Innovationen zukünftiger Mobilitätsformen finden sich hier jeweils weitere Forschungsbedarfe.

Executive Summary

The aim of this literature study was to evaluate the state of research analysing both environmental and distributional impacts in the transport sector. Thus, using the search and categorization strategy outlined in Section 1, approximately 300 studies were identified and categorized.

The most commonly studied **environmental impacts** in this literature are emissions of greenhouse gases and air pollutants. Environmental effects are unequally distributed among different population groups. With regard to the indirect distributional effects resulting from the environmental effects, mainly air pollutants and noise have been analysed in their (indirect) distributional effects. Other environmental changes, e.g. landscape, water and soil effects as well as the sink functions of the environmental media are hardly considered from this point of view.

With regard to **types of transport**, individual motorized transport is primarily considered in terms of environmental and distributional effects, followed by public transport. Air traffic, on the other hand, is hardly examined in terms of environmental and related distributional impacts, nor are bicycle and pedestrian traffic, shipping and rail traffic, and the various forms of freight traffic.

In terms of the **population groups** considered, the distributional impacts are by far most often focused on income groups. Commuting and urban/rural differences are the second most frequently examined. Occasionally, age as a demographic characteristic, as well as household type or family status, is also considered in a number of studies. In contrast, the characteristics gender, ethnicity, health disposition or anxiety sensation are hardly considered, although they can be expected to have significant distributional impacts. Furthermore, wealth is rarely taken into account in addition to income, although this could inadequately reflect social economic inequality. Research gaps are evident in all of these areas.

The environmental and health impacts of the entire **current transport system** in the status quo are highlighted in the literature as tending to be unequally distributed in the population. In particular, exposure to traffic-induced air pollutants and noise emissions is said to be more pronounced for people with low incomes, lower education and migration history, and is thus to be assessed as regressive. A limiting factor, however, is the lack of comprehensive data sets that would allow the analysis of distributional effects in the transport sector using high-resolution transport and socio-economic data at the smallest possible scale. Further research would particularly benefit from the collection of new data sets and the blending of existing ones.

In addition to the transportation system as a whole, the state of research was evaluated with respect to distributional effects of **existing transportation and environmental policy instruments** that are related to transportation. The instruments considered can be categorized as follows:

1. *transport policy instruments for which there are findings that they tend to have both negative environmental effects and negative distributional effects*: Company car taxation, fuel taxes, distance allowance, (too low) speed limits, and parking fees.

2. *instruments analysed as having positive environmental effects but negative distributional effects*: Purchase premium for e-cars and plug-in hybrids, company car taxation for e-cars, the expansion of charging infrastructure, the 7% VAT rate for long-distance rail transport, the German emissions trading system (CO₂ pricing scheme), and the (low) aviation tax.

3. *instruments with findings of both positive environmental impacts and positive distributional impacts*: Promotion of local public transport, walking and cycling, and the CO₂ component of the current vehicle tax.

Furthermore, **new instruments** are examined in the literature with regard to their environmental and distributional effects, such as a bonus-malus system for passenger cars, a reform proposal of the CO₂ pricing scheme, the introduction of a car toll and an increase of the air traffic tax. Regularly, the use of additional tax revenues that would be associated with the respective instrument is also analysed here.

In some cases, the findings are contradictory. It also became clear that the studies on individual instruments do not always arrive at the same results with regard to environmental and distributional effects. This is due to differences in the system boundaries and the indicators chosen, for example, with regard to the environmental effects, distributional effects, population groups and indirect effects taken into account. A more uniform approach to the analysis of distributional effects could significantly increase comparability.

It also became obvious that some transport and environmental policy instruments, which are prominent in the public discussion, are hardly examined in the literature from a distributional and environmental perspective: for example, driving bans, bans on certain drive technologies, alternative fuels or emission limits. Furthermore, existing transport infrastructures and potential reforms of these infrastructures are hardly examined in terms of their distributional effects, even though they are likely to have significant environmental and related distributional effects. Especially against the background of technical and social innovations of future forms of mobility, there is a need for further research.

1 Untersuchungsinteresse und methodisches Vorgehen

Das Ziel des vorliegenden Papiers ist es, den Stand der Forschung *sowohl* zu Umwelt- *als auch* Verteilungswirkungen im Bereich Verkehr auszuwerten. Besonders im Fokus stehen dabei die verwendeten Methoden, die betrachteten Wirkungen, die Politikmaßnahmen und -instrumente sowie die betroffenen Personengruppen.

Dazu wurde eine umfassende Literatursuche in den einschlägigen wissenschaftlichen Suchmaschinen durchgeführt, nämlich Scencedirect, Google Scholar, Scopus, Datenbanken der beteiligten Universitäten, des Umweltbundesamtes sowie dem Bundesverkehrsministerium nachgeordneten Behörden. Eine tabellarische Übersicht der verwendeten Suchbegriffe findet sich im Anhang. Hinsichtlich der verwendeten Methoden wurde die deutsch- und englischsprachige Literatur weltweit berücksichtigt. Für die Maßnahmen und Instrumente wurde auf die nationale Debatte fokussiert. Bei den Wirkungen wurde auf nationale abgestellt, international relevante Wirkungen aber in begründeten Fällen mit aufgeführt. Die Suche erstreckt sich auf Literatur, die seit dem Jahr 2000 veröffentlicht wurde. Insgesamt wurden auf diesem Weg rund 300 Veröffentlichungen identifiziert.

Das Ziel der Auswertung dieser Veröffentlichungen ist es, den Stand des Wissens zu Umwelt- und Verteilungswirkungen zu erfassen, nicht die möglichen Schlussfolgerungen oder politische Positionen, die daraus abgeleitet wurden. Aus diesem Grund wurden nur wissenschaftliche Veröffentlichungen berücksichtigt. Allerdings wurden in Politikpapieren zum Thema die dort gegebenenfalls referenzierten Studien berücksichtigt.

Die auf diesem Weg gefundenen Texte wurden in einer Citavi-Bibliothek verarbeitet und wie folgt kategorisiert. Veröffentlichungen sind im Regelfall mehreren Kategorien zugeordnet.

- ▶ Kategorie Maßnahmen/Instrumente
 - Subkategorien: bspw. Fahrverbote, Mautsysteme, Radwegeausbau
- ▶ Kategorie Methode
 - Subkategorien: bspw. quantitativ, qualitativ, mikro, makro, ex post, ex ante, statisch-dynamisch
- ▶ Kategorie Wirkungen
 - Subkategorien: bspw. soziale Wirkungen, ökologische Wirkungen, ökonomische Wirkungen, gesundheitliche Wirkungen, politische Wirkungen
- ▶ Kategorie Gruppenmerkmale
 - Subkategorien: bspw. Alter, Wohnort/-region, Vermögen, Bildungsgrad, Gesundheitszustand, Präferenzen, Geschlecht, Ethnie
- ▶ Kategorie Raum
 - Subkategorien: Deutschland, Ausland
- ▶ Kategorie Verkehrsart
 - Subkategorien: bspw. Motorisierter Individualverkehr (MIV), Fahrrad, Bahn, Bus

Auf der Grundlage dieses Literaturkorpus werden im Folgenden verschiedene Betrachtungszuschnitte gewählt und die Befunde aus der Literatur aufgearbeitet.

2 Verkehr und dessen ökologische Folgen: zentrale Analysekategorien

Mobilität ist ein essenzieller Bestandteil des Lebens. Sei es der Weg zur Arbeit, der Familienbesuch oder der Transport von Gütern. Um das Bedürfnis nach Mobilität zu erfüllen, ist ein entsprechendes Verkehrsmittel zu wählen. Meistens kann zwischen verschiedenen Verkehrsformen gewählt werden, beispielweise, ob das Rad, der Bus oder ein Auto genutzt werden soll. Maßgebliche Faktoren für diese Entscheidung sind Verfügbarkeit der Verkehrsformen, Geschwindigkeit, Kosten und Bequemlichkeit (Allekotte et al. 2020b).

In den letzten Jahrzehnten hat das Verkehrsaufkommen in Anzahl und zurückgelegten Kilometern deutlich zugenommen (Allekotte et al. 2020b). Wesentliche Gründe dafür sind die höhere Transportgeschwindigkeit, zunehmende Transportkapazitäten und gesunkene Kosten (ebd.). Der soziale und ökonomische Nutzen daraus zeigt sich beispielsweise in einer flexibleren Arbeitsplatzwahl, entfernteren Urlaubsdestinationen und einer breiteren und günstigeren Warenverfügbarkeit.

Mit Verkehr in der gegenwärtigen Form sind jedoch auch erhebliche ökologische Wirkungen verbunden. Im Folgenden werden die ökologischen Wirkungen des Verkehrssystems zunächst knapp allgemein dargelegt, bevor eine Engführung auf Literatur vorgenommen wird, die sowohl Umwelt- als auch Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich betrachtet.

2.1 Ökologische Folgen des Verkehrssystems allgemein

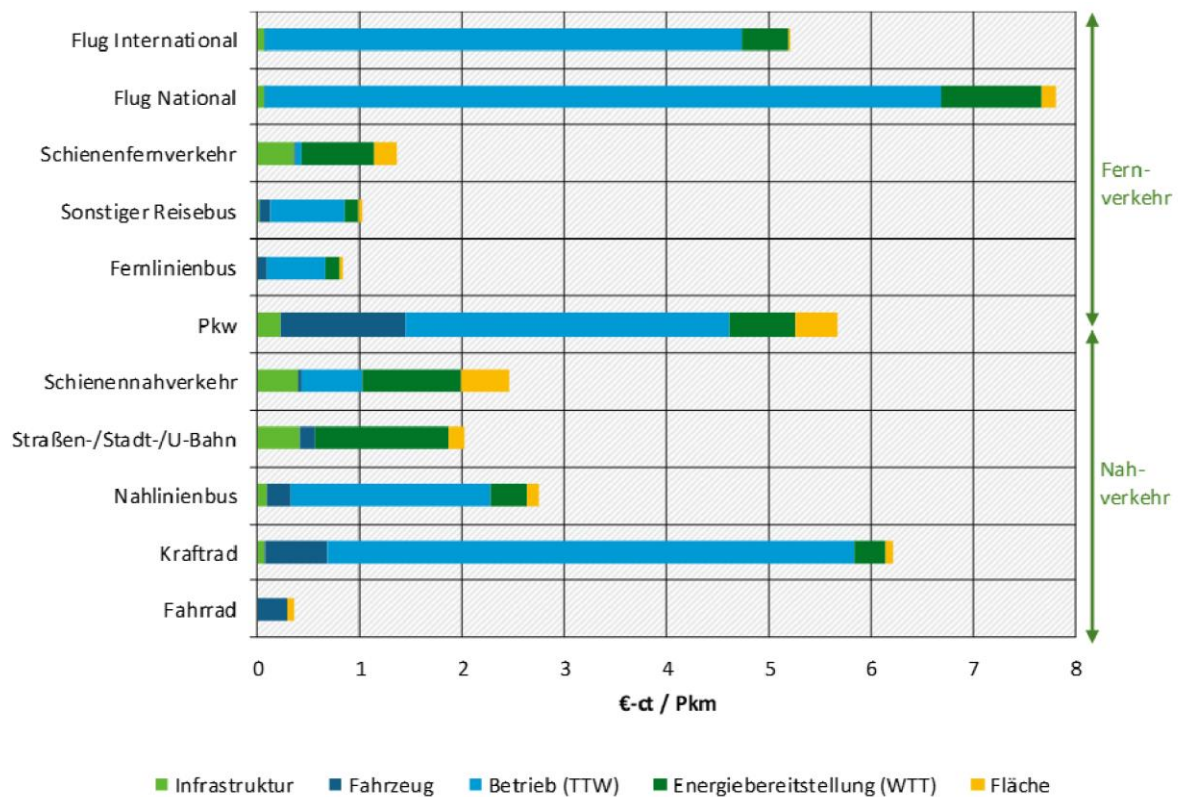
Allekotte et al. (2020a) geben einen umfassenden Überblick über die ökologischen Folgen des Verkehrs. Verkehr geht mit Klimawirkungen einher und ist mit Schadstoffemissionen in Luft, Boden und Gewässern verbunden. Des Weiteren belegen Verkehrsinfrastrukturen Flächen und zerschneiden diese. Von Verkehr gehen außerdem Gesundheitswirkungen aus, sei es durch Unfälle, durch Schadstoffe oder Lärm. Für Verkehrsleistungen müssen zudem Energie und Rohstoffe aufgewendet werden - dabei ist der gesamte Lebenszyklus des Verkehrssystems zu betrachten.

Die Umweltwirkungen treten räumlich auf allen Skalen auf (lokal bis global). Umweltwirkungen lassen sich monetarisieren und dadurch vergleichbar machen. Die verschiedenen Verkehrsarten lassen sich damit hinsichtlich der durch sie verursachten Kosten vergleichen (vgl. Abbildung 1). Demnach verursacht Fliegen innerhalb Deutschlands mit beinahe 8 Cent pro Personenkilometer die höchsten Umweltkosten. Darauf folgen Pkws und Motorräder sowie der internationale Flugverkehr mit 5-6 Cent pro Personenkilometer. Deutlich weniger ökologische Kosten verursachen der Schienenverkehr, Reise-, Fern- und Nahlinienbusse sowie der Fahrradverkehr.

Dies deckt sich auch mit der vergleichenden Betrachtung der Klimawirkungen in Bezug zum Verkehrsaufkommen (Allekotte et al. 2020a): Zufußgehen, Radfahren und ÖPNV sind die umweltfreundlichsten Verkehrsarten. Der motorisierte Individualverkehr trägt in der Summe zu

dem größten Teil der Verkehrsleistung wie auch der Klimawirkung bei. Zudem hat der MIV einen hohen Anteil an der lokalen Luftbelastung durch Stickoxide und Feinstaub, grade dort,

Abbildung 1: Aggregierte Umweltkosten des Verkehrs



Quelle: Allekotte et al. 2020a, S. 23. Entsprechend der Quelle Lärm- und Unfallkosten nicht einbezogen. Werte für 2017. Umweltkosten aus Fahrzeugnutzung (TTW), Energiebereitstellung (WTT), Fahrzeugbereitstellung, Infrastrukturbereitstellung und Flächenbelegung.

wo sich viele Menschen aufhalten wie in Städten und Wohngebieten. Zusätzlich fallen die Flächenbedarfe des MIV ins obere Mittelfeld des Verkehrsartenvergleichs (Allekotte et al. 2020b, S. 21). Das umweltschädlichste Verkehrsmittel ist das Flugzeug mit einer stark überproportionalen Klimawirkung gegenüber der Verkehrsleistung. Während inländische Flüge die höchste Klimawirkung in Summe haben, nimmt bei längeren Flugstrecken anteilig die Klimawirkung von Flugzeugabgasen (Stickoxid, Feinstaub und Wasserdampf) zu (Allekotte et al. 2020b, S. 17). Der Flugverkehr stößt zudem besonders viel Stickoxid aus, aber kaum in Bodennähe, sodass die lokale Beeinträchtigung gering ist (Allekotte et al. 2020b, S. 19).

Auch beim **Güterverkehr** ist insbesondere der Transport per Flugzeug sowie durch leichte Nutzfahrzeuge und kleinerer Lkw pro Tonnenkilometer mit weitreichenden Umweltkosten von bis zu 60 Cent pro tkm verbunden (Allekotte et al. 2020a). Die geringsten Umweltkosten verursachen der Schienengüterverkehr mit ca. 1 Cent pro tkm und die Binnenschifffahrt mit rund 1,8 Cent pro tkm. Dabei ist zu beachten, dass die Transportarten häufig spezialisiert und oft nur begrenzt substituierbar sind. Für den absoluten Vergleich der Umweltwirkung in Bezug zum Verkehrsaufkommen empfiehlt sich wieder die Klimawirkung als Näherungswert. Dabei wird deutlich, dass Lkw und leichte Nutzfahrzeuge den größten Anteil an

Transportleistung (71%) erbringen und damit auch die größte Klimawirkung von rund 77% des gesamten Güterverkehrs verbunden ist. Der Schienenverkehr hat eine deutlich unterproportionale Klimawirkung von 4% gegenüber einer Transportleistung von 19% und einem Güteraufkommen von 9%. Güterbinnenschiffe haben ein ähnliches Verhältnis wie die Bahn. Der Flugverkehr verzeichnet eine stark überproportionale Klimawirkung mit 0,06% am Güteraufkommen und einer Klimawirkung von rund 16% des gesamten Güterverkehrs. Die insbesondere lokale Belastung durch Luftschadstoffe im Güterverkehr ist vergleichbar mit dem Personenverkehr. Transportfahrzeuge mit Verbrennungsmotor (Lkw, Binnenschiffe und Flugzeuge) sind durch hohe NO_x Ausstöße gekennzeichnet. PM₁₀¹ Emissionen konnten durch Partikelfilter bereits maßgeblich reduziert werden. Die verbleibenden PM₁₀ Emissionen stammen vornehmlich aus den Phasen jenseits der Nutzung.

Die hier knapp dargelegte Situation zeigt, dass umweltpolitische Instrumente darauf abzielen könnten:

- ▶ bisher externalisierte Kosten zu internalisieren,
- ▶ die spezifischen Umweltwirkungen zu verringern,
- ▶ auf die Verkehrsleistung einzuwirken und
- ▶ die Verkehrsmittelwahl zu beeinflussen.

Einige der in der Diskussion befindlichen umweltpolitischen Instrumente - insbesondere für den MIV - sind entweder mit zusätzlichen Kosten für die Inanspruchnahme von Verkehr verbunden oder sie mindern den relativen (wahrgenommenen) Nutzen von bestimmten Verkehrsformen. Andere ökologisch motivierte Politikansätze wie städtebaulich kürzere Wege oder der Ausbau des ÖPVN können den Aufwand der Inanspruchnahme verringern und den (wahrgenommenen) Nutzen erhöhen.

Wenn diese Kosten und Nutzen bei verschiedenen Personengruppen unterschiedlich anfallen, kann man von Verteilungswirkungen sprechen. Zu beachten ist allerdings auch, dass schon die Umweltwirkungen von Verkehr unterschiedliche Personengruppen betreffen - also schon aus Verkehr und nicht erst aus Umweltpolitik, die Verkehr beeinflusst - entstehen Verteilungswirkungen. Im Folgenden wird der Forschungsstand zu den Verteilungswirkungen von Verkehr und diesen betreffende Umweltpolitik dargelegt.

2.2 Ökologische Wirkungen und Verkehrsarten in der Literatur zu Verteilungswirkungen

In der Literatur² zu Umwelt- und Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich werden mit Blick auf die **ökologischen Wirkkategorien** Luftschadstoffe am häufigsten betrachtet (bspw. bei

¹ Enthalten auch PM_{2,5} Feinstaub-Emissionen.

² Die vollständige berücksichtigte Literaturübersicht kann unter folgendem Link eingesehen werden: <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/32274>

Oehlmann et al. 2019; Pestel und Wozny 2019; Mackie und Haščič 2018; Schade 2014). Ähnlich häufig wird die Treibhausgaswirkung (insbesondere CO₂) untersucht in Studien zu Umwelt- und Verteilungswirkungen im Verkehrssektor (vgl. beispielhaft Elmer und Kemfert 2021; Steinsland et al. 2018; Zachmann et al. 2018; Sterner 2012). In einer Reihe von Studien werden außerdem Lärm und die daraus resultierenden Gesundheitsbelastungen analysiert (UBA 2020a; Seantsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2019; Becker 2016; Schade 2014; Markovich und Lucas 2011; Hoffmann et al. 2003). Vereinzelt finden auch ökologische Wirkungen auf Natur, Biodiversität sowie Landschaft Berücksichtigung. Darunter werden beispielsweise Habitatsverluste, Habitatszerschneidung, Bodenversiegelung und Biodiversitätsverluste durch Luftverschmutzung gefasst, meist jedoch nur randständig betrachtet (vgl. bspw. van Essen et al. 2019; Tiedtke 2013; Becker et al. 2012; Friedrich und Quinet 2011; van Essen et al. 2011; Köckler 2008; Weinreich 2004; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2017; Feitelson 2002). Sehr vereinzelt wird außerdem die Ozonbelastung in den ausgewerteten Studien mit einbezogen (Ortiz et al. 2019; Feitelson 2002). Bei dieser überblicksartigen Darstellung ist zu berücksichtigen, dass in vielen Studien mehrere Umweltwirkungen gleichzeitig betrachtet werden. Außerdem variiert der Detailgrad sehr stark, zu welchem die Umwelt- und Verteilungswirkungen in den jeweiligen Studien untersucht bzw. erwähnt werden.

In vielen Studien werden Verteilungswirkungen und Umweltwirkungen separat betrachtet. Dies bedeutet beispielweise, dass untersucht wird, welche direkten Umweltwirkungen der Entfernungspauschale zugerechnet werden können und welche direkten Verteilungswirkungen davon ausgehen (unabhängig von den Umweltwirkungen). Einige Untersuchungen betrachten jedoch auch die indirekten Verteilungswirkungen, welche sich aus den Umweltwirkungen ergeben. Also beispielweise, dass Bezieher*innen niedriger Einkommen überproportional von den reduzierten Umweltwirkungen profitieren, wenn die Entfernungspauschale abgeschafft würde (vgl. bspw. Jacob et al. 2016). Solche indirekten Verteilungswirkungen werden in der Literatur insbesondere für Luftverschmutzung und Lärm untersucht (bspw. Li und Friedrich 2019; Mackie und Haščič 2018; Becker 2016; Franck et al. 2014; Köckler 2008; Flacke et al. 2016; Gaffron 2012; Laußmann et al. 2013; UBA 2020a). Dabei wird vielfach nach Einkommensgruppen und/oder Wohnort differenziert. Vereinzelt wird diese indirekte Verteilungswirkung der Umweltwirkungen auch nach Alter, Gender, Bildung und/oder Migrationsgeschichte unterschieden. Für Treibhausgase wird nur in wenigen Studien auf die international tendenziell verschiedenartigen Verteilungswirkungen abgehoben. Für weitere Umweltwirkungen wie Bodenversiegelung, Ozon, Biodiversität oder Landschaftsveränderung werden hingegen indirekte Verteilungswirkungen kaum betrachtet, die sich aus den ökologischen Wirkungen ergeben könnten.

Hinsichtlich der verschiedenen **Arten von Verkehr**, welche in der Literatur zu Umwelt- und Verteilungswirkungen untersucht werden, wird ein klarer Trend deutlich: In knapp 200 entsprechenden Studien wird der motorisierte Individualverkehr betrachtet. In gut 100 Studien wird außerdem der ÖPNV hinsichtlich Umwelt- und Verteilungswirkungen untersucht. Es gilt hierbei wieder zu berücksichtigen, dass in der großen Mehrzahl der Studien mehrere Verkehrsarten gleichzeitig analysiert werden. Außerdem wird der Flugverkehr in einer Reihe von

Untersuchungen mit einbezogen, wobei hier meist der Personenflugverkehr betrachtet wird und die Verteilungswirkungen nur sehr cursorisch bis gar nicht näher untersucht werden³. Seltener auf Umwelt- und Verteilungswirkungen hin untersucht werden die verschiedenen Modi des Güterverkehrs. Außerdem vereinzelt finden sich in der entsprechenden Literatur Untersuchungen des Schiffs- und Schienenverkehrs sowie des Rad- und Fußverkehrs.

3 Verteilungswirkungen von Verkehr, Verkehrspolitik und verkehrsbezogener Umweltpolitik

3.1 Methodische Ansätze zur Untersuchung von Verteilungswirkungen

Die Untersuchung von **Verteilungswirkungen** im Verkehrsbereich erfordert ein kohärentes Analysekonzept. Jacob et al. (2016) analysieren Verteilungswirkungen als die Verteilung von Vor- und Nachteilen (unterlassener) umweltpolitischer Instrumente und Maßnahmen auf verschiedene Bevölkerungsgruppen. Sie unterscheiden zwischen maßnahmeninduzierten Veränderungsprozessen, den daraus entstehenden Wirkungen und den Merkmalen, die zur Unterscheidung von Bevölkerungsgruppen verwendet werden (ebd.). Verteilungswirkungen werden bei Jacob et al. (2016) auf ihre Wirkrichtung und ihr Ausmaß hin untersucht, ohne eine normative Bewertung zugrunde zu legen. Positive (auch *progressive*) Verteilungswirkungen reduzieren in der Tendenz die Ungleichverteilung, negative (auch *regressive*) erhalten oder verschärfen sie. Die Literatur zu Umwelt- und Verkehrsgerechtigkeit folgt grundsätzlich den beiden ersten Analyseschritten und bestimmt zunächst Nutzen und Belastungen aus Verkehren und definiert Bevölkerungsgruppen, über die Nutzen und Belastungen verteilt sind (Lucas et al. 2019). Jedoch werden im Anschluss normative und moralische Prinzipien für die Bewertung der Verteilungswirkungen herangezogen (ebd.).

Die Wirkungen ausgehend vom Verkehrssystem als Ganzes und von verkehrspolitischen Maßnahmen im Speziellen sind vielfältig und lassen sich **Kategorien** zuordnen. So identifizieren Lucas et al. (2019) vier Dimensionen von Verkehrsgerechtigkeit: (i) Mobilität und Erreichbarkeit, (ii) verkehrliche (Umwelt-)Verschmutzung, (iii) Verkehrssicherheit und (iv) Gesundheit. In Jacob et al. (2016) werden folgende Wirkungskategorien betrachtet: Gesundheit und Wohlbefinden, ökonomische Auswirkungen und materielles Wohlergehen, Lebensumgebung, Wirkungen auf Familie und Gemeinschaft und institutionelle und politische Wirkungen.

Die Bestimmung von relevanten **Bevölkerungsgruppen** zur Darstellung von Verteilungswirkungen spiegelt ungleiche Nutzen- und Belastungsprofile. Jacob et al. (2016) und Lucas et al. (2019) führen in der Literatur zu Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich verwendete Gruppenmerkmale in umfassenden Analysekonzepten zusammen. Demnach werden Bevölkerungsgruppen nach Betroffenheit, Schutzwürdigkeit oder allgemeinem Interesse gebildet (ebd.). So werden regelmäßig sozio-demographische und -ökonomische Merkmale

³ Diese Studien wurden dennoch aufgenommen, wenn Verteilungswirkungen bei anderen Verkehrsarten berücksichtigt wurden.

herangezogen, wie Haushaltszusammensetzung, -einkommen, Wohnort, Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln, Alter, Geschlecht, Migrationsgeschichte, Bildung oder Arbeitsmarktstatus (Jacob et al. 2016; Lucas et al. 2019). Auch ist eine gemeinsame Auswertung nach mehreren Merkmalen teilweise sinnvoll, um konzentrierte Belastungen einer Gruppe zu identifizieren (Jacob et al. 2016). Bei der Evaluierung einzelner Maßnahmen wird zusätzlich auf die besondere Betroffenheit abgestellt, etwa bei der zusätzlichen Berücksichtigung von Pendelnden bei der Evaluierung der Entfernungspauschale (Blanck et al. 2020a; Edenhofer et al. 2019a).

Verteilungseffekte können je nach Definition der zugrundeliegenden Bevölkerungsgruppen angegeben werden. Liegen ausreichende Daten für eine Evaluierung vor, werden Verteilungseffekte durch deskriptive Statistik greifbar gemacht. Neben Mittelwertvergleichen über Bevölkerungsgruppen hinweg eignen sich sogenannte Ungleichheitsmaße, die nicht nur einzelne Momente, sondern die ganze Verteilung einer Kennzahl betrachten. Das bekannteste Maß ist der Gini-Koeffizient, der die tatsächliche Verteilung einer perfekten Gleichverteilung gegenüberstellt. Nimmt der Gini-Koeffizient den Wert 0 an, so ist die Kennzahl in der Bevölkerung gleichverteilt. Bei einem Wert von 1, vereint eine Person (oder Gruppe) den Gegenstand der Kennzahl allein auf sich. Aufbauend auf dem Gini-Index gewichtet der Theil-Index Individuen oder Gruppen mit höheren Kennzahlen stärker, sodass Unterschiede im oberen Kennzahlbereich schwerer wiegen. Ferner bietet der Hoover-Index ein anschauliches Ungleichheitsmaß: er gibt den Anteil der ungleichverteilten Kennzahl an, der umverteilt werden müsste, um eine gleiche Verteilung zu erreichen. Betrachtet man beispielsweise die Einkommensverteilung, so gibt ein Hoover-Index von 0,5 an, dass 50 Prozent der Einkommen umverteilt werden müssen, sollte jede Person das gleiche Einkommen haben. Gleichwohl existiert eine Reihe weiterer Maße wie die Indizes nach Atkinson, Kakwani oder Reynolds-Smolensky (Spadaro 2007). Ungleichheitsmaße sind besonders für Vergleiche unterschiedlicher Szenarien und Gesetzesfolgenabschätzungen geeignet, werden jedoch primär bei Effekten auf die Einkommensverteilung verwendet (Bourguignon und Spadaro 2006).

Verteilungseffekte im Verkehr sind sowohl auf der Verursachungs- sowie auf der Betroffenheitsebene zu identifizieren. Wirkungen können einerseits über die Verkehrsteilnahme auf die Verursacher*innen verteilt werden - wer ein Auto besitzt und fährt, beansprucht Fläche, verursacht Lärm und Luftschadstoffe. Andererseits lässt sich auch die Betroffenheit gleichermaßen untersuchen - wer an vielbefahrenen Straßen wohnt, ist Lärm und Luftschadstoffen ausgesetzt. Die korrespondierenden Verteilungswirkungen auf Verursachungs- und Betroffenheitsebene lassen sich qualitativ mithilfe von Kausalketten und systemischen Zusammenhängen beschreiben (Jacob et al. 2016). Um die unterschiedlichen nicht-monetären Wirkungen des Verkehrs vergleichbarer zu machen, wird häufig auf das Konzept der *externen Kosten* abgestellt (Umweltbundesamt 2018, 2020; Tiedtke 2013). Man spricht von externen Kosten im Verkehrsbereich, wenn Akteure bei ihrer Kauf- oder Mobilitätsentscheidung die negativen Wirkungen auf Dritte nicht oder nur unzureichend berücksichtigen. Die in Geldeinheiten

quantifizierbaren Umwelt- und Gesundheitswirkungen sind vielfältig⁴ (Umweltbundesamt 2020, 2018; van Essen et al. 2019; Bickel 2005). Damit sind externe Kosten wichtige Parameter, die eine vergleichende Darstellung von Verteilungseffekten ermöglichen.

In Anlehnung an die in der Literatur dargelegten Konzepte, werden im Folgenden entsprechend der Konzeption dieses Forschungsvorhabens methodische Ansätze zur Konzeptionalisierung von Nutzen und Belastungen sowie Methoden zur Darstellung von Verteilungseffekten im Verkehrsbereich vorgestellt. Eine Diskussion normativer und moralischer Prinzipien erfolgt nicht.

Eine Besonderheit der Untersuchung von Verteilungseffekten im Verkehrsbereich stellt die Berücksichtigung von Methoden aus Natur- und Sozialwissenschaften dar. Menschen im Verkehrssystem treffen eine Vielzahl von Entscheidungen, sie reagieren auf Anreize, sind aber gleichwohl an technologische Eigenschaften des Verkehrssystems gebunden. Auch die Wirkungen, die vom Verkehrssystem ausgehen, betreffen Umwelt, Gesundheit, sozialen Zusammenhalt und Mobilitätsbudgets, was unweigerlich zu einem interdisziplinären Ansatz führt. Ferner wirkt das Verkehrssystem teils sehr lokal, was eine besondere Anforderung an die räumliche Auflösung der Daten und Analysen stellt. Diese Befunde spiegeln sich in der Fülle der methodischen Toolboxen und den verwendeten Datensätzen.

Das Auftreten von verkehrlichen Belastungen wie Lärm, Luftschadstoffe, Versiegelung und Zerschneidung von Flächen wird durch die **räumliche Beobachtung** und durch Pflege von Geoinformationssystemen (GIS) dokumentiert. Die Konzentration von Luftschadstoffen wird zunächst an Monitoringstellen gemessen, kann jedoch durch computergestützte Dispersionsmodelle in unterschiedlicher geographischer Genauigkeit simuliert werden (Schleyer et al. 2013). Die Ausbreitungsmodelle berücksichtigen topologische Gegebenheiten, Wettereinflüsse und chemische Reaktionen, die allesamt den Austrag und die Verteilung von Luftschadstoffen beeinflussen (ebd.). Für kleine Modellgebiete lassen sich die Luftschadstoffbelastungen auf Straßenabschnitts- oder Häuserebene simulieren (Becker 2016; Franck et al. 2014). Lärmemissionen müssen laut EU-Richtlinie anhand von Geoinformationssystemen dokumentiert und mittels Lärmkarten veröffentlicht werden (Umweltbundesamt 2021). Hierfür sind in aller Regel die Gemeinden oder dafür bestimmte Behörden zuständig, im Falle von Schieneninfrastruktur nimmt das Eisenbahn-Bundesamt die Kartierung vor (Umweltbundesamt 2021; Eisenbahn-Bundesamt 2021). Die *räumliche* Belastung durch Lärm und Luftschadstoffe kann, in ausgewählten Städten und Ballungsgebieten, somit hinreichend gut abgebildet werden, auch wenn den teils notwendigen Simulationen eine gewisse Unsicherheit unterliegt, da beispielsweise gewisse bauliche Strukturen nur näherungsweise berücksichtigt werden können (Becker 2016). Schlüsse für Gesamtdeutschland lassen sich

⁴ Bspw. Gesundheitliche Schäden, Krankenhausaufenthalte, verlorene Lebensjahre, Biodiversitätsverluste, Gebäude- und Materialschäden (siehe Bieler und Sutter (2019) oder van Essen et al. (2019)).

aufgrund der teilweise zu groben Rasterung der Daten, jedoch nicht zwangsläufig ziehen (Gaffron und Freude 2021).

Um die Verteilung von lokalwirkenden Belastungen, wie Verkehrslärm und Luftschadstoffen, zu untersuchen, braucht es räumlich und sozial hochauflösende Umwelt- und Haushaltsdaten. Aufgrund ihrer lokalen Gesundheitswirkung bedarf es der Georeferenzierung von Lärm- und Luftschadstoffbelastungen mittels Geoinformationssystemen. Eine Auswertung nach sozio-demographischen und -ökonomischen Merkmalen erfordert dann die Zuordnung personenbezogener Daten auf dieselbe räumliche Ebene. Die räumliche Ebene ist je nach Fragestellung möglichst klein zu wählen, da Aggregation über eine größere Fläche potenzielle Unterschiede in der Belastung überdecken würde (Becker 2016). Im Falle von Straßenabschnitten und Stadtvierteln kann allenfalls die amtliche Statistik diese hohe Datenanforderung leisten, da eine sehr hohe Anzahl an Beobachtungen benötigt wird. Zwar sind die Daten der amtlichen Statistik von hoher Qualität. Allerdings liegen individuelle Merkmale zu Bildung, Einstellungen und Erfahrungen nicht vor. Sie unterliegen dem Datenschutz und sind nur eingeschränkt zugänglich. Eine Übersicht zu Studien, die räumliche Daten verschneiden, befindet sich in Abschnitt 3.2 (Becker 2016; Flacke et al. 2016; Köckler 2008).

Ferner sind die erfahrenen verkehrsinduzierten Umwelt- und Gesundheitsbelastungen abhängig von der Alltagsgestaltung und individuellem Verhalten, da Personen sich an einer Vielzahl von Orten aufhalten. Dies ist mit geo-referenzierten Expositionsdaten allein nicht abzubilden, sondern erfordert zusätzlich Zeitverwendungserhebungen oder personenbezogene Mobilitätsdaten (Li und Friedrich 2019; Gaffron 2012). Um tatsächlich empfundene Lärm- und Luftschadstoffstörungen messbar zu machen, greifen einige Forschungsarbeiten auf umfragebasierte Datensätze zurück (Kohlhuber et al. 2006; UBA 2020a; Hoffmann et al. 2003).

Welche Bevölkerungsgruppen in welchem Umfang und mit welchen Verkehrsmitteln zum Verkehrsaufkommen beitragen, lässt sich mit Datensätzen und Studien der Verkehrsstatistik beantworten. Hier sind folgende zu nennen: "Mobilität in Deutschland" (MiD), "Mobilitätspanel" (MOP), "Fahrleistungserhebung" (FLE) und "Verkehr in Zahlen" (ViZ). Zur Darstellung der Teilnahme an Personenverkehren eignen sich teilweise auch Haushaltsbefragungen, die vornehmlich für die Sozialforschung verwendet werden, wie das Sozio-oekonomische Panel (SOEP) und die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS). Das Verkehrsaufkommen und Mobilitätsverhalten kann anschließend anhand der Umweltbelastung und Mobilitätskosten nach gruppenspezifischen Merkmalen ausgewertet werden. Neben der deskriptiven Auswertung werden die Daten genutzt, um Modelle von Personenverkehrssystemen anzureichern.

Diese **Verkehrsmodelle** bilden neben dem Mobilitätsverhalten, das durch Survey-Datensätze oder Mobilfunkdaten dargestellt wird, die technischen Kapazitäten der verfügbaren Verkehrsmittel und Infrastruktur ab (Falck et al. 2020). Anhand von Verkehrsmodellen, die auf geo-referenzierten örtlichen Einrichtungen (Arbeitsplatz, Freizeitorte, Einkaufsmöglichkeiten) aufsetzen, lassen sich verschiedene Entfernungsindikatoren berechnen (Di Ciommo und Shiftan 2017). Werden diese Informationen in der räumlichen Dimension mit Haushaltsdaten verbunden, kann Erreichbarkeit gemäß des Modal Splits und den verfügbaren

Verkehrsmitteln beleuchtet werden. Die erwähnten Verkehrsmodelle gehören oft zu sogenannten partiellen Gleichgewichtsmodellen. Dies ist eine Modellklasse, die Infrastrukturbeschränkungen und technische Eigenschaften der Verkehrsmittel (Kapazitäten, Reisedauer, Emissionen) detailliert abbilden kann. Allerdings werden Rückkopplungen zu anderen Sektoren und dynamische Aspekte wie Investitionen nicht bedacht (Montenegro et al. 2021). Anpassungen des Verhaltens als Reaktion auf ein verändertes Modellszenario werden darin oft auf Basis von Elastizitäten modelliert, die angeben wie Individuen, Haushalte oder Firmen auf eine Preisänderung reagieren (Bourguignon und Spadaro 2006).

In der Literatur werden Verkehrssysteme auch durch andere Modellklassen, wie System Dynamics und Agenten-basierte Modelle, beschrieben. Muratori et al. (2020) und Montenegro et al. (2021) bieten einen guten Überblick. System Dynamics-Modelle verschneiden oft mehrere wirtschaftliche Sektoren und werden, ähnlich wie Allgemeine Gleichgewichtsmodelle, häufig für die Evaluation von gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen verwendet (Muratori et al. 2020; Montenegro et al. 2021). Solche Verkehrsmodelle sind regelmäßig als eigenständige Module in umfangreiche ökonomieweite Modelle eingebettet, was dynamische Investitionen und Rückkopplungen zwischen Sektoren wie bspw. zwischen Verkehr und Energie erlaubt (Fiorello et al. 2010). Verteilungswirkungen lassen sich hierbei allenfalls zwischen Regionen und Sektoren betrachten. Auch Agenten-basierte Modelle unterliegt oftmals nur eine beschränkte Anzahl repräsentativer Haushalte (Muratori et al. 2020), was die Analyse von Verteilungswirkungen zwischen verschiedenen Bevölkerungsgruppen erschwert.

Zur Quantifizierung von Verteilungswirkungen werden daher oft **Mikrosimulationsmodelle** herangezogen, da sie den Fokus auf die kleinste (sozio-ökonomische) Einheit legen und mit umfangreichen Mikrodatsätzen unterlegt sind (Bourguignon und Spadaro 2006). Da die Betrachtung von Verteilungswirkungen in unterschiedlichen Dimensionen erfolgt und dies kein einzelner Datensatz erlaubt, ist das Zusammenführen (auch *Matching* genannt) eine verbreitete Technik (Leulescu und Agafitei 2013). So werden sich ähnelnde Personen oder Haushalte gematcht und in der Folge entsteht ein integrierter Datensatz, der reichere Informationen beinhaltet (Bach et al. 2017). Solche Verfahren werden insbesondere in der Erstellung weitfassender Datengrundlagen für Mikrosimulationsmodelle eingesetzt (Leulescu und Agafitei 2013).

Modellbasierte Methoden eignen sich jedoch nicht nur zur Analyse der Verteilungswirkungen im gesamten Verkehrssystem, sondern werden auch in der Literatur zur Gesetzesfolgenabschätzung im Verkehrs-, Energie- und Wärmesektor verwendet (Bach et al. 2018; Bach et al. 2019a; Berry 2019). Der modellbasierte Analyserahmen kann für ex-post und ex-ante Evaluierung einzelner oder mehrerer Instrumente herangezogen werden (Bourguignon und Spadaro 2006). Für die ex-post Evaluierung von einzelnen Instrumenten wird in der empirischen Forschung insbesondere auf quasi-experimentelle Methoden aus Beobachtungsstudien zurückgegriffen (Ahlfeldt und Feddersen 2018; Pestel und Wozny 2019; Winke 2017). Quasi-experimentelle Methoden sind des Weiteren dafür geeignet, um die in großen Modellen ungestellten Verhaltensanpassungen zu analysieren, da sie beobachtetes Verhalten als

Reaktion auf eingeführte oder veränderte Instrumente zurückführen können (Filippini und Heimsch 2016).

Neben den quantitativen und modellbasierten Analysen sind zur Untersuchung von Verteilungseffekten verkehrlicher Systeme und Instrumenten auch qualitative Untersuchungsverfahren einsetzbar. So liefern qualitative Feldarbeit, wie örtliche Begehungen, Experten- und Fokusgruppeninterviews, Beiträge zur Erkennung und Darstellung von potenziellen Verteilungseffekten (Lucas et al. 2021). Qualitative Methoden können im Rahmen eines *Mixed-Methods*-Ansatz mit quantitativen Analysen kombiniert werden, um die wesentlichen Verteilungswirkungen zunächst zu identifizieren und anschließend zu quantifizieren (Geurs et al. 2009; Lucas et al. 2021).

3.2 Befunde zu den Verteilungswirkungen des Verkehrssystems

Das Verkehrssystem ermöglicht durch Infrastruktur und Verkehrsmittel die Mobilität von Menschen und Gütern. Diesem unbestrittenen Nutzen stehen vielfältige adverse Umwelt-, Klima- und Gesundheitseffekte entgegen (Allekotte et al. 2020a). Doch sowohl die positiven Mobilitätsaspekte aus Verkehren als auch die negativen Begleiteffekte sind ungleich in der Bevölkerung verteilt (UBA 2020b). Hinzukommen (unterlassene) Maßnahmen in der Verkehrs- und Umweltpolitik, die ungleich auf verschiedene Bevölkerungsgruppen wirken (ebd.). Während sich die Klimawirkungen ausgehend von Treibhausgasen wie CO₂ global manifestieren⁵, wirken Luftschadstoffe, Lärmbelastung und Flächenbelegung primär in ihrer lokalen und regionalen Umgebung (Allekotte et al. 2020b). Die resultierenden Wirkungen sind somit an die räumliche Wohn- und Lebensstruktur der Bevölkerung geknüpft. Vor dem Hintergrund segregierter sozial-räumlicher Strukturen sind entsprechende Belastungen ungleich in der Bevölkerung verteilt. Darüber hinaus sind Personen mit geringem Haushaltseinkommen weniger mobil, besitzen weniger Pkw und verursachen in der Folge weniger Luftschadstoff- und Lärmemissionen (UBA 2020b). Während sie weniger verkehrliche Belastungen verursachen, sind sie häufiger deren Umwelt- und Gesundheitswirkungen ausgesetzt (ebd.).

Die **verkehrsinduzierten Belastungen** sind vielfältig und die resultierenden sozialen, umweltlichen und gesundheitlichen Wirkungen werden von Geurs et al. (2009) für den reinen Bestand an Infrastruktur und deren Nutzung unterschieden. Während Verkehrsinfrastrukturen natürliche Flächen und Ökosysteme *permanent* zerschneiden, gehen von ihr keine direkten Luftschadstoffe und Lärmemissionen aus. Erst die Nutzung durch den MIV, Schienenpersonen- und Flugverkehr resultiert in *zeitabhängigen* Belastungen. Da Verkehr grundsätzlich auf ortsgebundene Infrastruktur angewiesen ist, stellt die Nähe von Flughäfen, Straßen- und Schieneninfrastruktur eine notwendige Bedingung dar, um verkehrlichen Belastungen durch Luftschadstoffe und Lärm ausgesetzt zu sein. Personen mit Migrationsgeschichte, geringem Einkommen oder Sozialleistungsbezug wohnen häufiger in vielbefahrenen Innenstädten, an

⁵ Trotz der globalen Dimension gehen Klimawirkungen mit Verteilungseffekten einher, da Staaten und ihre Bevölkerungen unterschiedlich von Klimawandelfolgen betroffen sind (UBA 2020b). Diese globalen Verteilungswirkungen werden hier nicht vertieft.

Straßen und in der Nähe von Schienen und Flughäfen (Becker 2016). Sie sind somit Belastungen durch Verkehre am Wohnort stärker ausgesetzt als andere Bevölkerungsgruppen.

Becker (2016) betrachtet die Belastung durch Straßen-, Schienen und Fluglärm und Luftschadstoffen am Wohnort für den Untersuchungsraum Berlin in einer sozio-ökonomischen Dimension. Dazu werden die Belastungen auf Ebene der etwa 30.000 Straßenabschnitte entlang dem Anteil der Sozialhilfebezieher*innen und Personen mit Migrationsgeschichte ausgewertet. Straßenabschnitte mit hohen Anteilen von Personen mit Migrationsgeschichte und Sozialhilfebezug weisen merklich höhere Lärm- und Schadstoffbelastungen aus. Unter Veranlagung externer Kosten für Straßenlärm sind Straßenabschnitte mit hoher Migrationsquote 3,4-mal stärker belastet als Straßenabschnitte mit geringem Anteil (Faktor 1,9 bei SGB-II-Quote) (Becker 2016). Ähnlich sind die externen Kosten von Luftschadstoffen deutlich höher in Straßenabschnitten mit hoher Migrationsquote (Faktor 2,8) und hoher SGB-II-Quote (Faktor 1,2) im Vergleich zu geringen Quoten (ebd.). Resultate für die Luftschadstoffkonzentration von NO₂ und PM₁₀ auf der höher gegliederten Ebene der 447 Planungsgebiete in Berlin zeichnen ein identisches Bild (Franck et al. 2014). Die Luftschadstoffbelastung in Planungsgebieten, die durch geringere Einkommen und höhere Arbeitslosenquoten und Sozialhilfebezug charakterisiert sind, ist deutlich stärker (ebd.).

Eine höhere Luftschadstoffbelastung in Nachbarschaften, die durch einen hohen Anteil von Arbeitslosengeld- und Sozialhilfebezieher*innen geprägt sind, konnte auch in Dortmund nachgewiesen werden (Flacke et al. 2016). Insbesondere die Konzentration von Stickstoffdioxid und Feinstaub (PM₁₀) korreliert stark mit verschiedenen sozio-ökonomischen Merkmalen. Ein ähnliches Bild zeichnet sich in Kassel, wo Personen mit Migrationsgeschichte, geringerem Haushaltseinkommen und Bildungsabschluss am Wohnort im Mittel stärker Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffdioxid und Lärm ausgesetzt sind (Köckler 2008).⁶ Geographisch tiefgegliederte Analysen zur Lärm- und Luftschadstoffbelastung liegen zumeist nur für urbane Räume vor, da die Datengrundlage für eine deutschlandweite Betrachtung zu grob gerastert (Gaffron und Freude 2021). Dennoch kann angenommen werden, dass die Ergebnisse aus den Metropolregionen teilweise für ländliche Regionen extrapoliert werden können, da Wohnkosten in lärm- und luftschadstoffbelasteten Wohngebieten allgemein niedriger sind und Haushalte mit geringerem sozialem Status häufiger günstiger wohnen müssen (Brandt und Maennig 2012; Winke 2017).

Abseits der messbaren Lärm- und Luftschadstoffbeeinträchtigung werden in der Literatur **subjektive Empfindungen** von verkehrlichen Belastungen evaluiert. Die Ergebnisse der Umweltbewusstseinsstudien des Umweltbundesamtes zeigen, dass Befragte in größeren Städten in höherem Ausmaße von umweltbedingten Gesundheitsbelastungen betroffen sind (Rubik 2020). So geben Befragte mit niedrigem sozialem Status häufiger an, von

⁶ Die Studie basiert jedoch auf einer kleinen Stichprobe von 319 Individuen und greift nicht direkt auf zentral-verwaltete Emissionskarten zurück.

Umweltverschmutzung und Umweltschadstoffen belastet zu sein. Unter den abgefragten Lärmquellen ist der Straßenverkehr am häufigsten genannt und Personen mit niedrigerem Haushaltseinkommen sind diesem öfter ausgesetzt (Rubik 2020). Für die Lärmbelastung unabhängig von einer bestimmten Lärmquelle, ist jedoch kein ausgeprägter Zusammenhang mit dem Haushaltseinkommen festzustellen (ebd.).

Eine höhere empfundene Lärm- und Schadstoffbelastung von Personen mit Migrationsgeschichte, geringerem Einkommen und beruflichem Status wird von Kohlhuber et al. (2006) anhand des SOEP beschrieben. Eine Analyse des Bundesgesundheits surveys aus den Jahren 1997-1999, das einerseits die Exposition mittels Nähe zu verschiedenen Straßentypen sowie die subjektive Wahrnehmung von Lärm am Wohnort abfragt, wies ebenfalls auf eine höhere Lärmbelastung von Personen mit geringerem Einkommen und beruflicher Stellung auf (Hoffmann et al. 2003). Dabei wurde Straßenverkehr als die häufigste Ursache für Lärmbelastung genannt (ebd.). Die erhöhte Straßenverkehrsbelastung von einkommensschwachen Haushalten findet sich auch in den Ergebnissen des Gesundheitsmonitorings des Robert-Koch-Instituts (Laußmann et al. 2013). Während Fluglärm im Allgemeinen homogener als Straßenverkehrslärm in der Bevölkerung verteilt ist, sind Personen mit geringem Haushaltseinkommen dennoch stärker belastet (ebd.).

Die geschilderten Befunde zu Verteilungswirkungen von Personenverkehr zeigen sich auch, wenn Kinder Gegenstand der Untersuchung sind. Kinder mit niedrigerem sozio-ökonomischen Status wohnen häufiger an vielbefahrenen Straßen als Kinder mit mittlerem und hohem Sozialstatus (Babisch 2009). Kinder mit Migrationsgeschichte wohnen seltener an wenig befahrenen Nebenstraßen (ebd.).

Die **Lärmbelastung** hängt neben der Lage auch vom Zustand des Wohngebäudes ab und modernisierte, lärmgedämmte Wohnungen sind entsprechend besser vor Lärm geschützt. Kohlhuber et al. (2006) zeigen mit Daten des SOEP, dass der Renovierungsbedarf der Wohnung mit hoher Lärmexposition einhergeht. Der Renovierungsbedarf hängt stark mit dem Einkommen zusammen und es ist davon auszugehen, dass ärmere Haushalte vermehrt in qualitativ schlechteren Wohnungen leben. Insofern die Qualität der Wohnung einen Einfluss auf die Lärmbelastung hat (e.g. Mehrfachverglasung, Hinterhausstruktur, Zentrallüftung), sind Personen mit geringem Einkommen zusätzlich zur Wohnlage durch die Wohnqualität stärker Lärm- und Schadstoffbelastung ausgesetzt. Da Haushalte mit geringen finanziellen Mitteln überproportional häufig zur Miete wohnen, ist eine Modernisierung meist nicht möglich (vgl. Mieter-Vermieter Dilemma). Mohai et al. (2009) weisen darauf hin, dass beim Bau von umweltbelastenden Industrieanlagen oft Nachbarschaften gewählt werden, die stärker von sozial benachteiligten Gruppen bewohnt sind. Die Autoren führen das neben den niedrigeren Grundstückspreisen auf den geringen politischen Einfluss der oft sozial benachteiligten Bewohner*innen zurück. Folglich sollen Personen in wohlhabendere Nachbarschaften besser in der Lage sein, den Bau von umweltbelastender Infrastruktur durch öffentlichen Widerstand zu verhindern (vgl. NIMBY: "Not in my backyard"). Dies wird konzeptionell auch auf den Bau von Verkehrsinfrastruktur und dem Ausbleiben von Lärmschutzvorrichtungen übertragen (Riedel et al. 2017). Auch ist ein Umzug für einkommensschwache Haushalte zur

Vermeidung von Lärm- und Schadstoffexposition oft nicht möglich, da Mieten und Häuserpreise in leisen und schadstoffarmen Nachbarschaften teurer sind, die daher bevorzugt von einkommensstärkeren Haushalten bewohnt werden. (Brandt und Maennig 2012; Winke 2017). Ferner weist Becker (2016) darauf hin, dass trotz präziser Lärmkarten, die Hinterhausstruktur nicht akkurat abgebildet werden kann. Gegeben, dass sich benachteiligte Bevölkerungsgruppen ihren Wohnort seltener wählen können und daher vermutlich häufiger zur Straßenseite hin wohnen, könnte die Ungleichverteilung von Lärm- und Schadstoffbelastungen noch gewichtiger sein.

Neben den durch Verkehr unmittelbar entstehenden Emissionen, haben **Verkehrsinfrastrukturen** eine lokale Umweltwirkung. Sie ersetzen und zerschneiden Grünflächen, die neben essenziellen Umweltfunktionen als Rückzugsort vor Verkehrsemissionen für Menschen fungieren. Ferner dienen sie zur Erholung, ermöglichen Aktivitäten, die Lärm- und Luftschadstoffbelastung abmildern können. Die positiven Gesundheitswirkungen von städtischen Grünräumen wurden mit Daten des SOEP nachgewiesen (Wüstemann et al. 2017). Nachbarschaften, die durch einen geringen sozio-ökonomischen Status ihrer Bewohner*innen geprägt sind, weisen seltener Grünflächen vor (Flacke et al. 2016; Köckler 2008). Der Flächenverbrauch und der Zugang zu Grünflächen sind demnach ähnlich ungleich verteilt auf die Bevölkerung wie die Lärm- und Luftschadstoffbelastungen des Verkehrssystems.

Die bisher dargestellten Befunde zu den Verteilungswirkungen im Verkehrssystem stellen maßgeblich auf **Belastungen am Wohnort** ab. Dieser Fokus führt unweigerlich zu einer unvollständigen Darstellung der Belastung durch Verkehr, da Personen aufgrund unterschiedlicher Mobilitäts- und Aktivitätsmuster nicht die gleiche Zeit am Wohnort verbringen. Basierend auf einer Zeitverwendungserhebung aus Deutschland untersucht Gaffron (2012) das zeitliche Profil von Anwesenheit am Wohnort. Personen geben in 10-Minuten-Intervallen an, wie sie ihren Tag verbracht haben. Folglich steigt die verbrachte Zeit in der Wohnung je geringer das Haushaltseinkommen und das Bildungsniveau sind (Gaffron 2012). Vollzeitangestellte sind am seltensten zuhause, während Personen ohne Beschäftigung sich im Vergleich am häufigsten in der Wohnung aufhalten. Sozio-ökonomisch benachteiligte Haushalte wohnen häufiger an vielbefahrenen Straßen und verbringen relativ zu einkommensstärkeren Haushalten mehr Zeit dort, insbesondere in Zeiten hohen Straßenverkehrsaufkommens (Gaffron 2012). Für eine abschließende Beschreibung der täglichen Lärm- und Luftschadstoffexposition müsste jedoch zusätzlich analysiert werden, wo und wie sich die Menschen außerhalb ihres Wohnorts aufhalten und welchen verkehrlichen Belastungen sie dort ausgesetzt sind. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Das **Verkehrsaufkommen** in Deutschland ist ungleich über die verschiedenen Bevölkerungsgruppen verteilt und stellt eine weitere Dimension der Verteilungswirkung des Verkehrssystems dar. Während Personen mit geringerem Einkommen häufiger und stärker durch Verkehr belastet sind, tragen sie weniger zu seinem Aufkommen bei als Besserverdienende (UBA 2020b). Das zeigen Auswertungen auf Basis der Studie „Mobilität in Deutschland“ für die Erhebungsjahre 2002, 2008 und 2017 (Lenz et al. 2008; Nobis und Kuhnimhof 2018; Schelewsky et al. 2020). Je höher das Einkommen, desto länger sind die zurückgelegten

Tagesstrecken, der Anteil der MIV- und Pendelwege (Lenz et al. 2008). Ferner wächst der verkehrsbedingte CO₂-Fußabdruck und die Anzahl der Autos mit dem Einkommen (Lenz et al. 2008; Schelewsky et al. 2020).

3.3 Befunde zu Verteilungswirkungen bestehender verkehrs- und umweltpolitischer Instrumente

Neben den Verteilungswirkungen des bestehenden Verkehrssystems insgesamt werden nun verkehrspolitische Instrumente und umweltpolitische Instrumente mit Bezug zum Verkehrssektor näher betrachtet. Dabei werden solche Instrumente dargestellt, für welche in der Literatur besonders hohe Verteilungswirkungen als auch ausgeprägte Umweltwirkungen, jeweils positiv oder negativ, identifiziert werden. Die Betrachtung erfolgt auf Grundlage der verfügbaren Literatur mit dem Ziel herauszuarbeiten, welche Instrumente, Verteilungswirkungen und Bevölkerungsgruppen dort untersucht werden. Die Instrumente werden in drei Gruppen präsentiert: (1) Instrumente, für die tendenziell sowohl negative Umwelt- als auch Verteilungswirkungen identifiziert werden; (2) Instrumente, für welche in der Literatur tendenziell positive Umweltwirkungen und negative Verteilungswirkungen gezeigt werden; und (3) solche Instrumente, für die sowohl positive Umwelt- wie auch Verteilungswirkungen konstatiert werden. Der Fokus liegt hier auf *bestehenden* Instrumenten. Dazu muss jedoch erwähnt werden, dass auch unterlassene oder unzureichende Politik(instrumente) negative Verteilungswirkungen produzieren können. So kann eine unzureichende Umwelt- und Klimapolitik als unsozial verstanden werden, wenn Kosten und Nutzen zwischen Personengruppen auseinanderfallen. Beispielweise wohnen Menschen mit niedrigerem Einkommen häufig an großen Straßen mit Lärm- und Luftbelastung oder Frauen gehen öfter als Männer zu Fuß, während der Fußverkehr zunehmend unattraktiver wird (UBA 2020b). Auch global hat unterlassene Klima- und Umweltpolitik starke Verteilungswirkungen. Menschen im globalen Süden sind bereits heute besonders vom Klimawandel geschädigt, während der Nutzen des wenig reglementierten CO₂-Ausstoßes maßgeblich in den Industrieländern verbleibt (ebd.).

Umwelt- und Verteilungswirkung tendenziell negativ

Die **Dienstwagenbesteuerung** mit privater Nutzung wird in einer Reihe von Studien bewertet (Jacob et al. 2016; Beermann et al. 2020; Blanck et al. 2020a; Hendzlik et al. 2019; UBA 2020b; Elmer und Kemfert 2021; Diekmann et al. 2011). Die Untersuchungen stellen heraus, dass das System der Dienstwagenbesteuerung negative ökologische Wirkungen habe. Es würden darüber keine Anreize gesetzt, Fahrten zu vermeiden, da Treibstoff und auch die Wartung vom Unternehmen bezahlt werden. Der dafür zu versteuernde geldwerte Vorteil sei aber geringer angesetzt, als dies tatsächlich der Fall ist. Entsprechend würden auch nicht umweltschonendere Verkehrsmittel wie beispielsweise der ÖPNV genutzt. Dienstwagen würden im Schnitt pro Jahr mehr als doppelt so viel gefahren wie Privatautos, sie seien im Durchschnitt stärker motorisiert und ca. 35 % teurer im Bruttolistenpreis, woraus sich in Summe eine überdurchschnittliche Umweltbelastung ergäbe. In längerer Frist prägen die Dienstwagen außerdem den privaten Fahrzeugbestand, wodurch die negativen Umweltwirkungen verstärkt werde (ebd.). Auch Plug-in hybride Dienstwagen werden als ökologisch

nachteilig identifiziert, da sie in der Praxis häufig sehr wenig elektrisch gefahren werden (Plötz et al. 2020). Mit Blick auf die Arten von ökologischen Wirkungen wird in dieser Literatur insbesondere die Klimawirkungen und vereinzelt weitere Umweltwirkungen wie die Luft- und Lärmbelastung (Jacob et al. 2016) hervorgehoben. Hinsichtlich der Verteilungswirkungen der Dienstwagenbesteuerung wird in der überwiegenden Mehrzahl der Studien auf die Einkommensverteilung abgehoben und eine regressive Tendenz attestiert: Lediglich gut drei Prozent der deutschen Haushalte haben einen Dienstwagen und die überwiegende Mehrzahl verdient weit über dem Durchschnitt (Blanck et al. 2020a; Jacob et al. 2016; Hendzlik et al. 2019; Elmer und Kemfert 2021; Beermann et al. 2020; Diekmann et al. 2011). Geringverdienende oder Empfänger*innen von Transferleistungen hingegen profitieren kaum von der Dienstwagenbesteuerung, meist durch den mangelnden Zugang zu einem Dienstwagen. Außerdem sind einkommensschwache Haushalte besonders verkehrsbedingten Umweltbelastungen wie Lärm- und Luftschadstoffen ausgesetzt (Laußmann et al. 2013; Gottschalk et al. 2011; Becker 2016). Neben der Verteilungswirkung auf Personengruppen, hat die Dienstwagenbesteuerung auch zur Folge, dass überdurchschnittlich viele Dienstwagen von deutschen Automobilkonzernen stammen, welche in der Vergangenheit häufig größer und weniger umweltschonend ausfielen, als Pkw ausländischer Unternehmen (Jacob et al. 2016, S. 154). Neben der negativen ökonomischen Verteilungswirkung arbeiten Jacob et al. (2016) heraus, dass die Nutznießer*innen der Dienstwagenbesteuerung meist männlich sind, wobei Familienangehörige häufig indirekt von einem privat genutzten Dienstwagen profitieren dürften.

Auch die seit 2003 inflationsbereinigt sinkende **Kraftstoffsteuer** auf Diesel und Benzin wird in der Literatur als sowohl ökologisch als auch verteilungstechnisch negativ wirksam identifiziert (Blanck et al. 2020b; Blanck et al. 2020a; Agora Verkehrswende 2018; Haas und Richter 2020; Jacobs und Quack 2018). Darüber entstehen ökologische Fehlanreize zu Gunsten des umweltschädlichen MIV, indem der Anreiz zum Kraftstoffsparen im Fahrverhalten, beim Kauf eines verbrauchsarmen Fahrzeugs oder für den Umstieg auf alternative Verkehrsmittel gering ausfällt genauso wie für die Vermeidung oder Verkürzung von Wegen. Die Untersuchungen zeigen, dass insbesondere Diesel-Pkw von Personen mit höheren Einkommen gekauft und in größeren und stärker motorisierten Varianten, was die negative Umweltwirkung weiter erhöht (Blanck et al. 2020a, S. 22; Haas und Richter 2020). Als Umweltwirkung wird in den Studien beispielhaft die Klimabelastung hervorgehoben. Für Verteilungswirkungen werden die einkommensbezogenen Wirkungen der Kraftstoffsteuer als regressiv analysiert, wobei das sogenannte „Dieselprivileg“ die stärkste regressive Wirkung entfalte: Die vergleichsweise niedrige Besteuerung von Diesel komme besonders (tendenziell gut verdienenden) Vielfahrer*innen zugute, die sich die teureren Pkw leisten können (Nikodinoska und Schröder 2016; Blanck et al. 2020a).

Neben der Dienstwagenbesteuerung und der Kraftstoffsteuer insbesondere auf Diesel ist die **Entfernungspauschale** ein weiteres verkehrspolitisches Instrument, für welches in der Literatur sowohl hohe Umweltwirkungen als auch ausgeprägte Verteilungswirkungen identifiziert werden (Jacob et al. 2016; Blanck et al. 2020a; UBA 2020b; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019; Edenhofer et al. 2019a). In der heutigen Ausgestaltung (Stand Mai 2021)

wird die Entfernungspauschale als stark regressiv auf Einkommensgruppen eingestuft: Menschen mit niedrigeren Einkommen profitieren seltener davon und/oder in geringerem Umfang, obere Einkommensgruppen profitieren überdurchschnittlich stark, da sie häufiger und weiter pendeln (Jacob et al. 2016; Blanck et al. 2020a; Agora Verkehrswende 2021). Durch den steigenden Grenzsteuersatz wächst der Steuervorteil mit zunehmendem Einkommen. Als eine weitere Verteilungswirkung wird in Jacob et al. (2016) gezeigt, dass durch die Entfernungspauschale das Wohnen im Umland von Ballungsgebieten subventioniert wird, die hohen Mieten in Zentrallagen jedoch nicht. Außerdem pendeln Männer längere Distanzen als Frauen (ebd.). Als weitere Wirkungen der Entfernungspauschale werden Unfälle, Schadstoffemissionen, Lärm und Staus analysiert, welche jeweils wiederum mit Verteilungswirkungen verbunden sind (Jacob et al. 2016, S. 121). Die Entfernungspauschale fördere wie das Dienstwagenprivileg und die im Vergleich mit den ÖPNV-Preisen niedrigen Kraftstoffsteuern den MIV mit entsprechenden ökologisch negativen Wirkungen, wobei in der ausgewerteten Literatur meist die Klimawirkung in den Vordergrund gestellt wird.

Auch für die derzeit in Deutschland gültigen **Geschwindigkeitsbegrenzungen** arbeiten Jacob et al. (2016) Verteilungswirkungen heraus. Insbesondere die Umwelt- und Gesundheitswirkungen in Form von Lärm, Schadstoffbelastung und Unfallrisiko wirken besonders auf jüngere und ältere Menschen, nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende sowie Anwohnende stark befahrener Straßen, die häufig niedrigere Einkommen und/oder Migrationsgeschichten haben (ebd.; Laußmann et al. 2013). Dabei sind die Umwelt- und Gesundheitswirkungen der Geschwindigkeitsbeschränkungen nicht klar zu trennen von entsprechenden Wirkungen des Verkehrssystems insgesamt (vgl. Abschnitt 3.2). Es zeige sich aber, dass die Verkehrsgeschwindigkeit eine Variable sei, welche Umwelt- und Gesundheitswirkungen beeinflusse. Darüber wird beispielsweise der Verkehrsfluss beeinflusst sowie der Treibstoffverbrauch, die Flächeninanspruchnahme, die Schadstoff- und Lärmemissionen und der Bremsweg (Jacob et al. 2016). Die Klimawirkungen des Verkehrs werden bei Jacob et al. (2016) als tendenziell langfristige und eher im globalen Maßstab verteilungsrelevante Größe angesehen und daher nicht näher analysiert. Als nachgelagerte Wirkung der gegenwärtigen Geschwindigkeitsbegrenzungen kann ein geringeres Sicherheitsempfinden sowie ein niedrigerer Aufenthaltswert mit negativem Einfluss auf die Lebensqualität der Anwohner*innen, Fußgänger*innen und Radfahrer*innen gezeigt werden (Atkins Transport Planning & Management 2010). Auch auf sozialen Zusammenhalt und die Inklusion wird ein negativer Beitrag der gegenwärtigen zurückhaltenden Geschwindigkeitsbeschränkung beispielhaft herausgestellt (West et al. 2010). Die Akzeptanz gegenüber beispielweise einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h innerorts oder 130 km/h auf Autobahnen fällt in Umfragen regelmäßig gemischt aus (Stieß et al. 2012, S. 53), wobei die Zustimmung für Letzteres in den vergangenen Jahre zugenommen hat (ADAC 2021)⁷. Dabei ist die Akzeptanz über die Einkommensgruppen ähnlich verteilt

⁷ Befragt wurden in dieser Erhebung ADAC-Mitglieder.

(Stieß et al. 2012, S. 53). Jedoch befürworten Frauen die Geschwindigkeitsbeschränkung deutlich häufiger als Männer genau wie ältere öfter als jüngeren Menschen (DVR 2017).

Für die Parkraumbewirtschaftung im Allgemeinen und **Parkgebühren** speziell werden in der Literatur wesentliche Verteilungswirkungen identifiziert (Oehlmann et al. 2019; Blanck et al. 2020a; UBA 2020b; Mackie und Haščič 2018). Es wird gezeigt, dass Menschen mit geringeren Einkommen deutlich häufiger kein Auto oder keinen Zweitwagen besitzen als Menschen oberer Einkommensklassen (Blanck et al. 2020a, S. 7-9). Gleiches gilt für die Fahrleistung (ebd.). Entsprechend profitieren einkommensstärkere Bevölkerungsgruppen überdurchschnittlich von kostenlosem oder günstigem Parken. Gleichzeitig weisen Oehlmann et al. (2019, S. 97) darauf hin, dass Parkgebühren „in Einzelfällen [...] sogar zu besonderen Härten führen [können], z. B. wenn einkommensschwache Menschen auf den Pkw angewiesen sind“. Dieses Argument könnte man auch bei anderen Instrumenten machen, die MIV belasten, insgesamt ist die Datenlage aber dünn. Plausibel ist, dass die günstige Parksituation für motorisierten Individualverkehr ökologische Fehlanreize setze (Oehlmann et al. 2019; Blanck et al. 2020a). Die Parkpreise bildeten kaum den Wert des öffentlichen Raums ab und umweltschädlicher, motorisierter Individualverkehr würde gegenüber öffentlichem Personenverkehr subventioniert (ebd.). An Umweltwirkungen wird in diesen Studien vor allem auf Treibhausgase und Luftschadstoffe abgehoben sowie bei UBA (2020b) auch auf die überproportionale Flächeninanspruchnahme des MIV hingewiesen.

Vereinzelt finden sich in der Literatur auch Untersuchungen zu den Verteilungswirkungen von **Infrastrukturprojekten**, wie zum Beispiel Straßenbau (Lucas et al. 2021; Cohen und Schaffner 2021; Möller und Zierer 2018; Dörr und Gaebler 2020) oder Bahnverbindungen (Ahlfeldt und Feddersen 2018; Brandt und Maennig 2012). Hierbei werden vornehmlich räumliche und gesellschaftsgruppen-spezifische ökonomische Verteilungswirkungen herausgearbeitet, jedoch werden ökologische Wirkungen dabei nicht näher betrachtet. Hier kann nur vermutet werden, dass insbesondere der Straßenbau zusätzliches umweltschädliches Verkehrsaufkommen begünstigen könnte (Allekotte et al. 2020a).

Umweltwirkung tendenziell positiv und Verteilungswirkung negativ

In Deutschland besteht seit Mitte 2016 eine **Kaufprämie für E-Pkw und Plug-In-Hybride**. Die Kaufprämie auf E-Pkw wird in der Literatur als tendenziell klimaschonend eingestuft, da sie weniger ökologisch schädlichen Verkehr begünstigt (Blanck et al. 2020a; Blanck et al. 2020b). Die ökologische Wirkung sei jedoch dadurch beschränkt, dass Mitnahme- und Reboundeffekte auftreten und Pkw-Hersteller angesichts steigender EU-CO₂-Standards⁸

⁸ Die Verteilungswirkungen der EU-CO₂-Standards werden hier aufgrund des Fokus des Forschungsvorhabens auf nationale Politikinstrumente nicht näher betrachtet. Außerdem liegen dazu kaum Untersuchungen vor. Jedoch wird die Verteilungswirkung für Pkw-Verbrauchsstandards in der US-amerikanischen Literatur als tendenziell regressiv beschrieben (Levinson 2019; Jacobsen 2013; Davis und Knittel 2019). Auch als tendenziell regressiver wirkend über Einkommensgruppen als es bei der Treibstoffbesteuerungen der Fall ist, da dort die Einnahmen rückverteilt werden können (ebd.).

ohnehin mehr Elektroautos verkaufen müssten. Zudem werden die E-Pkws häufig nur als Zweitwagen genutzt. Die Verteilungswirkung der E-Kaufprämie sei negativ, da davon insbesondere Personen hoher Einkommensklassen profitieren, die sich E-Neuwagen kaufen (Blanck et al. 2020a; Bamberg et al. 2020; Zachmann et al. 2018; Agora Verkehrswende 2021). Ein Indiz sei, dass die Verteilung der E-Fahrzeuge auf die Landkreise sehr unterschiedlich ausfällt: In Landkreisen mit hoher Kaufkraft finden sich verhältnismäßig viele E-Fahrzeuge, während besonders in strukturschwachen Regionen in ostdeutschen Bundesländern sehr niedrige Zulassungszahlen verzeichnet werden (ebd.). Indirekt sind gewisse umwelt- und gesundheitsbezogene Entlastungseffekte auch für untere Einkommensklassen plausibel, da die E-Pkw die Luft- und Lärmbelastung reduzieren. Dazu liegen jedoch keine gesonderten Untersuchungen vor. In der untersuchten Literatur wird auch nicht betrachtet, ob durch die Kaufprämie Käufer*innengruppen erreicht wurden, denen diese Autos sonst nicht zugänglich wären und welche Effekte die Kaufprämie auf den Gebrauchtwagenmarkt hat. Bedeutend könnte hier auch sein, dass die Kaufprämie auch für Leasingwagen angeboten wird. Die Angebote von diesen Unternehmen liegen teils deutlich unter den Preisen für vergleichbare Pkw mit Verbrennungsmotor. Hier könnte auch erwartet werden, dass vergleichsweise zügig Pkw auf dem Gebrauchtwagenmarkt angeboten werden. Für die Untersuchung von Verteilungswirkungen könnte auch relevant sein, dass die Kaufprämie nicht unmittelbar aus dem Staatshaushalt gewährt wird, sondern aus dem Energie- und Klimafonds, der zum größten Teil aus dem deutschen Emissionshandel gespeist wird.

Ähnlich wie die Kaufprämie, werden auch für die reduzierte **Dienstwagenbesteuerung für E-Autos** tendenziell positive Klimawirkungen gezeigt mit einer negativen Verteilungswirkung zu Gunsten höher Einkommensklassen (Blanck et al. 2020a; Zachmann et al. 2018; Agora Verkehrswende 2021) (Vgl. auch reguläre Dienstwagenbesteuerung oben).

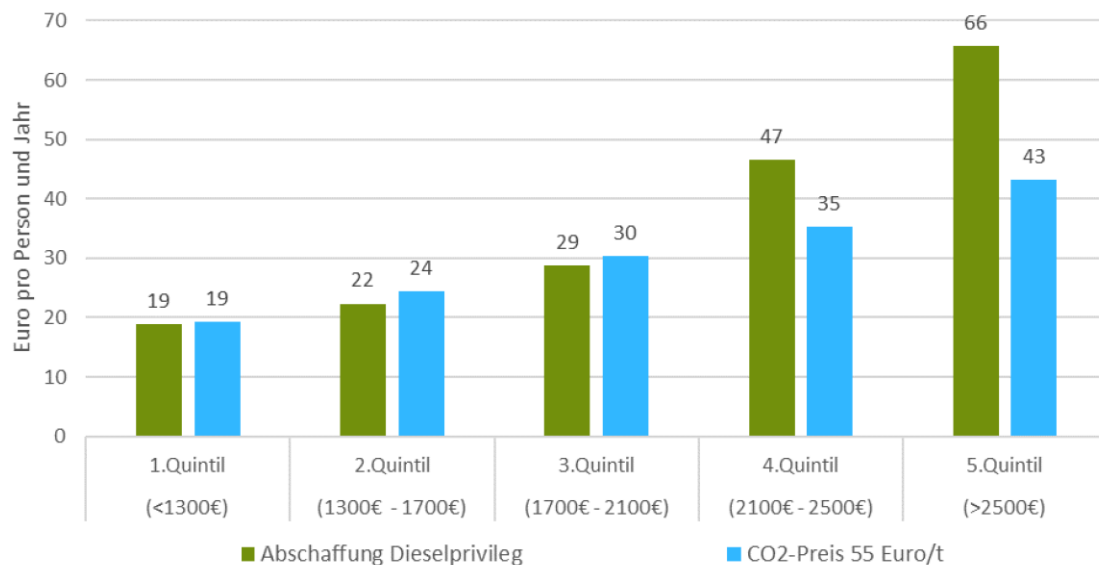
Zu den Verteilungswirkungen der **Ladeinfrastruktur** von E-Pkws liegen für Deutschland keine Studien vor. Für Kalifornien wurde jedoch kürzlich gezeigt, dass einkommensschwächere, schwarze und hispanische Personengruppen weniger Zugang zu öffentlicher E-Ladeinfrastruktur haben (Hsu und Fingerman 2021). Dies könnte natürlich daran liegen, dass diese Personengruppen weniger über entsprechende Fahrzeuge verfügen.

Seit Anfang 2020 wird in Deutschland der ermäßigte **Mehrwertsteuersatz von 7 % im Bahn-Fernverkehr** erhoben. Darüber wird angereizt, die umweltfreundlichere Verkehrsform Fernbahn zu nutzen (Förster et al. 2020). Die Verteilungswirkung wird als leicht regressiv eingestuft, da der Bahn-Fernverkehr von oberen Einkommensgruppen verstärkt genutzt wird (Blanck et al. 2020a): Personen im höchsten Einkommensquintil sparen dadurch im Durchschnitt 10€ pro Jahr, etwa doppelt so viel wie Personen der übrigen Einkommensquintile. Die Verteilungswirkungen der Umweltentlastungen werden nicht näher untersucht.

Neben der Kraftstoffsteuer (s.o.) wurde zu 2021 ein **Emissionshandelssystem (CO₂-Bepreisung)** in Deutschland für die Sektoren Verkehr und Wärme eingeführt. Diese Bepreisung der vorher vergesellschafteten Kosten des CO₂-Ausstoßes wird in der Literatur als ökologisch sehr zuträglich bewertet, da zunehmend Anreize für klimaschonende Konsum- und Produktionsänderungen gesetzt werden (Edenhofer et al. 2019b, 2019a; Agora

Verkehrswende 2018; Bach et al. 2020). Jedoch wird der CO₂-Preis als zu niedrig bewertet, um die Klimaschutzziele 2030 zu erreichen (ebd.). Da der Anteil des Nettoeinkommens, das für Kraftstoff ausgegeben wird, bei zunehmenden Einkommensgruppen weitgehend gleich bleibt (Bach et al. 2019c, S. 42), wird die Verteilungswirkung des CO₂-Preises in dieser Hinsicht als nur leicht regressiv eingestuft. Abbildung 2 zeigt die durchschnittlichen Ersparnisse pro Jahr für Haushalte nach Einkommensquintilen durch das Dieselprivileg (grün) sowie die durchschnittliche Belastung durch den CO₂-Preis von 55€ wie für 2025 festgelegt.

Abbildung 2: Dieselprivileg regressiver als CO₂-Preis



Quelle: Blanck et al. 2020a, S. 26.

Die Verteilungswirkungen von CO₂-Preisregimen wird in der Literatur als stark abhängig davon analysiert, wie das Aufkommen verwendet wird (Blanck et al. 2020a; Edenhofer et al. 2019a; Bach et al. 2019b; Bach et al. 2019c; Bach et al. 2019a; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019; Gechert et al. 2019; Frondel 2020; Ismer et al. 2019; Filippini und Heimsch 2016; Eisenmann et al. 2020; Hänsel et al. 2021). Für den deutschen CO₂-Preis wurde als Mittelverwendung eine Kombination aus Stabilisierung der EEG-Umlage (de facto Strompreisreduktion), Erhöhung der Entfernungspauschale (s.o.), Erhöhung des Wohngelds um 10 % sowie der Mehrwertsteuerreduktion für den Bahn-Fernverkehr gewählt (Edenhofer et al. 2019a, S. 6). Für den deutschen CO₂-Preis inklusive der kompensatorischen Maßnahmen wird eine Verteilungswirkung zu Ungunsten mittlerer Einkommen herausgearbeitet sowie eine leichte Mehrbelastung von Personen in ländlichen Gebieten (Fronde 2020; Bach et al. 2020; Edenhofer et al. 2019a). Die Verteilungswirkungen wird dabei für den Sektor Verkehr als etwas weniger regressiv eingestuft als für den Bereich Gebäudewärme (Bach et al. 2020). Die Rückverteilung durch die gesenkte EEG-Umlage wird als in sich progressiv eingeschätzt, während die erhöhte Entfernungspauschale regressivere Wirkungen erzeuge, insbesondere, da in den unteren Einkommensdezilen kaum Personen längere Pendelwege zurücklegen (ebd.). Agora Verkehrswende (2021) analysieren für die CO₂-Bepreisung inklusive der

Rückverteilungen eine kurzfristig leicht progressive Verteilung über die Einkommensdezile, wofür sie 2021 betrachten, längerfristig sei die Wirkung jedoch regressiv.

Im Zuge des Klimaschutzprogramms 2030 wurde auch die **Luftverkehrsabgabe** erhöht. Diese Erhöhung ist seit 2021 in Kraft. O. Harthan et al. (2020) analysieren eine klimaschonende Wirkung dieser Erhöhung, welche die ökologischen Schäden des Fliegens jedoch nur zu einem kleinen Anteil internalisiert. Mit Blick auf die Verteilungswirkungen werden Politikinstrumente zum Flugverkehr in der Literatur kaum untersucht. Eine Ausnahme bilden Adam et al. (2008, S. 197) und Zachmann et al. (2018, S. 40), die hervorheben, dass Steuern auf Flugverkehr allgemein tendenziell progressiv ausfielen, da Besserverdienende vermehrt fliegen und größere Anteile ihres Einkommens für Flugreisen ausgeben. Die Befreiung von der Kerosinsteuer (und der Mehrwertsteuerbefreiung bei internationalen Flügen) werden in der Literatur als indirekte umweltschädliche Subvention identifiziert (Köder und Burger 2016; Zerzawy et al. 2017; Beermann et al. 2020). Diese werden allerdings nicht explizit nach Verteilungswirkungen untersucht. Jedoch kann angenommen werden, dass sie regressiv wirken, da mehr von Besserverdienenden geflogen wird (Zachmann et al. 2018).

Tendenziell Umweltwirkung und Verteilungswirkung positiv

Synergien aus einer positiven Verteilungswirkung und im Verkehrsartenvergleich positiven Umweltwirkungen ergeben sich insbesondere aus der **Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs** (Blanck et al. 2020a; UBA 2020b; Stieß et al. 2012; Arnold et al. 2019; Waluga 2017). Die öffentliche Zuschussung der Infrastruktur- und Betriebskosten als „Daseinsvorsorge“ sei ökologisch zuträglich, da der ÖPNV im Verkehrsvergleich geringe Umweltkosten erzeugt (Allekotte et al. 2020a). Die Verteilungswirkung wird positiv bewertet, da Stadt-/Regionalbusse in den unteren Einkommensgruppen überproportional genutzt werden, Stadt-/Straßenbahnen sowie S-/Regionalbahnen hingegen gleich verteilt über die Einkommensgruppen (Blanck et al. 2020a, S. 8). Für Menschen mit geringen Einkommen ist zu berücksichtigen, dass sie nur eingeschränkte Möglichkeiten haben, ihre Mobilitätsansprüche und -bedürfnisse zu realisieren. Dadurch sei ihre Teilhabemöglichkeit in Bereichen des alltäglichen Lebens, wie Arbeit, Ausbildung, Gesundheitsversorgung und Freizeit besonders von kostengünstigem ÖPNV abhängig (Stieß et al. 2012, S. 27). Insofern habe die Förderung des ÖPNVs (und auch des kostengünstigen öffentlichen Fernverkehrs) einen besonderen Stellenwert, um diese Bedürfnisse auch für Menschen mit geringen Einkommen zu erfüllen. Die positive Verteilungswirkung der ÖPNV-Förderung wird in der Literatur als schrumpfend identifiziert, da die Preise im ÖPNV seit 2000 um fast 80 % gestiegen sind im Vergleich zu lediglich rund 35 % Preisanstieg für den Kauf und die Unterhaltung eines Kraftfahrzeuges (UBA 2020b, S. 15). Entsprechend kann von der im Klimaschutzprogramm 2030 beschlossenen Mittelserhöhung für den ÖPNV eine ökologisch (O. Harthan et al. 2020) sowie verteilungswirksam positive Wirkung erwartet werden. Ähnliches gilt für die beschlossene erhöhte Elektrifizierung von Bussen im ÖPNV (ebd.), da darüber die lokale Luftverschmutzung mit negativen Verteilungswirkungen verringert wird (Laußmann et al. 2013; Gottschalk et al. 2011; Becker 2016). Eine schwedische Studie zu den Verteilungswirkungen der Förderung öffentlichen Nahverkehrs in Stockholm zeigt aber auch, dass der bestehenden Förderung nur eine sehr bedingte

umverteilende Wirkung zugesprochen werden kann, da der Subventionsanteil über die Einkommensgruppen hinweg ähnlich ausfällt (Börjesson et al. 2020).

Auch die **Förderung des Fußverkehrs** habe positive Verteilungswirkungen, da Zufußgehen einkommensunabhängig geschehen kann (Stieß et al. 2012). So gehen Menschen mit geringen Einkommen in Deutschland im Mittel etwas mehr zu Fuß als höhere Einkommensgruppen (Blanck et al. 2020a, S. 8). **Fahrräder** werden hingegen etwas mehr in höheren Einkommensgruppen genutzt. Von beiden Verkehrsformen gehen substantielle positive Umwelt- und Gesundheitswirkungen aus (Blanck et al. 2020a; Allekotte et al. 2020a; Stieß et al. 2012). Diese dürften im Zuge der im Klimaschutzprogramm 2030 beschlossenen Förderung des Radverkehrs verstärkt werden (O. Harthan et al. 2020).

Im Zuge des Klimaschutzprogramms 2030 wurde die **CO₂-Komponente der gegenwärtigen Kfz-Steuer** ab 2021 leicht angehoben, wofür eine tendenziell positive Umweltwirkung analysiert wird (Blanck et al. 2020a). Dem steht jedoch nach wie vor die Hubraumkomponente der Kfz-Steuer entgegen, welche dies in Teilen zu Nichte macht. Die Hubraumkomponente wird auch deshalb kritisch bewertet, da die Hubräume rückläufig sind, Gewicht und PS der Neuwagen aber zunehmen (Kunert 2018). Da die CO₂-Emissionen neuer Pkw in Deutschland im Mittel über alle Einkommensklassen ähnlich ausfallen, wird die CO₂-Komponente der Kfz-Steuer tendenziell als verteilungswirksam neutral bewertet (Blanck et al. 2020a). Agora Verkehrswende (2021) betrachten die Verteilungswirkung hingegen angesichts der steuerlichen Mehrbelastung durch die erhöhte CO₂-Komponente über die Größe von Fahrzeugklassen hinweg. Sie kommen so zu dem Ergebnis, dass mittlere und hohe Einkommen absolut mehr belastet würden (ebd.).

3.4 Stand der Diskussion zu Verteilungswirkungen möglicher umweltpolitischer Reformansätze

Aus der breiten Diskussion um potenzielle Politikinstrumente der Verkehrswende, werden im Folgenden solche Reform-Instrumente beleuchtet, für welche in der Literatur sowohl hohe (positive) Umweltwirkungen, als auch substantielle Verteilungswirkungen analysiert werden.

Umweltwirkung und Verteilungswirkung tendenziell positiv

Aufbauend auf eine Reihe bestehender verkehrspolitischer Instrumente mit Umwelt- und Verteilungswirkungen (vgl. Abschnitt 3.3) werden in der Literatur häufig Reformen dieser Instrumente unter ökologischen sowie verteilungstechnischen Aspekten diskutiert. Für die **Reform der Dienstwagenbesteuerung** schlagen Blanck et al. (2020a), Jacob et al. (2016) und Diekmann et al. (2011) eine Erhöhung vor: Es solle insbesondere die private Fahrleistung stärker besteuert werden und die Besteuerung abhängig vom CO₂-Ausstoß geregelt werden. Außerdem seien Plug-in Hybride herkömmlichen Verbrennungsmotoren steuerlich gleichzustellen, für E-Pkw solle die steuerliche Begünstigung kürzer gelten (Blanck et al. 2020a). Dadurch würden ökologische Verbesserungen erzielt, insbesondere mit Blick auf den CO₂-Ausstoß, sowie die regressive Verteilung auf Haushaltseinkommen der gegenwärtigen Dienstwagenbesteuerung gemindert (Jacob et al. 2016; Diekmann et al. 2011; Blanck et al. 2020a). Die regressive Wirkung über Einkommen kann besonders gemindert werden, wenn die

erzielten Staatseinnahmen verwendet werden, um die Sozialversicherungsbeiträge zu reduzieren, was vor allem niedrigen und mittleren Einkommen zu Gute komme (Jacob et al. 2016, S. 158).

Als ökologisch und sozial ausgerichtete **Reform der Entfernungspauschale** wird nahe gelegt, diese mit Härtefallregelungen abzuschaffen oder eine pauschale Steuerentlastung einzuführen, gegebenenfalls gekoppelt an die Verfügbarkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln (Blanck et al. 2020a; Jacob et al. 2016; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019). Bei der Abschaffung würde die regressive Verteilungswirkung auf Einkommensgruppen vermindert, wobei Personen mit niedrigeren Einkommen und im ländlichen Raum mit überproportionalen Einkommensverlusten durch die Abschaffung konfrontiert sein können (Jacob et al. 2016; Steinsland et al. 2018). Dies könne jedoch durch Härtefallregelungen abgefedert werden (ebd.). Ebenso könne dem leicht fallenden Arbeitsangebot, welches sich aus (geringfügig) geringeren Anreizen für Erwerbsarbeit ergibt, durch eine Erhöhung der Werbungskostenpauschale begegnet werden (Jacob et al. 2016). Aus ökologischer Sicht würde ein leicht vermindertes Verkehrsaufkommen erzielt, mit entsprechend geringeren Schadstoffemissionen, Lärmemissionen und einem potenziellen Rückgang des Flächenverbrauchs, was Personen mit niedrigen Einkommen und/oder Migrationsgeschichte sowie Kinder und Ältere überdurchschnittlich entlastet. Bei einer potenziellen Rückverteilung der zusätzlichen Steuereinnahmen werden Abwägungen zwischen sozialen und ökologischen Zielen identifiziert und eine Kombination nahegelegt (ebd.). Alternativ zur Abschaffung der Entfernungspauschale könnte die Pkw-Nutzung nur voll steuerlich begünstigt werden, wenn keine zumutbaren öffentlichen Verkehrsmittel zur Verfügung stehen (Blanck et al. 2020a). Wiederum einen anderen Ansatz für eine positivere Verteilungswirkung wählt das sogenannte „Mobilitätsgeld“, welches pauschal von der Einkommenssteuerschuld abgezogen wird, unabhängig vom individuellen Steuersatz (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019; Agora Verkehrswende 2021). Das „Mobilitätsgeld“ könnte auch mit der Verfügbarkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln gekoppelt werden, was die umweltentlastende Wirkung verstärken dürfte (Blanck et al. 2020a).

Auch für die **Kfz-Steuer** werden in den einschlägigen Studien ökologisch und sozial motivierte **Reformen** erarbeitet (Blanck et al. 2020a; Bär et al. 2020; Eliasson et al. 2018; Tiedtke 2013; Arnold et al. 2019). Dabei wird vorgeschlagen, die Kfz-Steuer deutlich zu erhöhen, um eine ökologische Lenkungswirkung zu entfalten. Außerdem solle sie vollständig nach CO₂-Ausstoß bemessen werden und stärker dahingehend abgestuft werden. Während die Hubraumkomponente abgeschafft werden soll, welche Dieselfahrzeuge in Summe immer noch steuerlich bevorteile, wird stattdessen das Fahrzeuggewicht und die -größe als ökologisch ausschlaggebend identifiziert und empfohlen, die Kfz-Steuer auch daran zu bemessen. Darüber würde die aktuell regressive Verteilung auf Einkommensgruppen reduziert und Anreize geschaffen, klima- und umweltschonendere Pkw zu halten. Im Fokus sind an ökologischen Wirkungen insbesondere CO₂, vereinzelt Lärm, Schadstoffemissionen und räumliche Wirkungen (zu Gunsten anderer Mobilitätsformen als MIV). Hinsichtlich Personengruppen wird neben der Einkommensverteilung vereinzelt auf größere Familien abgestellt, die oftmals auf größere Autos angewiesen sind. Dabei wird das französische Modell diskutiert, in welchem ab

dem dritten Kind die Kfz-Steuer sinkt (Blanck et al. 2020a). Außerdem könnten mobilitäteeingeschränkte Personen befreit werden, um hier keine spezifische Belastung zu erhöhen (ebd.). Auch für die höheren Staatseinnahmen aus der reformierten Kfz-Steuer, werden verschiedene Ansätze diskutiert, wie darüber die positiveren Verteilungswirkungen gestärkt werden können: Beispielsweise eine Prämie für die Abschaffung emissionsintensiver Fahrzeuge, ein Mobilitätsgeld (s.o.) oder eine pro-Kopf-Rückverteilung (Bär et al. 2020). Dabei wird kursorisch auf die positivere Einkommensverteilung sowie im Falle des Mobilitätsgeldes die potenziell negativen Wirkungen auf den ländlichen Raum aufgrund fehlender Alternativen zum Pkw abgehoben.

In der Literatur werden auch **Reformen der Kraftstoffsteuern** vorgeschlagen, durch welche sich ökologische Verbesserungen mit positiveren Verteilungswirkungen verbinden ließen (Blanck et al. 2020a; Beermann et al. 2020; Agora Verkehrswende 2018; Bach et al. 2018; UBA 2020b). Dazu wird insbesondere nahegelegt, den bislang begünstigten Dieselmotoren (aber auch Erdgas und LPG) den Benzinmotoren gleichzustellen sowie den einheitlichen Steuersatz an die Inflation zu indexieren. Die Angleichung wird mit zeitlichem Vorlauf empfohlen, sodass Autofahrer*innen dies bei Neukäufen berücksichtigen können. Die ökologische Wirkung der Reform ergebe sich aus der Vermeidung bzw. Verkürzung von Wegen, einer kraftstoffsparenderen Fahrweise, der Anschaffung eines verbrauchsärmeren Fahrzeugs oder der Wahl eines alternativen Verkehrsmittels. Die Umweltwirkungen werden vornehmlich über CO₂ spezifiziert. Von der Erhöhung der Kraftstoffsteuer könne zudem ein Signaleffekt erwartet werden, der über die reine Preissteigerung hinausgehe (Tiezzi und Verde 2019). Von der Abschaffung der günstigeren Kraftstoffsteuer auf Diesel wären vornehmlich höhere Einkommensgruppen betroffen, da Dieselfahrzeuge vor allem von diesen Personengruppen gefahren werden (Repenning et al. 2019, S. 205). UBA (2020b, S. 20) schlagen außerdem zinslose Kredite speziell für Pendelnde mit niedrigen Einkommen vor, die auf Pkw angewiesen sind, um diese vereinzelt Härtefälle abzufedern.

Auch die im Zuge des deutschen Klimapakets 2019 erhöhte **Kaufprämie auf E-Pkw** wird in der Literatur als aus Verteilungssicht **reformbedürftig** und in ihrer langen Laufzeit auch ökologisch nicht zuträglich identifiziert, insbesondere für Plug-in Hybride (Blanck et al. 2020a; Knopf 2020; Arnold et al. 2019). Darüber würden tendenziell höhere Einkommensgruppen begünstigt (ebd.). Außerdem könnten Mitnahmeeffekte bei Herstellern und Käufern auftreten, wodurch die ökologische Wirkung verpuffe (Blanck et al. 2020a). Die Kaufprämie sei weitgehend abzuschaffen, vorzuziehen seien aus vornehmlich ökologischer Sicht Emissionsstandards, wie sie die EU vorgebe sowie höhere CO₂-Preise für konventionelle Fahrzeuge, um tatsächliche Fahrzeugwechsel anzureizen (ebd.). Allerdings sind hier auch wesentliche Forschungslücken festzuhalten - insbesondere die Wirkungen von Kaufprämie auf eine Erschließung weiterer Käuferschichten und Wirkungen auf den Gebrauchtmittelmarkt scheinen plausibel, werden aber bisher nicht untersucht.

In einem ähnlichen Kontext wird in der Literatur auch häufig ein sogenanntes „**Bonus-Malus-System**“ empfohlen. Damit gemeint ist die aufkommensneutrale Gegenfinanzierung von Förderungen für besonders emissionsarme neuzugelassene Fahrzeuge über beispielsweise eine

stärker nach CO₂-Ausstoß differenzierte Zulassungssteuer oder Kfz-Steuer für neuzugelassene emissionsintensive Fahrzeuge (Blanck et al. 2020a; Hendzlik et al. 2019; Elmer und Kemfert 2021; Elmer 2019). Dabei wird für die positive Klimawirkung auf entsprechende Erfahrungen in anderen Ländern mit diesem System aus Besteuerung und Förderung verwiesen. Mit Blick auf die Verteilungswirkung wird hier von positiven Wirkungen ausgegangen, da neue Antriebe durch Käufer*innen besonders schwerer, hoch motorisierter und häufig auch hochpreisiger Fahrzeuge finanziert würden (Elmer und Kemfert 2021). Es wird jedoch darauf verwiesen, dass auch einige einkommensschwache Haushalte durch indirekte Effekte zusätzlich belastet werden könnten. Wenn Haushalte auf ein größeres Fahrzeug mit Verbrennungsmotor angewiesen sind, beispielhaft werden größere Familien auf dem Land genannt, könnten sie sich mit (leicht) ansteigenden Preisen im Gebrauchtmittelmarkt konfrontiert sehen. Dies läge darin begründet, dass sich das Gebrauchtwagenangebot in Folge der Malus-Zahlung verringert und die Zahlungen in begrenztem Umfang weitergereicht werden könnten (Elmer und Kemfert 2021). Die gegenüber einem reinen Subventionssystem eingesparten Haushaltsmittel werden jedoch als mehr als auskömmlich eingeschätzt, um solche indirekt betroffenen Härtefälle abzufedern (ebd.).

Ein weiterer verkehrsbezogener **Reformansatz**, der in der Literatur sowohl ökologisch als auch hinsichtlich der Verteilungswirkung untersucht wird, ist die **Geschwindigkeitsbegrenzung** (Jacob et al. 2016; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; West et al. 2010; Steininger et al. 2007). In der Tendenz werden dabei positive Umwelt- und Verteilungswirkungen über Einkommensgruppen identifiziert, wobei kaum auf indirekte Effekte eingegangen wird. Jacob et al. (2016) untersuchen hingegen spezifisch die Verteilungswirkungen, welche sich aus einer Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen (120 km/h), auf Landstraßen (80 km/h) sowie innerorts (30 km/h) ergeben würden. Daraus resultiere eine Reihe positiver Verteilungswirkungen, da besonders jüngere und ältere Menschen, nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende sowie Anwohner vielbefahrener Straßen von Umwelt- und Gesundheitswirkungen (insb. Lärm und Schadstoffe sowie Unfallrisiko) weniger belastet wären. Letztere Personengruppe korreliere zudem stark mit niedrigen Einkommen und Migrationsgeschichte. Als indirekte Folge wird erwartet, dass sich der Modal Split in Teilen vom MIV zum Umweltverbund verschiebe, was vielfältige ökologische Entlastungen wie geringe CO₂-Emissionen und Flächenbedarfe mit sich brächte (ebd.).

Als weiterer wesentlicher **Reformansatz**, welcher positive Umwelt- und weitgehend positive Verteilungswirkungen vereint, wird in der Literatur **die Förderung des öffentlichen Personenverkehrs** herausgearbeitet (Blanck et al. 2020a; UBA 2020b; Zachmann et al. 2018; Herget et al. 2019; Arnold et al. 2019; Fearnley und Aarhaug 2019; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; Steininger et al. 2007). Dies könne beispielweise über weiter erhöhte Regionalisierungsmittel erfolgen (auch für den Bestandserhalt), den grundsätzlichen Vorrang im Straßenverkehrsgesetz oder bedarfsgerechtere flexible Angebote. Als maßgebliche ökologisch positive Effekte wird dabei auf die Klimawirkung, Luftschadstoffe und Flächenbedarf abgestellt. An sozialen Wirkungen wird auf die Daseinsvorsorge und soziale Teilhabe rekurriert. Die meist positiven Verteilungswirkungen werden vornehmlich an Einkommensgruppen illustriert (ebd.). Es müsse auch für den ländlichen Raum ein günstiges und

zuverlässiges Angebot an öffentlichem Verkehr bestehen, beispielsweise in Form von flexibel nachfrageabhängigem Busverkehr (UBA 2020b; Blanck et al. 2020a; Herget et al. 2019). Vereinzelt wird zudem ein ÖPNV System mit geringem oder ohne Nutzungsgeld für Einzelpersonen kursorisch diskutiert, wobei die genauen Verteilungswirkungen nicht näher untersucht werden (Blanck et al. 2020a; Arnold et al. 2019; Waluga 2017). Vertieft untersucht Waluga (2017) ein gemeinschaftlich finanziertes sogenanntes „Bürgerticket“, wofür positive Umweltwirkung durch den Wechsel von MIV zu ÖPNV verzeichnet werden und welches sozial verträglich ausgestaltet werden könne, was aber nicht eingehender untersucht wird. Brandt und Maennig (2012) zeigen als weitere (potenziell regressive) Verteilungswirkung, die sich aus einer verstärkten Förderung des ÖPV ergeben kann, dass ein Bahnanschluss den Immobilienwert in Hamburg um rund 5 % steigert.

Die ÖPV-Förderung müsse in Kombination gedacht werden mit Maßnahmen, welche die Pkw-Nutzung weniger attraktiv machen, wie beispielsweise eine umfangreichere Parkraumbewirtschaftung, höhere Parkgebühren und Bußgelder gegebenenfalls gestaffelt nach Einkommensklassen wie in der Schweiz (Blanck et al. 2020a; UBA 2020b; Zachmann et al. 2018; Herget et al. 2019; Arnold et al. 2019; Fearnley und Aarhaug 2019; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020). Die Einnahmen könnten genutzt werden, um die breitere Förderung des öffentlichen Verkehrs zu refinanzieren, wodurch die positive Umweltwirkung sowie die positive Verteilungswirkung gestärkt würden (ebd.). In einigen ländlichen Gebieten sei aber auch der Antriebswechsel vordringlich, wo sich öffentlicher Personenverkehr nicht sinnvoll realisieren lasse, um ökologische Verbesserungen zu erreichen ohne starke negative soziale Verteilungswirkungen zu produzieren (UBA 2020b; Blanck et al. 2020a).

Höheren und flächendeckenderen **Parkgebühren** sowie Bußgeldern wird in der Literatur auch eine maßgebliche positive Umwelt- und Verteilungswirkung zugesprochen (Blanck et al. 2020a; Arnold et al. 2019; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; Oehlmann et al. 2019). Darüber würden Treibhausgase und Luftschadstoffe besonders in Ballungsgebieten durch niedrigeres Verkehrsaufkommen reduziert. Zudem wird auf den dadurch verringerten Flächenbedarf abgestellt, welcher den Wert des öffentlichen Raums angemessener abbilde (ebd.). Auch der Bau und Erhalt der Parkräume produziere zusätzliche negative Umweltwirkungen wie CO₂ und Luftschadstoffe, der Parkraum verstärke den (städtischen) Wärmeineffekt und bietet kaum Lebensraum für Artenvielfalt (Oehlmann et al. 2019, 90f.). Außerdem erhöhe die Versiegelung die Überschwemmungsgefahr (ebd.). Durch erweiterte Parkgebühren würden obere Einkommensgruppen, die Pkw häufiger nutzen, vornehmlich belastet und der Anreize zum Umstieg auf umweltschonendere Verkehrsmodi gesetzt (Blanck et al. 2020a; Arnold et al. 2019; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; Oehlmann et al. 2019). Jedoch seien Härtefälle möglich, da Parkraumgebühren einkommensschwache Personen relativ zum Einkommen überproportional belasten, wenn diese auf private Pkw angewiesen sind (Oehlmann et al. 2019, 90f.). Demgegenüber profitierten einkommensschwache Haushalte überproportional von verringertem Lärm durch weniger (Parksuch-)Verkehr sowie der Verringerung seiner umwelt- und gesundheitsschädlichen Folgen (ebd.). Neben Parkgebühren wird in einigen Untersuchungen empfohlen, Umweltschutz als Zweck

ins Straßenverkehrsrecht aufzunehmen, um auf dieser Grundlage Parkregelungen breiter veranlassen zu können (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; Arnold et al. 2019; Oehlmann et al. 2019). Zudem solle die Deckelung der Gebühren des Anwohnerparkens auf Bundesebene aufgehoben werden, um Gebühren von über 30€ / Jahr zu ermöglichen (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020). Außerdem werden dynamische Gebührendefestlegungen nahegelegt, womit Tarife in Abhängigkeit von der Belegung, der Nachfrage sowie von Wochentagen und Tageszeiten oder auch von Emissionswerten der Fahrzeuge festgelegt werden könnten. Außerdem sei die ordnungsrechtliche Überwachung sicherzustellen.

Als weitere Bestandteile des Umweltverbundes neben dem ÖPV wird die **verstärkte Förderung des Rad- und Fußverkehrs** als sowohl ökologisch als auch unter Verteilungsgesichtspunkten als positiv identifiziert (Blanck et al. 2020a; UBA 2020b; Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; Steininger et al. 2007). Mit Blick auf die ökologischen Wirkungen wird insbesondere auf die niedrige Treibhausgas-, Kohlemonoxid-, Stickoxide- und Partikelbelastung abgestellt. Außerdem wird die niedrigere Flächeninanspruchnahme hervorgehoben sowie die niedrigere Lärmbelastung gegenüber anderen Mobilitätsformen, wovon wesentliche gesundheitliche Entlastungen ausgingen, insbesondere für Menschen mit niedrigeren Einkommen und Bildungsniveaus (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; UBA 2020b). Darüber erhöhe sich auch die Lebensqualität, Krankheitskosten könnten gesenkt sowie die Sozialversicherungssysteme entlastet werden (UBA 2020b). E-Bikes und Radschnellwege böten auch für den ländlichen Raum zusätzliche Möglichkeiten für vermehrten Radverkehr auch auf Pendlerwegen. Mit Blick auf die Verteilungswirkungen werden positive Effekte beschrieben, die jedoch (mit der Ausnahme Lärm) kaum näher spezifiziert werden.

Umweltwirkung positiv, Verteilungswirkung unklar bzw. von komplementären Maßnahmen abhängig

Eng verwandt mit der Reform der Kraftstoffsteuern (s. o.) ist die **CO₂-Bepreisung**, für welche in der Literatur auch eine Reihe an **Reformansätzen** aus ökologischen sowie verteilungsrelevanten Gründen diskutiert werden (Agora Energiewende 2018; Bach et al. 2020; Edenhofer et al. 2019a; Blanck et al. 2020a; Knopf 2020; Arnold et al. 2019). Aus klimapolitischer Sicht geht es dabei insbesondere um einen höheren Preispfad, welcher sicherstellt, dass insbesondere die sektoralen Klimaziele 2030 des Bundes-Klimaschutzgesetzes erreicht werden (Bach et al. 2020). Des Weiteren wird kritisiert, dass mittlere Einkommen durch die CO₂-Bepreisung gegenwärtig relativ am stärksten belastet werden (Knopf 2020). Mit Blick auf die gegenwärtigen Rückverteilungsmechanismen (vgl. Abschnitt 3.3) werden einige Reformansätze vorgeschlagen. Beispielsweise solle statt der (regressiv wirkenden) Erhöhung der Entfernungspauschale ein einheitliches Mobilitätsgeld eingesetzt werden, wodurch die regressive Verteilung über Pendelnde neutralisiert werden könnte (Bach et al. 2020). Außerdem wird insbesondere eine Pro-Kopf-Rückerstattung als progressiv verteilungswirksam hervorgehoben, womit besonders Geringverdienende im Durchschnitt netto entlastet und die Gesamtbelastung progressiv über die Einkommensquintile verteilt würde (Knopf 2020; Blanck et al. 2020a; Bach et al. 2020; Agora Verkehrswende 2021).

Auch **Mautsysteme** werden in der Literatur hinsichtlich ihrer Umwelt- und Verteilungswirkungen untersucht. Gelegentlich wird dieser Ansatz auch „Road-pricing“ oder „Staugebühr“ genannt. Die Untersuchungen beziehen sich häufig auf die Lkw-Maut für den Güterverkehr, was über den Fokus dieses Papiers hinausgeht. Im Folgenden wird auf die Untersuchungen zu einer Bepreisung der Straßennutzung mit Pkw eingegangen (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020; Oehlmann et al. 2019; Weiss et al. 2016; Falck et al. 2020; Dresner und Ekins 2004; Timilsina und Dulal 2008; McMullen et al. 2010; Eliasson et al. 2018; Steinsland et al. 2018; Bureau und Glachant 2008; Kalinowska und Steininger 2009). Darin werden tendenziell positive Umweltwirkungen, insbesondere CO₂-Minderungen identifiziert sowie teils regressiv und teils progressive einkommensbezogene Verteilungswirkungen und Verteilungswirkungen zwischen der räumlichen Wohnlage (ebd.). Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020) spricht sich für eine streckenabhängige Pkw-Maut aus: Diese solle sich an den Schadstoff-, Lärm- und CO₂-Emissionen, der aktuellen Verkehrssituation sowie den zurückgelegten Kilometern ausrichten, welche bundesweit die höchste ökologische Lenkungswirkung erreiche. Darüber würden die Verkehrsvermeidung sowie Verlagerung zu umweltschonenderen Verkehrsmodi als dem Pkw attraktiver und der Anreiz für Ridepooling und -sharing erhöht. Außerdem würde darüber die Effizienz der Flotte hin zu emissionsärmerer Mobilität angereizt. Hinsichtlich der negativen Wirkungen, die dadurch vermindert werden sollen, wird auf Umwelt- und Gesundheitsbelastungen abgestellt durch CO₂, Lärm- und Schadstoffe, die nicht weiter spezifiziert werden. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020) vergleicht die bundesweite streckenabhängige Pkw-Maut mit dem Vorschlag einer pauschalen City-Maut und identifiziert für Letztere negative Verteilungswirkungen, weil Personen mit wenig Fahrleistung, die gleichen Gebühren zahlen, wie Personen, die viel Strecke zurücklegen. Im Umkehrschluss kann gefolgert werden, dass die Autor*innen in dieser Hinsicht geringere Verteilungswirkungen bei der streckenabhängigen Pkw Maut annehmen. Entsprechend identifizieren auch Weiss et al. (2016), dass Autobesitzer*innen mit niedrigen Einkommen, verrentet oder ohne Erwerbsarbeit positive Verteilungswirkungen durch eine streckenbezogenen Pkw-Maut gegenüber einem pauschalen Ansatz erfahren dürften (Weiss et al. 2016). Eliasson et al. (2018) zeigen am Beispiel Schwedens, dass die Verteilungswirkung einer streckenabhängigen Pkw-Maut über die Einkommensgruppen relativ gleich verteilt sind. Es zeigt sich jedoch ein Unterschied der Wohlfahrtseinbußen für Personen in Großstädten, Kleinstädten und dem ländlichen Raum, mit der höchsten Belastung für Letztere (ebd.). Ähnliche räumliche Verteilungswirkungen zu Lasten der ländlichen Bevölkerungsgruppen sowie der männlichen Bevölkerung finden auch Steinsland et al. (2018) für eine Erhöhung der Pkw-Maut in Norwegen. Bureau und Glachant (2008) analysieren die einkommensbezogenen Verteilungswirkungen für verschiedene Pkw-Maut Varianten in Paris mit dem Ergebnis, dass alle Varianten (ohne Rückverteilungsmechanismen) in relativer Belastung zum Einkommen regressiv auf niedrigere Einkommensgruppen wirken. Levinson (2010) zeigt außerdem, dass die negativen Verteilungswirkungen des Mautsystems über verschiedene Ansätze von Rückverteilungsmechanismen adressiert werden können. Kalinowska und Steininger (2009) analysieren, dass die Verteilungswirkung einer streckenabhängigen Pkw-Maut in Bezug auf Einkommen und Wohnort in Deutschland die obere Mittelklasse am

stärksten belaste, mehr als die höchste Einkommensgruppe, und in dieser Hinsicht regressiv sei. Die Autor*innen stellen außerdem heraus, dass länderspezifische Faktoren - insbesondere Wohnstruktur, Autobesitzverteilung und Nutzung sowie Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrs - die Verteilungswirkungen einer Pkw-Maut maßgeblich beeinflussen. In Österreich beispielsweise, sei von einer streckenabhängigen Pkw-Maut die höchste Einkommensgruppe am stärksten betroffen, die Wirkung damit progressiv. Auch sie unterstützen die Schlussfolgerung, dass Rückverteilungsmechanismen ungewollte Verteilungswirkungen gut ausgleichen könnten (ebd.).

Kursorisch wird in Zachmann et al. (2018) auch die **Erhöhung von Flugverkehrsabgaben** unter Umwelt- und Verteilungsaspekten diskutiert. Für diese sei wahrscheinlich eine progressive Verteilungswirkung über Einkommensgruppen zu erwarten, da hohe Einkommensgruppen überproportional viel fliegen. Bei den ökologischen Wirkungen wird insbesondere die Klimaschutzwirkung in den Vordergrund gestellt. Oehlmann et al. (2019) untersuchen die ökologischen und Verteilungswirkungen eines schadstoffabhängigen Start- und Landeentgelts an Flughäfen mit dem Ergebnis, dass darüber zusätzliche Anreize zur Flottenmodernisierung gesetzt werden könnten, was sich positiv auf die Klimawirkung und Luftreinhaltung auswirken könne. Mit Blick auf die Verteilungswirkungen einer solchen Maßnahme kommen sie zu einem uneindeutigen Ergebnis: Es gebe Argumente für und gegen substantielle Verteilungswirkungen, welche in ihrer Untersuchung nicht vertieft untersucht werden konnten (ebd.).

4 Schlussbetrachtung und Forschungsbedarfe

Das Ziel dieser Literaturstudie war es, den Forschungsstand auszuwerten, der *sowohl Umwelt- als auch* Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich analysiert. Anhand der in Abschnitt 1 dargelegten Such- und Kategorisierungsstrategie konnten so rund 300 Studien identifiziert und kategorisiert werden. Die Studien umfassen Journalartikel, wissenschaftliche Buchbeiträge, amtliche Veröffentlichungen und wissenschaftliche graue Literatur zum Thema.

Die in diesen Veröffentlichungen am häufigsten thematisierten ökologischen Wirkungen sind Treibhausgase und Luftschadstoffe. Luftschadstoffe und Lärm werden außerdem häufig mit Blick auf indirekte Verteilungswirkungen untersucht, welche sich in Folge der Umweltwirkungen ergeben. Hinsichtlich der Verkehrsarten wird am häufigsten der motorisierte Individualverkehr auf Umwelt- und Verteilungswirkungen hin betrachtet, gefolgt vom ÖPNV.

Es zeigt sich außerdem, dass mit Blick auf die betrachteten Bevölkerungsgruppen der Verteilungswirkungen mit weitem Abstand meist auf Einkommensgruppen abgehoben wird. Am zweithäufigsten werden Pendelnde und Stadt/Land-Unterschiede betrachtet. Auch der demographische Faktor Alter sowie der Haushaltstypus bzw. Familienstatus wird in einer Reihe von Untersuchungen berücksichtigt.

Die vielfältigen methodischen Ansätze zur Untersuchung von Verteilungseffekten im Verkehrsbereich spiegeln die Vielzahl an möglichen Wirkungen auf Umwelt, Gesundheit, Mobilitätsverhalten und Einkommen wider, die vom bestehenden Verkehrssystem in Deutschland als Ganzem ausgehen. Dabei müssen qualitative und quantitative Methoden geeignet sein,

unterschiedliche Effekte für verschiedene Bevölkerungsgruppen zu identifizieren. Ein limitierender Faktor für die Verwendung insbesondere quantitativer Methoden ist somit die Verfügbarkeit von umfassenden Datensätzen, da die Analyse von Verteilungswirkungen im Verkehrsbereich hochauflösende verkehrliche und sozioökonomische Daten auf möglichst kleinräumiger Ebene erfordert.

Die Umwelt- und Gesundheitswirkungen des gesamten Verkehrsbereichs im Status quo werden in der Literatur als tendenziell ungleich in der Bevölkerung verteilt bewertet. Insbesondere die Belastung durch verkehrsinduzierten Luftschadstoffen und Lärmemissionen sei stärker ausgeprägt für Personen mit geringem Einkommen, geringerer Bildung und Migrationsgeschichte und ist somit als regressiv zu bewerten. Gleichwohl liefern empirische Auswertungen von verkehrsinduzierten Belastungen nur ein approximatives Bild, da die Mehrzahl der Studien auf Belastungen an bestimmten Orten, meist dem Wohnort, abstellen. Für eine abschließende Beschreibung der Lärm- und Luftschadstoffexposition durch Verkehr müsste zusätzlich analysiert werden, wo und wie Menschen außerhalb ihres Wohnorts verkehrsinduzierten Belastungen ausgesetzt sind. Weitere Forschung würde besonders von der Erhebung neuer und Verschneidung bestehender Datensätze profitieren.

Der Forschungsstand wurde außerdem in Hinblick auf Verteilungswirkungen der bestehenden verkehrs- und umweltpolitischen Instrumente mit Verkehrsbezug ausgewertet. Die betrachteten Instrumente lassen sich wie folgt kategorisieren:

1. Verkehrspolitische Instrumente, zu denen Befunde zu tendenziell sowohl negativen Umweltwirkungen wie auch negativen Verteilungswirkungen vorliegen: Dienstwagenbesteuerung, Kraftstoffsteuern, Entfernungspauschale, (zu geringe) Geschwindigkeitsbegrenzungen sowie Parkgebühren.
2. Instrumente mit Befunden zu tendenziell positiven Umweltwirkungen, aber negativen Verteilungswirkungen: Kaufprämie für E-Pkw und Plug-In-Hybride, die Dienstwagenbesteuerung für E-Autos, den Ausbau von Ladeinfrastruktur, den Mehrwertsteuersatz von 7 % im Bahn-Fernverkehr, das deutsche Emissionshandelssystem (CO₂-Bepreisung) sowie die (niedrige) Luftverkehrsabgabe.
3. Instrumente mit Befunden zu sowohl positive Umweltwirkung als auch positive Verteilungswirkung: Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs, des Fuß- und Fahrradverkehrs sowie die CO₂-Komponente der gegenwärtigen Kfz-Steuer.

Für viele dieser Instrumente werden in der gesichteten Literatur Reformvorschläge erarbeitet, welche sowohl die Umwelt- als auch die Verteilungswirkungen verbessern sollen.

Zusätzlich werden neue Instrumente analysiert, wie bspw. ein Bonus-Malus-System für Pkw, was ökologisch und aus Verteilungssicht positiv wirke. **Für Reformansätze der CO₂-Bepreisung, die Einführung einer Pkw-Maut und eine Erhöhung der Flugverkehrsabgabe uneindeutige Verteilungswirkungen identifiziert oder diese sind maßgeblich von komplementären Instrumenten wie der Mittelverwendung abhängig.** Besonders hervorzuheben ist der Befund, dass für viele bestehende Instrumente negative Verteilungswirkungen identifiziert werden, für die umweltpolitischen Reformvorschlägen jedoch keine sozial negativen

Verteilungswirkungen analysiert werden. **Hier bestätigt sich ein gängiger Befund der breiteren Literatur zu Umweltpolitik, welcher besagt, dass** umweltpolitische Maßnahmen im Mobilitätssektor oft positive Verteilungswirkungen mit sich bringen (bzw. je nach Ausgestaltung solche Wirkungen haben könnten) (Jacob et al. 2016; Ohlendorf et al. 2021; Blanck et al. 2020a). Es gilt jedoch auch zu bedenken, dass sich die hochauflösende Untersuchung vielfältiger potenzieller individueller und gruppenspezifischer Belastungssituationen in der Literatur eher noch am Anfang befindet.

Es ist zu beachten, dass die Studien zu einzelnen Instrumenten und Maßnahmen in der Literatur nicht immer zu den gleichen Ergebnissen bezüglich der Umwelt- und Verteilungswirkungen kommen. Dies liegt begründet in unterschiedlich gezogenen Systemgrenzen der Betrachtungen sowie gewählten Indikatoren beispielsweise hinsichtlich der berücksichtigten Umweltwirkungen, Verteilungswirkungen, Bevölkerungsgruppen sowie indirekten Wirkungen. Ein einheitlicheres Vorgehen zur Untersuchung von Verteilungswirkungen würde die Vergleichbarkeit maßgeblich erhöhen.

Es fällt auch auf, dass einige verkehrs- und umweltpolitische Instrumente, welche sich prominent in der öffentlichen Diskussion finden, in der Literatur aus Verteilungs- und Umweltperspektive kaum beleuchtet wurden, wie beispielsweise Fahrverbote, Verbote bestimmter Antriebstechnologien, alternative Kraftstoffe sowie Emissionsgrenzwerte. Des Weiteren werden bestehende Verkehrsinfrastrukturen und potenzielle Reformen dieser eher weniger hinsichtlich ihrer Verteilungswirkungen untersucht, obwohl davon maßgebliche ökologische sowie Verteilungseffekte erwartet werden können (Lucas et al. 2021; Jacob et al. 2016). Dies gilt grade auch angesichts technischer und sozialer Innovationen zukünftiger Mobilitätsformen vor dem Hintergrund der Digitalisierung. Hier finden sich weitere Forschungsbedarfe.

Mit Blick auf die Bevölkerungsgruppen, welche in der untersuchten Literatur zentral gestellt werden, zeigt sich, dass die Eigenschaften Gender und Ethnie wenig betrachtet werden. Auch wird kaum beispielweise auf gesundheitliche Dispositionen oder Angstempfinden eingegangen, obwohl hier maßgebliche Verteilungswirkungen erwartet werden können. Des Weiteren wird in kaum einer Studie auf Vermögen alternativ oder ergänzend zu Einkommen eingegangen, obwohl dies Gefahr läuft soziale Ungleichheit unzureichend abzubilden (Skopek et al. 2012). An diesen Stellen zeigen sich Forschungslücken, auch wenn der überwiegende Fokus auf Einkommensgruppen aus Gründen der Datenverfügbarkeit nachvollziehbar erscheint. Dabei kann es auch eine Abwägung geben zwischen der Vergleichbarkeit einzelner Instrumente anhand einer groben Metrik wie Einkommensgruppen und der detaillierten Einzelfalluntersuchung mit eingeschränkter Vergleichbarkeit. Neben Personen und Personengruppen können Verteilungswirkungen auch auf andere Einheiten wie beispielweise Staaten, Bundesländer, Berufsgruppen oder Wirtschaftssektoren betrachtet werden. Dies war jedoch nicht Fokus des Forschungsprojektes, in welchem diese Literaturstudie erarbeitet wurde.

Auch hinsichtlich der Verkehrsarten zeigen sich Forschungslücken: Der Flugverkehr wird wenig auf Umwelt- und Verteilungswirkungen hin untersucht und wenn nur sehr cursorisch. Außerdem findet sich vergleichsweise wenig Literatur, welche die Umwelt- und

Verteilungswirkungen des Rad- und Fußverkehrs, des Schiffs- und Schienenverkehrs sowie der verschiedenen Formen des Güterverkehrs untersucht.

Zudem erscheint die Auswahl an ökologischen Wirkungen, welche mit Verteilungswirkungen untersucht wird, als eher eng gefasst. So werden beispielsweise Landschafts-, Wasser- und Bodenwirkungen sowie die Senkenfunktionen der Umweltmedien in dieser Literatur kaum betrachtet. Diese zeigen weitere mögliche Forschungsbedarfe zur Untersuchung von Verteilungswirkungen einer ambitionierten Umweltpolitik.

5 Quellenverzeichnis

- ADAC (2021): Tempolimit auf Autobahnen in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.adac.de/verkehr/standpunkte-studien/positionen/tempolimit-autobahn-deutschland/>.
- Adam, Stuart; Baker, Melanie; Bozio, Antoine; Chote, Robert; Crawford, Claire; Emmerson, Carl et al. (2008): The IFS green budget. London. Online verfügbar unter <https://www.ifs.org.uk/budgets/gb2008/gb2008.pdf>.
- Agora Energiewende (2018): Eine Neuordnung der Abgaben und Umlagen auf Strom, Wärme, Verkehr. Optionen für eine aufkommensneutrale CO₂-Bepreisung von Energieerzeugung und Energieverbrauch. Berlin.
- Agora Verkehrswende (2018): Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030.
- Agora Verkehrswende (2021): Wie fair sind die Klimaschutzmaßnahmen im Straßenverkehr?.
- Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2019): Klimaschutz auf Kurs bringen: Wie eine CO₂-Bepreisung sozial ausgewogen wirkt.
- Ahlfeldt, Gabriel M.; Feddersen, Arne (2018): From periphery to core: measuring agglomeration effects using high-speed rail. In: *Journal of Economic Geography* 18 (2), S. 355-390. DOI: 10.1093/jeg/lbx005.
- Allekotte, Michel; Bergk, Fabian; Biemann, Kirsten; Deregowski, Carolin; Knörr, Wolfram; Hans-Jörg-Althaus et al. (2020a): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrarten_0.pdf.
- Allekotte, Michel; Bergk, Fabian; Biemann, Kirsten; Knörr, Wolfram; Sutter, Daniel (2020b): Umweltfreundlich mobil!
- Arnold, Annika; Bangert, Armin; Dreyer, Marion; Nabitz, Lisa; Scheer, Dirk; Schmidt, Maike (2019): Die Transformation des Verkehrssystems mit Fokus auf Policy Packages. Hg. v. Dirk Scheer. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS); Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Karlsruhe (11/2019).
- Atkins Transport Planning & Management (2010): Interim evaluation of the implementation of 20mph speed limits in Portsmouth. Online verfügbar unter <https://www.cyclin-guk.org/sites/default/files/document/migrated/news/speed-limits-portsmouth.pdf>.
- Babisch, W. (2009): Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06, Lärm. Daten und Materialiensammlung, Deskription und Zusammenhangsanalysen. Hg. v. Umweltbundesamt (Umwelt & Gesundheit, 01/2009).
- Bach, Stefan; Beznoska, Martin; Steiner, Viktor (2017): An integrated micro data base for tax analysis in Germany. Freie Universität Berlin. Berlin (Diskussionsbeiträge / Fachbereich Wirtschaftswissenschaft Economics, 10/2017).
- Bach, Stefan; Harnisch, Michelle; Isaak, Niklas (2018): Verteilungswirkungen der Energiepolitik - Personelle Einkommensverteilung. Endbericht.
- Bach, Stefan; Isaak, Niklas; Kampfmann, Lea; Kemfert, Claudia; Wägner, Nicole (2020): Nachbesserungen beim Klimapaket richtig, aber immer noch unzureichend. CO₂-Preise stärker erhöhen und Klimaprämie einführen. DIW Berlin (DIW aktuell).

- Bach, Stefan; Isaak, Niklas; Kemfert, Claudia; Kunert, Uwe; Schill, Wolf-Peter; Schmalz, Sophie et al. (2019a): CO₂-Bepreisung im Wärme- und Verkehrssektor. Diskussion von Wirkungen und alternativen Entlastungsoptionen.
- Bach, Stefan; Isaak, Niklas; Kemfert, Claudia; Kunert, Uwe; Schill, Wolf-Peter; Wagner, Nicole; Zaklan, Aleksandar (2019b): Für eine sozialverträgliche CO₂-Bepreisung. In: *DIW Berlin: Politikberatung kompakt* 138.
- Bach, Stefan; Kunert, Uwe; Radke, Sabine; Isaak, Niklas (2019c): CO₂ -Bepreisung für den Verkehrssektor? Bedeutung und Entwicklung der Kosten räumlicher Mobilität der privaten Haushalte bei ausgewählten verkehrspolitischen Instrumenten.
- Bamberg, Carsten; Lackner, Jascha; Siegemund, Stefan; Maur, Alex auf der (2020): Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena-STUDIE_Privates_Ladeinfrastrukturpotenzial_in_Deutschland.pdf.
- Bär, Holger; Runkel, Matthias; Schlichter, Leo (2020): Reformvorschlag Kfz-Steuer: Wie eine Zulassungssteuer Klimaschutz im Verkehr voranbringen kann.
- Becker, Thilo (2016): Sozialraeumliche Verteilung von verkehrsbedingtem Laerm und Luftschadstoffen am Beispiel von Berlin. Dissertation. TU Dresden, Dresden.
- Becker, Udi J.; Becker, Thilo; Gerlach, Julia (2012): Externe Autokosten in der EU-27. Überblick über existierende Studien. Übersetzt aus dem Englischen. Hg. v. Technische Universität Dresden. Dresden.
- Beermann, Ann-Cathrin; Fiedler, Swantje; Meyer, Mario; Runkel, Matthias; Schrems, Isabel; Zerkawy, Florian (2020): Zehn klimaschädliche Subventionen im Fokus. Wie ein Subventionsabbau den Klimaschutz voranbringt und den Bundeshaushalt entlastet.
- Berry, Audrey (2019): The distributional effects of a carbon tax and its impact on fuel poverty: A microsimulation study in the French context. In: *Energy Policy* 124, S. 81-94. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.09.021.
- Bickel, Peter (Hg.) (2005): ExternE Externalities of Energy. Methodology 2005 Update. Europäische Kommission. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (Sustainable energy systems, 21951). Online verfügbar unter <http://bookshop.europa.eu/en/externe-externalities-of-energy-pbKINA21951/>.
- Bieler, Cuno; Sutter, Daniel (2019): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland.
- Blanck, Ruth; Kreye, Konstantin; Zimmer, Wiebke (2020a): Impulse für mehr Klimaschutz und soziale Gerechtigkeit in der Verkehrspolitik. Kurzstudie zu monetären Verteilungswirkungen ausgewählter verkehrspolitischer Instrumente und Vorschläge für eine sozial gerechtere Ausgestaltung.
- Blanck, Ruth; Zimmer, Wiebke; Runkel, Matthias; Kresin, Johanna; Klinski, Stefan (2020b): Klimaschutz im Verkehr. Reformbedarf der fiskalpolitischen Rahmenbedingungen und internationale Beispiele. Teilbericht zum Forschungsvorhaben „Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität: Konzeptionelle und konkrete Vorschläge zur Weiterentwicklung des Systems von Steuern, Abgaben, Umlagen, Entgelten und Subventionen“.
- Börjesson, Maria; Eliasson, Jonas; Rubensson, Isak (2020): Distributional effects of public transport subsidies. In: *Journal of Transport Geography* 84, S. 102674. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102674.

- Bourguignon, François; Spadaro, Amedeo (2006): Microsimulation as a tool for evaluating redistribution policies. In: *The Journal of Economic Inequality* 4 (1), S. 77-106. DOI: 10.1007/s10888-004-5866-2.
- Brandt, Sebastian; Maennig, Wolfgang (2012): The impact of rail access on condominium prices in Hamburg. In: *Transportation* 39 (5), S. 997-1017. DOI: 10.1007/s11116-011-9379-0.
- Bureau, Benjamin; Glachant, Matthieu (2008): Distributional effects on road pricing: Assessment of nine scenarios for Paris. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42 (7), S. 994-1007.
- Cohen, Jeffrey P.; Schaffner, Sandra (2021): New German Highway Infrastructure and the Impacts on Residential Real Estate Prices. Working Paper.
- Davis, Lucas W.; Knittel, Christopher R. (2019): Are Fuel Economy Standards Regressive? In: *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 6 (S1), S37-S63. DOI: 10.1086/701187.
- Di Ciommo, Florida; Shiftan, Yoram (2017): Transport equity analysis. In: *Transport Reviews* 37 (2), S. 139-151.
- Diekmann, Laura; Gerhards, Eva; Klinski, Stefan; Meyer, Bettina; Schmidt, Sebastian; Thöne, Michael (2011): Steuerliche Behandlung von Firmenwagen in Deutschland. In: *FiFo-Berichte* (13). Online verfügbar unter https://foes.de/pdf/2011_Firmenwagenbesteuerung_lang.pdf.
- Dörr, Luisa; Gaebler, Stefanie (2020): Does Highway Accessibility Influence Local Tax Factors? Evidence from German Municipalities. ifo Working Paper.
- Dresner, Simon; Ekins, Paul (2004): The Distributional Impacts of Economic Instruments to Limit Greenhouse Gas Emissions from Transport. Hg. v. Policy Studies Institute. London (PSI Research Discussion Paper, 19).
- DVR (2017): Mehrheit für Tempolimit auf Autobahnen. Online verfügbar unter https://www.dvr.de/presse/pressemitteilungen/archiv-2017-2019?u=infografiken%2Fmehrheit-fuer-tempolimit-auf-autobahnen_id-4839.html&cHash=27f83a4c8dc8e70ad737026552c2a7e5.
- Edenhofer, Ottmar; Flachland, Christian; Kalkuhl, Matthias; Knopf, Brigitte; Pahle, Michael (2019a): Bewertung des Klimapakets und nächste Schritte. CO₂-Preis, sozialer Ausgleich, Europa, Monitoring. Berlin.
- Edenhofer, Ottmar; Flachland, Christian; Kalkuhl, Matthias; Knopf, Brigitte; Pahle, Michael (2019b): Optionen für eine CO₂-Preisreform. MCC-PIK-Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Berlin.
- Eisenbahn-Bundesamt (2021): Lärmkartierung. Online verfügbar unter https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Laerm_an_Schiene_wegen/Laermkartierung/laermkartierung_node.html.
- Eisenmann, Christine; Steck, Felix; Hedemann, Lars; Lenz, Barbara; Koller, Florian (2020): Distributional effects of carbon taxation in passenger transport with lump-sum offset: low income households, retirees and families would benefit in Germany. In: *Eur. Transp. Res. Rev.* 12 (1). DOI: 10.1186/s12544-020-00442-6.
- Eliasson, Jonas; Pyddoke, Roger; Swärdh, Jan-Erik (2018): Distributional effects of taxes on car fuel, use, ownership and purchases. In: *Economics of Transportation* 15, S. 1-15. DOI: 10.1016/j.ecotra.2018.03.001.

- Elmer, Carl-Friedrich (2019): Wege zu einer klimaverträglicheren Pkw-Flotte. Online verfügbar unter https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Blog/20190919_Bonus-Malus/Blog_2019_02_Bonus-Malus_Elmer.pdf.
- Elmer, Carl-Friedrich; Kemfert, Claudia (2021): Ein Bonus-Malus-System als Katalysator für die Modernisierung der Pkw-Flotte. In: Wolfgang Siebenpfeiffer (Hg.): *Mobilität der Zukunft. Intermodale Verkehrskonzepte*. Berlin: Springer Vieweg (ATZ/MTZ-Fachbuch), S. 353-371. Online verfügbar unter <https://www.claudiakemfert.de/wp-content/uploads/2021/03/BonusMalus-Elmer-Kemfert.pdf>.
- Falck, Oliver; Fichtl, Anita; Janko, Astrid; Kluth, Tobias; Wölfl, Anita (2020): Verkehrliche Wirkungen einer Anti-Stau-Gebühr in München. In: *ifo Forschungsberichte* (115), S. 34.
- Fearnley, Nils; Aarhaug, Jorgen (2019): Subsidising urban and sub-urban transport - distributional impacts. In: *European Transport Research Review* 11 (49).
- Feitelson, Eran (2002): Introducing environmental equity dimensions into the sustainable transport discourse: issues and pitfalls. In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 7 (2), S. 99-118.
- Filippini, Massimo; Heimsch, Fabian (2016): The regional impact of a CO2 tax on gasoline demand: A spatial econometric approach. In: *Resource and Energy Economics* 46, S. 85-100. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2016.07.002.
- Fiorello, Davide; Fermi, Francesca; Bielanska, Dorota (2010): The ASTRA model for strategic assessment of transport policies. In: *Syst. Dyn. Rev.* 26 (3), S. 283-290. DOI: 10.1002/sdr.452.
- Flacke, Johannes; Schule, Steffen Andreas; Kockler, Heike; Bolte, Gabriele (2016): Mapping Environmental Inequalities Relevant for Health for Informing Urban Planning Interventions-A Case Study in the City of Dortmund, Germany. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, S. 711. DOI: 10.3390/ijerph13070711.
- Förster, Hannah; Kunert, Denise; Hünecke, Katja; Schumacher, Katja; Siemons, Anne; Zell-Ziegler, Carina (2020): Hintergrundpapier: 50 Jahre Mehrwertsteuer-Ein Blick durch die Klimaschutzbrille. Online verfügbar unter https://www.oeko.de/fileadmin/oe-kodoc/Hintergrundpapier_Mehrwertsteuer_2018.pdf.
- Franck, Ulrich; Klimeczek, Heinz-Josef; Kindler, Annegret (2014): Social indicators are predictors of airborne outdoor exposures in Berlin. In: *Ecological Indicators* 36, S. 582-593. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.08.023.
- Friedrich, Rainer; Quinet, Emile (2011): External costs of transport in Europe. In: André de Palma, Robin Lindsey, Emile Quinet und Roger Vickermann (Hg.): *A Handbook of Transport Economics*. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar, S. 369-395.
- Frondel, Manuel (2020): CO2-Bepreisung in den Sektoren Verkehr und Wärme: Optionen für eine sozial ausgewogene Ausgestaltung. In: *Z Energiewirtschaft* 44 (1), S. 1-14. DOI: 10.1007/s12398-020-00272-y.
- Gaffron, Philine (2012): Urban transport, environmental justice and human daily activity patterns. In: *Transport Policy* 20, S. 114-127. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.01.011.
- Gaffron, Philine; Freude, Maximilian (2021): Differenzierung der Feinstaubexposition in Deutschland nach sozioökonomischem Status. Sachverständigengutachten im Auftrag des Umweltbundesamts. Hg. v. Umweltbundesamt (Umwelt & Gesundheit,

- 03/2021). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-14_uug_03-2021_feinstaubexplosion_soziooekonomisch_0.pdf.
- Gechert, Sebastian; Rietzler, Katja; Schreiber, Sven; Stein, Ulrike (2019): Wirtschaftliche Instrumente für eine klima- und sozialverträgliche CO₂-Bepreisung. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.
- Geurs, Karst T.; Boon, Wouter; van Wee, Bert (2009): Social Impacts of Transportation: Literature Review and the State of the Practice of Transportation Appraisal in the Netherlands and the United Kingdom. In: *Transport Reviews* 29 (1), S. 69-90.
- Gottschalk, C.; Fleischer, J.; Sobottka, A.; Gräfe, L.; Oppermann, H. (2011): Belastung einzuschulender Kinder mit Umweltschadstoffen-Ergebnisse der Schulanfängerstudie Sachsen-Anhalt. In: *Das Gesundheitswesen* 73 (03), P13.
- Haas, Tobias; Richter, Ina (2020): Der Verkehr - Das Sorgenkind der Klimapolitik. In: *Politikum* 2, S. 46-53.
- Hänsel, Martin C.; Franks, Max; Kalkuhl, Matthias; Edenhofer, Ottmar (2021): Optimal Carbon Taxation and Horizontal Equity: A Welfare-Theoretic Approach with Application to German Household Data. Online verfügbar unter <https://www.cesifo.org/en/publikationen/2021/working-paper/optimal-carbon-taxation-and-horizontal-equity-welfare-theoretic>.
- Henzlik, Manuel; Lange, Martin; Burger, Andreas; Dziekan, Katrin; Fechter, Andrea; Frey, Kilian et al. (2019): Kein Grund zur Lücke. So erreicht Deutschland seine Klimaschutzziele im Verkehrssektor für das Jahr 2030. Position. Dessau-Roßlau.
- Herget, Melanie; Hunsicker, Frank; Koch, Jonas; Chlond, Bastian; Minster, Clotilde; Soyulu, Tamer (2019): Ökologische und ökonomische Potenziale von Mobilitätskonzepten in Klein- und Mittelzentren sowie dem ländlichen Raum vor dem Hintergrund des demographischen Wandels. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-20_texte_14-2019_mobilitaetskonzepte.pdf.
- Hoffmann, B.; Robra, B.-P.; Swart, E. (2003): Sozial Ungleichheit und Straßenlärm im Wohnumfeld. Eine Auswertung des Bundesgesundheits surveys. In: *Gesundheitswesen* (65), S. 393-401.
- Hsu, Chih-Wei; Fingerman, Kevin (2021): Public electric vehicle charger access disparities across race and income in California. In: *Transport Policy* 100, S. 59-67. DOI: 10.1016/j.tranpol.2020.10.003.
- Ismer, Roland; Haußner, Manuel; Meßerschmidt, Klaus; Neuhoff, Karsten (2019): Sozialverträglicher CO₂-Preis: Vorschlag für einen Pro-Kopf-Bonus durch Krankenversicherungen. In: *DIW Discussion Papers* (1819). Online verfügbar unter https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.673191.de/dp1819.pdf.
- Jacob, Klaus; Guske, Anna-Lena; Weiland, Sabine; Range, Claire; Pestel, Nico; Sommer, Eric (2016): Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen und Instrumente. Hg. v. Umweltbundesamt (Texte, 73/2016). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-01-11_texte_73-2016_abschlussbericht_verteilungswirkungen_final.pdf.

- Jacobs, Leif; Quack, Lara (2018): Das Ende der Dieselsubvention: Verteilungseffekte einer CO₂-basierten Energiesteuerreform. In: *Wirtschaftsdienst* 98 (8), S. 578-586. DOI: 10.1007/s10273-018-2334-3.
- Jacobsen, Mark R. (2013): Evaluating US Fuel Economy Standards in a Model with Producer and Household Heterogeneity. In: *American Economic Journal: Economic Policy* 5 (2), S. 148-187. DOI: 10.1257/pol.5.2.148.
- Kalinowska, Dominika; Steininger, Karl W. (2009): Distributional impacts of car road pricing: Settlement structures determine divergence across countries. In: *Ecological Economics* 68 (12), S. 2890-2896.
- Knopf, Brigitte (2020): Das deutsche Klima-Finanzpaket. Online verfügbar unter <https://blog.mcc-berlin.net/post/article/das-deutsche-klima-finanzpaket.html>.
- Köckler, Heike (2008): Umweltbezogene Gerechtigkeit und Immissionsbelastungen am Beispiel der Stadt Kassel. Universität Kassel. Kassel (CESR paper). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn=urn:nbn:de:0002-3796>.
- Köder, Lea; Burger, Andreas (2016): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Kohlhuber, Martina; Mielck, Andreas; Weiland, Stephan K.; Bolte, Gabriele (2006): Social inequality in perceived environmental exposures in relation to housing conditions in Germany. In: *Environmental research* 101 (2), S. 246-255. DOI: 10.1016/j.env-res.2005.09.008.
- Kunert, Uwe (2018): Diesel: Kraftstoff und Pkw-Nutzung europaweit steuerlich bevorzugt, Besteuerung in Deutschland reformbedürftig.
- Laußmann, Detlef; Haftenberger, Marjolein; Lampert, Thomas; Scheidt-Nave, Christa (2013): Soziale Ungleichheit von Lärmbelastung und Straßenverkehrsbelastung. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). In: *Bundesgesundheitsblatt* (56), S. 822-831.
- Lenz, Barbara; Nobis, Claudia; Köhler, Katja; Mehlin, Markus; Follmer, Robert; Gruschwitz, Dana et al. (2008): Mobilität in Deutschland 2008. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Bonn und Berlin.
- Leulescu, Aura; Agafitei, Mihaela (2013): Statistical matching: a model based approach for data integration. In: *eurostat Methodologies and Working papers*.
- Levinson, Arik (2019): Energy Efficiency Standards Are More Regressive Than Energy Taxes: Theory and Evidence. In: *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 6 (S1), S7-S36. DOI: 10.1086/701186.
- Levinson, David (2010): Equity Effects of Road Pricing: A Review. In: *Transport Reviews* 30 (1), S. 33-57. DOI: 10.1080/01441640903189304.
- Li, Naixin; Friedrich, Rainer (2019): Methodology for Estimating the Lifelong Exposure to PM_{2.5} and NO₂—The Application to European Population Subgroups. In: *Atmosphere* 10 (9), S. 507. DOI: 10.3390/atmos10090507.
- Lucas, Karen; Martens, Karel; Di Ciommo, Florida; Dupont-Kieffer, Ariane (2019): Measuring transport equity: Elsevier.
- Lucas, Karen; Philips, Ian; Verlinghieri, Ersilia (2021): A mixed methods approach to the social assessment of transport infrastructure projects. In: *Transportation*. DOI: 10.1007/s11116-021-10176-6.

- Mackie, Alexander; Hašič, Ivan (2018): The distributional aspects of environmental quality and environmental policies. Opportunities for individuals and households.
- Markovich, Julia; Lucas, Karen (2011): The social and distributional impacts of transport: a literature review. In: *Transport Studies Unit, School of Geography and the Environment Working Paper* 1055.
- McMullen, B. Starr; Zhang, Lei; Nakahara, Kyle (2010): Distributional impacts of changing from a gasoline tax to a vehicle-mile tax for light vehicles: A case study of Oregon. In: *Transport Policy* 17 (6), S. 359-366.
- Mohai, Paul; Pellow, David; Roberts, J. Timmons (2009): Environmental Justice. In: *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34 (1), S. 405-430. DOI: 10.1146/annurev-environ-082508-094348.
- Möller, J.; Zierer, M. (2018): Autobahns and jobs: A regional study using historical instrumental variables. In: *Journal of Urban Economics* 103, S. 18-33. DOI: 10.1016/j.jue.2017.10.002.
- Montenegro, Roland Cunha; Fragkos, Panagiotis; Dobbins, Audrey Helen; Schmid, Dorothea; Pye, Steve; Fahl, Ulrich (2021): Beyond the Energy System: Modeling Frameworks Depicting Distributional Impacts for Interdisciplinary Policy Analysis. In: *Energy Technol.* 9 (1), S. 2000668. DOI: 10.1002/ente.202000668.
- Muratori, Matteo; Jadun, Paige; Bush, Brian; Bielen, David; Vimmerstedt, Laura; Gonder, Jeff et al. (2020): Future integrated mobility-energy systems: A modeling perspective. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 119, S. 109541. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109541.
- Nikodinoska, Dragana; Schröder, Carsten (2016): On the emissions-inequality and emissions-welfare trade-offs in energy taxation: Evidence on the German car fuels tax. In: *Resource and Energy Economics* 44, S. 206-233. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2016.03.001.
- Nobis, Claudia; Kuhnimhof, Tobias (2018): Mobilität in Deutschland - MiD. Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Hg. v. BMVI. Bonn, Berlin.
- O. Harthan, Ralph; Repenning, Julia; Blanck, Ruth; Böttcher, Hannes; Bürger, Veit; Cook, Vanessa et al. (2020): Abschätzung der Treibhausgasmindierungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/abschaetzung_treibhausgasmindierungswirkung_klimaschutzprogramms2030_der_bundesregierung_final.pdf.
- Oehlmann, Malte; Linsenmeier, Manuel; Klaas, Katharina; Kahlenborn, Walter; Runkel, Matthias; Wronski, Rupert et al. (2019): Ökonomische Instrumente in der Luftreinhaltung.
- Ohlendorf, Nils; Jakob, Michael; Minx, Jan Christoph; Schröder, Carsten; Steckel, Jan (2021): Distributional Impacts of Climate Mitigation Policies - A Meta-Analysis. In: *Environmental and Resource Economics* (2021) 78:1-42 (1776). DOI: 10.2139/ssrn.3299337.
- Ortiz, Alberto González; Guerreiro, Cristina; Soares, Joana (2019): Air quality in Europe – 2019 report. EEA Report. European Environment Agency.
- Pestel, Nico; Wozny, Florian (2019): Low Emission Zones for Better Health: Evidence from German Hospitals. IZA DP No. 12545. In: *IZA Discussion Paper Series*.

- Plötz, Patrick; Moll, Cornelius; Bieker, Georg; Mock, Peter; Li, Yaoming (2020): Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions. Online verfügbar unter <https://theicct.org/sites/default/files/publications/PHEV-white%20paper-sept2020-0.pdf>.
- Repenning, Julia; Schumacher, Katja; Bergmann, Thomas; Blanck, Ruth; Böttcher, Hannes; Bürger, Veit et al. (2019): Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung. Endbericht. Berlin.
- Riedel, Natalie; van Kamp, Irene; Köckler, Heike; Scheiner, Joachim; Loerbroks, Adrian; Claßen, Thomas; Bolte, Gabriele (2017): Cognitive-Motivational Determinants of Residents' Civic Engagement and Health (Inequities) in the Context of Noise Action Planning: A Conceptual Model. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (6). DOI: 10.3390/ijerph14060578.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2017): Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020.
- Schade, Manuela (2014): Umwelt, Soziale Lage und Gesundheit bei Kindern in Frankfurt am Main. Dissertation. Universität Bielefeld, Bielefeld. Fakultät für Gesundheitswissenschaften.
- Schelewsky, Marc; Follmer, Robert; Dickmann, Christian (2020): CO2-Fußabdrücke im Alltagsverkehr. Datenauswertung auf Basis der Studie Mobilität in Deutschland. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Schleyer, Ruprecht; Bieber, Elke; Wallasch, Markus (2013): Das Luftmessnetz des Umweltbundesamtes. Hg. v. Umweltbundesamt.
- Seantsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (Hg.) (2019): Basisbericht Umweltgerechtigkeit. Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik. Berlin.
- Skopek, Nora; Kolb, Kathrin; Buchholz, Sandra; Blossfeld, Hans-Peter (2012): Einkommensreich - vermögensarm? Die Zusammensetzung von Vermögen und die Bedeutung einzelner Vermögenskomponenten im europäischen Vergleich. In: *Berlin J Soziol* 22 (2), S. 163-187. DOI: 10.1007/s11609-012-0185-0.
- Spadaro, Amedeo (2007): Microsimulation as a Tool for the Evaluation of Public Policies. Methods and Applications. Bilbao: Fundación BBVA.
- Steininger, Karl; Berdnik, Sandra; Gebetsroither, Brigitte; Getzner, Michael; Hausberger, Stefan; Hochwald, Josef (2007): Klimaschutz, Infrastruktur und Verkehr. Unter Mitarbeit von Georg Kriegerneegg. Wien: Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte (Informationen zur Umweltpolitik). Online verfügbar unter <http://media.obvsg.at/AC06388418-2001>.
- Steinsland, Christian; Fridstrøm, Lasse; Madslie, Anne; Minken, Harald (2018): The climate, economic and equity effects of fuel tax, road toll and commuter tax credit. In: *Transport Policy* 72, S. 225-241. DOI: 10.1016/j.tranpol.2018.04.019.
- Sterner, Thomas (2012): Distributional effects of taxing transport fuel. In: *Energy Policy* 41, S. 75-83. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.03.012.
- Stieß, Immanuel; Götz, Konrad; Schultz, Irmgard; Hammer, Carmen; Schietinger, Esther; van der Land, Victoria et al. (2012): Analyse bestehender Maßnahmen und Entwurf

- innovativer Strategien zur verbesserten Nutzung von Synergien zwischen Umwelt- und Sozialpolitik. 46/2012. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Texte).
- Tiedtke, Benjamin (2013): Externe Kosten des Verkehrs und soziale Gerechtigkeit: Die verkehrswissenschaftliche Begründung einer verkehrspolitischen Herausforderung. Hg. v. Technische Universität Berlin. Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung (IVP-Discussion Paper, 2).
- Tiezzi, Silvia; Verde, Stefano F. (2019): The signaling effect of gasoline taxes and its distributional implications. In: *J Econ Inequal* 17 (2), S. 145-169. DOI: 10.1007/s10888-018-9397-7.
- Timilsina, Govinda R.; Dulal, Hari B. (2008): Fiscal Policy Instruments for Reducing Congestion and Atmospheric Emissions in the Transport Sector. A Review. Hg. v. World Bank (Policy Research Working Paper, 4652).
- UBA (2020a): Gesundheitliche Belastungen durch Umweltverschmutzung und Lärm - Ergebnisse der Umweltbewusstseinsstudien. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- UBA (2020b): Verkehrswende für ALLE. So erreichen wir eine sozial gerechtere und umweltverträglichere Mobilität. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Position).
- Umweltbundesamt (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten - Methodische Grundlagen. Unter Mitarbeit von Björn Bünger, Astrid Matthey, Damaris Bertschmann und Daniel Sutter. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2020): Methodenkonvention 3.1 - Kostensätze. Unter Mitarbeit von Björn Bünger und Astrid Matthey. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2021): Lärmkarten. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/umgebungslaermrichtlinie/laermkarten>.
- van Essen, Huib; Fiorello, Davide; El Beyrouty, Kareen; Bieler, Cuno (2019): Handbook on the External Costs of Transport.
- van Essen, Huib; Schroten, Arno; Otten, Matthijs; Sutter, Daniel; Schreyer, Christoph; Zandonella, Remo et al. (2011): External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008. Hg. v. CE Delft, INFRAS und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). Delft.
- Waluga, Gregor (2017): Das Bürgerticket für den öffentlichen Personennahverkehr. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal; Gesellschaft für Ökologische Kommunikation mbH.
- Weinreich, Sigurd (2004): Verkehrspolitische Maßnahmen und Internalisierungsstrategien in den Bereichen Luftreinhaltung und Klimaschutz. In: 7908-0150. DOI: 10.1007/978-3-7908-2695-1_11.
- Weiss, Christine; Chlond, Bastian; Heilig, Michael; Wassmuth, Volker; Vortisch, Peter (2016): Who Uses Freeways and Who Pays for Them?: Model-Based Analysis of Distribution Effects of Toll Tariff Systems in Germany. In: *Transportation Research Record* 2563 (1), S. 88-95. DOI: 10.3141/2563-13.
- West, Pete; Bennett, Jayne; Mitchell, Gill; Watkins, David; Wells, Geoffrey (2010): Report of the 20 mph Speed Limits/Zones Scrutiny. Online verfügbar unter https://www.brighton-hove.gov.uk/sites/default/files/migrated/article/inline/downloads/democracy/Microsoft_Word_-_Item_8_Speed_Reduction_Review.pdf.

- Winke, Tim (2017): The impact of aircraft noise on apartment prices: a differences-in-differences hedonic approach for Frankfurt, Germany. In: *J Econ Geogr*, lbw040. DOI: 10.1093/jeg/lbw040.
- Wüstemann, Henry; Kolbe, Jens; Krekel, Christian (2017): Gesundheitswirkung städtischer Grünräume: eine empirische Analyse. In: *Natur und Landschaft* 92 (1), S. 31-37.
- Zachmann, Georg; Fredriksson, Gustav; Claeys, Gregory (2018): The distributional effects of climate policies. Brussels, Belgium: Bruegel (Bruegel blueprint series, volume 28). Online verfügbar unter <http://bruegel.org/2018/11/distributional-effects-of-climate-policies/>.
- Zerzawy, Florian; Fiedler, Swantje; Mahler, Alexander (2017): Subventionen für fossile Energien in Deutschland. Beitrag für eine transparente Berichterstattung im Rahmen der G20.

A Anhang: Suchwörterverzeichnis

Suchwörter Verteilungswirkungen		Suchwörter Umwelt(politik)		Suchwörter Verkehr(spolitik)	
Verteilungswirkung	Distributional impact	Umweltpolitik	Environmental Policy	Transport	Transport
Verteilungswirkung, -effekt, -implikation, -konsequenz, -inzidenz	Distributional impact, effect, implication, consequence, incidence	Umweltschutz	Environmental Protection	Mobilität	Mobility
Verteilungsgerechtigkeit	Equity/equality effects, Distributional equity	Klima	Climate	Mobilitätswende	Mobility transition
Externalität	Externalities	Klimaschutz	Climate protection	Verkehrswende	Transport transition
Soziale Wirkung	Social impact	Klimapolitik	Climate policy	Mobilitätsarmut	Mobility Poverty
Gesundheit	Health	Umwelteffekt	Ecological impact / effect	Verkehrliche Wirkungen	Transport effects / impacts
Intergenerationale Gerechtigkeit	Intergenerational Equity	Instrumente / Maßnahmen Umweltpolitik	Instruments / measures environmental policy	Sektorziel Verkehr	Sector target transport
Intragenerationale Gerechtigkeit	Intragenerational Equity	Emissionen	Emissions	Instrumente / Maßnahmen Verkehrspolitik	Instruments / measures transport policy
Gewinner	Winner	Energie	Energy	(Verkehrs)lärm	(traffic) noise
Verlierer	Loser	Energiepolitik	Energy Policy	Mobil	Mobil
Lastenausgleich	Burden Sharing	Energiewende	Energy Transition	Stationär	stationary

Lastenverteilung	Effort Sharing	Evaluation	Evaluation	Infrastruktur	Infrastructure
Kompensation	Compensation	Monitoring	Monitoring	Innovation	Innovation
Vulnerab* [Vulnerabilität, vulnerable Gruppen]	Vulnerab* [vulnerability, vulnerable groups]	Gesetzesfolgen	Impact Assessment	Technologie	Technology
				Kosten-Nutzen-Analyse	Cost-Benefit-Analysis
				Normenkontrollrat	Regulatory control council
				Verkehrspolit*	Transport policy