

Belastungswirkung von Klimapolitik

Impulse für ein umfassendes Verständnis

@ Levi Henze, Theresia Stahl
Levi.henze@dezernatzukunft.org

📅 08.05.2024

Executive Summary

Dieses Papier gibt erste Impulse aus einem laufenden Projekt zur Gesamtbetrachtung der Belastungswirkung von Klimapolitik für private Haushalte. Die größten unmittelbaren Belastungen sind bei Gebäudewärme und Verkehr zu erwarten. Auf Basis verschiedener Analyseperspektiven erscheinen im Wärmesektor zielgenaue und einkommensbezogene Förderung und Kompensation dringend notwendig. Im Verkehrssektor ist dies weniger der Fall – heutige Spitzenbedarfe an Kraftstoffen sind ein schlechter Indikator für Belastungsspitzen, die beim Umstieg auf klimaneutrale Mobilität entstehen. Es werden Entlastungspotentiale durch den ÖPNV diskutiert. Diese sind nur realisierbar, wenn negative Skaleneffekte und hohe Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs adressiert werden. Zuletzt wird für ein graduelles Hinwirken auf eine klimaneutrale Ernährung geworben, um zukünftigen Verteilungskonflikten vorzugreifen.

#KLIMAPOLITIK

#HAUSHALTSBELASTUNGEN

#VERTEILUNG

1. Einleitung

„Heizhammer“, Energiekrise, Bauernproteste: In den letzten Jahren gab es viele Gelegenheiten, die daran erinnerten, wie sehr es bei der Klimapolitik um die gerechte (oder ungerechte) Verteilung von Lasten geht. Der Rückhalt für mehr Klimaschutz in der Mehrheit der Bevölkerung ist zwar ungebrochen (Abou-Chadi et al. 2024). Doch er scheint immer dann zu bröckeln, wenn sich Teile der Gesellschaft unangemessen stark belastet fühlen. Die tatsächliche Verteilungswirkung von klimapolitischen Instrumenten ist indes sehr komplex. Das führt dazu, dass Zumutungen deklariert werden, wo keine sind – und umgekehrt soziale Folgen für gesellschaftliche Gruppen ohne lautstarke Interessenvertretung unbeachtet bleiben. Nur eine sachorientierte öffentliche Auseinandersetzung mit den Verteilungswirkungen der Klimapolitik kann helfen, diese Situation aufzulösen. Weil Klimapolitik oft als Ganzes in Frage gestellt wird, versucht dieses Papier Impulse für ein umfassendes Verständnis der Belastungswirkungen von Klimapolitik zu geben. Ausgangspunkt ist dabei konsequent die Perspektive der privaten Haushalte.

Diese Impulse gehen von drei Leitgedanken für eine Gesamtbetrachtung aus. Erstens muss sehr unterschiedlichen Lebenslagen Rechnung getragen werden: Eine Perspektive, die nur Individuallösungen wie etwa E-Auto und Wärmepumpen berücksichtigt, reicht nicht aus. Zweitens muss eine tatsächliche oder zumindest wahrscheinliche klimapolitische Instrumentierung berücksichtigt werden. Oftmals wird bloß die Wirkung der CO₂-Bepreisung betrachtet, obwohl ordnungsrechtliche und förderpolitische Instrumente fest zum Instrumentenmix gehören und gleichfalls Verteilungseffekte haben. Drittens muss ausgehend vom Ziel der Klimaneutralität gedacht werden. Nur wenn Belastungswirkungen nicht isoliert nebeneinanderstehen, kann sinnvoll zwischen Einzelinteressen und Gesamtziel abgewogen werden.

Aus diesen Leitgedanken haben sich drei wesentliche Analysestränge ergeben, die in diesem Hintergrundpapier entwickelt und diskutiert werden. Im folgenden Abschnitt geht es zunächst um die Sektoren Gebäude und Verkehr. Verschiedene Analyseperspektiven sollen hier zu einem besseren Verständnis der Belastungen privater Haushalte beitragen. Im dritten Abschnitt wird die Rolle der Daseinsvorsorge in der Transformation am Beispiel des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) diskutiert. Schließlich betrachtet der vierte Abschnitt kurz die verteilungspolitischen Implikationen der Klimaneutralität in der Landwirtschaft.

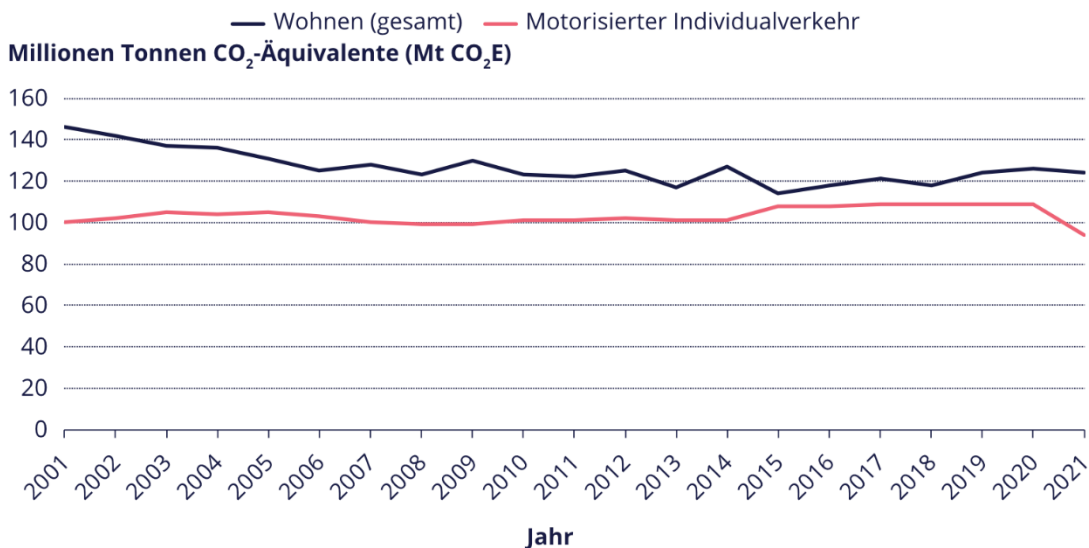
Zur richtigen Einordnung der folgenden Ausführungen sind zwei Vorbemerkungen nötig. Erstens sind private Haushalte bereits heute zunehmend von den Folgen des Klimawandels betroffen und werden es in Zukunft weiterhin sein. Diese individuellen und ebenfalls sehr heterogen verteilten Klimaschäden sind hier nicht berücksichtigt. Zweitens lassen gegenwärtige haushaltsbezogene Kostenrechnungen, wie sie hier angestellt werden, allenfalls bedingt Rückschlüsse auf die *volkswirtschaftlichen* Vermeidungskosten zu. Das begründet sich zum einen in der rein buchhalterischen Differenz der beiden Betrachtungsperspektiven. Zum anderen bleiben dabei eine Reihe von ökonomischen Faktoren, wie etwa Pfadabhängigkeiten, Lerneffekte und Marktversagen unberücksichtigt. Rückschlüsse auf ein angemessenes Ambitionsniveau für Klimaschutz lassen sich aus den hier dargestellten Überlegungen also nur sehr bedingt ziehen.

2. Belastungen in den Sektoren Wärme und Verkehr

Nicht ohne Grund hat die öffentliche Diskussion über die Belastungen durch Klimaschutz in den letzten Jahren verstärkt die Sektoren Wärme und Verkehr in den Blick genommen. Hier sind die privaten Haushalte direkte Verursacher und die entstehenden Emissionen machen knapp 31 Prozent der Gesamtemissionen Deutschlands aus (Destatis 2021). Trotz umfangreicher Förderungen ist bei den privaten Haushalten kein klimapolitischer Fortschritt erzielt worden: Die Direktmissionen privater Haushalte stagnieren seit etwa zwei Jahrzehnten (siehe Abbildung 1). In beiden Sektoren ist Emissionsvermeidung teuer und erfordert große Investitionsvolumen mit langen Abschreibungszeiträumen sowie ein umfangreiches aktives Handeln der privaten Haushalte. Sowohl die Installation einer Wärmepumpe als auch der Umstieg auf Elektromobilität erfordert teils umfangreiche Begleitarbeiten an Gebäudehülle, Heizanlage und Elektrik. Schließlich erfolgt die Überführung der beiden Sektoren in den zweiten europäischen Emissionshandel (EU-ETS II) spätestens 2028 und erste Preisprognosen halten Preise von 250 Euro pro Tonne (60 ct/l Benzin, 5 ct/kWh Erdgas) für wahrscheinlich (Nesselhauf & Müller 2023).

Damit wird deutlich, dass die Frage des richtigen klimapolitischen Instrumentariums vordergründig Verteilungskonflikte aufwirft. Teils treffen stark voneinander abweichende Vorstellungen von Gerechtigkeit aufeinander, wenn es darum geht, wie das Instrumentarium des Klimaschutzes in den beiden Sektoren ausgestaltet werden soll (zur Übersicht siehe Pahle, 2024).

Direktemissionen privater Haushalte in Deutschland



Die direkten Emissionen der privaten Haushalte umfassen alle Emissionen, die durch die unmittelbare Verwertung von Brennstoffen durch Haushalte entstehen. Sie umfassen die Bedarfsebenen Wohnen (Heizen, Warmwasser und Kochen, ohne Fernwärme und Strom) und Motorisierter Individualverkehr (ohne elektrische Antriebe). In beiden Bereichen stagnieren die Emissionen seit Jahrzehnten.

Lesebeispiel: Im Jahr 2020 haben deutsche Haushalte 126 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente durch Heizen, Warmwasser und Kochen sowie 109 Millionen Tonne CO₂-Äquivalente durch motorisierten Verkehr direkt verursacht.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzien

Abbildung 1: Direktemissionen privater Haushalte in Deutschland: **Quelle:** Statistisches Bundesamt

Die in der Gesellschaft stark divergierenden Gerechtigkeitsvorstellungen vermischen sich mit teils sehr komplexen und mehrdimensionalen Wirkmechanismen klimapolitischer Instrumente. Ökonomische Analysen können dabei helfen, über diese Wirkmechanismen aufzuklären und die Debatte über die Lastenverteilung der Klimapolitik zu versachlichen. Im Folgenden werden drei sich ergänzende Blickwinkel auf die Sektoren Wärme und Verkehr erörtert, die jeweils unterschiedliche Wirkmechanismen ausleuchten. Erstens werden statische Rechnungen diskutiert, die den CO₂-Fußabdruck der Haushalte und einen hypothetischen CO₂-Preis verwenden, um theoretische Maximalbelastungen abzuleiten. Zweitens werden haushaltsbezogene Vermeidungskosten jeweils für Wärme und Verkehr geschätzt, um indikative Aussagen über die Validität dieser statischen Betrachtungen zu treffen. Drittens werden heterogene Verhaltenseffekte diskutiert, die gerade über einen längerfristigen Betrachtungszeitraum erhebliche verteilungspolitische Implikationen haben können. Es ist möglich, diese Aspekte in einer Modellsimulation zusammenzuführen (siehe [Teilabschnitt 3](#)). Davon wird hier im Sinne einer Übersicht Abstand genommen, die helfen soll, die Wirkungsweise eines in der Realität vielfältigen Instrumentenmixes einschätzen zu können.

2.1 Statische Analyse: Belastungen durch den CO₂-Fußabdruck

In den Sektoren Wärme und Verkehr haben die Haushalte breit gestreute CO₂-Fußabdrücke, was zu heterogenen Belastungen innerhalb der Einkommensdezile führt.

Gemessen am Einkommensanteil können klimapolitische Maßnahmen eine stark regressive Wirkung haben, also Haushalte mit geringeren Einkommen relativ stärker belasten als solche mit hohem Einkommen. Das liegt darin begründet, dass der Energieverbrauch nur unterproportional zum Einkommen ansteigt. Insbesondere die Bepreisung von Emissionen steht aus diesem Grund immer wieder in der Kritik. Die regressive Verteilungswirkung ist mutmaßlich eines der zentralen Hindernisse für effektiven Klimaschutz und Gegenstand vielzähliger Untersuchungen (eine Übersicht findet sich in Kalkuhl et al. 2022). Bis vor wenigen Jahren bestand die einhellige Empfehlung darin, die Einnahmen in Form eines Klimagelds unkompliziert pro Kopf an die Haushalte zurückzuzahlen. Dadurch profitieren Haushalte der ersten Einkommensdezile *im Durchschnitt* bis über den Einkommensmedian hinweg – erst ein Durchschnittshaushalt mit höherem Einkommen würde eine Nettobelastung erfahren (Edenhofer et al. 2020). Diese grundsätzlich progressive Wirkung des Klimagelds ist in statischen Mikrosimulationen vielfach belegt. Umfragen zeigen auch, dass ein Klimageld die Akzeptanz von CO₂-Bepreisung deutlich steigern kann, besonders unter jenen Wählergruppen, die Klimapolitik skeptisch gegenüberstehen (Sommer et al. 2022; Abou-Chadi et al. 2024).

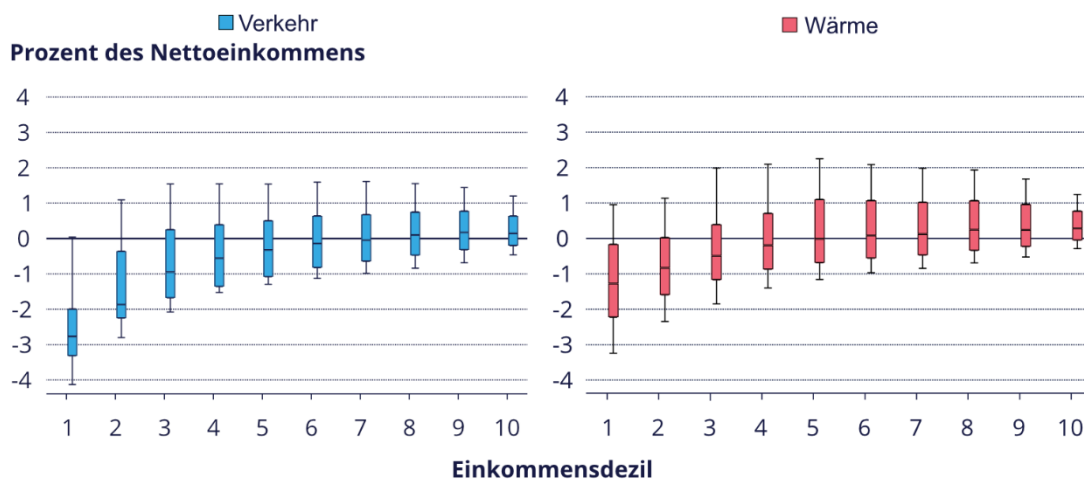
Mit zunehmenden Ambitionen, auch im Verkehrs- und Gebäudesektor klimapolitische Fortschritte zu erzielen, sind allerdings die horizontalen Verteilungswirkungen der CO₂-Bepreisung, also die Spreizung innerhalb der Einkommensdezile, in den Fokus der politischen Debatte gerückt. Spätestens mit der Ukraine-Invasion und der daraus resultierenden Gaspreiskrise ist deutlich geworden, dass Haushalte in Deutschland von steigenden Energiepreisen unterschiedlich stark

betroffen sind und dass diese Heterogenität kaum mit dem Einkommen zusammenhängt (Bachmann & Bayer 2023). Als begleitende Maßnahmen werden oftmals zielgenaue Förderungen und Ausnahmeregelungen vorgeschlagen, die schwere Härtefälle vermeiden sollen (Edenhofer et al. 2020; Bach et al. 2023). Allerdings bestehen zunehmend Bedenken, ob ein solches Vorgehen dem Gerechtigkeitsempfinden der Mehrheit der Bevölkerung entspricht und ob auch in der Breite ein zielgenaueres Vorgehen notwendig ist.¹

Endres (2024) illustriert das Problem basierend auf einer CO₂-Preisprognose für den EU-ETS II für das Jahr 2030 (siehe Abbildung 2). In der hier dargestellten Berechnung wird das Aufkommen, das zur Auszahlung eines Klimagelds zur Verfügung steht, aus den sektorspezifischen Haushaltsdaten abgeleitet und dann getrennt nach Sektoren zurückgezahlt. Das bedeutet, dass kein Aufkommen aus gewerblicher CO₂-Besteuerung an die Haushalte ausgezahlt wird und die Sektoren jeweils nur sich selbst entlasten. Für die Mieter-Vermieter-Kostenaufteilung wird von einem langfristigen Marktgleichgewicht ausgegangen, in dem 20 Prozent der CO₂-Preisbelastung bei den Miethaushalten anfallen (Kholodilin et al. 2017). Es wird keinerlei Anpassungsreaktion unterstellt, was in statischen Betrachtungen üblich ist (vgl. Edenhofer et al. 2020; Nöh et al. 2020; Kellner et al. 2023).

Jährliche Belastung durch CO₂-Bepreisung und Pro-Kopf-Klimageld

Nettobelastung bei CO₂-Preis von 275EUR/t und Pro-Kopf-Klimageld



Verteilung der jährlichen Nettobelastung innerhalb der Einkommensdezile, bei Pro-Kopf-Rückzahlung der jeweils in den Sektoren erzielten Erlösen. Es wird für Mietshaushalte eine pauschale Kostenweitergabe von 20% angenommen. Es sind jeweils die Medianbelastung, das 10. und 90. Perzentil (whisker) und das 25. und 75. Perzentil (box) der Belastung dargestellt.

Lesebeispiel: Haushalte mit einem Einkommen, das dem 1. Einkommensdezil entspricht, würden im Verkehrssektor eine Mehrbelastung von -4,1 bis 0 Prozent ihres Jahreseinkommens tragen.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 2: Jährliche Belastung durch CO₂-Bepreisung und Pro-Kopf-Klimageld; **Quelle:** Endres 2024

Die daraus resultierende starke Streuung der Belastung ist im Wesentlichen auf zwei Faktoren zurückzuführen. Im Verkehrssektor ist entscheidend, ob die Haushalte über einen privaten Pkw

¹ Im Kern geht es dabei um die Frage, was Menschen unter Verteilungsgerechtigkeit verstehen und ob diese Vorstellungen ihre klimapolitischen Einstellungen prägen. Wäre ihnen eine gleiche Behandlung von materiell in etwa gleichgestellten Menschen wichtiger als die gleiche Behandlung über die Einkommensschichten hinweg, würden sie ein Pro-Kopf-Klimageld eher ablehnen. Eine wohlfahrtstheoretische Erläuterung findet sich in Hänsel et al. (2022).

verfügen und wie stark sie diesen Nutzen. Eine Pro-Kopf-Rückzahlung führt hier bei jenen Haushalten, die kein Auto besitzen, zu erheblichen Entlastungen (negative Werte in Abbildung 2), während bereits im zweiten und dritten Dezil Haushalte existieren, die wegen ihres Mobilitätsbedarfs hohe Belastungen erfahren. Bei der Wärme ist die Streuung fast ausschließlich auf Menschen mit Wohneigentum zurückzuführen. Bei Miethaushalten liegt die Höchstbelastung in allen Dezilen unter 0,5 Prozent des Haushaltseinkommens und besonders untere Einkommensdezile würden moderate Entlastungen erfahren.² In Eigentümerhaushalten ist dies umgekehrt: In den unteren Einkommensdezilen erreichen die Belastungen fast den zweistelligen Prozentbereich, sind deutlich breiter gestreut und über die Einkommen deutlich regressiver verteilt (Endres 2024). Wesentlicher Treiber dieser Streuung ist die stark variierende Wohnfläche, die bei Miethaushalten mit durchschnittlich 69 Quadratmetern nur etwa halb so groß ist wie in – oft selbst bewohnten – Einfamilienhäusern (Noka et al. 2023). Insgesamt bewirkt die Streuung innerhalb der Einkommensdezile in beiden Sektoren, dass ein Pro-Kopf-Klimageld wenig zielgenau entlastet. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auf anderer Daten- und Berechnungsgrundlage auch Bach et al. (2023) und Kellner et al. (2023).

Bereits in einer solchen statischen Betrachtung ist zu erkennen, dass die CO₂-Bepreisung im Verkehrs- und Wärmesektor sehr unterschiedliche Belastungsprofile erzeugt. Zwar würde in beiden Sektoren ein Pro-Kopf-Klimageld die Mehrheit der Bevölkerung entlasten und es hätte auch eine leicht progressive Verteilungswirkung. Dies lässt sich am jeweiligen Belastungsmedian in den Einkommensdezilen ablesen (Mittelstrich der Boxplots in Abbildung 2). Allerdings ist dies bei der Wärmeversorgung nur bis in das 4. Einkommensdezil der Fall. Hinzu kommt, dass hier eine pauschale moderate Kostenweitergabe der CO₂-Bepreisung an Mietshaushalte von 20 Prozent unterstellt wird, die nach derzeitiger Gesetzeslage kurzfristig deutlich höher liegen kann.

Im Verkehrssektor reicht die durchschnittliche Nettoentlastung hingegen bis hinein in das 7. Einkommensdezil. Zudem würde hier von der Pro-Kopf-Rückzahlung eine große Gruppe von Haushalten stark profitieren, da insbesondere Haushalte der 1. Einkommensdezile seltener ein eigenes Auto besitzen. Da die Nutzung des ÖPNV und daraus entstehende mögliche Mehrkosten der CO₂-Bepreisung hier nicht berücksichtigt sind, entstehen so in den ersten Einkommensdezilen starke *Entlastungen*. Es ließen sich also durch einen anderen Rückverteilungsmodus als ein Pro-Kopf-Klimageld deutlich bessere Verteilungsergebnisse erzielen, wenngleich die Beliebtheit einer pauschalen Rückerstattung groß ist (Sommer et al. 2022; Endres 2024). Eine Analyse der Struktur der Vermeidungskosten innerhalb der beiden Sektoren relativiert die hier diskutierten Ergebnisse jedoch und legt den Schluss nahe, dass der CO₂-Fußabdruck im Verkehrssektor ein verzerrtes Bild der Haushaltsbelastungen zeichnet.

² Die Angaben zu Extremwerten beziehen sich hier jeweils auf das 10. und 90. Belastungsperzentil innerhalb der Einkommensdezile, analog zu Abbildung 2.

2.2 Ein differenzierterer Blick: Vermeidungskosten und Haushaltsbelastung

Meist beschränken sich Verteilungsanalysen wie oben auf die stark vereinfachte Annahme, dass Haushalte ihr Verhalten nicht anpassen, also zum Beispiel den CO₂-Preis in voller Höhe tragen, ohne den Energieverbrauch zu reduzieren. Als grobe Abschätzung von Haushaltsbelastungen ist ein solches Vorgehen hinreichend. Es liefert jedoch, gerade bei der Betrachtung eines längeren Zeitverlaufs, ein Zerrbild der tatsächlichen Verteilungswirkung. Evidenz deutet zwar darauf hin, dass auch langfristig die Energiepreiselastizitäten für Wärme und Verkehr eher gering sind (Bach et al. 2023). Doch bei derartigen Schätzungen muss beachtet werden, dass es sich um langfristige Beobachtungsdaten handelt, die sich unter veränderten politischen Rahmenbedingungen ebenfalls stark wandeln können. Zu beachten ist hier auch, dass Energiepreiselastizitäten nur eine Proxyvariable für Emissionspreiselastizitäten sind. Schätzungen, die direkt auf Emissionspreise und -steuern abzielen, sind in der Literatur noch selten vertreten. Sie finden grundsätzlich zwar auch geringe Werte (rund 0,3 Prozentpunkte Emissionsreduktion für zusätzliche 10 EUR/t CO₂-Bepreisung), allerdings mit deutlich größeren Standardfehlern (Rafaty et al. 2022).

Zudem lassen aggregiert geschätzte Elastizitäten keine Rückschlüsse darauf zu, *welche* Haushalte ihren Energieverbrauch reduzieren oder in emissionsarme Technologien investieren. Für die konkrete Verteilungswirkung ist dies aber ausschlaggebend.³ Ein genauerer Blick auf die mikroökonomischen Motivlagen der Haushalte kann deshalb helfen, die Belastungswirkungen klimapolitischer Maßnahmen zusätzlich auszuleuchten und mögliche Anpassungsreaktionen besser zu verstehen. Die individuellen Vermeidungskosten, mit denen Haushalte konfrontiert sind, sind dabei ein entscheidender Teil dieser Motivlage. Mit dem Begriff der Vermeidungskosten sind ökonomisch jene Kosten gemeint, die durch die Vermeidung einer bestimmten Menge an Emissionen anfallen (angegeben üblicherweise in Euro pro Tonne CO₂-Äquivalente). Sie sind zum Beispiel ein Indikator dafür, bis zu welchem Preis Marktakteure bereit sind, für Emissionen zu bezahlen, statt in alternative Technologien zu investieren. Wie auch die Aufwendungen für Energie differenzieren sich diese systematisch entlang sozioökonomischer Haushaltsmerkmale, wodurch die tatsächlichen Mehrbelastungen für Haushalte, die einen Technologiewechsel vollziehen, maßgeblich von den oben beschriebenen abweichen können. Entscheidend ist dabei die Frage, ob und inwieweit CO₂-Fußabdruck und Vermeidungskosten miteinander korrelieren. Diese Frage wird im Folgenden für den Wechsel zu E-Auto und Wärmepumpe untersucht. Einschränkend sollte dabei berücksichtigt werden, dass es sich hier um indikative, relative Kostenbetrachtungen handelt.

Gebäudewärme: Kosten des Umstiegs korrelieren mit dem Energieverbrauch

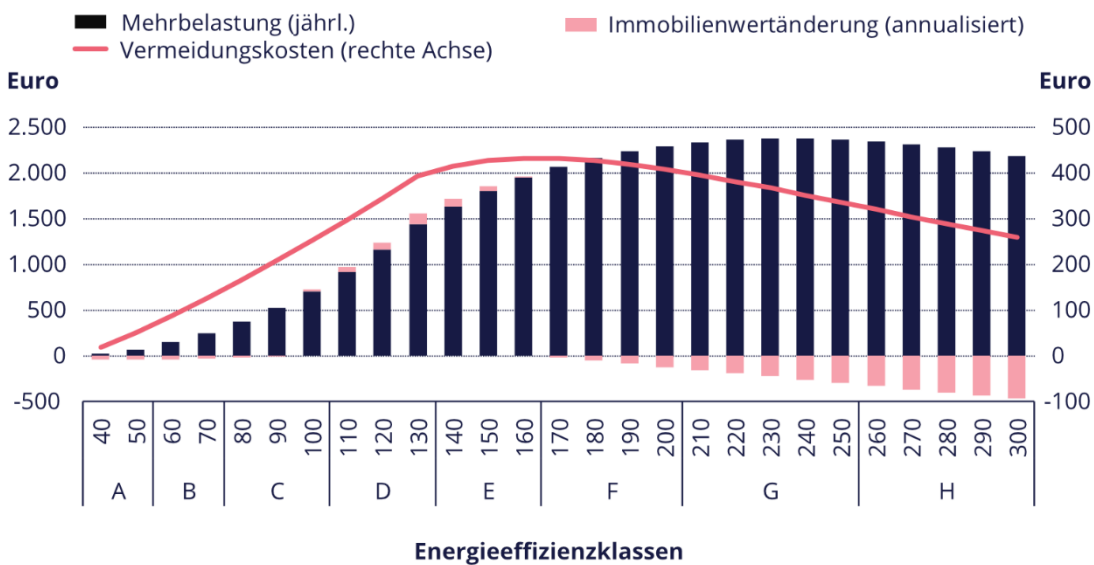
Bei der Gebäudewärme korrelieren Vermeidungskosten eindeutig mit dem heutigen Energiebedarf. Technische Fortschritte könnten die Kosten des Umstiegs senken, nicht aber die Belastungsverteilung verändern.

³ Auch über eine faire Instrumentierung von Klimapolitik lassen aggregierte Elastizitäten wenige Rückschlüsse zu. Zwar hätten geringe Elastizitäten hohe Energiepreise zur Folge. Sie implizieren damit allerdings auch stabile und hohe staatliche Erlöse, die wiederum für Kompensationsmaßnahmen genutzt werden können.

Im Gebäudebereich bestätigt der Blick auf die Vermeidungskosten weitgehend das Bild, das sich aus der Analyse des CO₂-Fußabdrucks ergibt. Das resultiert aus den fundamentalen Eigenschaften von Wärmepumpen, der wichtigsten Alternativtechnologie für die dezentrale Wärmeversorgung. Da Wärmepumpen erstens nicht zu groß ausgelegt werden dürfen, um übermäßigen Verschleiß zu vermeiden, und zweitens ihr Effizienzgrad bei schlechter Gebäudedämmung abnimmt, ist es in den allermeisten Fällen wirtschaftlich, Heizungswechsel und Sanierungsmaßnahmen zu kombinieren (Günther et al. 2020). Sanierungsmaßnahmen sind hingegen insbesondere dann sehr effektiv, wenn der ursprüngliche Gebäudezustand schlecht ist.⁴ Im Ergebnis entstehen zwei gegenläufige Effekte: Je schlechter der energetische Zustand eines Gebäudes, desto kostengünstiger lässt sich Energie sparen – gleichzeitig erhöht sich dabei aber auch der gesamte Investitionsbedarf, um den zum effizienten Wärmepumpenbetrieb nötigen Effizienzgrad zu erreichen. Abbildung 3 zeigt die daraus resultierende Kostenstruktur.

Mehrbelastung und Vermeidungskosten durch Sanierung und Heizungswechsel

Vergleich in Abhängigkeit von der ursprünglichen Gebäudehülle



Beispielrechnung für ein Einfamilienhaus mit 140qm Wohnfläche. Die Berechnung basiert auf einer Optimierung des Sanierungsbedarfs in Abhängigkeit von der ursprünglichen Gebäudehülle. Eine nähere Erläuterung findet sich in Fußnote 5. Die Veränderung des Immobilienwerts ist als jährliche Mehr- oder Minderbelastung angegeben: Eine negative Mehrbelastung (sh. Effizienzklasse F-H) bedeutet also einen Vermögensgewinn.

Lesbeispiel: Bei einer schlecht isolierten Wohnung mit einem Energiebedarf von 240 kWh/m²/Jahr muss eine umfassende Sanierung durchgeführt werden. Dadurch liegt die Mehrbelastung durch den Heizungswechsel bei 2264 Euro pro Jahr, dem allerdings eine Wertsteigerung von 294 Euro (annualisiert) gegenübersteht. Die Vermeidung einer Tonne CO₂-Emissionen kostet hier 335 Euro.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzien

Abbildung 3: Indikative Mehrbelastung und Vermeidungskosten durch Sanierung und Heizungswechsel; **Quelle:** Eigene Berechnungen basierend auf Annahmen zur Kostenstruktur⁵

⁴ Wegen fundamentaler physikalischer Prinzipien der Wärmetransmission unterliegen Sanierungsmaßnahmen einem abnehmenden Grenznutzen (vgl. Bienert & Groh 2022).

⁵ Es werden die Mehrkosten für den Einbau einer Wärmepumpe geschätzt, im Vergleich zu einem Business-as-usual Szenario des Heizens mit Erdgas (ohne CO₂-Preis). Wenn das Objekt einen schlechteren Energieeffizienzgrad als D hat, so werden außerdem Sanierungskosten

Anders als beim Individualverkehr (siehe unten) folgt die Belastungsverteilung durch Umstellung im Wärmesektor also sehr gut den heute zu beobachtenden Verbrauchswerten. Dies gilt auch, wenn Mehrfamilienhäuser in die Betrachtung einbezogen werden. Im Durchschnitt sind hier die Wohnflächen und Wärmeverluste deutlich kleiner und auch Modernisierungsmaßnahmen sind durch kleinere Fassadenflächen pro Wohneinheit günstiger durchzuführen (Bienert & Groh 2022). Dadurch besteht also auch im Vergleich zwischen den Gebäudeformen ein starker Zusammenhang zwischen heutigem Energiebedarf und den individuellen Vermeidungskosten.

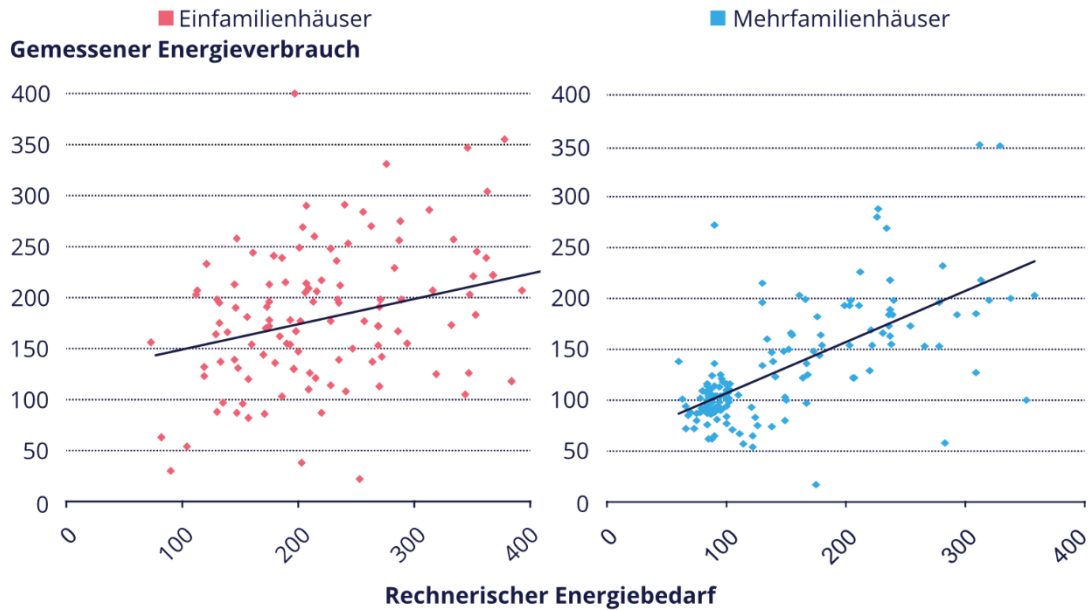
Im Wärmesektor sind also die relativen Belastungen unabhängig vom Technologiewechsel recht eindeutig verteilt. Zusätzlich sind die *absoluten* Belastungen – wegen hoher Vermeidungskosten – groß. Dennoch muss betont werden, dass für einen angemessenen Instrumentenmix auch die tatsächlich zu erwartenden Emissionsreduktionen berücksichtigt werden müssen. Insbesondere Maßnahmen an der Gebäudehülle führen nicht zu den erwarteten energetischen Einsparungen, da die Haushalte ihr Verhalten anpassen. Diese gut dokumentierten Rebound-Effekte führen dazu, dass sich insbesondere in schlecht sanierten Gebäuden keine oder nur sehr geringe Energieeinsparungen durch Sanierungsmaßnahmen realisieren lassen (Sunikka-Blank & Galvin 2012). Abbildung 4 illustriert diesen Zusammenhang anhand von Daten aus Deutschland. Neuere Schätzungen gehen sogar davon aus, dass dieser Zusammenhang nichtlinear ist, die tatsächliche Energieeinsparung also gerade in schlecht gedämmten Gebäuden vollständig durch Verhaltensänderungen negiert wird (Few et al. 2023). Sanierungsförderungen können zwar zur Minderung von finanziellen Belastungen beitragen, sie eignen sich allerdings nur bedingt zur Minderung von Emissionen, wenn der Heizungswechsel ausbleibt.⁶ Zudem wird die regressive Verteilungswirkung von Gebäudestandards häufig unterschlagen. Studien finden zur Langzeitwirkung von Effizienzstandards, dass induzierte Energieeinsparungen vor allem durch Haushalte mit wenig Einkommen entstehen, die ihre Wohnfläche reduzieren und im Immobilienbestand überproportionale Wertverluste erfahren (Deryugina 2018).

auf einen EPS von 130 berücksichtigt. Die Kostenschätzung basiert auf Bienert & Groh (2022). Bei bereits besser isolierten Gebäuden ist eine Sanierung wegen steigender Grenzkosten nicht wirtschaftlich. Die Kosten für den Heizungseinbau sowie der eventuellen Sanierung werden den gesenkten Heizkosten gegenübergestellt. Weiterhin wird dargestellt, dass die Investitionen eine Wertänderung der Immobilie nach sich ziehen (vgl. Kholodilin et al. 2017). Die CO₂-Vermeidungskosten geben an, zu welchen Kosten eine Tonne CO₂ eingespart wird - hier wird die Wertänderung nicht berücksichtigt. Die Kosten der Sanierung liegen zwischen 100 und 950 EUR/m², die Installationskosten der Wärmepumpe zwischen 8000 und 22000 Euro und der Effizienzgrad der Wärmepumpe zwischen 5 und 3, jeweils abhängig vom Endzustand der Gebäudehülle. Es werden Stromkosten von 30ct/kWh, Gaskosten von 8ct/kWh angenommen. Für die Wärmepumpe wird ein Abschreibungszeitraum von 15 Jahren unterstellt, für die Sanierung 50 Jahre.

⁶ Es ist wahrscheinlich, dass sich diese Zusammenhänge auch auf den Vermögenswert von Immobilien auswirken. Marktteilnehmer antizipierten mutmaßlich eher das tatsächliche Heizverhalten als den theoretisch gemessenen Effizienzwert (Kholodilin et al. 2017). An der Tendenz der in Abbildung 3 demonstrierten Verteilungswirkungen ändert das aber nichts.

Rebound-Effekte im Wärmesektor

Rechnerischer Energiebedarf und tatsächlicher Verbrauch (kWh/m²/Jahr)



Rechnerisch ermittelte und tatsächlich gemessene Werte des Energieverbrauchs in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Da Sanierungsmaßnahmen die Beheizung der Wohnfläche günstiger macht, passen Haushalte oft ihr Verhalten an, was einen Teil der Einsparungen negiert.

Lesbeispiel: Eine Sanierungsmaßnahme, die rechnerisch 200 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr spart, führt im Mittel nur zu tatsächlichen Einsparungen von etwa 50 Kilowattstunden.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 4: Rebound Effekte im Wärmesektor; **Quellen:** Sunikka-Blank & Galvin 2012

Individualverkehr: Für Vielfahrer ist der Umstieg auf E-Mobilität billiger

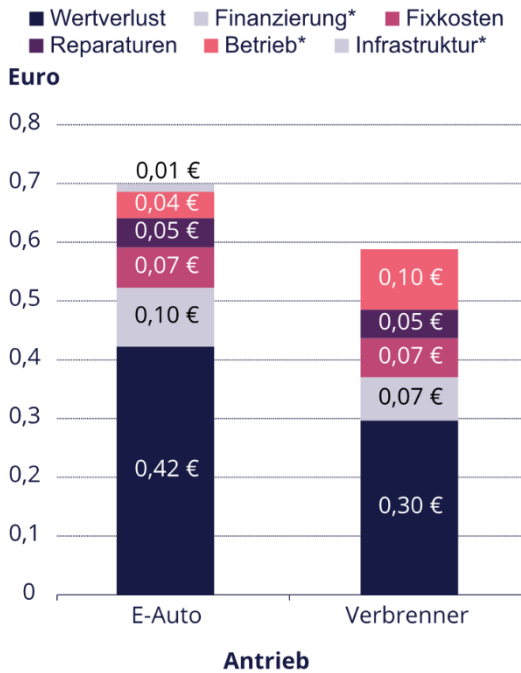
Hohe Kraftstoffausgaben in der Gegenwart sind ein schlechter Indikator für klimapolitische Belastungen im Verkehr. Gerade bei hoher Fahrleistung lohnt sich ein früher Umstieg auf Elektromobilität.

Mit dem Wegfall der Umweltprämie hat sich die Attraktivität der E-Mobilität vermutlich deutlich verschlechtert. Zwar reagierten viele Händler mit Preissenkungen, allerdings zeigen aktuelle Zahlen, dass E-Mobilität ohne Förderung heute deutlich teurer ist. Aus verteilungspolitischer Sicht ist die Abschaffung vermutlich zu begrüßen, da der Umweltbonus sehr wahrscheinlich eine stark regressivere Verteilungswirkung hatte (Figenbaum & Kolbenstvedt 2016; Morrison et al. 2022; Stajić et al. 2023). Frühere Analysen hatten jedoch nahegelegt, dass sich ein Umstieg auf Elektromobilität bereits unter Annahme heutiger Strom- und Benzinpreise lohnen kann (Runkel & Stube 2019). Ohne Umweltprämie scheint das zwar nur noch für einige wenige Modellklassen der Fall zu sein (vgl. hierzu ADAC 2024), aus der grundlegenden Kostenstruktur des motorisierten Individualverkehrs lässt sich jedoch ableiten, dass die Mehrbelastung durch den Umstieg auf

Elektromobilität nach oben begrenzt ist. Mehr noch: Der Umstieg ist gerade für diejenigen Haushalte lohnend, bei denen der CO₂-Verbrauch eine hohe Belastung vermuten lassen würde.

Kostenanteile E-Auto und Verbrenner

Euro pro Kilometer, 15.000km jährliche Fahrleistung



Beispielhafter Vergleich für die Anschaffung eines Neuwagens (VW ID.3 und Golf TSI). Strompreis: 30ct/kWh, Benzinpreis: 1.9EUR/l, fünfjährige Finanzierung, 7% p.a.

Lesebeispiel: Bei unterstelltem Fahrverhalten hat ein Elektroauto einen Wertverlust von 42 Cent pro Kilometer, ein vergleichbarer Verbrenner hingegen 30 Cent.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 5: Kostenanteile E-Auto und Verbrenner; **Quelle:** Eigene Berechnungen basierend auf ADAC-Autokostenvergleich

Eine Beispielrechnung für die zugrunde liegende Kostenstruktur der beiden Antriebsarten findet sich in Abbildung 5. Die Daten basieren auf einem spezifischen Modellvergleich, sind aber grob auf viele andere Modellklassen übertragbar. E-Autos sind im Betrieb deutlich günstiger als Verbrenner, wenn man unterstellt, dass Fahrer:innen größtenteils zu Hause laden (Strombezug zu 30 ct/kWh).⁷ Die Abschreibungsraten unterscheiden sich heute zwischen den Antriebsarten kaum mehr, was unter anderem dadurch bedingt ist, dass die Hersteller großzügige Garantien für die verbauten Akkus anbieten und diese einen stetig schrumpfenden Anteil am Gesamtpreis haben (Vogt 2022). Wegen der höheren Anschaffungskosten machen Wertverlust und Finanzierung allerdings einen größeren Anteil der Gesamtkosten aus.

Die Kombination von günstigerem Betrieb und teurerer Anschaffung bedeutet letztlich, dass sich der Umstieg für Haushalte besonders lohnt, wenn die zu bewältigende Fahrleistung groß ist (Abbildung 6). Hohe Ausgaben für Treibstoff in der Gegenwart sind also eher ein schlechter Indikator für Belastungsspitzen durch die CO₂-Bepreisung, denn gerade in diesen Haushalten ist ein früher Wechsel zur Elektromobilität sehr plausibel. Vereinzelt deckt sich dies bereits mit einem ländlich

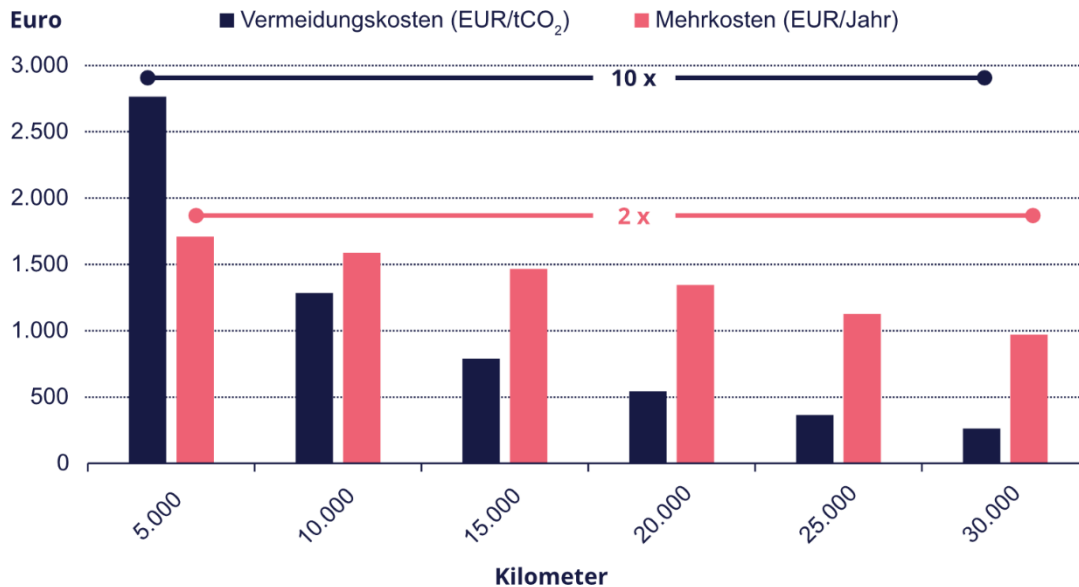
konzentrierten Adoptionsverhalten (Morrison & Wappelhorst 2022) und es wird weiter dadurch plausibilisiert, dass der Zugang zu günstigem Ladestrom vor allem in Einfamilienhäusern umsetzbar ist.⁸ Dies setzt jedoch voraus, dass der Netzausbau entsprechend voranschreitet, um die dafür benötigte private Ladeinfrastruktur zu ermöglichen.

⁷ Als durchschnittlicher Strombezugspreis sind 30 ct/kWh eher konservativ angesetzt – entsprechende Stromtarife sind heute für etwa 22 ct/kWh inklusive Grundpreis zu haben. Die nötige Infrastruktur (Wallbox und Elektro-Arbeiten) sind in Abbildung 5 als Infrastrukturkosten mit angesetzt.

⁸ Der Zusammenhang zwischen Regionaltyp und Wegstrecke ist zwar statistisch merklich vorhanden, allerdings nicht stark ausgeprägt: In Metropolregionen liegt die durchschnittliche Wegstrecke bei 11,6 km, in dörflichen Regionen hingegen bei 14,3 km (MIT 2017). Die hier angestellten Erwägungen sind also auch mit einem nur schwach ausgeprägten Land-Stadt-Gefälle beim Wechsel zur E-Mobilität konsistent.

Mehrbelastung und Vermeidungskosten durch E-Mobilität

Vergleich in Abhängigkeit von der Fahrleistung



Beispielhafter Vergleich für die Anschaffung eines Neuwagens (VW ID.3 und Golf TSI). Strompreis: 30ct/kWh, Benzinpreis: 1.9EUR/l, fünfjährige Finanzierung, 7% p.a.

Lebeispiel: Ein Haushalt, der jährlich 15.000 Kilometer mit dem Auto fährt, würde bei Umstellung auf Elektromobilität etwa 1.500 Euro Mehrkosten haben. Dies entspräche Vermeidungskosten von etwa 780 Euro pro Tonne CO₂.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 6: Mehrbelastung und Vermeidungskosten durch E-Mobilität; **Quelle:** Eigene Berechnungen basierend auf ADAC-Autokostenvergleich

Dekarbonisierung in den beiden Sektoren Wärme und Verkehr unterliegt also sehr unterschiedlichen technologischen Gegebenheiten. Während im Individualverkehr die Vermeidungskosten gerade dort gering sind, wo das heutige Verbrauchsprofil eine hohe Belastung erwarten lässt, ist die Umstellung auf klimaneutrale Wärmeversorgung genau dort sehr aufwendig und teuer, wo auch der Energiebedarf groß ist. Sowohl Entlastungszahlungen als auch Förderprogramme sollten deshalb vor allem im Gebäudebereich konzentriert sein und dort auch möglichst zielgenau erfolgen. Die Abwägung von bürokratischer Umsetzbarkeit und sozialer Zielgenauigkeit von Entlastungsmaßnahmen ist weiterhin ein Kernproblem der Klimapolitik.⁹ Je mehr die Entscheidung aber zugunsten der Zielgenauigkeit ausfällt, desto mehr sollte der Wärmesektor im Fokus der Diskussion stehen.

⁹ In entsprechenden Studien wurden bisher kaum verschiedene Modelle der direkten Entlastung anhand ihrer Zustimmung untersucht. Festzustehen scheint bisher nur, dass es direkter Kompensation erfordert, um wirksame Emissionsbepreisung mehrheitsfähig zu machen (Sommer et al. 2022; Abou-Chadi et al. 2024).

2.3 Dynamische Perspektive: Finanzierungshürden und Adoptionsverhalten

Um die Verteilungswirkung von Klimapolitik vollständig zu verstehen, reicht ein Blick auf die Vermeidungskosten nicht aus. Zusätzlich müssen heterogene Anpassungsreaktionen berücksichtigt werden.

Der im vorigen Abschnitt gewählte Bottom-up-Ansatz, der die Vermeidungskostenstruktur näher in den Blick nimmt, kann helfen, die Verteilungseffekte klimapolitischer Instrumente mikroökonomisch zu fundieren. In der Realität hängen Investitionsentscheidungen privater Haushalte allerdings von einer Vielzahl weiterer Kosten- und Nutzenfaktoren ab, die empirisch schwer zu ermitteln und isolieren sind. Dazu gehören zum Beispiel das allgemeine Kaufverhalten, der Zugang zu Finanzierungsmitteln oder Einstellungen wie Umweltpräferenzen. Solche Faktoren können stark mit sozioökonomischen Merkmalen der Haushalte korrelieren und so die Verteilungswirkung unterschiedlicher Politikmaßnahmen beeinflussen. In der entsprechenden Literatur ist deshalb die Herangehensweise üblich, diese Faktoren aggregiert zu betrachten und das historische Adoptionsverhalten über sozioökonomische Merkmale hinweg zu analysieren (vgl. Borenstein & Davis 2016). Werden diese Effekte isoliert betrachtet, entsteht dabei in vielen Fällen ein regressives Verteilungsergebnis. Da reichere Haushalte über mehr finanzielle Mittel verfügen, leisten sie sich mehr neue Technologien und können sich eher umweltfreundliche Güter leisten. Im Resultat profitieren sie häufig stärker von Förderinstrumenten, wobei es technologiespezifische Ausnahmen gibt (Davis 2023).¹⁰

Partialanalysen dieser Art haben allerdings das Problem, dass sie die Finanzierungsseite der entsprechenden Förderungsinstrumente nicht mitberücksichtigen. Ähnlich wie bei Verteilungsanalysen zu den Belastungswirkungen der CO₂-Bepreisung, wo teils die Verwendung der resultierenden Einnahmen ausgeblendet wird, ergibt sich damit ein unvollständiges Bild. Schlattmann & Kuhn (2024) entwickeln ein Modell, das die Finanzierungs- bzw. Einnahmenseite mitberücksichtigt, um unterschiedliche klimapolitische Instrumentierungen über einen langen Simulationszeitraum vergleichen zu können. In dieser Simulation werden Pfade mit gleicher Emissionsminderung, aber unterschiedlicher klimapolitischer Instrumentierung in ihrer langfristigen Verteilungswirkung verglichen (siehe Abbildung 7). Aus dem historisch beobachteten, sozioökonomisch differenzierten Adoptionsverhalten wird das Verhalten unterschiedlich ausgestatteter Haushalte abgeleitet, ähnlich der oben erwähnten Literatur.¹¹ Wärmepumpe und Elektroautos werden hier in einem Gut zusammengefasst, um die Simulation zu erleichtern. Das Modell kann so indikativ die Verteilungseffekte von unterschiedlichen Finanzierungsansätzen der Klimapolitik in ihrer Gesamtwirkung vergleichen und ist, wo möglich, anhand von Daten aus Deutschland kalibriert.

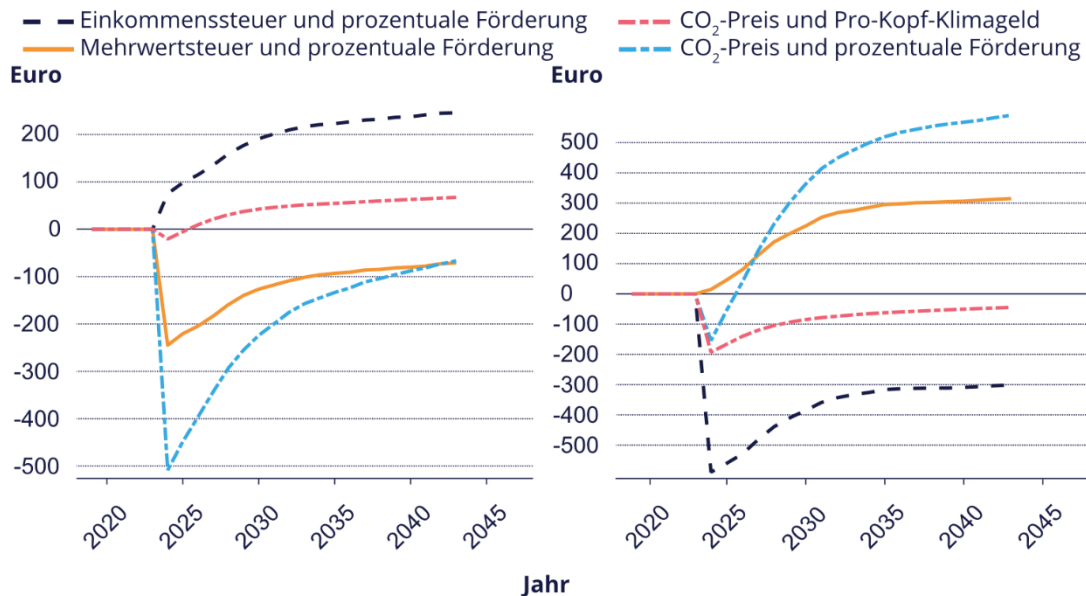
¹⁰ Die normative Deutung dieses Verhaltens ist hier ganz entscheidend und prägt bekanntlich die öffentlichen Debatten über Klimapolitik mit. Während in der Frühphase grüner Technologien eine Subvention vielleicht als Belohnung von Pionieren aufgefasst wird, kippt dieses Bild bei ausgereiften Technologien bis hin zum „Erkaufen“ von Wählerschichten. Dies läuft in Teilen parallel zum Wandel der ökonomischen Funktion klimapolitischer Instrumente: vom Hochlauf grüner Technologien bis zum Ausgleich der durch Klimapolitik induzierten sozialen Schieflagen.

¹¹ Diese Verhaltensunterschiede werden in sogenannte Luxusprämien umgerechnet, einen Preisaufschlag, den zum Beispiel reichere Haushalte für ein Elektroauto zu zahlen bereit sind. Dies ist in der entsprechenden Literatur ein etabliertes Vorgehen und ermöglicht es, die beobachtbaren Verhaltensunterschiede in komplexen Simulationen zu replizieren.

Verteilungswirkung verschiedener Politikinstrumente

Unter Medianeinkommen

Über Medianeinkommen



Anmerkung: Nettotransfers (EUR) von Instrumenten mit gleicher Emissionsreduktion und ausgeglichenem öffentlichem Haushalt. Berechnung basierend auf heterogenem Agentenmodell mit einem gemischten Investitionsgut (Wärme und Verkehr), kalibriert für Deutschland.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 7: Verteilungswirkung und Vermeidungskosten durch E-Mobilität; **Quelle:** Schlattmann & Kuhn 2024

Die hier diskutierten Ergebnisse zeigen mit ausreichender Sicherheit, dass eine häufig in der Öffentlichkeit diskutierte Variante der klimapolitischen Neuausrichtung stark regressiv wirken würde. Würde nämlich darauf bestanden, dass die Fördermittel des Klima- und Transformationsfonds ausschließlich aus den Einnahmen der CO₂-Bepreisung kommen, wäre dies vergleichbar mit dem in Blau abgebildeten Szenario. In dieser Hinsicht könnten die Vorgaben zur Mittelverwendung aus dem EU-ETS II ein Hindernis werden, da eine reine Kompensationszahlung ohne emissionsmindernde Wirkung ausgeschlossen wurde (Nesselhauf & Müller 2023). Erschwerend kommt hinzu, dass diese Art der Verwendung der Einnahmen in Umfragen oft bevorzugt wird (Sommer et al. 2022).¹² Diese Diskrepanz lässt erahnen, dass es weiterhin erhebliche Unschärfen in der Einstellungsforschung auf der einen Seite und im allgemeinen Verständnis der Wirkungszusammenhänge klimapolitischer Instrumente auf der anderen Seite gibt. Die gegenwärtige Gesamtwirkung der Klimapolitik ist indes komplex und weniger eindeutig als hier gezeigt, da eine vermischte Finanzierung und teils einkommensbezogene Förderinstrumente miteinander in Verbindung wirken. Eine deutlich progressive Wirkung lässt sich mithin durch Förderinstrumente erreichen, die über eine erhöhte Einkommenssteuer (schwarzer Pfad in Abbildung 7) oder einen sogenannten Klimasoli erreicht werden (vgl. Rehm et al. 2023). Dabei sollte jedoch – wie oben diskutiert – berücksichtigt werden, welche Haushalte konkret von der Förderung Gebrauch machen.

¹² Dabei muss beachtet werden, dass dies nur für die Mittelverwendung gilt, nicht für einen vollständigen Instrumentenmix. Für sich genommen trifft die Bepreisung von Emissionen in Umfragen oft auf wenig Zustimmung.

Weniger eindeutig sind die diskutierten Modellergebnisse hingegen bei der Bewertung eines sektorspezifischen Instrumentenmixes. Die simulierten Verteilungseffekte hängen in allen Szenarien von der Kalibrierung der oben erläuterten differenzierten Adoptionsraten ab. Weicht das Adoptionsverhalten der Haushalte zwischen einzelnen Gütern voneinander ab, kann sich auch das sektorspezifische Verteilungsergebnis unterschiedlich darstellen. Das ist für Elektroautos und Wärmepumpen der Fall: Während der Umstieg auf Elektromobilität deutlich von Haushalten mit höherem Einkommen dominiert ist, scheint das Adoptionsverhalten bei Wärmepumpen nicht stark mit dem Haushaltseinkommen zu korrelieren (Davis 2023; Schlattmann & Kuhn 2024).¹³ Bei einer sektorspezifischen Ausgestaltung von CO₂-Preiskompensation und Fördermaßnahmen müssen verhaltensspezifische Unterschiede berücksichtigt werden, um keine unerwünschten Verzerrungen entlang der Einkommensdezile zu erzeugen. Gleichzeitig sollten die sozioökonomischen Determinanten in dieser Hinsicht weiter untersucht werden. Zum Beispiel legen die von Schlattmann & Kuhn (2024) verwendeten Daten nahe, dass beim Heizungswechsel keine wesentlichen Finanzierungshürden für Haushalte mit wenig Einkommen bestehen oder die KfW-Programme diese in der Vergangenheit effektiv abgebaut haben.

3. Die Rolle der Daseinsvorsorge am Beispiel des ÖPNV

Der ÖPNV kann einen substanziellen Beitrag zu Emissionsminderung und sozialer Teilhabe leisten. Dafür müssen jedoch dessen negative Skaleneffekte und die hohe Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs (MIV) adressiert werden. Nur dann ließen sich auch große öffentliche Mehrkosten vermeiden.

Ein starker öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) steht immer wieder im Fokus einer sozialen und ökologischen Verkehrswende. Besonders in stark verdichteten Lebensräumen sind die Vorteile eines *modal shift* zum ÖPNV mit Bezug auf Raumnutzung sowie Schadstoff- und Lärmbelastung offensichtlich (Peiseler et al. 2024). Gerade im ländlichen Raum kann eine Ausweitung Teilhabemöglichkeiten erschließen. Aus klimaökonomischer Sicht sind allerdings zwei weitere Fragen von entscheidender Bedeutung, nämlich (i) wie sich die Kostenstruktur durch den klimaneutralen Antriebswechsel verändert und (ii) welche Potenziale für Emissionsreduktionen sich aus der Verlagerung von Verkehren in den ÖPNV ergeben. Für private Haushalte ist in der Folge entscheidend, welche Be- und Entlastungen damit jeweils verbunden sind.

¹³ Davis (2023) kann für die USA anhand von Mikrodaten zeigen, dass praktisch alle Einkommensdezile mit einer vergleichbar hohen Wahrscheinlichkeit eine Wärmepumpe nutzen. Ohne Weiteres sind diese Ergebnisse nicht übertragbar auf andere Länder, da die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen erheblich von den regionalen Klimabedingungen abhängt und in den USA vor allem Luft-Luft-Wärmepumpen zum Einsatz kommen. Aus noch unklaren Gründen folgen die Adoptionsraten in Deutschland jedoch ähnlichen Mustern (Schlattmann & Kuhn 2024).

Technologiekosten für Personenbusse

Prognose 2035



Kostenstruktur für Personenbusse (12 Meter) im ÖPNV nach Antriebsart (Schätzung für 2035). Es werden Kostendegressionen und Fahrzeughmehrbedarfe aufgrund von Ladezeiten angenommen. Kraftstoffkosten basieren auf Mittelfristscenarien (17ct/kWh Strom und 1,2EUR/l Diesel).

Lesebeispiel: Die Fahrleistung eines Diesel-Personenbusses kostet 3,50 Euro pro Kilometer, davon sind 2,20 Euro Kosten für das Personal.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 8: Technologiekosten für Personenbusse; **Quelle:** Sphera 2021

Der erste Kostenfaktor ist der Antriebswechsel. Nach derzeitigen Untersuchungen ist dieser auf der Schiene zwar mit großen Investitionsbedarfen in neue Züge verbunden (Strom- statt Dieselbetrieb), hat aber einen unwesentlichen Einfluss auf die Leistungskosten der Personenbeförderung (BMDV 2021). Ein gutes Drittel (35 %) der Personenverkehrsleistung entsteht aber im straßengebundenen ÖPNV, und dieser Anteil wird sich auch unter Szenarien der Angebotsausweitung nicht verändern (Roland Berger et al. 2021). Im Busverkehr ist der Technologiewechsel mit moderaten Mehrkosten verbunden (siehe Abbildung 8). Dies liegt darin begründet, dass durch Ladepausen ein Fahrzeughmehrbedarf besteht und die Anschaffungskosten für batterieelektrische Fahrzeuge in absehbarer Zeit noch signifikant höher sein werden. Auf die Gesamtkosten hat beides allerdings einen sehr geringen Einfluss, da diese von den Personalkosten dominiert werden. Die damit verbundenen Mehrkosten lägen bei etwa 12 bis 15 Prozent, je nachdem, welche mittelfristigen Annahmen über den Strom- und Treibstoffbezug gemacht werden. Dies scheint – unabhängig davon, ob es durch die Nutzer:innen oder die öffentlichen Haushalte finanziert wird – verkraftbar.

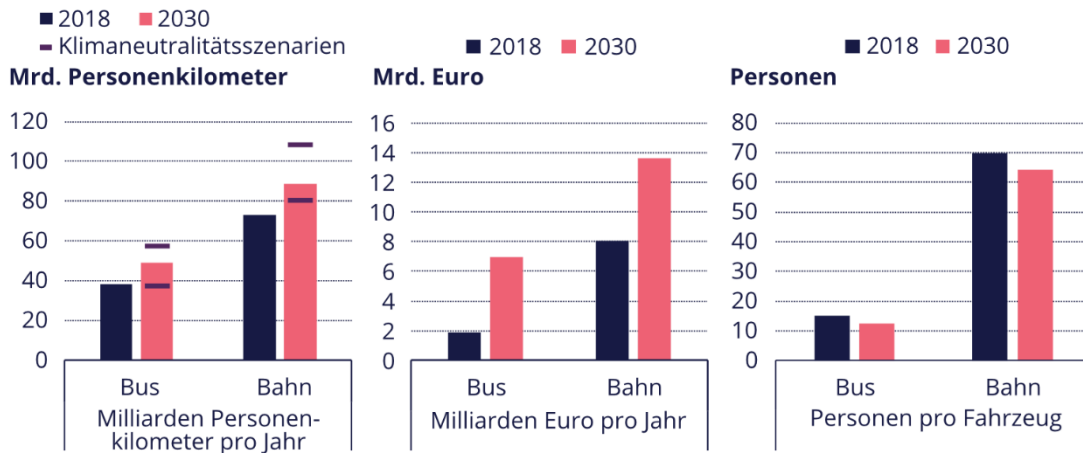
Deutlich größere Kostensteigerungen scheinen hingegen durch die Angebotsausweitung des ÖPNV möglich. Besonders auf dem Land stehen kommunale Verkehrsunternehmen im direkten Wettbewerb mit dem motorisierten Individualverkehr. Eine substantielle Ausweitung scheint deshalb nur denkbar, wenn sich die Preise für die Nutzer:innen nicht wesentlich verändern. Für die betriebswirtschaftliche Rechnung ist entscheidend, wie viel Nutzungsausweitung durch ein erhöhtes Angebot zu erreichen ist. Abbildung 9 demonstriert ein mögliches Ausweitungsszenario des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen, das bei einem Zuwachs der konsumtiven Zuschüsse bis 2030 von etwa zehn Milliarden Euro pro Jahr von einer Leistungsausweitung von 25 Prozent ausgeht (Roland Berger et al. 2021). Deutlich steigende Leistungskosten in allen Verkehrsarten implizieren, dass eine Angebotsausweitung trotz gleichbleibender Nutzerpreise mit einer sinkenden Auslastung einhergeht. Der ÖPNV stößt also insbesondere im ländlichen Raum auf negative Skaleneffekte, wo die Ausweitung vor allem durch Bedarfsverkehre ermöglicht werden soll.

Skaleneffekte im ÖPNV

Beförderungsleistung

Konsumtiver Zuschuss

Durchschnittliche Auslastung



Kosten- und Mengeneffekte der Angebotsausweitung im ÖPNV nach dem Szenario des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (Roland Berger et al. 2021). Links: Entwicklung der Beförderungsleistung und Vergleich zu den Klimaneutralitätsszenarien für Deutschland (vgl. Lübbers et al. 2022). Mitte: Zuwachs des benötigten konsumtiven Zuschusses. Es wird von konstanten Nutzerpreisen ausgegangen. Rechts: Trotz konstanter Preise sinkt die Auslastung in beiden Verkehrsträgern.

Lesebeispiel: Eine Ausweitung der Beförderungsleistung des Bus-ÖPNV von 38 auf 49 Milliarden Personenkilometer bis 2030 würde einen Zuwachs der öffentlichen Mittel von 1,8 Milliarden auf 6,9 Milliarden Euro pro Jahr erfordern und die durchschnittliche Auslastung von 15 auf 12 Personen pro Fahrzeug verringern.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzien

Abbildung 9: Skaleneffekte im ÖPNV; Quellen: Roland Berger et al. (2021). und Lübbers et al. (2022)

Angesichts der großen klimapolitischen Bedeutung, die der Ausweitung des öffentlichen Fern- und Nahverkehrs beigemessen wird, ist das eine ernüchternde Perspektive. Denn mehrheitlich gehen die Szenarien zu einem klimaneutralen Deutschland von einer weit stärkeren Ausweitung der öffentlichen Personenbeförderungsleistung aus (Lübbers et al. 2022). Steigende Kosten lassen sich mit den oben angesprochenen positiven Effekten auf Lebensqualität, Teilhabe und Umwelt durchaus rechtfertigen. Doch erfordert eine Angebotsausweitung erhebliche öffentliche Zuschüsse, sollen reale Nutzungspreise annähernd konstant bleiben, was wiederum Bedingung für eine hohe Auslastung ist.

Wie also lassen sich mögliche negative Skaleneffekte der Angebotsausweitung eindämmen? Zwei strukturelle Hürden gilt es, zu adressieren. Zum einen müssten die Leistungskosten mittel- bis langfristig durch einen schnelleren Hochlauf des autonomen Fahrens gesenkt werden. Dies könnte den hohen Personalkostenanteil senken (siehe Abbildung 8). Da die Beförderungsunternehmen mit Personalmangel zu kämpfen haben und der Weg zur Klimaneutralität ohnehin einen enormen Arbeitskräftebedarf nach sich zieht, dürfte der resultierende Stellenabbau leicht zu verkraften sein (Friese et al. 2024). Im Gegensatz zu einer stärkeren Ausweitung der konsumtiven Bezuschussung des ÖPNV hätte autonomes Fahren einen strukturell kostensenkenden Effekt und würde die öffentlichen Haushalte schonen.

Die Senkung der Nutzungspreise, gleichwohl auf welche Weise, hat allerdings den Nebeneffekt, dass zusätzliche Verkehre induziert werden. Diese überwiegen in Studien deutlich die klimapolitisch erwünschte Wirkung eines *modal shift* (Bull et al. 2021). Die *notwendige* Bedingung

dafür, dass Kostensenkungen im ÖPNV auch zu einem substanziellen Rückgang des motorisierten Individualverkehrs führen, sind also Maßnahmen, die Letzteren weniger attraktiv machen. Hierzu gehört neben der Bepreisung von Verkehrsemissionen auch ein Abbau der steuerlichen Begünstigungen des PKW, kostengerechte Parkraumbewirtschaftung, Verkehrsberuhigung, die Ausweitung des ÖPNV-Vorrangs im Fließverkehr, eine konsequente Geschwindigkeitsreduktion des MIV sowie die Reduktion der Flächen des Fließ- und Standverkehrs (Buchholz & Flaig 2022; Peiseler et al. 2024; Plötz et al. 2024). Werden die geringe Attraktivität des ÖPNV und die hohe Attraktivität des MIV gemeinsam adressiert, kann eine Angebotsausweitung auch mit höherer durchschnittlicher Auslastung gelingen und so kostensenkend wirken – und gleichzeitig tatsächlich zum Rückgang des motorisierten Individualverkehrs führen.¹⁴ Volkswirtschaftlich ist mit großer Sicherheit davon auszugehen, dass eine Ausweitung des ÖPNV wohlfahrtsfördernd ist – doch gilt das nur insofern dabei die externen Kosten des Verkehrs gesenkt werden können, die beinahe ausschließlich im MIV entstehen (Peiseler et al. 2024).

4. Klimaneutrale Ernährung: Zukünftigen Verteilungskonflikten vorgreifen

Die konsumbezogenen Emissionen der Ernährung stagnieren. Das Setzen auf einen Verhaltenswandel von unten geht unbequem und bislang nicht gut verstandenen Verteilungskonflikten aus dem Weg.

Im Gegensatz zum Verkehrs- und Wärmesektor spielt die Landwirtschaft in der klimapolitischen Debatte bisher eine untergeordnete Rolle. Das ist verständlich, denn Klimaneutralität ist hier eine deutlich komplexere Zielvorgabe als in anderen Sektoren. Das Emissionsprofil der Landwirtschaft besteht zum großen Teil aus Methan und Stickoxiden, und diese sind überwiegend nicht direkt vermeidbare Prozessemissionen. Die Landnutzung ist in Klimaschutzszenarien ein großer Hebel zur Realisierung von Negativemissionen – etwa über die Wiedervernässung von Mooren, durch Wiederaufforstung oder durch eine effizientere Flächenbewirtschaftung durch geringere Tierhaltung. Nicht zuletzt produziert der Sektor überlebensnotwendige Güter und ist damit eng verknüpft mit dem Erreichen von wirtschaftlichen Entwicklungszielen (IPCC 2023).

Erschwerend kommt die weitverbreitete Auffassung hinzu, man könne sich zur Emissionsreduktion auf einen graduellen Wandel des Ernährungsstils verlassen. Zum Beispiel ist der Fleischkonsum seit einigen Jahren rückläufig: Im Durchschnitt essen die Deutschen heute knapp 52 Kilogramm Fleisch im Jahr, so wenig wie zuletzt vor 30 Jahren (BMEL 2024a). Auch die Emissionen der Landwirtschaft sind seit 2014 um knappe 12 Prozent gesunken und damit seit einem Jahrzehnt leicht rückläufig (Umweltbundesamt 2024). Beide Trends täuschen aber darüber hinweg, dass die Emissionen der *Ernährung* in Deutschland – die für den Nexus sozialer und ökologischer Ziele entscheidend sind – seit Jahren stagnieren. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe.

¹⁴ Dass eine Senkung der Nutzungspreise erhebliche positive soziale Wirkungen entfalten kann, unterstreicht dabei den hier skizzierten Konflikt zwischen sozialen und klimapolitischen Zielen (vgl. Rozynek 2024).

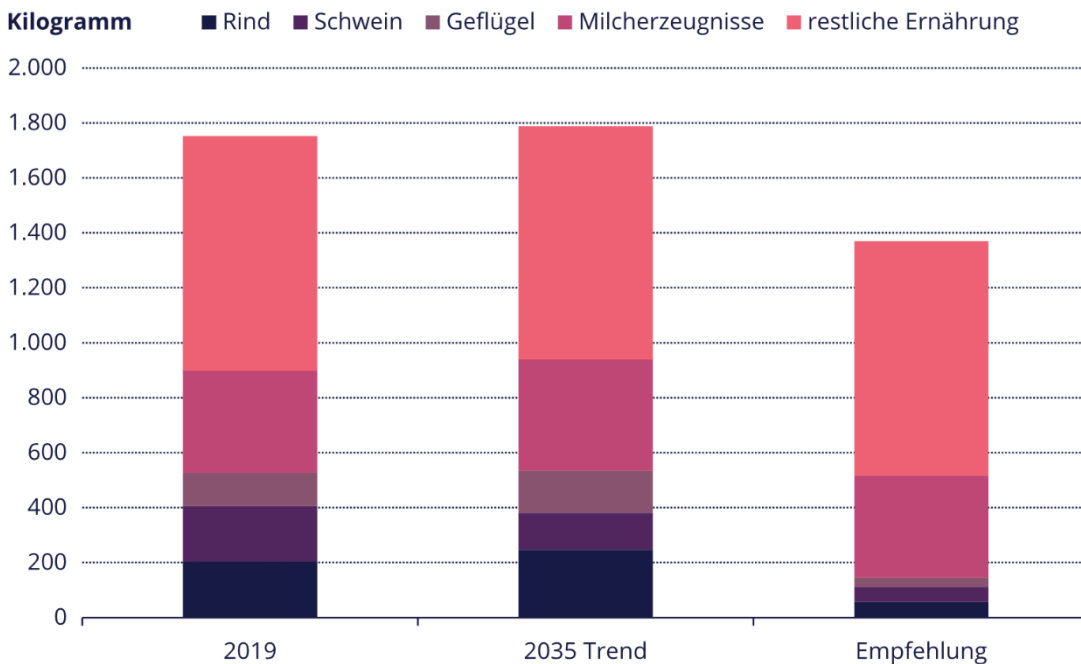
Zunächst ist der gegenläufige Trend in der Produktion und im Konsum ein klassisches Problem des *carbon leakage*: Emissionsintensive Nahrungsmittel werden zunehmend importiert. Die Treibhausgase, die durch deutschen Konsum entstehen, werden also heute mehr im Ausland emittiert. Im gleichen Zeitraum, in dem die produktionsseitigen Emissionen abgenommen haben (2014 bis 2022, siehe oben), ist auch der Selbstversorgungsgrad um etwas mehr als 12 Prozent zurückgegangen (BMEL 2024b). Ausschlaggebend für die ausbleibende Emissionsminderung dürfte hier vor allem sein, dass der stagnierende Rindfleisch- und der Frischmilchkonsum zunehmend über Auslandsimporte gedeckt werden (Rückgang des Selbstversorgungsgrads seit 2011 von jeweils 12 und 6 Prozent (BMEL 2024b)). Rein bilanziell haben sich dadurch die produktionsbezogenen Emissionen verbessert.

Der zweite Grund ist eine Verschiebung des Fleischkonsums. Dieser nimmt zwar gemessen am konsumierten Gewicht ab. Allerdings lässt sich in den letzten Jahren eine Verschiebung des Konsums weg von eher klimafreundlichem Schweinefleisch hin zu Hühner- und besonders klimaschädlichem Rindfleisch beobachten. Dabei handelt es sich vermutlich um einen klassischen Wohlstandseffekt. Schweinefleisch gilt als weniger gesund oder minderwertiger als andere Fleischsorten, Rindfleisch hingegen als hochwertig. Dass eine reicher werdende Gesellschaft ihren Schweinefleischkonsum durch Rind und Huhn substituiert, ist deshalb plausibel. Unter Annahme eines linearen Trends im Konsum und gleichbleibenden Produktionsemissionen ergibt sich keinerlei Reduktion der Treibhausgasemissionen durch Ernährung (siehe Abbildung 10).¹⁵

¹⁵ Gemäß der Methodik des Umweltbundesamts werden hier nicht nur landwirtschaftliche Emissionen berücksichtigt, sondern auch die der Verarbeitung, des Transports und der Lagerung.

Durchschnittliche CO₂-Äquivalenzemissionen der Ernährung in Deutschland

In kg pro Kopf und Jahr



Vergleich der Treibhausgasbilanz verschiedener Ernährungswarenkörbe. Links: Durchschnittliche Ernährung 2019. Mitte: Prognose für 2035 basierend auf einem linearem Trend (2010 bis 2021). Rechts: Empfohlene Ernährung der deutschen Gesellschaft für Ernährung. Restliche Ernährung umfasst hier auch tierische Produkte, etwa Fisch und Eier.

Lesebeispiel: Durch den Konsum von Rindfleisch sind im Jahr 2019 etwa 200 Kilogramm Treibhausgasemissionen pro Kopf entstanden.

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Abbildung 10: Durchschnittliche CO₂-Äquivalenzemissionen der Ernährung in Deutschland; **Quelle:** Eigene Berechnung auf Basis von Daten des Umweltbundesamts und des BMEL

Auch wenn die Frage der Kostenträgerschaft im Agrarsektor noch weitgehend ungeklärt ist, lässt sich die Dimension des Problems über die Vermeidungskosten in der Landwirtschaft zumindest grob andeuten. Tabelle 1 gibt einen Überblick zu Kostenschätzungen verschiedener Kohlenstoffsinken (vgl. Edenhofer et al. 2024). Wird der Flächenverbrauch der Landwirtschaft nicht reduziert, weil der Warenkorb der Ernährung sich zum Beispiel nicht verändert, sind Vermeidungskosten von über 400 Euro pro Kopf und Jahr denkbar.¹⁶ Das entspricht in etwa dem doppelten Monatsbudget für Ernährung eines durchschnittlichen Singlehaushalts in Deutschland. Verändert sich die Ernährung, könnten die durchschnittlichen Vermeidungskosten durch günstigere Kohlenstoffsinken und geringere Warenkorbemissionen auch tendenziell im einstelligen Bereich liegen. Eine wichtige Einschränkung dabei ist jedoch, dass Negativemissionstechnologien nicht gleichwertig sind. Zum Beispiel nimmt der von Mooren und Wäldern gespeicherte Kohlenstoff im Zeitverlauf ab, sie stellen also im Gegensatz zu Technologien wie Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS), bei welcher Biomasse für Strom

¹⁶ In dieser groben Übersichtsrechnung wird davon ausgegangen, dass zugunsten emissionsärmerer Ernährung weder in das Preisgefüge eingegriffen wird noch entsprechende regulatorische Maßnahmen getroffen werden. Es wird der projizierte Warenkorb aus Abbildung 9 sowie ein Durchschnittspreis der Emissionskompensation angenommen.

verbrannt und das daraus hervorgehende CO₂ gespeichert wird, oder Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS), bei dem CO₂ direkt aus der Luft entnommen und gespeichert wird, keine dauerhafte Senkenleistung zur Verfügung. Zusätzlich ist die Speicherdauer relevant (siehe Schätzungen Tabelle 1). Insofern der gespeicherte Kohlenstoff etwa durch menschliche Eingriffe wieder in die Atmosphäre eingebracht werden kann, handelt es sich um aufgeschobene Emissionen, die volkswirtschaftlich einen geringeren Wert haben als die permanente geologische Speicherung (Kalkuhl et al. 2022a).

Technologie	Kosten (EUR/tCO ₂ E) Speicherdauer
Wiederaufforstung, Aufforstung	0 - 45 Jahrzehnte
Wiedervernässung von Mooren	35 - 100 Jahrzehnte
Basaltdüngung (enhanced weathering)	45 - 180 Jahrhunderte
Meer-Entsäuerung (ocean alkalization)	10 - 450 Jahrhunderte
Bioenergie + Abscheidung (BECCS)	90 - 180 Jahrtausende
Direct Air Capture (DACCS)	90 - 270 Jahrtausende

Technische Kohlenstoffsinken deren Kosten (in Euro pro gespeicherter Tonne CO₂) und die geschätzte Speicherdauer. Die Kostenpunkte sind Schätzungen für 2050 (in heutigem Geldwert) mit Ausnahme der Moorwiedervernässung (Schätzung für heute). Nichtpermanente Senken geben volkswirtschaftlich eine "Kohlenstoffschuld" an zukünftige Generationen, da der Atmosphäre wiederholt CO₂ entzogen werden muss.

Tabelle 1: Optionen für Technische Kohlenstoffsinken; **Quellen:** Edenhofer et al. 2024 und Hartje et al. 2015

Welche Schlüsse sich mit Hinsicht auf politische Lösungsvorschläge aus dieser unübersichtlichen Situation ergeben, ist nicht leicht zu beantworten. Fest steht, dass eine klimaneutrale Landwirtschaft ohne Reduktion des Fleischkonsums schwer denkbar ist und ohne ein Anreizsystem für Kohlenstoffsinken nicht funktioniert. Szenarien für eine klimaneutrale Landwirtschaft gehen einstimmig von einem Rückgang der Nutztierhaltung aus (Lübbers et al. 2022). Eine Umstellung des Warenkorbs auf die Empfehlung der deutschen Gesellschaft für Ernährung, die einen Fleischkonsum von maximal 300 Gramm die Woche empfiehlt, würde die Treibhausgasemissionen durch Ernährung um ein knappes Viertel senken.¹⁷ Allerdings ist unklar, wie die Bevölkerung davon überzeugt werden soll.

Aus sozialer Sicht scheint eine Aufnahme der Landwirtschaft in den ETS nicht empfehlenswert, da Preisunsicherheiten bei Nahrungsmitteln erheblichen sozialen Sprengstoff bieten. Stattdessen wäre eine moderate europaweite Besteuerung von Stickoxid- und Methanemissionen ein gangbarer Weg. Zwar wirken Preissteigerungen in der Ernährung besonders regressiv – doch bei einem behutsamen Vorgehen, das den Wechsel zu weniger Fleischkonsum anreizt, würden

¹⁷ Hier wird davon ausgegangen, dass sich der Fleischkonsum anteilig so verteilt wie heute.

Mehrbelastungen vermieden werden können. Die Einnahmen der Besteuerung könnten zunächst in vollem Umfang an die Betriebe ausgeschüttet werden und später in einen Kompensationsmechanismus für Kohlenstoffsenken überführt werden. Moderate, aber bestimmte steuerliche Eingriffe in die *Preisstruktur* der Ernährung könnten so helfen, drastischeren und schwerer lösbaren Verteilungskonflikten der nahen Zukunft vorzugreifen.

5. Fazit: Entlastungsmaßnahmen zwischen Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Zielgenauigkeit

Die Klimapolitik in Deutschland und Europa muss in den nächsten Jahren einen tiefgreifenden Richtungswechsel erfahren. Mit dem Gebäude- und Verkehrssektor rücken Wirtschaftsbereiche in den Fokus, in denen bisher wenig Fortschritt erzielt wurde und private Haushalte unmittelbar impliziert sind. Zügige Dekarbonisierung bedeutet in beiden Sektoren einen raschen Markthochlauf von ausgereiften Technologien bei fortbestehender Unsicherheit über die Kosten. Unter diesen Parametern braucht es robuste Lösungen für die verteilungspolitischen Konsequenzen der Klimapolitik und eine fortwährende und umfassende soziale Folgenabschätzung. Nur wenn die relativen Belastungswirkungen klimapolitischer Instrumente mitgedacht und adäquat adressiert werden, kann ein sozialer Konsens für zügigen Klimaschutz gelingen. Gleichzeitig müssen die Grenzen des Möglichen gut verstanden sein, damit verteilungs- und klimapolitische Ziele sich nicht gegenseitig blockieren. Das erfordert eine ehrliche und umfassende Debatte, die die Wirkung unterschiedlicher Instrumente in den Blick nimmt. Ein Pro-Kopf-Klimageld ist ein wichtiges Übergangsinstrument, wird aber mittelfristig dieser komplexen Problemlage nicht gerecht werden können.

Eine Entlastung vulnerabler Haushalte ist bei der Wärmewende unausweichlich. Hier sind bis tief in die Mitte der Gesellschaft hohe Spitzenbelastungen möglich. Sowohl für Haushalte, die mit dem Heizungswechsel noch warten, als auch für solche, die früh umsteigen, müssen Lösungen gefunden werden. Vorschläge dazu – mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen – bestehen bereits, ihre Umsetzbarkeit ist allerdings unsicher (Bachmann & Bayer 2023; Bauermann et al. 2023; Kellner et al. 2023).¹⁸ Im Verkehrssektor stehen die tatsächlichen Belastungswirkungen der CO₂-Bepreisung im Widerspruch zu einer oft aufgeheizten politischen Debatte um Spritpreise. Aus verteilungspolitischer Sicht ergibt sich hier keine dringende Notwendigkeit für bedarfsorientierte Entlastungsmaßnahmen oder Förderinstrumente. Hier sollte das verfügbare Einkommen der Haushalte klar im Vordergrund stehen, etwa durch eine Versteuerung des Klimagelds oder eine einkommensbezogene Förderung.

In diesem Papier wurden zwei weitere Problemfelder diskutiert. Zum einen die Rolle der Daseinsvorsorge am Beispiel des ÖPNV: Wenn negative Skaleneffekte und hohe Attraktivität des MIV gleichzeitig adressiert werden, kann der ÖPNV einen substanziellen Beitrag zu Klimaschutz und sozialer Teilhabe leisten. Weil eine grundsätzliche Einordnung bei der kommunalen Wärmeversorgung noch schwieriger ist, wurde hier zunächst von einer solchen abgesehen. Hier müssen dringend analytische Lücken geschlossen werden, um die klimapolitische Debatte voranzubringen. Zum anderen wurde ein cursorischer Blick darauf versucht, welche ökonomischen Implikationen eine klimaneutrale Landwirtschaft haben könnte. Die Komplexität

¹⁸ Zumindest beim Vorschlag von Bauermann et al. (2023) ist allerdings die langfristige Verteilungswirkung noch unklar.

dieses Problems empfiehlt frühes politisches Handeln, das ökonomische Anreize setzt, um zukünftigen Verteilungskonflikten vorzugreifen.

6. Literatur

Abou-Chadi, T. / Jansen, J. / Kollberg, M. / Redeker, N. (2024): "Uncovering European Voters' Climate Preferences", Jacques Delors Centre, Policy Brief, online verfügbar unter: <https://www.delorscentre.eu/en/publications/detail/publication/debunking-the-backlash-uncovering-european-voters-climate-preferences>, [Zuletzt aufgerufen: 7.5.2024].

ADAC (2024): "Autodatenbank", online verfügbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/>, [Zuletzt aufgerufen: 13.3.2024].

Bach, S. / Buslei, H. / Felder, L. / Haan, P. (2023): "Verkehrs- und Wärmewende: CO₂-Bepreisung stärken, Klimageld einführen, Anpassungskosten verringern", Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wochenbericht, 23-2023, online verfügbar unter: http://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.874122.de, [Zuletzt aufgerufen: 6.2.2024].

Bachmann, R. / Bayer, C. (2023): "Respekt vor unterschiedlichen Ausgangsbedingungen: Horizontale Fairness in die CO₂-Bepreisung bringen", ECONtribute, Policy Brief, 054, online verfügbar unter: https://www.econtribute.de/RePEc/ajk/ajkpbs/ECONtribute_PB_054_2023.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 27.2.2024].

Bauermann, T. / Dullien, S. / Martin, C. (2023): "Mit staatlichem Sanierungskapital die Wärmewende unterstützen", Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung, Policy Brief, 153, online verfügbar unter: https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-008648, [Zuletzt aufgerufen: 13.11.2023].

Bienert, S. / Groh, A. (2022): "Klimaneutralität vermieteter Mehrfamilienhäuser – aber wie?", International Real Estate Business School, Universität Regensburg, Beiträge zur Immobilienwirtschaft, Heft 28, online verfügbar unter: <https://epub.uni-regensburg.de/52267/1/Heft%2028.pdf>, [Zuletzt aufgerufen: 12.3.2024].

BMDV (2021): "Kostenvergleich: Streckenelektrifizierungen versus Einsatz alternative Antriebe", online verfügbar unter: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-aktuell/kostenvergleich-streckenelektrifizierungen-versus-einsatz-alternative-antriebe.html>, [Zuletzt aufgerufen: 11.4.2024].

BMEL (2024a): "Versorgungsbilanz Fleisch", BMEL-Statistik, online verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung/versorgungsbilanzen/fleisch>, [Zuletzt aufgerufen: 24.4.2024].

BMEL (2024b): "Versorgungsbilanzen", BMEL-Statistik, online verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung/versorgungsbilanzen>, [Zuletzt aufgerufen: 24.4.2024].

Borenstein, S. / Davis, L. W. (2016): "The Distributional Effects of US Clean Energy Tax Credits", Tax Policy and the Economy, 30 (1), S. 191–234.

- Buchholz, P. / Flaig, S. (2022): „Push-Maßnahmen“ zur Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) bzw. zur nachhaltigen Veränderung des Modal Split“, Bund für Umwelt und Naturschutz, online verfügbar unter: https://www.bund-bawue.de/fileadmin/bawue/Dokumente/Themen/Mobilitaet/BUND_Katalog_push-Massnahmen_Verkehr.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 3.5.2024].
- Bull, O. / Muñoz, J. C. / Silva, H. E. (2021): "The impact of fare-free public transport on travel behavior: Evidence from a randomized controlled trial", *Regional Science and Urban Economics*, 86, S. 1–43.
- Davis, L. W. (2023): "The Economic Determinants of Heat Pump Adoption", NBER, Working Paper, 31344, online verfügbar unter: <https://www.nber.org/papers/w31344>, [Zuletzt aufgerufen: 3.4.2024].
- Deryugina, T. (2018): "The Distributional Effects of Building Energy Codes", NBER, Working Paper, 24211, online verfügbar unter: <http://www.nber.org/papers/w24211>, [Zuletzt aufgerufen: 3.4.2024].
- Destatis (2021): "Umweltökonomische Gesamtrechnung", online verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=themes&levelindex=0&levelid=1715078587462&code=85#abreadcrumb>, [Zuletzt aufgerufen: 7.5.2024].
- Edenhofer, O. / Franks, M. / Beznoska, M. / Kalkuhl, M. / Runge-Metzger, A. (2024): "On the Governance of Carbon Dioxide Removal – A Public Economics Perspective", *European Journal of Public Finance*, 80 (1), S. 70.
- Edenhofer, O. / Kalkuhl, M. / Knopf, B. (2020): "CO₂-Bepreisung: Mehr Klimaschutz mit mehr Gerechtigkeit", Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Arbeitspapier, 4–18, online verfügbar unter: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/2021_MCC_Klimaschutz_mit_mehr_Gerechtigkeit.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 16.4.2024].
- Endres, L. (2024): "Verteilungswirkung der CO₂-Bepreisung In den Sektoren Verkehr und Wärme mit Pro-Kopf-Klimageld", Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung, Policy Brief, 161, online verfügbar unter: <https://www.imk-boeckler.de/de/faust-detail.htm?produkt=HBS-008757>, [Zuletzt aufgerufen: 20.3.2024].
- Few, J. / Manouseli, D. / McKenna, E. / Pullinger, M. / Zapata-Webborn, E. / Elam, S. / Shipworth, D. / Oreszczyn, T. (2023): "The over-prediction of energy use by EPCs in Great Britain: A comparison of EPC-modelled and metered primary energy use intensity", *Energy and Buildings*, 288, S. 1–16.
- Figenbaum, E. / Kolbenstvedt, M. (2016): "Learning from Norwegian Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicle users – Results from a survey of vehicle owners", Institute of Transport Economics, Report, 1492/2016, online verfügbar unter: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43161>, [Zuletzt aufgerufen: 2.11.2023].
- Friese, F. / Schaaffkamp, C. / Klauser, C. (2024): "Kurzstudie zum Personalbedarf im kommunalen ÖPNV bis 2030/35", Klima-Allianz Deutschland und Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di), Kurzstudie, online verfügbar unter: <https://www.verdi.de/presse/downloads/pressemappen/++co++e70a122c-dfaa-11ee-8e3a-6f0c150ddb48>, [Zuletzt aufgerufen: 11.3.2024].

- Günther, D. / Wapler, J. / Langner, R. / Helmling, S. (2020): "Wärmepumpen in Bestandsgebäuden - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt "WPsmart im Bestand"", Fraunhofer ISE, Abschlussbericht, online verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/wpsmart-im-bestand.html>, [Zuletzt aufgerufen: 25.3.2024].
- Hänsel, M. C. / Franks, M. / Kalkuhl, M. / Edenhofer, O. (2022): "Optimal carbon taxation and horizontal equity: A welfare-theoretic approach with application to German household data", *Journal of Environmental Economics and Management*, 116, S. 102730.
- Hartje, V. / Wüstemann, H. / Bonn, A. / Naturkapital Deutschland - TEEB DE / Technische Universität Berlin / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Eds.) (2015): *Naturkapital und Klimapolitik: Synergien und Konflikte*, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig.
- IPCC (Ed.) (2023): "Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU)", in: *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, S. 747–860.
- Kalkuhl, M. / Franks, M. / Gruner, F. / Lessmann, K. / Edenhofer, O. (2022a): "Pigou's Advice and Sisyphus' Warning: Carbon Pricing with Non-Permanent Carbon-Dioxide Removal", *SSRN Electronic Journal*.
- Kalkuhl, M. / Kellner, M. / Rooffs, C. / Rütten, K. (2022b): "Optionen zur Verwendung der Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung", *Kopernikus-Projekt Ariadne, Kurzdossier*, online verfügbar unter: https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/2666/live/lw_datei/ariadne-kurzdossier_r-C3-BCckerstattungsoptionen_maerz2023.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 16.4.2024].
- Kellner, M. / Rütten, K. / Callaghan, M. / Kögel, N. / Kalkuhl, M. / Knopf, B. / Edenhofer, O. (2023): "Systematische Verteilungsanalyse zur Wärmewende: Welche Haushalte tragen die Kosten und wie kann die Entlastung aussehen?", *Mercator Research Institutes on Global Commons and Climate Change, Arbeitspapier*, online verfügbar unter: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/2023_MCC_Systematische_Verteilungsanalyse_zur_Waermewende.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 24.6.2023].
- Kholodilin, K. A. / Mense, A. / Michelsen, C. (2017): "The market value of energy efficiency in buildings and the mode of tenure", *Urban Studies*, 54 (14), S. 3218–3238.
- Lübbers, S. / Wunsch, M. / Lovis, M. / Wagner, J. / Sensfuß, F. / Luderer, G. / Bartels, F. (2022): *Vergleich der "Big 5" Klimaneutralitätsszenarien*.
- MIT (2017): "Mobilität in Tabellen", online verfügbar unter: <https://mobilitaet-in-tabellen.dlr.de/mit/>, [Zuletzt aufgerufen: 15.4.2024].
- Morrison, K. / Wappelhorst, S. (2022): "Battery electric vehicle access in Europe: A comparison of rural, intermediate, and urban regions", *International Council on Clean Transportation, Working Paper, 2022–18*, online verfügbar unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/06/bev-access-europe-jun22.pdf>, [Zuletzt aufgerufen: 7.5.2024].
- Morrison, K. / Wappelhorst, S. / Bowen Smith, Z. (2022): "Whose BEV is it anyway? New registrations and disparities across Europe", *International Council on Clean Transportation*, online verfügbar unter: <https://theicct.org/new-reg-bevs-eu-aug22/>, [Zuletzt aufgerufen: 23.4.2024].

- Nesselhauf, L. / Müller, S. (2023): "Der CO₂-Preis für Gebäude und Verkehr. Ein Konzept für den Übergang vom nationalen zum EU-Emissionshandel", Agora Verkehrswende, Analyse, online verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/der-co2-preis-fuer-gebaeude-und-verkehr>, [Zuletzt aufgerufen: 6.5.2024].
- Nöh, L. / Rutkowski, F. / Schwarz, M. (2020): "Auswirkungen einer CO₂-Bepreisung auf die Verbraucherpreisinflation", Sachverständigenrat zur Begutachtung der wirtschaftlichen Entwicklung, Arbeitspapier, 3/2020, online verfügbar unter: https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/Arbeitspapiere/Arbeitspapier_03_2020.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 7.5.2024].
- Noka, V. / Cludius, J. / Wieden, M. bei der / Liste, V. (2023): "Wohn- und Energiekostenbelastung von Mietenden", Öko-Institut, Studie für den Deutschen Mieterbund, online verfügbar unter: <https://www.oeko.de/projekte/detail/wohn-und-energiekostenbelastung-von-mietenden/>, [Zuletzt aufgerufen: 5.2.2023].
- Pahle, M. (2024): "Die CO₂-Bepreisung im Umbruch", Friedrich-Ebert-Stiftung, FES-Impuls, online verfügbar unter: <https://www.fes.de/themenportal-wirtschaft-finanzen-oekologie-soziales/artikelseite/fes-impuls-die-co2-bepreisung-im-umbruch>, [Zuletzt aufgerufen: 7.5.2024].
- Peiseler, F. / Runkel, M. / Zahn, P. / Collmer, F. (2024): "MIV und ÖPNV im Kostenvergleich: Einsparung gesellschaftlicher Kosten durch den öffentlichen Personennahverkehr", Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft, Studie, 04/2024.
- Plötz, P. / Koch, N. / Bach, S. / Haan, P. / Kisting, D. / Illenseer, N. (2024): "Klimaschädliche Subventionen entsprechen negativen CO₂-Preisen", Ariadne, Kurzdossier, online verfügbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/kurzdossier-klimaschaedliche-subventionen-entsprechen-negativen-co2-preisen/>, [Zuletzt aufgerufen: 3.5.2024].
- Rafaty, R. / Dolphin, G. / Pretis, F. (2022): "Carbon Pricing and the Elasticity of Co₂ Emissions", University of Oxford, Preprint, online verfügbar unter: <https://papers.ssrn.com/abstract=4188459>, [Zuletzt aufgerufen: 6.2.2024].
- Rehm, M. / Huwe, V. / Bohnenberger, K. (2023): "Klimasoziale Transformation Klimaschutz und Ungleichheitsreduktion wirken Hand in Hand", Bertelsmann Stiftung, Focus Paper, 6, online verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/W_Focus_Paper__6_Klimasoziale_Transformation.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 7.5.2024].
- Roland Berger / Intraplan / Florenus (2021): "Verkehrswende gestalten Gutachten über die Finanzierung von Leistungskosten der öffentlichen Mobilität", Studie im Auftrag des VDV, online verfügbar unter: <https://www.vdv.de/rb-pub-ldv-leistungskostengutachten-adj.210924-ds.pdf>, [Zuletzt aufgerufen: 27.3.2024].
- Rozynek, C. (2024): "Imagine the financial barrier to public transport use disappears. The impact of the 9-Euro-Ticket on the mobility and social participation of low-income households with children", Transport Policy, 149, S. 80–90.
- Runkel, M. / Stube, R. (2019): "Elektroautos und Verbrenner im Gesamtkostenvergleich", Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft, Policy Brief, 2/2019, online verfügbar unter: https://foes.de/pdf/2019-12_FOES_Autovergleich.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 23.1.2023].

Schlattmann, L. / Kuhn, M. (2024): "Distributional Consequences of Climate Policies", Universität Mannheim, Working Paper, online verfügbar unter: https://lennardschlattmann.github.io/papers/paper_cc.pdf, [Zuletzt aufgerufen: 12.4.2024].

Sommer, S. / Mattauch, L. / Pahle, M. (2022): "Supporting carbon taxes: The role of fairness", *Ecological Economics*, 195, S. 1–32.

Sphera (2021): "Transformationsprozess zu emissionsfreien Bussen im Kontext der Clean Vehicles Directive", Studie i.A. des WBO - Verband Baden-Württembergischer Omnibusunternehmen e.V., online verfügbar unter: <https://www.wbo.de/veroeffentlichungen/cvd-studie.html>, [Zuletzt aufgerufen: 3.10.2023].

Stajić, D. / Pfeifer, A. / Herc, L. / Logonder, M. (2023): "Early adoption of battery electric vehicles and owners' motivation", *Cleaner Engineering and Technology*, 15, S. 1–14.

Sunikka-Blank, M. / Galvin, R. (2012): "Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption", *Building Research & Information*, 40 (3), S. 260–273.

Umweltbundesamt (2024): Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt, Treibhausgas-Projektionen für Deutschland, Treibhausgas-Projektionen für Deutschland.

Vogt, M. (2022): "Elektroauto-Batterie: Haltbarkeit, Garantie, Reparatur", ADAC, online verfügbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-batterie/>, [Zuletzt aufgerufen: 14.3.2024].

Dezernat Zukunft

Institut für Makrofinanzen

Das Dezernat Zukunft ist eine überparteiliche Vereinigung, die Geld-, Finanz- und Wirtschaftspolitik verständlich, kohärent und relevant erklären und neu denken will. Dabei leiten uns unsere Kernwerte:

Demokratie, Menschenwürde und breit verteilter Wohlstand.



www.dezernatzukunft.org



@DezernatZ

Diese Arbeit wurde unterstützt von der European Climate Foundation, Laudes Foundation und dem Sozialklimarat.

Impressum

Veröffentlicht durch:

Dezernat Zukunft e.V.,
Chausseestraße 111, 10115 Berlin
www.dezernatzukunft.org

Vertretungsberechtigter Vorstand:

Dr. Maximilian Krahé

Vorstand:

Dr. Maximilian Krahé, Dr. Maximilian Paleschke, Nicolas Gassen

Vereinsregister des Amtsgerichts Charlottenburg

Vereinsregisternummer 36980 B

Inhaltlich Verantwortlicher nach §18 MstV: Dr. Maximilian Krahé

Herausgeber:

Dr. Maximilian Krahé, Berlin
E-Mail: max.krahe@dezernatzukunft.org

Design:

Burak Korkmaz

Diese Arbeit von Dezernat Zukunft ist lizenziert unter der CC BY-NC 4.0 

Die Inhalte können mit klarer Kennzeichnung der Quelle und, sofern angegeben, unter Angabe des Autors bzw. der Autorin verwendet werden.