



Ariadne-Report

Zwischen Kosteneffizienz und Verteilungskonflikten: Leitkonzepte für zielkonforme und gesellschaftlich tragfähige Klimapolitik

Gefördert durch:

Autorinnen und Autoren



» Maximilian Kellner
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung



» Prof. Dr. Andreas Peichl
ifo Institut



» Karolina Rütten
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung



» Katja Treichel-Grass
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung



» Prof. Dr. Matthias Kalkuhl
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung

Die AutorInnen danken Kathrin Kaestner für zahlreiche Hinweise und Anregungen zu diesem Beitrag sowie Anja Wächter für editorische Unterstützung bei der Erstellung.

Dieses Papier zitieren:

Maximilian Kellner, Andreas Peichl, Karolina Rütten, Katja Treichel-Grass, Matthias Kalkuhl (2026): Zwischen Kosteneffizienz und Verteilungskonflikten: Leitkonzepte für zielkonforme und gesellschaftlich tragfähige Klimapolitik. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam.

<https://doi.org/10.48485/pik.2026.03>

Kontakt zu den Autorinnen und Autoren: Maximilian Kellner, mkellner@pik-potsdam.de

Der vorliegende Report wurde von den oben genannten Autorinnen und Autoren des Ariadne-Konsortiums ausgearbeitet. Es spiegelt nicht zwangsläufig die Meinung des gesamten Ariadne-Konsortiums oder des Fördermittelgebers wider. Die Inhalte der Ariadne-Publikationen werden im Projekt unabhängig vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt erstellt.

Herausgeben von

Kopernikus-Projekt Ariadne
Potsdam-Institut für Klimafolgen-
forschung (PIK)
Telegrafenberg A 31
14473 Potsdam

Februar 2026

Bildnachweis

nadianb / Adobe Stock

INHALT

Kernaussagen	1
1. Motivation	2
2. Leitkonzepte der Klimapolitik: CO₂-Preis, Förderung, Ordnungsrecht	4
2.1. Zielerreichung ausschließlich über CO ₂ -Bepreisung	4
2.2. Zielerreichung ausschließlich über Förderung	6
2.3. Zielerreichung ausschließlich über Ordnungsrecht	7
3. Fallbeispiel: Transformationskosten im Gebäudesektor	10
4. Politikmix aus Kombination der Leitkonzepte	12
4.1. Pareto-Verbesserung für alle Haushalte	12
4.2. Reduktion der horizontalen Heterogenität	13
4.3. Bestandsschutz durch Politikmix mit Investitionsabgabe	13
5. Fazit	15
Literaturangaben	16

KERNAUSSAGEN

Klimapolitik steht im Spannungsfeld zwischen vielfältigen Zielvorgaben, wie Anforderungen an Kosteneffizienz, dem Anspruch an eine möglichst geringe Belastung für verschiedene Bevölkerungsgruppen und die Vermeidung von Verteilungskonflikten. Vor diesem Hintergrund wird die gesellschaftliche und politische Tragfähigkeit ambitionierter Klimapolitik regelmäßig in Frage gestellt. Dieser Report ordnet bestehende klimapolitische Instrumente verschiedenen wirtschaftspolitischen Leitkonzepten zu und ermöglicht so eine systematische Bewertung und Vergleichbarkeit.

- ▶ Das bestehende Instrumentarium aus CO₂-Bepreisung, Förderprogrammen und ordnungsrechtlichen Vorgaben wird im Hinblick auf die Kriterien Effizienz, Verteilungseffekte und Akzeptanz verglichen.
- ▶ Eine Aufschlüsselung der Transformationskosten im Gebäudesektor in Kosten der CO₂-Bepreisung, Höhe des Investitionsbedarfs und zukünftige Betriebskosten illustriert die enorme Heterogenität der Belastung und damit verbundene, hohe Anforderungen an eine anreizkompatible und verteilungsgerechte Klimapolitik.
- ▶ Um den Ansprüchen an Effizienz und Verteilungsgerechtigkeit Rechnung zu tragen, scheint von dem Hintergrund heterogener Kosten eine gezielte und abgestimmte Kombination des klimapolitischen Instrumentariums erforderlich und angemessen.
- ▶ Zusätzlich sollten neue und innovative Instrumente in Betracht gezogen werden. Beispielsweise lassen sich durch eine vorgelagerte Investitionsabgabe auf fossile Heizungen Belastungen im Bestand vermeiden, während Transformationsanreize für Neuanschaffungen ungehemmt bestehen bleiben.

1. MOTIVATION

Um die deutschen und europäischen Klimaziele zu erreichen, müssen umfassende Emissionssenkungen über alle Sektoren hinweg umgesetzt werden. In den Bereichen Wärme und Mobilität erfordert dies insbesondere auch Anstrengungen seitens privater Haushalte.

Um private Akteure zur Emissionsvermeidung zu bewegen, kann die Klimapolitik sich dreier unterschiedlicher wirtschaftspolitischer Leitkonzepte bedienen: Einer Steuerung über (1) eine Bepreisung des Verbrauchs klimaschädlicher Ressourcen, (2) eine Förderung von klimafreundlichen, alternativen Technologien und (3) ordnungsrechtliche Eingriffe, die Vorgaben für die Nutzung verschiedener Technologien bestimmen. Im aktuellen klimapolitischen Mix finden allen drei Paradigmen zurechenbare Instrumente Anwendung, wie etwa (1) eine CO₂-Bepreisung im Rahmen des nationalen Brennstoffemissionshandels für Heiz- und Treibstoffe, (2) Förderprogramme für Wärme- und Mobilitätswende im Klima- und Transformationsfonds sowie (3) Bestimmungen über die Energieeffizienz von Neubauten im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes oder Flottengrenzwerke auf europäischer Ebene. Die jetzige Regulierung ist jedoch nicht umfassend genug, um Emissionseinsparungen in der benötigten Höhe zu realisieren. Sowohl der Gebäude- als auch Verkehrssektor blieben wiederholt hinter den sektorspezifischen Minderungszielen zurück (Expertenrat für Klimafragen 2024). Folg-

lich sind weitere oder verschärfte Maßnahmen aus dem Instrumentarium dieser Leitkonzepte erforderlich. Je nachdem, welches Leitkonzept maßgeblich für die Gestaltung der Klimapolitik ist, ergeben sich unterschiedliche Effekte auf Kosteneffizienz (sowohl aus privater als auch öffentlicher Sicht), Lastenverteilung auf verschiedene Einkommens- und Vermögensgruppen sowie gesellschaftliche Tragfähigkeit und Akzeptanz.

In der vorliegenden Analyse werden die drei wirtschaftspolitischen Leitkonzepte im Hinblick auf die Kriterien Effizienz, Verteilung und gesellschaftliche Akzeptanz untersucht und miteinander verglichen. Dabei werden in Abschnitt 2 bereits bekannte Instrumente als auch neue Instrumente vorgeschlagen und diskutiert. In Abschnitt 3 werden beispielhaft die verschiedenen klimapolitischen Kosten im Gebäudesektor durch CO₂-Bepreisung, Umstieg auf klimaneutrale Wärme und Gebäudemodernisierung dargestellt, um die starke Heterogenität zu veranschaulichen. Abschließend werden die Vorteile einer Kombination der Leitkonzepte im klimapolitischen Mix und einer vorgelagerten Investitionsabgabe diskutiert.

Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht ist eine Emissionsreduktion über die Bepreisung von CO₂ zunächst mit den geringsten volkswirtschaftlichen Kosten verbunden, da sie ein Höchstmaß an Flexibilität zur Emissionssenkung bietet: Durch ei-

nen einheitlichen CO₂-Preis wird jeder Emissionsausstoß in gleichem Maße teurer, unabhängig von der Quelle. Es findet somit keine selektive Vergünstigung einzelner Alternativtechnologien statt und private Haushalte können selbst entscheiden, an welcher Stelle eine CO₂-Einsparung für sie optimal ist. Ein auf die Klimaziele abgestimmter CO₂-Preis ist jedoch aufgrund der sehr heterogenen Ausstattungen und Nutzungsverhalten im Bestand mit enorm heterogenen, teils hohen Belastungen für die einzelnen Privathaushalte verbunden. Dies trifft insbesondere im Gebäudesektor zu, der durch eine starke Variation im Hinblick auf Energieeffizienz, Wärmebedarfe und Restlebenszeit der verbauten fossilen Technologien geprägt ist. Jedoch treten auch im Bereich Mobilität große Heterogenitäten durch unterschiedliche Pendeldistanzen und die Verfügbarkeit von alternativen Transportmitteln auf. Diese Heterogenitäten führen auch dazu, dass bürokratiearme Rückerstattungsoptionen, wie ein Pro-Kopf-Klimageld, die Belastung nur unzureichend ausgleichen können (Edenhofer et al. 2021). Im traditionellen klimapolitischen Instrumentenmix wird deshalb zusätzlich auf Förderprogramme und ordnungsrechtliche Vorgaben zurückgegriffen. Diese schaffen Anreize bzw. Pflichten

zur Dekarbonisierung bei Neuanschaffungen, ohne eine finanzielle Belastung im Bestand zu verursachen. Weil diese Maßnahmen jedoch weniger flexibel als die CO₂-Bepreisung sind, führen sie zu höheren volkswirtschaftlichen Kosten und sind ebenfalls nicht verteilungsneutral. So führen technologiespezifische Förderprogramme dazu, dass Haushalte, die über die (technischen) Rahmenbedingungen zur Nutzung der jeweiligen Technologien verfügen, begünstigt werden, während ordnungsrechtliche Stichtage den zeitlichen Spielraum einschränken.

Als ein bisher kaum diskutiertes Instrument ist alternativ eine Investitionsabgabe auf die Neuanschaffung von fossilen Technologien abhängig von deren erwarteten Lebenszeitemissionen denkbar. Diese Abgabe würde wie ein vorgelagerter CO₂-Preis Neuanschaffungen weitgehend kosteneffizient steuern, während der Bestand vor hohen Belastungen geschützt wird. Auch ein gezielter Politikmix aus Bepreisung, Förderung und Ordnungsrecht kann sozial gerecht und wirtschaftlich effizient sein. Hierbei ist jedoch eine bewusste und fortlaufende Feinabstimmung der einzelnen Instrumente aufeinander erforderlich. Beispielsweise lassen sich im Gebäudesektor Belastungen für alle Haushalte vermeiden, wenn

die CO₂-Bepreisung mit einer durchdachten Rückerstattung und moderaten Förderprogrammen kombiniert wird (Kalkuhl et al. 2024a). Alternativ können preisbasierte Maßnahmen wie Investitionsabgaben, (handelbare) Standards und Subventionen im Neubau durch Ordnungsrecht ergänzt werden, dadurch weitgehend flexible Anreize schaffen und gleichzeitig finanzielle Härtefälle vermeiden (Edenhofer et al. 2025).

2. LEITKONZEPTE DER KLIMAPOLITIK: CO₂-PREIS, FÖRDERUNG, ORDNUNGSRECHT

Um die jeweiligen Effekte für jedes Leitkonzept gezielt ohne Überlagerungen oder Interaktionen mit alternativen Politikansätzen zu identifizieren, erfolgt die Analyse von Effizienz, Verteilung und Akzeptanz in diesem Abschnitt unter der Annahme, dass die Klimaziele vorrangig oder ausschließlich über das jeweilige Instrumentarium eines einzelnen Leitkonzepts erreicht werden.

Das Effizienzkriterium basiert auf einer Minimierung der gesamtgesellschaftlichen Kosten der Transformation. Bei der Betrachtung der Verteilungswirkung wird zwischen horizontalen und vertikalen Effekten unterschieden. Vertikale Effekte treten dann auf, wenn Haushalte mit unterschiedlich hohem Einkommen verschieden starke Belastungen aus der Klimapolitik erfahren. Horizontale Ungleichheit liegt im Gegensatz dazu dann vor, wenn Haushalte mit gleichem Einkommen dennoch unterschiedlich stark belastet sind. Letztere Effekte sind in der Regel mit größeren Hürden für die gezielte Kompensation verbunden, da einfach zu beobachtende Kriterien wie das Einkommen nicht zur Identifikation hoher Belastungen herangezogen werden können. Zur Evaluation der Akzeptanz wird auf Ergebnisse der aktuellen Forschung zur öffentlichen Unterstützung von klimapolitischen Instrumenten und qualitative Erkenntnisse aus der Ariadne-Bürgerdeliberation zurückgegriffen.

2.1 Zielerreichung ausschließlich über CO₂-Bepreisung

Ein CO₂-Preis erhöht die Kosten verschiedener Güter, abhängig von ihrer CO₂-Intensität. Im Gebäudesektor wirkt sich dies insbesondere auf fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl aus und beeinflusst somit die laufenden Betriebskosten klimaschädlicher Heizsysteme. Dadurch steigen die relativen Kosten einer fossilen Heizung im Vergleich zu klimafreundlichen Alternativen wie Wärmepumpen oder Fernwärme. Für den einzelnen Haushalt lohnt sich so eine frühere Transformation. Im Verkehrssektor steigen entsprechend die Preise pro Liter Benzin und Diesel, sodass E-Fahrzeuge und alternative Mobilitätsoptionen (z.B. unmotorisiert oder ÖPNV) an Attraktivität gewinnen. Je höher der CO₂-Preis, desto stärker fällt der Anreiz zum früheren Heizungswechsel und Verzicht auf den Verbrenner aus.

Die Höhe des CO₂-Preises auf Heiz- und Treibstoffe ist im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) geregelt und liegt im Jahr 2026 in einem Preiskorridor von 55 bis 65 Euro pro Tonne CO₂. Planmäßig wird sich der Preis ab 2027¹ dynamisch im Rahmen eines europäischen Handelssystems (European Emission Trading System, EU-ETS2) bilden. Die Höhe der Preise ist einerseits abhängig vom geplanten Emissionsausstoß der

1 Aufgrund von Bedenken über hohe Preisbelastungen für Privathaushalte und Unternehmen, wird zwischen den Mitgliedstaaten aktuell eine Verschiebung des Handelsbeginns im EU-ETS2 um ein Jahr auf den 01.01.2028 debattiert.

(privaten) Akteure und andererseits vom Ambitionsniveau der Klimapolitik, da diese das verfügbare Kontingent an handelbaren Emissionszertifikaten vorgibt.

In der ökonomischen Theorie sollten zur Erreichung einer effizienten Allokation alle gegenwärtigen und zukünftigen Schäden durch den Ausstoß von CO₂ auf den Marktpreis der entsprechenden Güter aufgeschlagen werden. Basierend auf dem Konzept der sogenannten „Social Cost of Carbon“ werden globale Kosten pro Tonne CO₂ – und damit optimale CO₂-Preise – in Höhe von 40 bis 525 US Dollar pro Tonne, abhängig von der unterstellten Diskontrate, geschätzt (Tol 2023). Bilal und Känzig (2025) berechnen Schäden von 216 US Dollar pro Tonne, die allein in der EU anfallen. Die Höhe der sozialen Kosten des CO₂-Ausstoßes hängt dabei maßgeblich von der gewählten Diskontierung zukünftiger Schäden ab und steigt, wenn diese stärker berücksichtigt werden. Dieser Ansatz stellt sicher, dass die Vermeidung von CO₂ eine positive Kosten-Nutzen-Bilanz aufweist.

Alternativ können benötigte CO₂-Preise abhängig von einem definierten Emissionsziel bestimmt werden. In den Sektoren Wärme und Verkehr werden mit den europäischen Klimazielen kompatible CO₂-Preise in Höhe von 210 bis 405 Euro pro Tonne für 2030 geschätzt (Harthan et al. 2023, Pietzcker et al. 2021). Bei Berücksichtigung des bereits bestehenden Förder- und Regulierungsrahmens sind in der Praxis auch etwas niedrigere Preise möglich (siehe Pahle et al. 2025). Im Rahmen eines Emissionshandels entsteht der Preis endogen über die Nachfrage nach Zertifikaten; bei einer CO₂-Steuer oder CO₂-Abgabe muss der Preis administrativ gesetzt werden.

Wird zur Erreichung der Klimaziele alleine oder vorrangig auf eine CO₂-Bepreisung gesetzt, ergeben sich folgende Auswirkungen auf (Kosten-)Effizienz, Verteilung und Akzeptanz der Klimapolitik:

► **Effizienz:** Der CO₂-Preis stellt sicher, dass eine Emissionsreduktion über verschiedene Sektoren, Maßnahmen und Technologien hinweg zu

den gesamtgesellschaftlich niedrigsten Kosten erreicht wird. Da der Ausstoß jeder Tonne CO₂ mit einem einheitlichen Preis in Höhe der tatsächlichen Kosten aller gegenwärtigen und zukünftigen Schäden bzw. mit einem zur Zielerreichung notwendigen Wert versehen wird, fallen CO₂-Emissionen nur noch dort an, wo ihre Vermeidung aktuell noch zu kostspielig wäre. Für das Beispiel der Gebäudedekarbonisierung bedeutet das: Je höher der CO₂-Preis, desto mehr Gebäudebesitzende entscheiden sich bei einem anstehenden Heizungswechsel für eine klimafreundliche Heiztechnologie (Kalkuhl et al. 2024a). Gleichzeitig werden Haushalte, die sehr hohe Kosten in Kauf nehmen müssten (etwa aufgrund umfassender baulicher Eingriffe und Sanierungsmaßnahmen, um eine Wärmepumpe betreiben zu können), nicht zum Heizungswechsel gezwungen, bevor sich dieser für sie lohnt. Diese Haushalte weisen eine entsprechend hohe Zahlungsbereitschaft für Emissionszertifikate bzw. den CO₂-Preis auf. Analog würden Haushalte andere Mobilitätsformen nutzen, einen E-PKW anschaffen oder Fahrten mit dem Verbrenner vermeiden, wenn der daraus gewonnene Nutzen die zusätzlichen CO₂-Kosten nicht mehr rechtfertigt. In der Praxis unterliegen die Entscheidungen über die Nutzung von CO₂-intensiven Technologien und Investitionen in erneuerbare Alternativen allerdings Unsicherheit und Informationsdefiziten (etwa in Bezug auf den zukünftigen CO₂-Preis aufgrund fehlender politischer Verbindlichkeit) oder begrenzter Rationalität (z.B. durch eine zu starke Diskontierung zukünftiger Kosten), wodurch die Kosteneffizienz der CO₂-Bepreisung sinkt. Diese lassen sich prinzipiell durch eine entsprechende Anpassung des CO₂-Preises adressieren, sodass eine effiziente Allokation weiterhin möglich ist (Gerster und Kramm 2024).

► **Verteilungseffekte:** Während ein CO₂-Preis zwar eine hohe Flexibilität

im Hinblick auf den individuellen Wechselzeitpunkt bietet und der individuelle Heizungs- oder Fahrzeugtausch so prinzipiell auch weit in die Zukunft verschoben werden kann, fallen für den Betrieb der fossilen Heizung und des Verbrenners fortlaufend sogenannte CO₂-Bestandskosten an bis der Umstieg tatsächlich vollzogen ist. Wird der CO₂-Preis als alleiniges oder primäres Instrument zur Zielerreichung eingesetzt, werden hohe Preise erforderlich, die mit einem entsprechend hohen Belastungspotenzial einhergehen. Ein Haushalt, für den sich aufgrund schwieriger baulicher Gegebenheiten auch bei einem hohen CO₂-Preis ein Heizungstausch erst im Jahr 2045 „rechnen“ würde, müsste bis dahin im Durchschnitt jährlich 1,5 % seiner Konsumausgaben für den CO₂-Preis aufbringen. Aufgrund der großen Heterogenität könnte ein Teil der Haushalte auch Belastungen von mehr als 4 % allein durch den Wärmeverbrauch ausgesetzt sein (Kellner et al. 2023). Insbesondere wenn die Transformation nicht aus individuell optimal getroffenen Kostenabwägungen, sondern aufgrund von Einkommens- und Kreditbeschränkungen hinausgezögert wird, können die CO₂-Bestandskosten regressive Verteilungseffekte auslösen und eine starke finanzielle Belastung darstellen. Eine Rückerstattung der Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung an die privaten Haushalte würde dem entgegenwirken. Eine Möglichkeit, die Belastung gezielt und vollständig zu kompensieren und gleichzeitig den Wechselanreiz durch den CO₂-Preis nicht zu unterminieren, besteht in Form eines gruppenspezifischen Gebäudeklimagelds (Kalkuhl et al. 2024b). Jedoch bleiben selbst bei einer vollständigen Kompensation des CO₂-Preises Heterogenitäten in den Investitions- und laufenden Mehrkosten unadressiert. Diese Verteilungseffekte können ausgeglichen werden, wenn ein Instrumentenmix aus CO₂-Preis und Förderprogrammen gewählt wird (siehe Abschnitt 4.1).

► **Akzeptanz:** Insbesondere im Vergleich zu Förderprogrammen als alternatives klimapolitisches Instrument genießt die CO₂-Bepreisung eine begrenzte öffentliche Unterstützung. Dies ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, wie etwa die verhältnismäßig hohe Sichtbarkeit und Überschätzung der für den einzelnen Haushalt verursachten Kosten, ein mangelndes Verständnis über die Lenkungs- und damit positive Klimawirkung und verteilungspolitische Bedenken sowie eine Wahrnehmung als „Bestrafung“ für Haushalte, die kurzfristig nicht transformieren können (Treichel-Grass et al. 2025, Mohammadzadeh Valencia et al. 2024, Kalkuhl et al. 2023). Eine Rückerstattung der Einnahmen kann die Akzeptanz typischerweise erhöhen, wobei der Effekt mit steigendem CO₂-Preis abnimmt (Douenne und Fabre 2022, Sommer et al. 2022). Auch zusätzliche Informationen über die Wirkungsweise und individuelle Betroffenheit durch den CO₂-Preis wirken sich positiv auf die öffentliche Unterstützung aus (Kellner et al. 2025).

2.2 Zielerreichung ausschließlich über Förderung

Unter dem Paradigma der Förderung bzw. Subvention wird ebenfalls das relative Preisverhältnis zwischen regenerativen und fossilen Technologien zugunsten klimafreundlicher Alternativen gekippt. Im Gegensatz zur CO₂-Bepreisung geschieht dies jedoch nicht über eine (anteilige) Berücksichtigung der gesellschaftlichen Kosten von klimaschädlichen Emissionen und damit einhergehende Preiserhöhung für fossile Technologien. Stattdessen werden die Preise für klimaneutrale Technologien durch Subventionen gesenkt. Da ein Fördersatz generell nicht pro vermiedener Tonne CO₂ gezahlt werden kann,² lässt sich die optimale Förderhöhe nicht direkt mit dem gesellschaftlichen Wert vermiedener

Emissionen gleichsetzen. Je ambitionierter Minderungsziele ausfallen, desto höhere und umfassendere Förderungen sind nötig, um einen entsprechend starken Anreiz zur früheren Dekarbonisierung zu erzeugen.

Die Höhe der zur Erreichung deutscher und europäischer Klimaziele notwendiger Fördersätze wie auch das benötigte öffentliche Budget können ebenfalls nicht allgemein bestimmt werden, da diese maßgeblich von der Ausgestaltung der Förderprogramme abhängen. Krebs und Steitz (2021) schätzen einen Gesamtbedarf an öffentlichen Mitteln zur Förderung privater Investitionen in Höhe von 180 Mrd. Euro für den Zeitraum 2021-2030, wovon gut die Hälfte auf die energetische Sanierung von Gebäuden und den sozialen Wohnungsbau entfällt sowie etwa ein Viertel auf die Förderung von E-Mobilität und Ladeinfrastruktur. Zusätzlich werden im Rahmen der Berichterstattung zum Klima- und Transformationsfonds (KTF, ehemals EKF) für ausgewählte Programme Schätzungen für die Förderkosten je vermiedener Tonne CO₂ berichtet. Für verschiedene Maßnahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude werden beispielsweise fiskalische Kosten von 47 bis 312 Euro pro Tonne CO₂ in 2020 ermittelt (BMF 2021). Diese Zahlen sind jedoch nicht ohne weiteres auf zukünftige Minderungsziele skalierbar, da großzügigere Förderprogramme nötig werden, wenn unkompliziert und kostengünstig dekarbonisierbare Gebäude frühzeitig transformiert werden und zur weiteren Emissionssenkung auch teurere Investitionen vorgenommen werden müssen.

► **Effizienz:** Im Allgemeinen sind die volkswirtschaftlichen Kosten von Förderprogrammen höher als die Kosten der CO₂-Bepreisung, weil sie zwei Arten von Ineffizienzen generieren.

Erstens wird durch die Verbilligung von klimafreundlichen Technologien

oder Energieträgern eine zu hohe Nachfrage geschaffen („Rebound-Effekt“), sodass Haushalte und Unternehmen letztlich zu viele oder zu große Elektroautos anschaffen bzw. die Raumtemperatur zu stark erhöhen und damit mehr Energie verbrauchen (Kalkuhl et al. 2013). Auch wenn diese Energie klimaneutral erzeugt wird, stellt der Mehrverbrauch eine volkswirtschaftliche Fehlallokation und Ressourcenverschwendung dar. Aufgrund der geringen kurzfristigen Preiselastizität der Nachfrage nach Wärme würde ein Fördersatz, der die Heizkosten (inklusive annualisierter Wartungs- und Anschaffungskosten) um 10 % senkt, zusätzliche gesellschaftliche Kosten durch Rebound-Effekte in Höhe von 0,1 % der jährlichen Heizkosten verursachen. Bei einer Förderrate von 20 % würden diese Kosten auf 0,4 % steigen.³ Der Rebound-Effekt wird umso größer, je stärker die Nachfrage auf eine Preissenkung reagiert. Werden durch die Subvention Marktversagen (z.B. Einkommens- und Kreditbeschränkungen) reduziert, die bereits in der Ausgangssituation auftreten und zu einem zu niedrigen Energieverbrauch (z.B. Raumtemperatur unterhalb des komfortablen Niveaus) bei einzelnen Bevölkerungsgruppen führen, fällt der Rebound-Effekt weniger ins Gewicht.

Zweitens sind Förderprogramme immer technologiespezifisch, weil Fördersätze und Förderbedingungen für den jeweiligen Anwendungsfall definiert werden müssen. Dies wiederum schafft inkonsistente Anreize zur Emissionsvermeidung, weil die optimalen Fördersätze für verschiedene Technologien nicht immer exakt berechnet oder angewendet werden können und manche Vermeidungspotenziale überhaupt nicht gefördert werden. Im Gebäudesektor umfasst dies etwa nicht

² Eine Ausnahme bilden hier CO₂-Entnahmetechnologien, die je entnommener Tonne CO₂ vergütet werden können, sowie Einsparprämien, bei denen eine Prämie je nach Höhe der gegenüber einer Zielgröße gesenkten CO₂-Emission geleistet werden. Beide Fälle stellen letztlich jedoch Formen der CO₂-Bepreisung dar.

³ Eigene Berechnung basierend auf Kalkuhl et al. (2024a) unter Annahme einer kurzfristigen Preiselastizität der privaten Gasnachfrage von -0,2 (Auffhammer und Rubin 2018). Die Effizienzverluste durch Überkonsum steigen näherungsweise quadratisch in der Förderrate.

nur eine Subventionierung von Investitionen in regenerative Heiztechnologien und Energieeffizienz, sondern auch Einsparprämien für Emissionsenkungen durch verändertes Nutzungsverhalten bestehender fossiler Heizungen (z.B. durch „intelligentes“ Lüften oder Anpassung der Raumtemperatur). Aus den inkonsistenten Anreizen, aber auch aus etwaigen administrativen und bürokratischen Kosten der Umsetzung (Kalkuhl et al. 2023) resultieren volkswirtschaftliche Fehlallokationen. Zusätzlich zu den Ineffizienzkosten unvollständiger Vermeidungsanreize erhöhen sich die Effizienzverluste weiter, wenn nur ein Teil der durch ein Förderprogramm adressierten Emissionen davon profitiert. Eine unvollständige Abdeckung resultiert einerseits aus einer bewussten Beschränkung der Förderfähigkeit (z.B. auf untere Einkommen) andererseits aber auch aus administrativen Hürden, die dazu führen, dass nur ein Teil der anspruchsberechtigten Gruppen tatsächlich Fördergelder in Anspruch nimmt.⁴

- **Verteilungswirkung:** Die Verteilungseffekte von Förderprogrammen weisen heterogene Eigenschaften sowohl auf Seiten der Auszahlungen als auch der Finanzierung der Maßnahmen auf. Aktuell werden Förderprogramme für die Dekarbonisierung des Gebäudebestands aus den Einnahmen der CO₂-Bepreisung gespeist (siehe Abschnitt 2.1). Mit Subventionen als primäres Instrument der Klimapolitik würden diese Einnahmen die notwendigen Volumina der Fördertöpfe jedoch bei weitem nicht decken, sodass Zuweisungen aus dem Bundeshaushalt nötig werden (Kellner et al. 2022). Die entsprechenden Konsequenzen für unterschiedliche Einkommensgruppen hängen dabei von den gewählten Instrumenten zur Einnahmengenerierung ab. Beispielsweise können zusätzliche Mittel durch ei-

ne progressive Steueranpassung generiert oder die Kosten abhängig vom Nutzen der Förderprogramme auf die Bevölkerungsgruppen verteilt werden (bspw. abhängig vom Wert der dadurch vermiedenen Klimaschäden). Auf der Auszahlungsseite profitieren von Förderprogrammen zur Gebäudesanierung und Heizungswechsel in der aktuellen Ausgestaltung unmittelbar Haushalte mit Wohneigentum, wobei der Eigenheimanteil stark mit dem Einkommen korreliert (Kellner et al. 2023). Durch einen verstärkten Fokus auf den sozialen Wohnungsbau oder vermietete Gebäude könnte dieser Effekt abgemildert werden. Zudem profitieren langfristig auch Mietende durch sinkende Neben- oder Heizkosten. Im Gegensatz zum CO₂-Preis bedeutet eine Erreichung der Klimaziele über Fördermaßnahmen keine Kosten für Haushalte, die nicht (zügig) dekarbonisieren. Zudem werden Transformationshemmnisse, die durch Kredit- und Budgetbeschränkungen bedingt sind, durch steigende Fördersätze sukzessive abgebaut. Dazu können insbesondere einkommensabhängige Förderansprüche beitragen, wie in der Bundesförderung für effiziente Gebäude erstmalig für den Heizungswechsel umgesetzt (siehe BEG EM 8.4). Allerdings führt eine verstärkte Konditionierung und Differenzierung von Fördersätzen zwischen verschiedenen (Einkommens-)Gruppen wiederum zu Effizienzverlusten (siehe oben). Häufig bei der Bewertung von Förderprogrammen diskutierte Mitnahmeeffekte (Umweltbundesamt 2020) sind ebenfalls vor dem Hintergrund von Verteilungsaspekten zu bewerten, stellen jedoch keinen Effizienzverlust dar. Nimmt beispielsweise ein Haushalt, der ohnehin ein E-Auto angeschafft hätte, eine entsprechende Kaufprämie in Anspruch, findet eine Umverteilung von den die Maßnahme finanzierenden (z.B. steuerzahlenden) Haushalten hin zu

diesem Haushalt statt.

- **Akzeptanz:** Förderprogramme genießen in der Regel eine verhältnismäßig hohe gesellschaftliche Unterstützung im Vergleich zu anderen klimapolitischen Instrumenten (Hagemeyer et al. 2024). Dies kann einerseits darauf zurückgeführt werden, dass die Emissionsintensität von Wärme und Verkehr stark von (vergangenen) Investitionsentscheidungen abhängt und nur zu einem geringeren Grad durch Nutzungsverhalten gesteuert werden kann. So stellen Menschen die Lenkungswirkung einer verbrauchsbasierten Bepreisung in Frage, während Förderprogramme insbesondere als bedeutend für die Investitionsfähigkeit einkommensschwacher Haushalte angesehen werden (Matthies et al. 2020). Andererseits bleiben Kosten in Form von Finanzierungsbedarf und Ineffizienzen unberücksichtigt oder werden nicht direkt in Verbindung mit der Subvention gesetzt (Kallbekken und Aasen 2010). Wird die finanzielle Belastung durch Steuererhöhungen zur Finanzierung transparent dargestellt und den Kosten durch CO₂-Preise gegenübergestellt, sinkt die Präferenz für Förderprogramme. Dennoch werden Förderprogramme auch dann noch von der Bevölkerung als zentrale Komponente des klimapolitischen Mixes gewünscht (Kalkuhl et al. 2025). Die Ariadne-Bürgerdeliberation zeigt allerdings, dass sich der öffentliche Zuspruch verringert, wenn Förderansprüche nicht sozial differenziert werden, da dies Mitnahmeeffekte begünstigen könnte (Treichel-Grass et al. 2025).

2.3 Zielerreichung ausschließlich über Ordnungsrecht

Sollen klimapolitische Ziele unter dem Paradigma des Ordnungsrechts erreicht werden, wird umfassende Regulierung erforderlich, die sicherstellt, dass der wärme- und mobilitätsbedingte CO₂-Ausstoß bis 2045 auf Null sinkt. Im Gegen-

⁴ Würden beispielsweise nur die Hälfte der wärmebedingten Emissionen durch eine Preissubvention für erneuerbare Heiztechnologien erreicht, würden sich die Kosten der Klimapolitik verdoppeln: Denn um das Emissionsziel zu erreichen, muss dieser Teil der Bevölkerung nun mit einer umso größeren Subvention bedacht werden, damit er noch schneller und stärker Emissionen einspart. Ein Förderanteil von 25 % der betroffenen Emissionen hätte eine Vervielfachung der Kosten zur Folge.

satz zur CO₂-Bepreisung oder Förderprogrammen hat die Klimapolitik in diesem Fall keinen direkten Effekt auf das relative Preisverhältnis zwischen fossilen und regenerativen Technologien. Das bedeutet, dass aus der Perspektive individueller Kostenoptimierung seitens der privaten Haushalte kein zusätzlicher Anreiz besteht, (vorzeitig) zu dekarbonisieren. Stattdessen müssen rechtliche Vorgaben über die erlaubte Restnutzungsdauer von Gasthermen, Ölkesseln und Verbrenner-PKW festgelegt werden, die mit dem verbleibenden CO₂-Budget konsistent sind. Unterstützend, um beispielsweise den Emissionsausstoß im Zeitverlauf bereits vor Ende der Nutzungsfrist zu senken, können Verbote zur Installation von fossilen Systemen in Neubauten, Ersatz und Reparatur von defekten Anlagen und Quoten zur „Beimischung“ von grünem Wasserstoff in das Gasnetz bestimmt werden. Entsprechende Regelungen sind in der aktuellen Fassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) enthalten, reichen in ihrem aktuellen Umfang jedoch nicht aus, um eine Zielerreichung sicherzustellen (Braungardt und Bürger 2023). Im Verkehrssektor können als ordnungsrechtliche Maßnahmen beispielsweise Industriestandards, wie sich im Zeitverlauf verschärfende Flottengrenzwerte für den durchschnittlichen CO₂-Ausstoß oder ein vollständiges Verbot der Neuzulassung von Verbrennern, Anwendung finden. Die Emissionen im Bestand lassen sich über verschärfte Umweltzonen oder Tempolimits adressieren.

Während ein ordnungsrechtlicher Ansatz keine direkten fiskalischen Kosten für den Staat verursacht, erfordert eine Zielerreichung über dieses Leitkonzept einen verstärkten Aufwand zur Kontrolle betroffener Haushalte, ob sie die Vorgaben einhalten. Die Dekarbonisierung wird hier nicht durch marktbasierende Anreize in Form höherer Kosten fossiler Systeme oder reduzierter Kosten für erneuerbare Alternativen sichergestellt. Stattdessen sind neben sozialen Normen (Fehr und Fischbacher 2004) die zu erwartenden

Strafzahlungen im Fall der Nichteinhaltung kombiniert mit der Aufdeckungswahrscheinlichkeit entscheidend für die Wirksamkeit ordnungsrechtlicher Vorgaben (Anderson und Stafford 2003).

► **Effizienz:** Ein hypothetisches, perfekt ausdifferenziertes Ordnungsrecht, das für jeden Haushalt eine Transformation zum individuell wirtschaftlich optimalen Zeitpunkt vorschreibt, wäre aus Effizienzperspektive äquivalent zu einem CO₂-Preis.⁵ Da in der Realität eine Ausgestaltung des Ordnungsrechts in dieser Granularität nicht umsetzbar ist, ist das ordnungsrechtliche Paradigma stets mit Effizienzverlusten im Vergleich zur CO₂-Bepreisung verbunden. Dadurch gibt es beispielsweise Haushalte, die erst zum rechtlich vorgesehenen Stichtag einen Heizungstausch vornehmen, auch wenn sie schon vorher besonders günstig dekarbonisieren könnten und bei einem CO₂-Preis früher umsteigen würden. Je stärker Richtlinien differenziert werden und etwa technische, kostenrelevante Gebäudeeigenschaften berücksichtigen, desto stärker kann das Ordnungsrecht den effizienten, durch den CO₂-Preis erzielbaren Dekarbonisierungspfad nachbilden. Gleichzeitig steigt damit der Aufwand für private Haushalte, um sich über die geltenden Vorgaben zu informieren und deren Einhaltung sicherzustellen. Das Risiko ineffizienter Regulierung ist im Neubau deutlich reduziert, da die Mehrkosten derartiger Eingriffe geringer ausfallen (Edenhofer et al. 2025). Dies ist unter anderem auf homogenere Bausubstanzen und technische Standards zurückzuführen. Zudem können ordnungsrechtliche Vorgaben insbesondere dann effizienzsteigernd wirken, wenn sie bestehende Marktversagen abmildern. Beispielsweise kann eine Regulierung über die Verteilung der CO₂-Preiskosten im Mietverhältnis effizienzsteigernd wirken, wenn sie

dazu führt, dass Vermietende, die maßgeblich über die Heiztechnologie bestimmen, den CO₂-Preis stärker berücksichtigen und somit früher transformieren. Darüber hinaus ließe sich eine Lockerung von Kreditbeschränkungen für ältere Gebäudebesitzer ermöglichen, wenn etwa Darlehen für erneuerbare Heiztechnologien bürokratiearm im Grundbuch nachrangig abgesichert werden könnten.

► **Verteilungswirkung:** Die Effekte auf verschiedene Haushalte sind stark von der Heterogenität in den Investitions- und Betriebskosten für den Umstieg auf erneuerbare Technologien abhängig (siehe Abschnitt 3 für den Gebäudesektor). Wie bei einem exakt kompensierten CO₂-Preis und bei Förderprogrammen fallen zunächst keine Kosten für den Weiterbetrieb fossiler Systeme an, solange deren Nutzung gestattet ist. Im Gegensatz zum CO₂-Preis wird zum gesetzlich festgelegten Zeitpunkt jedoch ein Wechsel notwendig, unabhängig davon, ob dieser für einen Haushalt finanzierbar ist (Kredit- und Budgetbeschränkungen) oder ob dieser gegebenenfalls wirtschaftlich hohe Kosten bedeutet. Da private Haushalte die Kosten für die Transformation vollständig selbst tragen, werden einkommensschwache Haushalte stark belastet. Im Gegenzug fließen auch keine öffentlichen Mittel an einkommensstarke Gruppen. Gleichermaßen werden Mitnahmeeffekte sowie eine Überkompensation von Haushalten, die nur geringe Belastungen tragen, unabhängig von deren sozio-ökonomischem Status vermieden. Die negative Verteilungswirkung des Ordnungsrechts im Vergleich zu umfassenden Förderprogrammen kann dadurch reduziert werden.

► **Akzeptanz:** Bei hohem Abstraktionsgrad werden ordnungsrechtliche Vorgaben gelegentlich als beson-

⁵ Wird der CO₂-Preis durch eine zielgenaue Rückerstattung, wie beispielsweise im Rahmen des Gebäudeklimagelds für den Wärmesektor (Kalkuhl et al. 2024b), flankiert, wäre zudem auch die Verteilungswirkung identisch zu der eines perfekt differenzierten Ordnungsrechts.

ders fair betrachtet, da sie gleiche Rahmenbedingungen für alle Bürgerinnen und Bürger schaffen und somit keine Möglichkeit besteht, Verhaltensanpassungen oder Investitionen etwa durch eine hohe Zahlungsbereitschaft für emissionsintensiven Konsum zu umgehen. Zudem ermöglicht Ordnungsrecht, eine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Emissionsquellen zu schaffen, die aus ethischer Sicht nicht gleichbehandelt werden sollten, da sie beispielsweise Grundbedürfnisse wie Wärme oder Luxuskonsum befriedigen, allerdings alle mit dem gleichen CO₂-Preis versehen würden (Frick und Huwe 2020). In der Praxis hängt das Ausmaß der gesellschaftlichen Akzeptanz von

Ordnungsrecht jedoch maßgeblich von dessen Ausgestaltung ab (Heyen et al. 2021) und kann ultimativ sogar Auswirkungen auf das Wahlverhalten haben (Kisting et al. 2025). Eine stärkere gesellschaftliche Unterstützung für ordnungsrechtliche Regulierung wäre denkbar, wenn diese vorrangig im Neubau Anwendung findet, da so keine „Bestrafung“ für vergangene Investitionsentscheidungen erfolgt, die unter abweichenden Rahmenbedingungen getroffen wurden.

3. FALLBEISPIEL: TRANSFORMATIONS- KOSTEN IM GEBÄUDESEKTOR

Die Wärmewende im Gebäudesektor unterscheidet sich maßgeblich von der Dekarbonisierung anderer Bereiche, wie der Stromerzeugung oder der Umstellung industrieller Prozesse. Einerseits ist die erfolgreiche Umsetzung von den Einzelentscheidungen einer Vielzahl von Privatpersonen abhängig, die ca. drei Viertel aller Wohneinheiten in Deutschland besitzen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019). Andererseits schwanken die Kosten des Umstiegs auf klimaneutrale Technologien enorm und werden dabei vor allem über die Eigenschaften eines Gebäudes bestimmt und hängen nicht primär von Maßen der wirtschaftlichen Aktivität wie dem Einkommen ab. Daraus folgt, dass eine Transformation für Personen mit ähnlicher Einkommens- und Vermögenssituation dennoch sehr unterschiedliche Kosten zur Folge haben kann. In diesem Fall wird von horizontaler Heterogenität in den Kosten gesprochen. Folglich ist die Wahl der wirtschaftspolitischen Leitkonzepte gerade für die verteilungspolitischen Implikationen und gesellschaftliche Tragfähigkeit der Wärmewende von zentraler Bedeutung.

Für den Verkehrssektor lassen sich grundsätzlich ähnliche Implikationen ableiten, da auch hier die Mitwirkung zahlreicher, privater Einzelpersonen mit teils stark variierenden Nutzungsverhalten und Einkommen erforderlich ist. Dennoch unterscheiden sich die Herausforderungen, da die Kosten weniger stark von Heterogenität im Bestand abhängen und Investitionskosten engeren Bandbreiten unterliegen. Im Gegenzug gewinnen Faktoren wie das Nutzungsverhalten an Bedeutung.

Abbildung 1 stellt schematisch dar, wie sich die Kosten der Transformation im Gebäudesektor für einen einzelnen Haushalt zusammensetzen. Wird ein CO₂-Preis auf fossile Heizträger erhoben, fallen bis zum Umstieg auf klimaneutrale Technologien CO₂-Bestandskosten in Abhängigkeit von der CO₂-Intensität des Gebäudes an. Sobald zu einer regenerativen Heizung gewechselt wird, entstehen einmalige Zusatzkosten in Höhe der Mehrkosten gegenüber der Neuanschaffung einer fossilen Heizung. Zudem müssen etwaige laufende Mehrkosten im Betrieb berücksichtigt werden, wenn beispielsweise höhere Kosten für Wärmepumpenstrom als für Gas oder Heizöl anfallen. Die Zerlegung der Transformationskosten in Einzelbestandteile ist sinnvoll, da diese je nach klimapolitischem Paradigma unterschiedlich hoch ausfallen. Dies hat direkte Auswirkungen auf die finanzielle Belastung für die privaten Haushalte und damit verbundene Verteilungseffekte.

Abbildung 1: Zusammensetzung der Transformationskosten im Gebäudesektor.

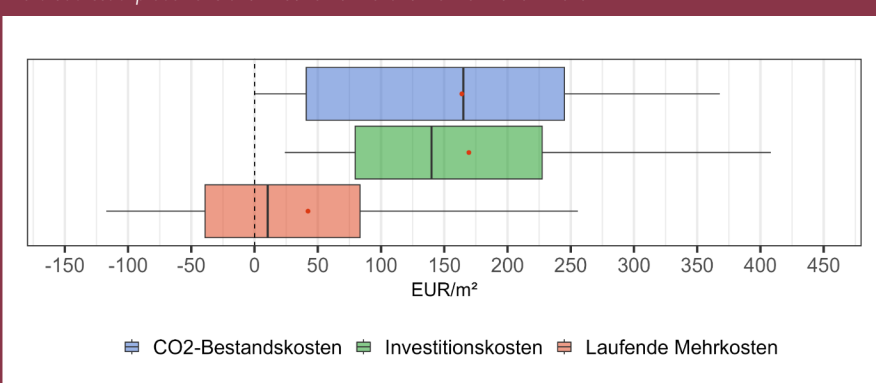
Quelle: eigene Darstellung

Transformationskosten	=	CO ₂ -Bestandskosten	+	Zusätzliche Investitionskosten	+	Laufende Mehrkosten
-----------------------	---	---------------------------------	---	--------------------------------	---	---------------------

Die große Heterogenität innerhalb der einzelnen Komponenten der Transformationskosten wird durch Abbildung 2 ersichtlich. Sofern nicht abweichend angegeben, verstehen sich alle Zahlen in diesem Abschnitt als diskontierte Summe der Gesamtkosten im Zeitraum von 2024 bis 2045 und werden pro Quadratmeter Wohnfläche angegeben. Zudem ist zu berücksichtigen, dass CO₂-Bestandskosten und laufende Mehrkosten nicht gleichzeitig anfallen. Die Beträge in Abbildung 2 beziehen sich jeweils auf einen Haushalt, der für den Gesamtzeitraum entweder weiterhin eine fossile Heizung nutzt oder bereits 2024 zu einer Wärmepumpe gewechselt hat. Würde ein Haushalt das aktuell verbaute Heizsystem bis 2045 weiter nutzen, hätte ein von 275 Euro pro Tonne in 2030 auf 400 Euro in 2040 steigender CO₂-Preis zum Teil enorme CO₂-Bestandskosten zur Folge (siehe oberer, blauer Balken in Abbildung 2). Während ein Viertel aller Haushalte keine oder eine Gesamtbelastung von maximal 40 Euro pro Quadratmeter trägt, liegen die Kosten im Durchschnitt bei 165 Euro und steigen für 5 % der Haushalte auf über 365 Euro.

Die Investitionskosten werden näherungsweise durch die Anschaffungs- und Installationskosten einer Wärmepumpe dargestellt (mittlerer, grüner Balken). Die durchschnittlichen Kosten belaufen sich auf gut 170 Euro pro Quadratmeter. Für je 5 % der Haushalte liegen die Kosten unter 25 Euro bzw. über 410 Euro. Zusätzlich können Kosten für Investitionen in energetische Sanierungsmaßnahmen anfallen, sofern diese für den Betrieb einer Wärmepumpe erforderlich sind, welche die Heterogenität weiter erhöhen könnten.⁶ Aufgrund der Datenverfügbarkeit sind hier, im Gegensatz zu Abbildung 1, die Gesamtkosten für die Anschaffung einer Wärmepumpe dargestellt, nicht zusätzliche Mehrkosten im Vergleich zum Neuanschaffungspreis ei-

Abbildung 2: Heterogenität in den Bestandteilen der Transformationskosten pro Quadratmeter Wohnfläche 2024-2045. Annahme eines mit den deutschen Klimazielen kompatiblen CO₂-Preispfads von 275 €/t in 2030 und 400 €/t in 2040, konstanter Ausgaben für Gas und Wärmepumpenstrom und einer Diskontrate von 2 %. Quelle: eigene Berechnung basierend auf Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2018 und Ariadne Wärme- und Wohnen-Panel - Welle 1



Hinweis: CO₂-Bestandskosten erfassen Kosten durch den CO₂-Preis bei Weiterbetrieb einer fossilen Heizung bis 2045. Investitionskosten umfassen Kosten für Kauf und Installation einer Wärmepumpe. Laufende Mehrkosten entsprechen der Differenz der Betriebskosten zwischen Wärmepumpe und Gasheizung, wenn bei historischen Gas- und Strompreisen auf eine Wärmepumpe umgestiegen wird, aufsummiert und abdiskontiert bis 2045. CO₂-Bestandskosten und laufende Mehrkosten fallen nicht gleichzeitig an.

Lesehilfe: Die farbigen Balken stellen die Kosten dar, welche für die mittleren 50 % aller Haushalte anfallen, jeweils 20 % der Haushalte liegen auf den horizontalen schwarzen Balken und je 5 % tragen niedrigere oder höhere Kosten. Die roten Punkte geben den Durchschnitt an, die vertikalen schwarzen Linien teilen die Menge der Haushalte in zwei gleichgroße Hälften (Median).

ner fossilen Heizung. Die Gesamtkosten entsprechend den klimapolitisch bedingten Transformationskosten, wenn ein Haushalt ansonsten keinen Heizungswechsel vorgenommen hätte. Muss die Heizungsanlage jedoch ohnehin erneuert werden (z.B. aufgrund von Verschleiß), sollten ausschließlich die Mehrkosten im Vergleich zu einer fossilen Ersatztechnologie berücksichtigt werden, da auch ohne klimapolitischen Eingriff Kosten entstanden wären.

Die laufenden Mehrkosten im Betrieb werden beispielhaft über die Kosten für Wärmepumpenstrom im Vergleich zu den Verbrauchskosten einer Gastherme dargestellt unter der Annahme, dass bereits ab 2024 eine Wärmepumpe genutzt wird (unterer, roter Balken). Die Effizienz von Wärmepumpen unterliegt starken Schwankungen und beeinflusst dadurch die Stromkosten im laufenden Betrieb maßgeblich (O'Hegarty et al. 2022, Lowe

et al. 2017). Für rund 50 % der Haushalte fallen keine oder negative Mehrkosten an, sodass der Betrieb einer Wärmepumpe zu Einsparungen gegenüber einer Gastherme führt. Im Durchschnitt übersteigen die laufenden Kosten einer Wärmepumpe jedoch die Kosten der Gastherme um 40 Euro und betragen für 5 % der Haushalte sogar mehr als 250 Euro pro Quadratmeter über den gesamten Betrachtungszeitraum von 2024 bis 2045.⁷

⁶ Aufgrund von Messschwierigkeiten und mangelnder Daten dazu, welche Sanierungen für den Heizungswechsel zwingend erforderlich sind, werden diese Kosten nicht quantifiziert.

⁷ Zur Berechnung der laufenden Mehrkosten wird für alle Haushalte im Ariadne Wärme- und Wohnen-Panel mit Wärmepumpe die Differenz zu den geschätzten Ausgaben für Erdgas gebildet. Die Schätzung erfolgt basierend auf Haushalten mit vergleichbaren sozio-ökonomischen Charakteristika und Gebäudeeigenschaften, die eine Gasheizung nutzen, analog zur Imputationsmethode in Roßls et al. (2021). Ein etwaiger CO₂-Preis wird bereits separat über die CO₂-Bestandskosten erfasst und hier vernachlässigt.

4. POLITIKMIX AUS KOMBINATION DER LEITKONZEPTE

Es kann sinnvoll sein, nicht ausschließlich auf ein einzelnes Paradigma zur Erreichung der Klimaziele zu setzen, sondern eine Kombination verschiedener Ansätze anzustreben. Selbst wenn dies ökonomische Ineffizienzen im Vergleich zu einer reinen CO₂-Bepreisung mit sich trägt, werden in den folgenden Abschnitten Gründe für einen Politikmix näher erläutert.

4.1 Pareto-Verbesserung für alle Haushalte

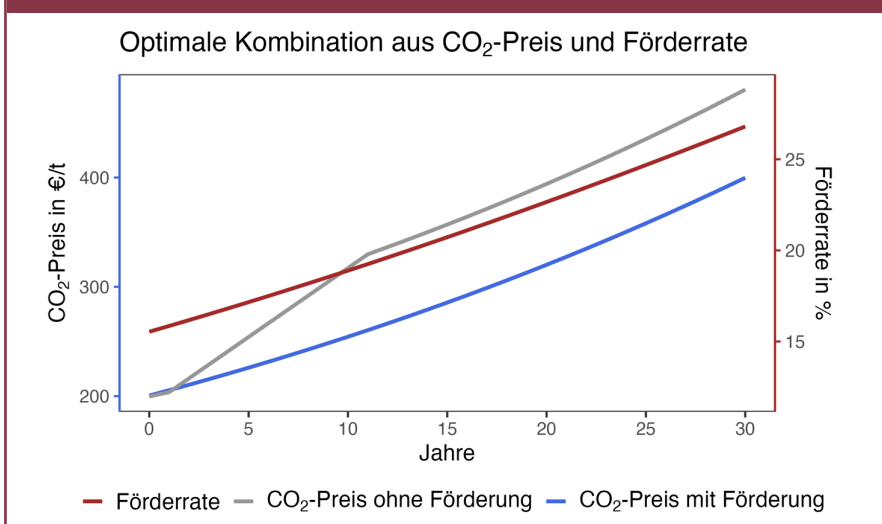
Die gesamtwirtschaftliche Kosteneffizienz eines CO₂-Preises bedeutet nicht,

dass auch jeder einzelne Haushalt finanziell von der Implementierung dieses Instruments profitiert. Wie Abschnitt 3 zeigt, würden selbst nach vollständiger Kompensation des CO₂-Preises weiterhin stark schwankende heterogene Investitions- und Betriebskosten auf den Haushalten lasten. Durch einen Politikmix, der CO₂-Bepreisung, Rückerstattung und Förderprogramme kombiniert, lassen sich diese Kosten jedoch für jeden Haushalt weitgehend ausgleichen. Da somit nicht nur Belastungsspitzen vermieden werden, sondern alle Haushalte durch die Klimapolitik in Form verringerter Klimaschäden bessergestellt werden (sogenannte „Pareto-Verbesserung“), stehen überschaubare Einbußen bei der Kosteneffizienz potenziell bedeutenden Gewinnen für die gesellschaftliche Unterstützung gegenüber (Kalkuhl et al. 2024a).

Die klimapolitisch bedingten Mehrkosten für Kauf und Betrieb von erneuerbaren Technologien lassen sich durch eine moderate Förderung von Investitionen in Energieeffizienz, Anschaffung und Installation sowie fortlaufender Kosten (z.B. für Wärmepumpenstrom und Wartung) im Betrieb prinzipiell ausgleichen (Kalkuhl et al. 2024a).

Abbildung 3 zeigt die Kombination aus CO₂-Preis und der entsprechenden Förderrate, die einerseits eine Erfüllung der europäischen Klimaziele sicherstellt und andererseits keinen Haushalt finanziell schlechter stellt als in einem hypotheti-

Abbildung 3: Komplementäre Förderrate für Investitionen und Betrieb erneuerbarer Heiztechnologien und CO₂-Preise auf Wärme und Mobilität ab 2024 zur Erreichung der europäischen Klimaziele im Vergleich zu einem CO₂-Preis basierend auf REMIND-EU ohne zusätzliche Förderprogramme. Quelle: eigene Darstellung basierend auf Kalkuhl et al. (2024a)



Hinweis: Reale Preise zum Basisjahr 2020. Berechnungen unter der Annahme einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate der Großhandelspreise für Heizöl und Erdgas von 1 % entsprechend Schätzungen für die langfristige Entwicklung der Weltmarktpreise (siehe Jacks 2019).

schen Referenzszenario ohne klimapolitische Eingriffe. Bei einer langfristigen Wachstumsrate der fossilen Energiepreise von jährlich 1 % würde bei einer optimalen Kombination von CO₂-Bepreisung und Förderung, der CO₂-Preis von 210 Euro/t in 2026 auf knapp 330 Euro/t in 2045 steigen (blaue Kurve). Der komplementäre Fördersatz auf Investition und Betrieb erneuerbarer Heizsysteme steigt im gleichen Zeitraum von 16 auf 23 % (rote Kurve). Die optimale Förderrate steigt im Zeitverlauf, um einen ausreichend hohen Transformationsanreize für Investitionen zu bieten, die selbst bei steigenden Fossilpreisen ansonsten nicht für den einzelnen Haushalt rentabel wären. Ohne begleitende Förderprogramme müsste der CO₂-Preis zwischen 2024 und 2045 stärker erhöht werden und bis auf 400 Euro/t steigen, um die EU-Klimaziele zu erreichen (grau Kurve). Mit begleitenden Förderungen ist zur Erreichung der Emissionsminderungsziele hingegen ein niedrigerer CO₂-Preis erforderlich, da durch den förderseitigen Investitionsanreiz bereits Emissionen eingespart werden. Eine Kombination der beiden Instrumente kann somit effektiv den Preisdruck im Emissionshandel reduzieren.

4.2 Reduktion der horizontalen Heterogenität

Die hohe horizontale Heterogenität in der Belastung durch die CO₂-Bepreisung verursacht Wohlfahrtsverluste, wenn eine exakte Kompensation, wie über das Gebäudeklimageld, technisch oder administrativ nicht möglich oder eine vollständige Einnahmenrückerstattung grundsätzlich nicht vorgesehen ist. Je weniger zielgenau die Kompensation horizontale Belastungsunterschiede innerhalb der Einkommensgruppen adressiert, desto größer fallen die Wohlfahrtsverluste aus. Die Belastung ähnelt dann einem nicht versicherbaren Risiko. Das bedeutet, risikoscheue Individuen wären bereit, einen Teil ihres Einkommens abzutreten (d.h. eine Versicherungsprämie zu zahlen), um die Heterogenität in der CO₂-Preisbelastung zu vermeiden. Der negative Effekt der Heterogenität verstärkt sich, wenn Bürgerinnen und Bür-

ger Einkommensverluste stärker bewerten als -zuwächse (Knopp et al. 2025, Kahneman und Tversky 1979). Selbst unter der Annahme, dass die einkommensabhängige, vertikale Heterogenität in der CO₂-Preisbelastung vollständig durch eine entsprechend ausgestaltete Rückerstattung (etwa durch ein einkommensabhängiges Klimageld) ausgeglichen werden kann, würde unkompenzierte horizontale Heterogenität in diesem Fall zu hohen gesellschaftlichen Kosten führen. Wenn Verluste doppelt so stark gewichtet werden wie Einkommenszuwächse, belaufen sich diese Kosten auf durchschnittlich mehr als 20 % der Netto-Energieausgaben ohne CO₂-Preis (Kalkuhl et al. 2024a). Die hohen Wohlfahrtskosten der horizontalen Heterogenität entstehen dadurch, dass auch Haushalte mit gleichem Einkommen sehr unterschiedliche Gebäude mit stark schwankenden Transformationskosten bewohnen.

Diese Kosten können durch einen Politikmix aus CO₂-Preis und Förderprogrammen reduziert werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Förderung nicht dieselbe horizontale Verteilungswirkung aufweist wie die CO₂-Bepreisung. Im Idealfall würden Förderprogramme so gewählt, dass Menschen, die die höchste horizontale Belastung durch den CO₂-Preis tragen, am stärksten von der Förderung profitieren. Solange die Wohlfahrtsgewinne durch eine Reduktion der horizontalen Verteilungsungleichheit die Effizienzverluste der Förderung übersteigen, lohnt sich somit aus wohlfahrtsökonomischer Sicht eine Kombination beider Instrumente.

4.3 Bestandsschutz durch Politikmix mit Investitionsabgabe

Der zentrale Vorteil der CO₂-Bepreisung, jede Tonne ausgestoßenen Kohlenstoffdioxid mit demselben Preis und damit einem einheitlichen Vermeidungsanreiz zu versehen, kann im Gebäudesektor aufgrund langfristiger Investitionszyklen bei der Heiztechnik negative Auswirkungen auf die gesellschaftliche Akzeptanz haben.

Steigt der CO₂-Preis auf ein zur Zielerreichung benötigtes Niveau, wirkt dies als nachträglicher Schock auf in der Vergangenheit aus individueller Kostenperspektive rational getroffene Investitionsentscheidungen. Insbesondere einkommens- und kreditbeschränkte Haushalte, deren fossile Heizung noch nicht abgeschrieben ist, wären dann aufgrund eines fossilen „Lock-In“ gezwungen, höhere Kosten im Betrieb der Heizung in Kauf zu nehmen, da sie nicht ohne weiteres vorzeitig auf eine regenerative Technologie umsteigen können. Um diesem Effekt Rechnung zu tragen, könnte der bisher diskutierte Politikmix um das Instrument einer „Investitionsabgabe“ ergänzt werden, die eine Differenzierung zwischen Bestand und Neuanschaffungen von langlebigen fossilen Konsumgütern (z.B. Heizungen oder PKWs) ermöglicht.

Bei Neuanschaffung einer fossilen Heizung würde eine einmalige, beim Kauf fällige Investitionsabgabe ähnliche Anreize schaffen wie ein klassischer, verbrauchsbasierter CO₂-Preis. Die Investitionsabgabe fungiert dabei als „vorgelagerter“ CO₂-Preis und orientiert sich am durchschnittlichen Emissionsausstoß der Heizung über ihre erwartete Lebensdauer. Ein konstanter CO₂-Preis von 200 Euro pro Tonne wäre im Durchschnitt äquivalent zu einem einmaligen Aufschlag auf den Marktpreis einer neuen Gastherme von knapp 15.000 Euro.⁸ Im Gegenzug entfällt dann der fortlaufende, vom Verbrauch abhängende CO₂-Preis. Dieser Ansatz hätte verschiedene Vorteile sowohl für den Bestand als auch für Neuanschaffungen. Erstens erhöht eine einmalige, hohe Abgabe die Salienz der Investitionsabgabe im Vergleich zu einem CO₂-Preis. Individuen, die zukünftige Kosten eines fortlaufenden CO₂-Preises bei ihrer Kaufentscheidung nicht ausreichend Rechnung tragen würden (d.h. hyperbolisch diskontieren), werden von einer bei Kauf fälligen Abgabe effektiver gelenkt. Zweitens reduziert sich die Entscheidungsunsicherheit, da zukünftige Schwankungen des CO₂-Preises nicht berücksichtigt werden müssen. Drittens besteht bei Verzicht auf einen verbrauchsbasierten CO₂-Preis nicht länger das Risi-

⁸ Die Investitionsabgabe in Höhe von 15.000 Euro basiert auf den Annahmen eines realen (d.h. inflationsbereinigten) CO₂-Preises von 200 Euro, einer erwarteten Lebensdauer der Gastherme von 20 Jahren und einem jährlichen Gasverbrauch von 17.500 kWh.

ko, dass Nutzende von Heizungen im Bestand Klimapolitik als Bestrafung für vergangene, unter anderen Rahmenbedingungen getroffene Entscheidungen wahrnehmen.

Damit jedoch auch bei einer vorgelagerten Investitionsabgabe eine Erreichung der Emissionsziele und Klimaneutralität sichergestellt ist, ist eine Kombination mit Förderprogrammen und ordnungsrechtlichen Vorgaben nötig, die Emissionen im Bestand adressieren. Förderprogramme würden je nach Umfang einen Anreiz schaffen, auch vor Lebensende

der bestehenden fossilen Heizung zu dekarbonisieren. Gleichzeitig können sie Kreditmarktbeschränkungen von illiquiden Haushalten entgegenwirken. Ordnungsrecht würde in diesem Mix verhindern, dass der fossile Bestand unbegrenzt weiter genutzt wird. So wäre es denkbar, für bereits (technisch) abgeschriebene Geräte eine jährliche Abgabe zu erheben, die sich sukzessive mit dem Alter der Heizung erhöht. Im Gegensatz zum regulären CO₂-Preis würde der Bestand somit erst nach der bei der Investitionsentscheidung veranschlagten Nutzungsdauer bepreist.

5. FAZIT

Zur Erreichung der deutschen und international vereinbarten Emissionsziele stehen drei wirtschaftspolitische Leitkonzepte zur Verfügung: 1) eine Bepreisung basierend auf den gesellschaftlichen Kosten des CO₂-Ausstoßes, 2) finanzielle Zuwendungen durch Förderprogramme, Preissubventionen und zinsvergünstigte Investitionsdarlehen und 3) ordnungsrechtliche Vorgaben über die Nutzungsdauer und Intensitätsstandards für fossile Technologien im Bestand sowie Richtlinien für die Neuanschaffung.

Die Leitkonzepte unterscheiden sich fundamental hinsichtlich ihrer (Kosten-)Effizienz, Verteilungswirkung und zu erwartenden gesellschaftlichen Akzeptanz. Dabei spielen auch die Charakteristika der zu regulierenden Sektoren eine entscheidende Rolle, wie die enorme (horizontale) Heterogenität in den Transformationskosten der Wärmewende zeigt. Während die CO₂-Bepreisung aus Gesamtkostenperspektive den alternativen Instrumenten überlegen ist, profitieren Förderprogramme von einer verhältnismäßig hohen öffentlichen Akzeptanz. Diese kann jedoch auch sinken, wenn Förderungen in dem zur Zielerreichung nötigen Umfang auch entsprechend spürbare Steueranpassungen oder Neuverschuldung erforderlich machen (Kalkuhl et al. 2025). Ohne eine bewusste und ge-

zielt auf das jeweils angewandte klimapolitische Paradigma abgestimmte Kompensation und Entlastung bei Transformationskosten für besonders stark betroffene oder kreditbeschränkte Haushalte, weisen vor allem ordnungsrechtliche Eingriffe und die CO₂-Bepreisung negative Verteilungseffekte auf.

Für den Erfolg der Klimapolitik vor dem Hintergrund komplexer Heterogenitäten ist ein gezielter Instrumentenmix aus dem Gesamtspektrum dieser Leitkonzepte erforderlich. Dabei müssen alle Instrumente bewusst aufeinander abgestimmt und vor dem Hintergrund kumulativer Emissionsvermeidung kalibriert werden. Bei einem Flickenteppich aus unkoordinierten Einzelmaßnahmen besteht die Gefahr einer Zielverfehlung und übermäßigen Belastung von privaten Haushalten und Unternehmen. So sind ordnungsrechtliche Vorgaben über die Restlaufzeit fossiler Technologien aus Klimasicht unwirksam, wenn die entsprechenden Emissionen bereits zuvor als Reaktion auf den CO₂-Preis oder Förderprogramme eingespart werden. Zudem sollten neuartige und bisher kaum diskutierte Ansätze wie eine vorgelagerte Investitionsabgabe oder gebäudespezifische Rückerstattung in Erwägung gezogen werden.

Literaturangaben

- Anderson, L. R., Stafford, S. L. (2003). Punishment in a Regulatory Setting: Experimental Evidence from the VCM. *Journal of Regulatory Economics*, 24(1), 91–110. DOI: 10.1023/A:1023952115422.
- Auffhammer, M. Rubin, E. (2018). Natural Gas Price Elasticities and Optimal Cost Recovery Under Consumer Heterogeneity: Evidence from 300 million natural gas bills. NBER Working Paper (24295). DOI: 10.3386/w24295.
- Bilal, A., Känzig, D. (2025). Does Unilateral Decarbonization Pay For Itself? In: NBER, Working Paper Series (3364). DOI: 10.3386/w33364.
- Braungardt, S., Bürger, V. (2023). Abschätzung der Minderungswirkung der 65%- Anforderung im GEG-Entwurf. IREES & Öko-Institut. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Quantifizierung_GEG.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Bundesministerium der Finanzen (BMF) (2022). 11. „EKF-Bericht“. Bericht des Bundesministeriums der Finanzen über die Tätigkeit des Energie- und Klimafonds im Jahr 2021 und über die im Jahr 2022 zu erwartende Einnahmen- und Ausgabenentwicklung. Online nicht länger verfügbar.
- Douenne, T., Fabre, A. (2022). Yellow Vests, Pessimistic Beliefs, and Carbon Tax Aversion. In: *American Economic Journal: Economic Policy* (14), S. 81–110. DOI: 10.1257/pol.2020092.
- Edenhofer, O., Kalkuhl, M., Roolfs, C. (2021). Carbon Pricing and Revenue Recycling: An Overview of Vertical and Horizontal Equity Effects for Germany. *CESifo Forum*, 22(5), S. 10–14. DOI: 10.5281/ZENODO.5094561.
- Edenhofer, O., Gerster, A., Gessner, J., Myers, E., Pahle, M., Palmer, K. (2025). Targeted policies to break the deadlock on heating bans. In: *Nat. Clim. Chang.* (15), S. 578–580. DOI: 10.1038/s41558-025-02343-9.
- Expertenrat für Klimafragen (2024). Prüfbericht zur Berechnung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2023. Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes-Klimaschutzgesetz. URL: https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2024/05/ERK2024_Pruefbericht-Emissionsdaten-des-Jahres-2023.pdf, zuletzt geprüft am 17.09.2025.
- Fehr, E., Fischbacher, U. (2004). Social norms and human cooperation. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 185–190. DOI: 10.1016/j.tics.2004.02.007.
- Frick, M., Huwe, V. (2020). Klimapolitik zwischen Markt, Deliberation und Hegemonie – Der Emissionshandel und das Politische: In: ZEW Discussion Paper Nr. 20-060, Mannheim. URL: <https://www.zew.de/publikationen/klimapolitik-zwischen-markt-deliberation-und-hegemonie-der-emissionshandel-und-das-politische>, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Gerster, A., Kramm, M. (2024). Optimal Internality Taxation of Product Attributes. *American Economic Journal: Economic Policy*, 16(3), 394–419. DOI: 10.1257/pol.20220416.
- Hagemeyer, L., Faus, R., Bernhard, L. (2024). Vertrauensfrage Klimaschutz. Mehrheiten für eine ambitionierte Klimapolitik gewinnen. FES diskurs. URL: <https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/20941.pdf>, zuletzt geprüft am 17.09.2025.
- Harthan, R., Förster, H., Borkowski, K. et al. (2023). Projektionsbericht 2023 für Deutschland. In: Umweltbundesamt - Climate Change (39). Projektionsbericht 2023 für Deutschland. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023_08_21_climate_change_39_2023_projektionsbericht_2023_0.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Heyen, D. A., Degen, S., Braungardt, S., Blanck, R., Jakob, M., Pfeiffer, S., Fischer, C. (2021). Konsumbezogenes Ordnungsrecht in der Umweltpolitik: Gesellschaftliche Akzeptanz und ihre Einflussfaktoren [Öko-Institut Working Paper 2/2021]. Öko-Institut. URL: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/WP-Konsumbezogenes-Ordnungsrecht.pdf>, zuletzt geprüft am 17.09.2025.
- Jacks, D. S. (2019). From boom to bust: A typology of real commodity prices in the long run. *Cliometrica* 13 (2), pp. 201–220. DOI: 10.1007/s11698-018-0173-5.
- Kahnemann, D., Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. In: *Econometrica* (47), S. 263-292. DOI: 10.2307/1914185.
- Kalkuhl, M., Edenhofer, O., Lessmann K. (2013). Renewable energy subsidies: Second-best policy or fatal aberration for mitigation? In: *Resource and Energy Economics* 35 (3), S. 217–234. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2013.01.002.
- Kalkuhl, M., Kellner, M., Roolfs, C. et al. (2023). Kurzdossier: Optionen zur Verwendung der Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung. Steuer- und fiskalpolitische Aspekte der Energiewende. In: ARIADNE. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam. URL: <https://ariadneprojekt.de/publikation/kurzdossier-optionen-zur-verwendung-der-einnahmen-aus-der-co2-bepreisung/>, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Kalkuhl, M., Kellner, M., Kögel, N., Stern, L. (2024a). Pareto-improving climate policy with heterogeneous abatement costs in the building sector. In: CEPA Discussion Papers (82). DOI: 10.25932/publishup-66606.
- Kalkuhl, M., Kellner, M., Rütten, K., Flinner, S., Schenk, A., Edenhofer, O. (2024b). CO₂-Bepreisung im Gebäudesektor: Gezielte Entlastung durch ein Gebäudeklimageld schaffen. MCC-Arbeitspapier. URL: https://www.pik-potsdam.de/members/mkalkuhl/gebaeudeklimageld/2024_mcc_klimapolitikaktuell_gebaeudeklimageld_november2024.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Kalkuhl, M., Kellner, M., Peichl, A., Rütten, K., Windsteiger, L. (2026) Preferences And Willingness To Pay For Climate Policy Mixes. Available at SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=6167946
- Kallbekken, S., Aasen, M. (2010). The demand for earmarking: Results from a focus group study. In: *Ecological Economics* (69), S. 2183-2190. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.06.003.
- Kellner, M., Rütten, K., Geiger, M., Jenny, M. A., Lehrer, L., Temme, H., Betsch, C. (2025). Boosting public support for climate policy through information provision: insights from German survey experiments. *npj Climate Action* 4, 112. <https://doi.org/10.1038/s44168-025-00317-3>

- 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. MCC-Arbeitspapier. URL: https://www.pik-potsdam.de/de/institut/abteilungen/klimaoekonomie-und-politik/mcc-dokumente-archiv/2023_mcc_systematische Verteilungs-analyse_zur_waermewende-pdf.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Kellner, M., Knopp, F., Haywood, L., Roolfs, C., Flachslund, C., Kalkuhl, M. (2022): Klimapolitik zwischen CO₂-Bepreisung und Förderprogrammen - eine fiskalpolitische Betrachtung. Analyse, Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam.
- Knopp, F., Hänsel, M., Kellner, M., Kalkuhl, M., Edenhofer, O. (2025). Compensating for Carbon Pricing with Loss Aversion - Optimal Taxation Under Vertical and Horizontal Inequality. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5199506, zuletzt geprüft am 16.07.2025.
- Kisting, D., Kögel, N., Koch, N., Kalkuhl, M. (2025). Heated Debates on Heating: Investigating the Electoral Impact of Climate Policy. In: IZA Discussion Paper No. 17596. URL: <https://docs.iza.org/dp17596.pdf>, zuletzt geprüft am 16.07.2025.
- Matthies, E., Becker, A., Bobeth, S. (2020). CO₂-Bepreisung zwischen wirkungsvollem Instrument und Überforderung? Eine Pilotstudie zu Bedingungen der Akzeptabilität. In: GAIA (29/4). S. 249 - 257. DOI: 10.14512/gaia.29.4.10.
- Mohammadzadeh Valencia, F., Mohren, C., Ramakrishnan, A., Merchert, M., Minx, J., Steckel, J. (2024). Public support for carbon pricing policies and revenue recycling options: a systematic review and meta-analysis of the survey literature. In: npj Climate Action (3). DOI: 10.1038/s44168-024-00153-x.
- Pahle, M., Günther, C., Feindt, S., Edenhofer, O. (2025). Wie weiter mit dem ETS2? Vorschläge und Erwägungen zur Stärkung der Glaubwürdigkeit. URL: <https://www.kas.de/documents/252038/33607021/Wie+weiter+mit+dem+ETS2.pdf/f271a8bf-07a2-a74f-61dd-544a4dd4210b?version=1.0&t=1747052837024>, zuletzt geprüft am 17.09.2025.
- Pietzcker, R., Feuerhahn, J., Haywood, L., Knopf, B., Leukhardt, F., Luderer, G., Osorio, S., Pahle, M., Rodrigues, R., Edenhofer, O. (2021). Notwendige CO₂-Preise zum Erreichen des europäischen Klimaziels 2030. In: ARIADNE. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam. URL: <https://ariadneprojekt.de/publikation/notwendige-co2-preise-zum-erreichen-des-europaeischen-klimaziels-2030/>, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Sommer, S., Mattauch, L., Pahle, M. (2022). Supporting carbon taxes: The role of fairness. In: Ecological Economics (195), S. 107359. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2022.107359.
- Tol, R. S. J. (2023). Social cost of carbon estimates have increased over time. Nature Climate Change, 13(6), 532–536. DOI: 10.1038/s41558-023-01680-x.
- Treichel-Grass, K., Wolf, I., Rütten, K., Kellner, M., Hoff, L., Steidle, D. (2025). Report: Bürgerperspektiven auf Finanzierungsfragen und Verteilungsgerechtigkeit von Klimapolitik – Ergebnisse der Ariadne Bürgerkonferenz 1./2. Juni 2024. In: ARIADNE. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam. DOI: 10.48485/pik.2025.015. URL: <https://ariadneprojekt.de/publikation/report-burgerperspektiven-finanzierungsfragen-verteilungsgerechtigkeit-klimapolitik-ariadne-burgerkonferenz-2024/>, zuletzt geprüft am 25.07.2025.
- Umweltbundesamt (2020). Verbesserung der methodischen Grundlagen und Erstellung eines Treibhausgasemissionsszenarios als Grundlage für den Projektionsbericht 2017 im Rahmen des EU-Treibhausgasmonitorings („Politiksznarien VIII“) (Abschlussbericht Nr. UBA-FB 000290, Projektnummer 3716 41 105 0; Climate Change 11/2020, S. 416). Umweltbundesamt. ISSN: 1862-4359. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/verbesserung-der-methodischen-grundlagen-erstellung>, zuletzt geprüft am 17.09.2025.



Der rote Faden durch die Energiewende: Das Kopernikus-Projekt Ariadne führt durch einen gemeinsamen Lernprozess mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, um Optionen zur Gestaltung der Energiewende zu erforschen und politischen Entscheidern wichtiges Orientierungswissen auf dem Weg zu einem klimaneutralen Deutschland bereitzustellen.

Folgen Sie dem Ariadnefaden:



@ariadneprojekt.bsky.social



Kopernikus-Projekt Ariadne



ariadneprojekt.de

Mehr zu den Kopernikus-Projekten des BMFTR auf kopernikus-projekte.de

Wer ist Ariadne? In der griechischen Mythologie gelang Theseus durch den Faden der Ariadne die sichere Navigation durch das Labyrinth des Minotaurus. Dies ist die Leitidee für das Energiewende-Projekt Ariadne im Konsortium von 26 wissenschaftlichen Partnern. Wir sind Ariadne:

adelphi | Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) | Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Ecologic Institute | Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit – Helmholtz-Zentrum Potsdam (RIFS) | Fraunhofer Cluster of Excellence Integrated Energy Systems (CINES) | Hertie School | ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München | Institut der deutschen Wirtschaft Köln | Julius-Maximilian-Universität Würzburg | Öko-Institut | Potsdam-Institut für Klima-folgenforschung (PIK) | RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | Stiftung Umweltenergierecht | Stiftung Wissenschaft und Politik | Technische Universität Berlin | Technische Universität Darmstadt | Technische Universität München | Technische Universität Nürnberg | Universität Duisburg-Essen | Universität Greifswald | Universität Hamburg | Universität Potsdam | Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) | ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung