

Grenzen einer CO₂-Bepreisung

Dekarbonisierungsmaßnahmen jenseits eines CO₂-Preises



Grenzen einer CO₂-Bepreisung

Dekarbonisierungsmaßnahmen jenseits eines CO₂-Preises

Eine Studie für Greenpeace Deutschland

September 2021



DIW Econ GmbH
Mohrenstraße 58
10117 Berlin

Kontakt

Maximilian Priem
Tel. +49.30.20 60 972 - 0
Fax +49.30.20 60 972 - 99
service@diw-econ.de
www.diw-econ.de

Autor*innen

Prof. Dr. Claudia Kemfert
Janik Evert
Sara Holzmann
Maximilian Priem

➔ Kein Geld von Industrie und Staat

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik und Wirtschaft. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Mehr als 630.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt, der Völkerverständigung und des Friedens.

Impressum

Greenpeace e.V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/3 06 18-0 **Pressestelle** Tel. 040/3 06 18-340, F 040/3 06 18-340, presse@greenpeace.de, www.greenpeace.de
Politische Vertretung Berlin Marienstraße 19-20, 10117 Berlin, Tel. 030/30 88 99-0 **V.i.S.d.P.** Tobias Austrup **Foto** Titel: Bernd Lauter/Greenpeace, Shutterstock
Gestaltung Nina Höffken

Kurzfassung

Im Bundesklimaschutzgesetz 2021 gibt die Bundesregierung das Ziel vor, in Deutschland bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen (Deutscher Bundestag, 2021b). Um darüber hinaus das globale 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens mit einer 50-prozentigen Wahrscheinlichkeit zu erreichen, dürfen in Deutschland ab 2020 nur noch 4,2 Gigatonnen CO₂ ausgestoßen werden. Bei einer linearen Reduktion wäre dieses CO₂-Budget bereits 2032 aufgebraucht und bei Beibehaltung des aktuellen Emissionsniveaus sogar schon in fünf Jahren (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2020). Auch zur Erreichung des schwächeren 1,75-Grad-Ziels ggü. 1990 (mit 67% Wahrscheinlichkeit zu erreichen bei einer max. Emission von 6,7 Gigatonnen CO₂), besteht akuter Handlungsbedarf in der deutschen Klimapolitik.

Die Notwendigkeit eines Instrumentenmix

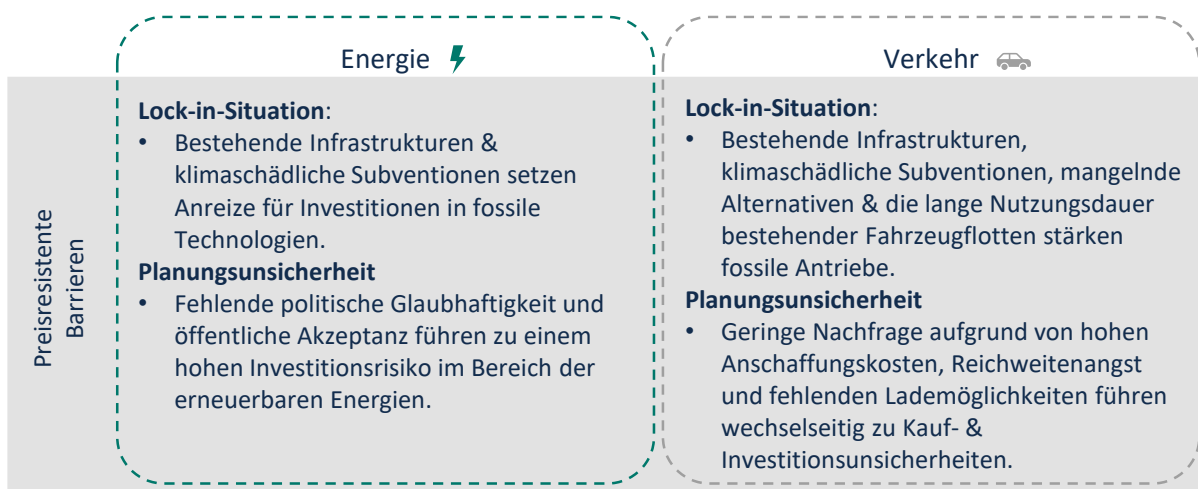
Vor der anstehenden Bundestagswahl verengt sich der Diskurs zur deutschen Klimapolitik stark auf das Instrument der CO₂-Bepreisung, obwohl der Politik neben der Bepreisung von Emissionen eine ganze Reihe an Instrumenten zur Verfügung stehen, um die notwendigen Minderungsziele zu erreichen. Die Auswahl umfasst neben staatlichen Förderprogrammen und Direktinvestitionen auch ordnungs- und informationspolitische Maßnahmen. Verschiedene Expert:innen betonen zwar, dass der CO₂-Preis in der Klimapolitik eine zentrale Rolle einnehmen sollte (Edenhofer et al., 2019), da er als wichtiges Finanzierungsinstrument dienen kann. Jedoch reicht eine CO₂-Bepreisung alleine nicht aus, um die international verabredeten Klimaziele zu erreichen. Auch die nationalen Klimaziele für 2030 und 2045 lassen keinen Spielraum, um auf die Lenkungswirkung einer CO₂-Bepreisung zu hoffen. Komplementäre Instrumente und Maßnahmen sind ebenso notwendig (Lilliestam et al., 2021; Goulder & Parry, 2008; Edenhofer et al., 2019; Bach et al., 2019c).

Die vorliegende Studie vollzieht diese Notwendigkeit eines Instrumentenmix wirtschaftstheoretisch nach und zeigt in den Sektoren Energie und Verkehr, die aktuell gemeinsam rund 50 % der Treibhausgasemission in Deutschland verursachen, auf, welche komplementären Maßnahmen deutschen Politiker:innen neben der CO₂-Bepreisung in den nächsten Jahren zur Verfügung stehen, um die oben beschriebenen Ziele zu erreichen. Gerade im Verkehrs- und Energiebereich stehen mit der E-Mobilität und den erneuerbaren Energien Technologien zur Verfügung, mit deren Hilfe eine schnelle und zielgerichtete Dekarbonisierung umgehend eingeleitet werden kann (Prognos et al., 2020, S. 11).

Anders als von den Befürworter:innen einer reinen Preisregelung argumentiert, zeigt sich empirisch, dass die CO₂-Bepreisung in vielen Bereichen keine nachhaltige Lenkungswirkung entfaltet (Bach et al., 2019a). Ein sektorübergreifendes Problem stellt in diesem Zusammenhang die politische Konstante bei der Bepreisung dar. Experten:innen schätzen, dass im Verkehrs- und Wärmesektor schon heute mindestens ein CO₂-Preis von 50 Euro je Tonne CO₂ notwendig ist, der bis 2030 auf mindestens 130 Euro ansteigen muss (Edenhofer et al., 2019; Bach et al., 2019b; Bach et al., 2019c). Solche Preisniveaus würden den Preis für einen Liter Benzin bzw. Diesel für den Endverbraucher zwischen 13 Cent und 34 Cent erhöhen. Die französischen Gelbwesten-Proteste von 2018 und die jüngst diskutierte Erhöhung des Benzinpreises um 16 Cent je Liter zeigen jedoch, dass schon die vergleichsweise geringe Anhebung des CO₂-Preises auf 55 Euro pro Tonne zu einem solch hohen politischen Druck führt, dass die geplanten Preiserhöhungen ausgesetzt werden mussten (Gagnebin et al., 2019). Klimarelevante CO₂-Preise haben daher ein Glaubwürdigkeitsproblem und können kaum Anreize für kostspielige Innovationen bzw. Investitionen setzen.

Hinzu kommt, dass die jeweiligen Sektoren von unterschiedlichen Hemmnissen geprägt sind, die sich nur bedingt durch ein Preissignal adressieren lassen. Im Energie- und Verkehrssektor können dabei Lock-In-Situationen aufgrund bestehender fossiler Infrastrukturen, Technologien und Anlagen, sowie bestehende Planungsunsicherheit bei klimaneutralen Investitionen aufgrund von fehlender politischer Glaubwürdigkeit und öffentlicher Akzeptanzprobleme als übergeordnete Kategorien identifizieren werden (Abbildung 1-1).

Abbildung 1-1
Preisresistente Barrieren im Energie- und Verkehrssektor



Quelle: Eigene Darstellung.

Abwarten, ob die aktuell geplanten Reformen des Emissionshandels und höhere CO₂-Preise den gewünschten technologischen Wandel auslösen können und die identifizierten Hemmnisse teilweise doch überwinden können, erscheint vor diesem Hintergrund und angesichts der notwendigen drastischen Emissionsreduktion in den nächsten Jahren, vermessen. Die Zeit drängt und es wird deutlich, dass zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden müssen, um das CO₂-Preissystem wirksam zu flankieren. Gerade im Hinblick auf Investitionsanreize konnten ordnungspolitische Eingriffe (Rennings & Rexhäuser, 2011) und staatliche Förderprogramme (Schmidt et al., 2012) in diesem Zusammenhang bereits schnell wirksame CO₂-Minderungseffekte erzielen.

Der erweiterte Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze

Welche komplementären Maßnahmen neben der CO₂-Bepreisung notwendig sind, um den Transformationsprozess anzustoßen, ist dabei eine sektorspezifische Frage, da die einzelnen Sektoren von unterschiedlichen Hemmnissen geprägt sind (Bardt et al., 2019). Eine Übersicht der in der Studie erarbeiteten Maßnahmen finden sich in Abbildung 1-2.

Abbildung 1-2
Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze



Quelle: Eigene Darstellung.

Gemein ist beiden Sektoren, dass klimaschädliche Subventionen, wie beispielsweise die Energiesteuerbegünstigung für Kohlekraftwerke oder Dieselmotoren, schnellstmöglich abgeschafft werden müssen, um konterkarierende Wirkungen zu den Klimaschutzbestrebungen zu verhindern. Im Energiesektor gilt es darüber hinaus, den Zubau erneuerbarer Energien durch direkte staatliche Investitionen, ordnungspolitische Reformen und eine verstärkte Akzeptanzpolitik voranzutreiben. Im Verkehrsbereich muss die Politik hingegen vor allem Mobilitätsalternativen durch ordnungspolitische Eingriffe und gezielte Fördermaßnahmen stärken und durch die Einbeziehung von Klimakosten den vorhandenen Wettbewerbsvorteil fossiler Antriebstechnologien schwächen, um den Umstieg auf klimaschonende Verkehrsmittel zu erleichtern.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Inhaltsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis.....	vi
Tabellenverzeichnis	vii
Abkürzungsverzeichnis	viii
1. Motivation	1
2. Rahmenbedingungen der Dekarbonisierung in Deutschland	4
3. Die Notwendigkeit eines Instrumentenmix	9
3.1 Fokus: Energiesektor.....	21
3.2 Fokus: Verkehrssektor	25
4. Der erweiterte Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze	32
4.1 Maßnahmen im Energiesektor	33
4.2 Maßnahmen im Verkehrssektor	42
5. Fazit	54
6. Literaturverzeichnis	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Preisresistente Barrieren im Energie- und Verkehrssektor	ii
Abbildung 1-2	Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze	iii
Abbildung 2-1:	Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020 nach Sektoren.....	4
Abbildung 2-2	Entwicklung der THG-Emissionen in der Energiewirtschaft	7
Abbildung 2-3	Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor	8
Abbildung 3-1	Klassifizierung der einzelnen Klimaschutzinstrumente	11
Abbildung 3-2	Zustimmung zum Bau erneuerbarer Energieanlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts	24
Abbildung 3-3	Überblick über die Barrieren und Hemmnisse der Klimatransformation im Energiesektor.....	25
Abbildung 3-4	Gründe gegen den Kauf eines Elektroautos	27
Abbildung 3-5	Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr, 2019	29
Abbildung 3-6	Entwicklung der Mobilitätskosten für Eisenbahnverkehr und Pkw- Individualverkehr 2002-2019, 2015=100	30
Abbildung 3-7	Überblick über die Barrieren und Hemmnisse der Klimatransformation im Verkehrssektor	31
Abbildung 4-1	Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze	33
Abbildung 4-2	CO ₂ -Ausstoß unterschiedlicher Heizsysteme	41
Abbildung 4-3	CO ₂ -gebundene Kfz-Steuern und CO ₂ -Emissionen von neuzugelassenen Pkw im europäischen Vergleich, 2019	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1	Preisaufläge auf einen Liter Benzin und Diesel bei unterschiedlichen CO ₂ -Preisen	12
Tabelle 3-2	Empirische Evidenz zu beobachteten Effekten ökonomischer Instrumente auf kohlenstoffarme und kohlenstofffreie Investitionen und Innovationen	16
Tabelle 4-1	Ausgewählte staatliche Subvention fossiler Energieträger im Energiesektor.....	35
Tabelle 4-2	Korrelation zwischen Pendeldistanz und Einkommen	44

Abkürzungsverzeichnis

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BMUB	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
GW	Gigawatt
Kfz	Kraftfahrzeug
KSG	Klimaschutzgesetz
Lkw	Lastkraftwagen
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SOEP	Sozio-oekonomisches Panel
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen)

1. Motivation

Das Jahr 2020 war in Europa das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die Temperaturen lagen im Durchschnitt 1,25°C höher als die Temperaturen vor der industriellen Revolution (Copernicus Klimawandeldienst, 2021). Noch in den 1990er Jahren diskutierten Wissenschaftler:innen kontrovers über die Ursachen der schnellen Erwärmung. Klimaschwankungen durch natürliche Prozesse wurden in Betracht gezogen. Heute spricht die Datenlage eindeutig für einen anthropogenen, einen vom Menschen ausgelösten, Klimawandel. Einigkeit herrscht auch darüber, dass die Konsequenzen des Temperaturanstiegs durch Dürren, Niederschlagsdefizite und einen steigenden Meeresspiegel bereits weitreichend spürbar sind und in Zukunft sein werden. Die Tragweite dieser Veränderungen hängt dabei maßgeblich vom Ausmaß des Temperaturanstiegs ab. So können die Folgen des Klimawandels durch eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau deutlich vermindert werden. Dies hat sich die Weltgemeinschaft auf der 21. UN-Klimakonferenz in Paris zum Ziel gesetzt (UNFCCC, 2015).

Zur Einhaltung der Vorgaben des Pariser Klimaabkommens hat die Bundesregierung 2019 das Klimaschutzprogramm und das Klimaschutzgesetz mit sektorspezifischen Reduktionszielen beschlossen. Das darin festgehaltene Ziel einer Emissionsminderung um 55 % bis 2030 (gegenüber 1990) wies allerdings eine deutliche Ambitionsücke auf und war nicht Paris-kompatibel (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2020). Im März 2021 urteilte das Bundesverfassungsgericht daher, dass die Erstfassung des Gesetzes nicht mit dem Grundgesetz vereinbar ist, da es die Pflicht zur Emissionsminderung übermäßig der jungen und folgenden Generationen aufbürdet (Bundesverfassungsgericht, 2021). Die Bundesregierung hat infolgedessen jüngst ein verschärftes Klimaschutzgesetz auf den Weg gebracht und mit einem Maßnahmenfortpaket ergänzt. Das neue Gesetz sieht eine verschärfte Reduktion der Treibhausgasemissionen von 65 % bis 2030 (gegenüber 1990) und das Erreichen der Emissionsneutralität bis 2045 vor. Zudem werden für die einzelnen Sektoren strengere Reduktionsziele vorgeschrieben und auch für den Zeitraum nach 2030 konkrete Ziele formuliert (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021).

Im Oktober 2019 wurde im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 die CO₂-Bepreisung in den Bereichen Wärme und Verkehr beschlossen. Sie gilt seit dem 01.01.2021 und ergänzt den seit 2005 bestehenden europäischen Handel mit Emissionszertifikaten, der bereits die Energiewirtschaft, die energieintensive Industrie und den innereuropäischen Luftverkehr erfasst. Während der Einführungsphase (2021-2025) werden die Preise für Emissionszertifikate staatlich festgelegt. Der Preis

für eine Tonne CO₂ liegt aktuell bei 25 Euro und soll bis 2025 schrittweise auf 55 Euro pro Tonne steigen. Anschließend sollen die Zertifikate voraussichtlich frei am Markt gehandelt werden, die Preise bestimmen sich dann durch Angebot und Nachfrage (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2021). Die Gesamtmenge der Zertifikate und damit die maximale Menge an Emissionen in den Bereichen Wärme und Verkehr soll entsprechend der Klimaziele begrenzt werden.

Im Zuge des European Green Deals hat die Europäische Kommission Mitte Juli 2021 das Fit-for-55-Paket vorgelegt, welches eine grundlegende Überarbeitung der europäischen Klimapolitik vorsieht, damit bis 2030 eine Emissionsreduktion von mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 erreicht werden kann. Um die Emissionen im Straßenverkehr und im Gebäudesektor zu reduzieren, setzt die EU-Kommission dabei auch auf die Einführung eines Emissionshandelssystems für die Treib- bzw. Brennstoffversorgung in den beiden Sektoren (Europäische Kommission, 2021b).

Befürworter dieses Vorgehens argumentieren, dass im Rahmen eines Emissionshandels im Vergleich zu anderen möglichen Regelungen eine kosteneffiziente Internalisierung der externen Effekte des Emissionsausstoßes möglich ist (Feess, 2007), da nur die Emittenten eine Emissionsreduktion durchführen, deren Grenzvermeidungskosten unter dem Zertifikatepreis liegen. Emittenten, deren Grenzvermeidungskosten über dem Zertifikatepreis liegen, kaufen zusätzliche Emissionsrechte auf dem Markt, anstatt eigene Reduktionen durchzuführen (Fischedick et al., 2012).

Vor der anstehenden Bundestagswahl im Herbst 2021 verengt sich der Diskurs zur deutschen Klimapolitik stark auf das Instrument der CO₂-Bepreisung. Die politische Debatte fokussiert sich zunehmend auf die Findung eines CO₂-Preispfades und die Ausgestaltung von Entlastungsmaßnahmen. Zwar betonen aktuelle Forschungsergebnisse, dass der CO₂-Preis in der Klimapolitik eine zentrale Rolle einnehmen sollte (Edenhofer et al., 2019), zahlreiche Studien belegen jedoch auch, dass komplementäre Instrumente und Maßnahmen notwendig sind, um die erforderlichen Transformationsprozesse in den verschiedenen Bereichen der Wirtschaft soweit anzustoßen, dass das 1,5°C-Ziel überhaupt erreicht werden kann (Goulder & Parry, 2008; Lilliestam et al., 2021; Bach et al., 2019b). Die Einhaltung des Pariser Klimaschutzabkommens setzt zudem eine drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen in den nächsten zehn Jahren voraus. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit eine CO₂-Bepreisung überhaupt die notwendigen, kurzfristigen Anpassungen anstoßen kann, da ihre Implementierung mit erheblichen administrativen Hürden verbunden ist. Darüber hinaus ist das gesetzte Preisniveau für die Lenkungswirkung einer CO₂-Abgabe entscheidend, da zu niedrige Preise – wie aktuell in Deutschland und der EU gegeben – nicht die erforderlichen Anreize zur Emissionsminderung setzen können. Die Ausweitung des Emissionshandels auf die Bereiche Gebäude und Verkehr ist in diesem Zusammenhang zwar möglich, laut Expert:innen verwaltungstechnisch

jedoch sehr anspruchsvoll und zeitintensiv. Schätzungen ergeben, dass die vollständige Umsetzung und Implementierung mindestens zwei bis drei Jahre in Anspruch nehmen würde, wodurch wertvolle Zeit bei der Emissionsreduktion verschenkt wird. Als nationale Alternative plädieren Forscher:innen für eine CO₂-orientierte Energiesteuerreform, die innerhalb weniger Monate umsetzbar wäre und später in einen Emissionshandel überführt werden kann (Matthes, 2019; Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2019; Kemfert et al., 2019a). Gleichzeitig wird jedoch betont, dass auch die Einführung einer CO₂-Steuer administrative Unwägbarkeiten beinhaltet und der Steuersatz regelmäßig überprüft und angepasst werden muss, um sicherzustellen, dass die notwendigen Reduktionsziele erreicht werden (Edenhofer et al., 2019).

Generell wird in der politischen Debatte um die verschiedenen Gestaltungsmöglichkeit einer CO₂-Steuer jedoch außer Acht gelassen, dass Energiepreise nur dort eine Wirkung entfalten können, wo Unternehmen und Verbraucher:innen auf Preissignale reagieren. Dies ist unter anderem aufgrund politisch motivierter geringer Preisniveaus, einem Glaubwürdigkeitsproblem ambitionierter Preispfade und sektorspezifischer Hemmnisse, wie beispielsweise technologischer Lock-In-Situationen oder hohen Investitionsrisiken, äußerst fragwürdig (Bach et al., 2019; Thomas et al., 2019; Neuhoff et al., 2016). Um in dieser Debatte einen inhaltlichen Beitrag leisten zu können und die Relevanz komplementärer Instrumente in der Klimapolitik zu unterstreichen, soll im Rahmen der vorliegenden Studie eine Einordnung und umweltökonomische Analyse der aktuellen Literatur mit einem Fokus auf die Sektoren Energie und Verkehr erfolgen.

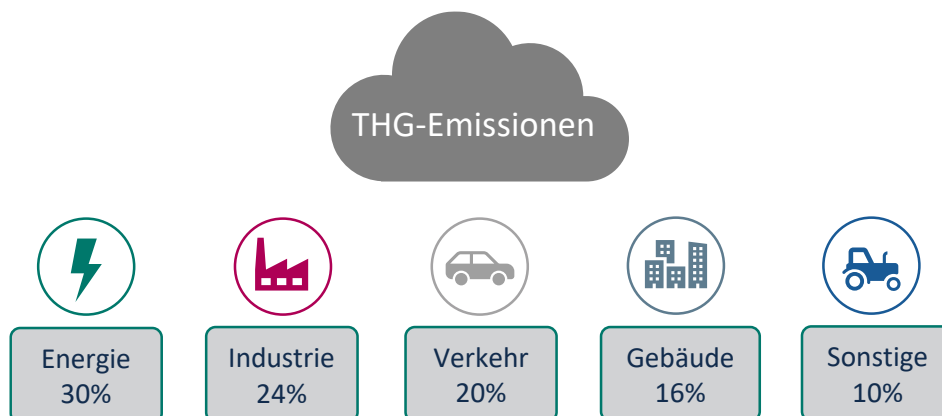
Hierzu werden im anschließenden Kapitel die Rahmenbedingungen auf dem Weg zur Emissionsneutralität in Deutschland betrachtet, die sich aus dem aktuellen Emissionsniveau und den nationalen und internationalen Klimaschutzabkommen und Zielvorgaben ergeben. Zudem wird die Ausgangssituation in den beiden zu untersuchenden Sektoren Energie und Verkehr dargestellt. Kapitel 3 präsentiert ökonomische Argumente, die zeigen, dass Marktmechanismen allein kein wirksames Klimaschutzinstrument darstellen, da sie aufgrund von politischen, wirtschaftlichen und sektorspezifischen Ursachen versagen. Es werden ökonomische und ordnungsrechtliche Politikinstrumente zur Überwindung des Marktversagens angeführt und ihre Vor- und Nachteile anhand von vier umweltökonomischen Kriterien diskutiert. Anschließend werden die Hemmnisse für einen erfolgreichen Klimaschutz in den Sektoren Energie und Verkehr im Detail dargestellt und aufgezeigt, warum die CO₂-Bepreisung als alleiniges Instrument an diesen Stellen nicht ausreichend ist, um diese Barrieren zu überwinden. Zuletzt werden in Kapitel 4 Instrumente des klimapolitischen Werkzeugkastens erläutert, die die Klimatransformation im Energie- und Verkehrssektor über eine

CO₂-Bepreisung hinaus unterstützen und beschleunigen könnten. Kapitel 5 fasst die Erkenntnisse der Studie abschließend zusammen.

2. Rahmenbedingungen der Dekarbonisierung in Deutschland

Mit dem Bundesklimaschutzgesetz 2021 hat sich die Bundesrepublik das Ziel gesetzt in Deutschland bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen (Deutscher Bundestag, 2021b). Insgesamt betragen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2020 739 Mio. t CO₂-Äquivalente. Abbildung 2-1 verdeutlicht, dass der Anteil der einzelnen Wirtschaftssektoren dabei deutlich variiert. Mit einem Ausstoß von rund 221 Mio. t CO₂-Äquivalenten ist der Energiesektor für rund 30 % der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich und ist damit der größte Verursacher von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Direkt danach folgen der Industriesektor (24 %) und der Verkehrssektor (20 %).

Abbildung 2-1:
Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020 nach Sektoren



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Umweltbundesamt (2021a)

Während die Emissionen zwischen 1990 und 2000 noch um mehr als 200 Mio. t CO₂-Äquivalente gesenkt werden konnten, verlangsamte sich die Treibhausgasreduktion im 21. Jahrhundert deutlich (Bals, et al., 2020). Zwar sind die Emissionen 2020 erneut deutlich zurückgegangen, dies ist allerdings in erster Linie auf die Einschränkungen des öffentlichen Lebens und der Wirtschaft im Zuge der Corona-Pandemie zurückzuführen. Lediglich im Energiesektor konnten seit 2010 nennenswerte Erfolge bei der

Treibhausgasreduzierungen erzielt werden¹ (Umweltbundesamt, 2021a). Um die Dekarbonisierung in Deutschland zu beschleunigen, sieht das aktuelle Klimaschutzgesetz ambitioniertere sektorspezifische Minderungsziele vor, welche die deutschen Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 um insgesamt 65 % bis 2030 senken sollen (Deutscher Bundestag, 2021b).

Allerdings wird eine Emissionsminderung um 65 % bis 2030 nicht ausreichen, um den deutschen Beitrag zum globalen 1,5°C-Ziel zu leisten. Dazu ist bis 2030 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um wenigstens 69 % gegenüber 1990 notwendig (Climate Action Tracker, 2021). Abgekoppelt vom politischen Diskurs lassen sich beispielsweise aus den Temperaturzielen des Pariser Klimaschutzabkommens CO₂-Budgets für die einzelnen Länder der Welt berechnen, welche die absolute Menge an noch zulässigen CO₂-Emissionen darstellen. Für Deutschland beträgt ein solches Budget, welches mit einer Wahrscheinlichkeit von zwei Dritteln mit einer Erderwärmung von 1,75°C kompatibel ist, ab 2020 noch maximal 6,7 Gigatonnen CO₂. Um die Erderwärmung mit einer 50-prozentigen Wahrscheinlichkeit auf 1,5°C zu begrenzen, können in Deutschland ab 2020 hingegen nur noch 4,2 Gigatonnen CO₂ ausgestoßen werden. Letzteres Budget wäre bei linearer Reduktion bereits 2032 aufgebraucht und bei Beibehaltung des aktuellen Emissionsniveaus sogar schon in fünf Jahren (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2020).

Diese Zahlen unterstreichen die besondere Bedeutung des aktuellen Jahrzehnts für den Klimaschutz: Schon in den nächsten Jahren sind erhebliche Anstrengungen zur Reduktion des Treibhausgasausstoßes notwendig, um die Chance zu wahren, den deutschen Beitrag zum Pariser Klimaabkommen leisten zu können. Im Szenario „Klimaneutral 2035“ muss das aktuelle Emissionsniveau bis zur Mitte dieses Jahrzehnts halbiert werden. Das entspricht einer durchschnittlichen Reduktion von 60-70 Mio. t CO₂ pro Jahr und damit einer Vervielfachung der bisher erbrachten jährlichen Emissionsminderungen (Wuppertal Institut, 2020). Dabei handelt es sich zwar um ein ambitioniertes Szenario, welches jedoch technisch und ökonomisch im gegebenen Zeitrahmen umsetzbar ist.

¹ Im Energiesektor sind die CO₂-Emissionen seit 2010 um 40 % gesunken. In den Bereichen Industrie (-5 %), Verkehr (-5 %), Gebäude (-19 %) und Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Sonstige (-10 %) war die Reduktion deutlich geringer (Umweltbundesamt, 2021a).

Die Transformation der Energiewirtschaft und des Verkehrssektors, die aktuell gemeinsam rund 50 % der Treibhausgasemission in Deutschland verursachen, stehen hierbei besonders im Fokus, da gerade im Verkehrs- und Energiebereich mit der E-Mobilität und den erneuerbaren Energien Technologien zur Verfügung stehen, mit deren Hilfe eine schnelle und zielgerichtete Dekarbonisierung bereits heute eingeleitet werden kann (Prognos et al., 2020).

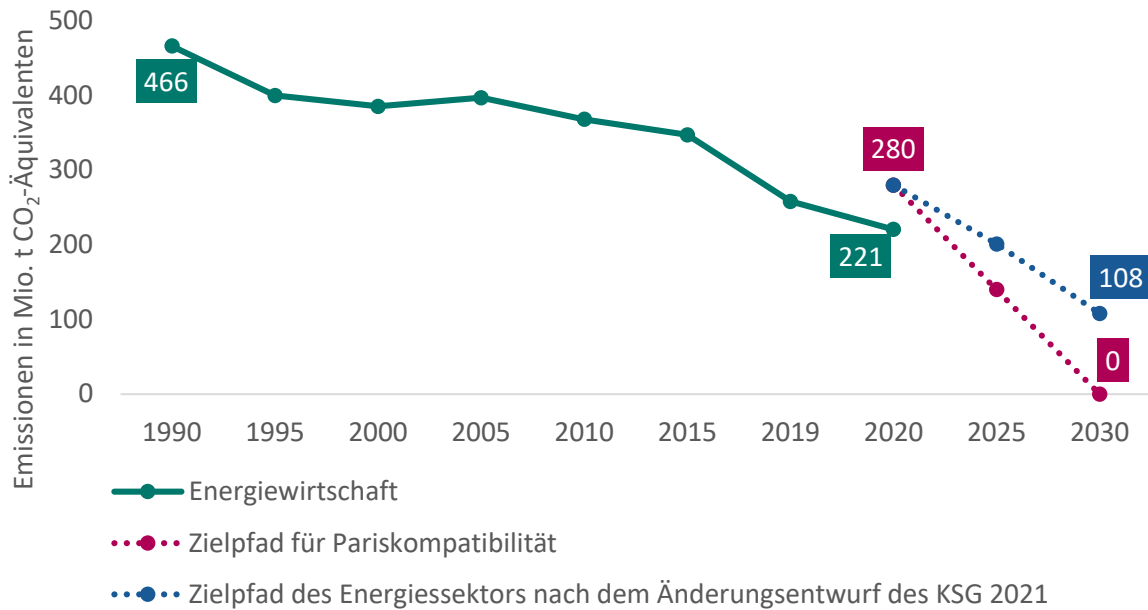
Status-Quo im Energiesektor

Unter dem Schlagwort Sektorenkopplung nimmt die Energiewende im Transformationsprozess eine Schlüsselrolle ein, da die Vollversorgung der anderen Sektoren mit Strom aus erneuerbaren Energien eine Grundvoraussetzung für eine schnelle und effiziente Emissionsneutralität darstellt (Komarnicki et al., 2018; Hainsch et al., 2020; Göke et al., 2021).²

Dem Energiesektor werden in der umweltpolitischen Betrachtung dabei jene Emissionen zugerechnet, die bei der Beschaffung der sogenannten Primärenergieträger wie Kohle, Öl, Gas oder Biomasse, deren Umwandlung in Energie und deren Speicherung und Vertrieb entstehen (United Nations, 2014). Im Jahr 2020 war dieser Bereich für rund 30 % der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Zur Erreichung der neuen Zielvorgabe des Klimaschutzgesetzes 2021 darf die Energiewirtschaft im Jahr 2030 höchstens 108 Mio. t CO₂-Äquivalente emittieren und muss damit den größten Minderungsbeitrag aller Sektoren leisten (Umweltbundesamt, 2021a). Wissenschaftliche Studien betonen zum Teil jedoch die Notwendigkeit eines noch steileren Reduktionspfads und der vollständigen Dekarbonisierung des Energiesektors bis 2030, damit das 1,5°C-Ziel eingehalten werden kann. Dazu ist ein zeitnaher Ausstieg aus der Kohleverstromung und ein gleichzeitiger Ausbau von Solar- und Windenergieanlagen unabdingbar. Eine wichtige Rolle spielt auch die Abkehr von fossilen Energieträgern in der Wärmeerzeugung hin zum Einsatz von regenerativen Energien (Prognos et al., 2020). Zudem muss durch Investitionen in das Stromnetz und in Speicherkapazitäten erneuerbarer Energien die notwendige Infrastruktur bereitgestellt werden, um den Umstieg nicht zu gefährden (Traber et al., 2021; Kendzioriski et al., 2021; Gerhards, et al., 2021).

² In der Industrie ist der technologische Pfad zur Emissionsneutralität hingegen weniger klar vorgegeben, da die notwendigen Technologien zum Teil noch in der Entwicklung stecken bzw. erst kurz vor der Marktreife stehen (Agora Energiewende & Wuppertal Institut, 2019).

Abbildung 2-2
Entwicklung der THG-Emissionen in der Energiewirtschaft



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Umweltbundesamt [a] (2021) und Traber, Fell & Hegner (2021)

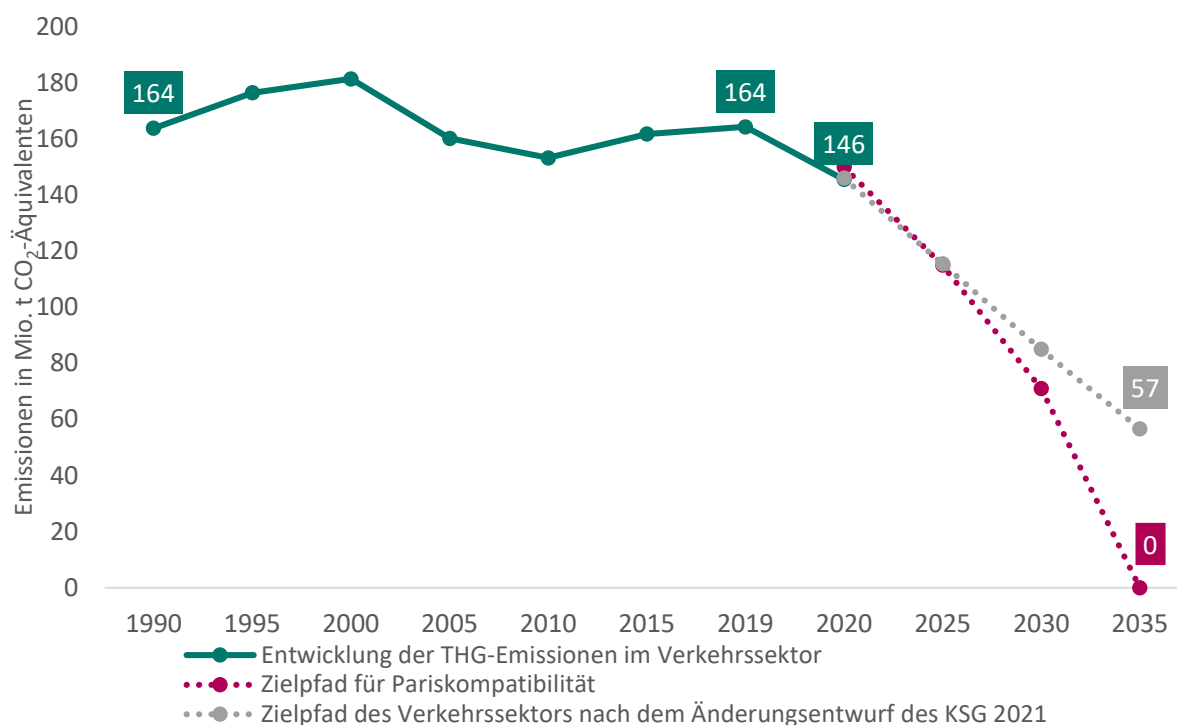
Status-Quo im Verkehrssektor

Im Jahr 2020 war der Verkehrssektor für fast 20 % der deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (Umweltbundesamt, 2021a). Er umfasst neben dem Straßenverkehr, auf den rund 98 % der verkehrsbedingten Emissionen zurückzuführen sind, den nationalen Luftverkehr, den Schienenverkehr sowie den inländischen Schiffsverkehr, zu dem die Küsten- und Binnenschifffahrt gehören (United Nations, 2014). Wie in Abbildung 2-3 dargestellt, gingen die Emissionen im Verkehrsbereich zwischen 2019 und 2020 um 11 % zurück, wodurch das Sektorenziel für 2020 von 150 Mio. t CO₂-Äquivalenten knapp erreicht werden konnte. Allerdings ist diese Reduktion in großen Teilen auf den Rückgang des Straßen- und Luftverkehrs während der Corona-Pandemie zurückzuführen. Insgesamt ist über den Verlauf der vergangenen 30 Jahre kein klarer Reduktionstrend zu erkennen und die Gesamtemissionen lagen 2019 sogar marginal über dem Referenzwert von 1990 (Umweltbundesamt, 2021a). Gerade vor dem Hintergrund einer zunehmenden globalen Vernetzung und stetig wachsenden Handelsströmen, verdeutlichen die stagnierenden CO₂-Werte den dringenden Handlungsbedarf im Verkehrsbereich, wenn das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2035 erreicht werden soll.

Mit der Verschärfung des Klimaschutzgesetzes will die Bundesregierung die Emissionen im Verkehrsbereich daher bis 2030 um 48 % gegenüber 1990 reduzieren. Dies entspricht einer zulässigen

Emissionsmenge von maximal 85 Mio. t CO₂-Äquivalenten im Jahr 2030, was im Vergleich zum alten Sektorenziel einer zusätzlichen Reduktion von 10 Mio. t CO₂- Äquivalenten entspricht. Legt man allerdings das deutsche Restbudget von 4,2 Gigatonnen CO₂ zugrunde, ergibt sich, dass auch der Verkehrssektor bereits 2035 klimaneutral sein muss (Wuppertal Institut, 2020).

Abbildung 2-3
Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Umweltbundesamt (2021a) und Rudolph et al. (2017)

Um im Verkehrssektor bis 2035 Klimaneutralität erreichen zu können, müssen verschiedene weitgehende Maßnahmen zeitnah umgesetzt werden. In der bisherigen politischen und gesellschaftlichen Debatte wurde die Verkehrswende dabei oft als einseitiger Aufbruch in die Elektromobilität missverstanden. Tatsächlich stützt sich die Transformation des Sektors auf zwei unterschiedliche Säulen. Neben einer Verkehrsenergie- wende, in deren Rahmen die Umstellung von energie- und treibhausgasintensiven Verkehrsträgern auf klimaverträgliche Alternativen erfolgt, setzt die Mobilitätswende auf die Vermeidung und Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) hin zu klimafreundlichen Alternativen (Reiner Lemoine Stiftung, 2021).

Trotz des hohen Reduktionsbedarfs, einer zunehmenden medialen Aufmerksamkeit und einer wachsenden Zustimmung in der Bevölkerung und Politik kommt die Dekarbonisierung Deutschlands nur langsam voran. Als Ursachen lassen sich verschiedene sektorspezifische Barrieren und Hemmnisse

identifizieren, welche von der Politik durch unterschiedliche Maßnahmen adressiert werden können. Im Rahmen einer strukturierten Analyse erfolgt zunächst eine allgemeine wirtschaftstheoretische Identifizierung der Hemmnisse, die dem Klimaschutz entgegenstehen. Zudem wird erläutert, warum das Instrument der CO₂-Bepreisung alleine nicht ausreichend sein kann, um diese Barrieren zu überwinden. Anschließend werden klimapolitische Instrumente vorgestellt, die diese Hemmnisse adressieren können. Aufbauend auf diesen beiden Abschnitten erfolgt im Anschluss eine sektorspezifische Analyse der Barrieren in den Sektoren Energie und Verkehr.

3. Die Notwendigkeit eines Instrumentenmix

Obwohl es im Interesse der Allgemeinheit sein sollte, die negativen Folgen des Klimawandels abzubremesen, zeigt der jährliche Emission Gap Report der Vereinten Nationen, dass die aktuellen weltweiten Bemühungen zur Treibhausgasreduktion bei weitem nicht ausreichend sind, um das im Pariser Klimaschutzabkommen vereinbarte 1,5°C-Ziel zu erreichen. Trotz drastischer Warnungen über die Folgeschäden des Klimawandels fehlt es an strikten politischen Rahmenbedingungen, den notwendigen privaten und öffentlichen Anpassungsmaßnahmen sowie Investitionen in klimafreundliche Technologien und Forschung (United Nations Environment Programme, 2020).

Warum der Markt beim Klimaschutz versagt

Beim Klimaschutz versagt die Koordinationsfunktion des Marktes, weshalb eine Bekämpfung des Klimawandels durch Marktmechanismen allein nicht erfolgreich sein kann. Aufgrund bestehender Mechanismen und Rahmenbedingungen haben einzelne Emittent:innen nur geringe Anreize, in klimafreundliche Technologien zu investieren und notwendige Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen. Aus ökonomischer Sicht gibt es hierfür drei verschiedene Gründe:

- (1) Der Ausstoß von Treibhausgasen ist in vielen Teilen der Welt noch immer mit zu geringen Kosten verbunden, da die Verursacher die Konsequenzen der Folgeschäden aufgrund der zeitlichen und räumlichen Verschiebung meist nicht direkt zu spüren bekommen (Stern, 2006).
- (2) Die Klimaschutzmaßnahmen einzelner Staaten haben nur marginale Effekte auf das Weltklima, verursachen jedoch im Zweifelsfall hohe individuelle Anpassungskosten (Tietenberg & Lewis, 2009).
- (3) Neben den allgemeinen ökonomischen Mechanismen (1) und (2) kommen Hürden, wie ein langfristiges Glaubwürdigkeitsproblem der Politik (Kalkuhl et al., 2020) oder sektorspezifische Barrieren, wie technologische Lock-In-Situationen, hinzu. Letztere entstehen beispielsweise

durch die hohen Investitionskosten und langen Laufzeiten von emissionsintensiven Technologien, wie z.B. Kohlekraftwerken (Bertram et al., 2015).

Klimapolitische Instrumente zur Behebung des Marktversagens

Für die Erreichung der Klimaneutralität sind weitreichende und umfassende Investitionen von privater und staatlicher Seite zwingend notwendig. Im Kern stehen dabei die Transformation der Energiewirtschaft sowie die weitgehende Elektrifizierung und Modernisierung des Verkehrs- und des Gebäudebestands (Prognos et al., 2020). Neben direkten staatlichen Investitionen hat die Politik dabei im Wesentlichen die Möglichkeit, auf drei unterschiedliche Instrumententypen zurückzugreifen, um alle drei Ursachen, die eine effiziente Regelung über den Markt verhindern, zu adressieren (Gupta et al., 2007; Zwingmann, 2007; Fay et al., 2015):

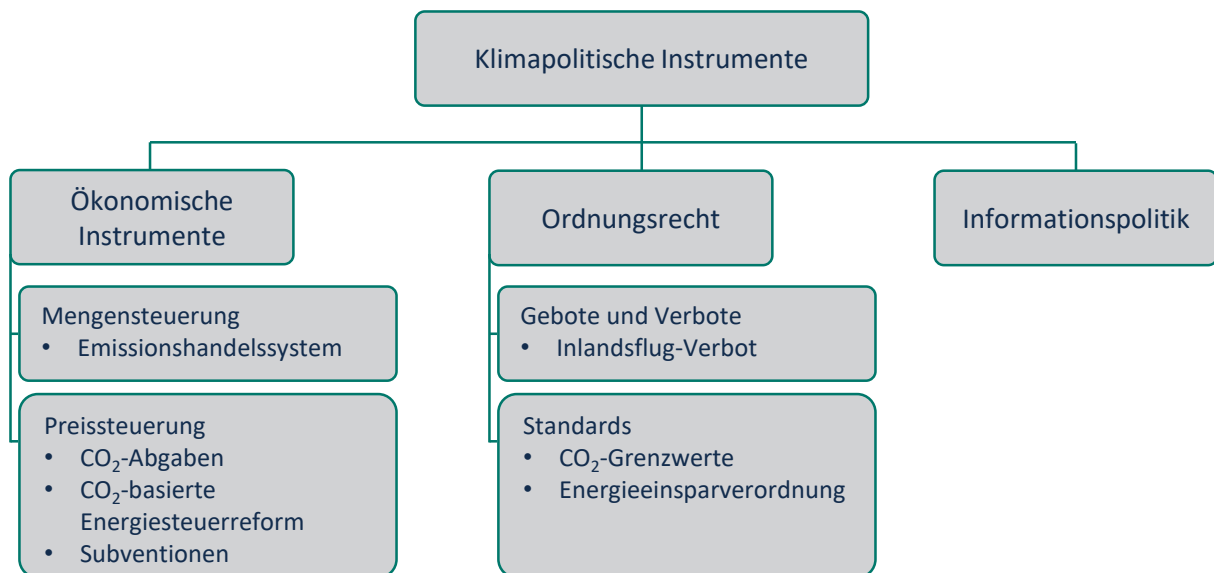
- Ökonomische Instrumente
- Ordnungsrecht
- Informationspolitik

Marktbasierte, ökonomische Instrumente umfassen dabei die Bepreisung von CO₂-Emissionen in Form eines Zertifikathandelssystems oder einer Besteuerung. Beide Instrumente verfolgen das Ziel, die externen Kosten des umweltschädlichen Verhaltens zu internalisieren. Im Zertifikatehandel findet die Steuerung über die ausgegebene Menge an Zertifikaten statt, durch die die zulässige Emissionsmenge festgelegt wird. Emittenten müssen die Zertifikate für ihren CO₂-Ausstoß beispielsweise bei staatlich organisierten Auktionen erwerben. Der Preis für die Berechtigungsscheine kann entweder durch die Politik festgelegt werden oder sich durch Angebot und Nachfrage nach Zertifikaten am Markt bilden. Dagegen handelt es sich bei der CO₂-Steuer um ein Instrument der Preissteuerung. Hier wird der Ausstoß von CO₂ besteuert und so die negativen externen Effekte der CO₂-Emission internalisiert. Beide Instrumente sollen über die höhere Bepreisung von CO₂-intensiven Aktivitäten Marktanreize schaffen, um Emissionen zu reduzieren. Analog dazu ist auch die Subventionierung klimafreundlicher Produkte mit positiven externen Effekten vorstellbar (Perman et al., 2003).

Daneben kann das Ordnungsrecht als klimapolitisches Instrument genutzt werden. Ordnungspolitische Eingriffe umfassen neben Geboten und Verboten auch Technologiestandards, Mindestanforderungen oder Emissionsgrenzwerte. Mithilfe dieses Instruments kann der Staat das Verhalten von Unternehmen und Bürger:innen direkt steuern und negative Umweltwirkungen verhindern. Zuletzt kann die Politik im Klimaschutz auf informationspolitische Maßnahmen zurückgreifen, um durch die Bereitstellung von Informationen zu Klimaschäden und den Vorteilen möglicher Schutzmaßnahmen

die Akzeptanz und das Bewusstsein für Klimawandel und Klimaschutz in der Bevölkerung zu stärken (Gupta et al., 2007).

Abbildung 3-1
Klassifizierung der einzelnen Klimaschutzinstrumente



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Gupta et al. (2007)

Bei der Betrachtung von Abbildung 3-1 wird deutlich, dass der Werkzeugkasten zur Erreichung der Klimaneutralität durch den Einsatz ökonomischer Instrumente, die in der aktuellen politischen und medialen Debatte im Vordergrund stehen, bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Trotz der hohen Aufmerksamkeit, welche der CO₂-Bepreisung aktuell zukommt, betonen verschiedene Studien, dass ökonomische Instrumente allein das Problem des Klimawandels nicht lösen können, da neben der zu geringen Bepreisung von Emissionen weitere Barrieren und Hemmnisse vorhanden sind, die nur unzureichend durch ein Preissignal adressiert werden (Goulder & Parry, 2008). Dies kann aus theoretischer Sicht aus mehreren Gründen der Fall sein.

Warum die Bepreisung von Emissionen nicht ausreichend ist

Zunächst ist eine Klimapolitik, die ausschließlich auf einen CO₂-Preis setzt, darauf angewiesen, dass die Verbraucher:innen und Unternehmen entsprechend auf die gesendeten Preissignale reagieren (Thomas et al., 2019). Problematisch ist hierbei, dass die Verwendung von fossilen Brennstoffen und die damit verbundene Freisetzung von Treibhausgasemissionen in nahezu allen Wirtschaftsbereichen über viele Jahrzehnte hinweg optimiert wurde. Durch die entstandenen Verflechtungen von

Infrastrukturen, wirtschaftlichen Interessen und sozialen Standards befinden sich Gesellschaft und Wirtschaft heute in einer Situation, in der tiefgreifende Veränderungen der Sektoren und des Konsumverhaltens notwendig sind, um die Klimaziele zu erreichen (Rosenbloom et al., 2020).

Um diesen Transformationsprozess einzig mit Hilfe einer CO₂-Abgabe zu erreichen, ist ein hoher, planbarer CO₂-Preis notwendig. Das Umweltbundesamt geht beispielsweise davon aus, dass die effektiven Umweltkosten einer Tonne CO₂ im Jahr 2020 bei 195 € lagen und somit deutlich höher ausfielen als der damals geltende CO₂-Preis im europäischen Emissionshandel.³ Bei gleicher Gewichtung der Nutzen heutiger und zukünftiger Generationen steigen die geschätzten Umweltkosten einer Tonne CO₂ teilweise sogar auf 680 Euro an (Bünger & Matthey, 2020). Zwar ist dabei zu berücksichtigen, dass die Wirksamkeit eines bestimmten CO₂-Preises von der produktspezifischen Preiselastizität der Endverbraucher abhängig ist, die zum Teil stark zwischen den einzelnen Wirtschaftsbereichen variiert (Bach et al., 2019), trotzdem schätzen Expert:innen, dass im Verkehrs- und Wärmesektor schon heute mindestens ein CO₂-Preis von 50 Euro je Tonne CO₂ notwendig ist, der bis 2030 auf wenigstens 130 Euro ansteigen muss (Edenhofer et al., 2019). Unter den Annahmen, dass die Preisaufschläge vollständig an die Endverbraucher:innen weitergegeben werden und direkt auf Basis des Emissionsfaktors berechnet werden, lassen sich vereinfachte Schätzung dazu anstellen, wie stark die Preisaufschläge für einzelne Produkte ausfallen werden.⁴

Tabelle 3-1
Preisaufschläge auf einen Liter Benzin und Diesel bei unterschiedlichen CO₂-Preisen

Produkt	Emissionsfaktor	25€ pro Tonne CO ₂	55€ pro Tonne CO ₂	130€ pro Tonne CO ₂
Benzin	2,37 kg CO ₂ /Liter	+ 5,9 Cent	+ 13 Cent	+ 30,8 Cent
Diesel	2,65 kg CO ₂ /Liter	+ 6.6 Cent	+ 14,6 Cent	+ 34,5 Cent

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Frondel (2019)

Die in Tabelle 3-1 berechneten Preisaufschläge zeigen, dass die Preise für einen Liter Benzin bzw. Diesel je nach CO₂-Preis zwischen 6 Cent und 34 Cent steigen könnten, was konsistent mit anderen Berechnungen zu dieser Thematik ist (ADAC, 2021; Zerkawy et al., 2019). Die französischen Gelbwesten-Proteste von 2018 zeigen vor diesem Hintergrund ein zentrales Problem der CO₂-

³ Der Auktionspreis lag 2020 bei durchschnittlich 24,37 Euro pro Tonne CO₂ und schwankt 2021 bisher deutlich zwischen 32 und 58 Euro pro Tonne CO₂ (European Energy Exchange, 2021).

⁴ Der Emissionsfaktor gibt an, wie viel eines Stoffs oder Stoffgemischs (z.B. CO₂) bezogen auf eine geeignete Bezugsgröße (Liter, Kilogramm usw.) emittiert wird.

Bepreisung als Klimaschutzinstrument – die glaubhafte Selbstbindung der Politik. Schon die verhältnismäßig geringe Erhöhung des CO₂-Preises auf 55 Euro pro Tonne, führte in Frankreich zu einem solch hohen politischen Druck, dass die geplanten Preiserhöhungen ausgesetzt werden mussten (Gagnebin et al., 2019). Durch die Möglichkeit solcher Anpassungen sind ausreichend hohe CO₂-Preise, die eine Lenkungswirkung entfalten könnten, nur schwer umzusetzen und in ihrer Ankündigung nur wenig glaubwürdig (Kalkuhl et al., 2020). Auch der europäische Emissionshandel leidet unter einem zu hohen Angebot an Zertifikaten, die daraus resultierenden, relativ niedrigen Zertifikatpreise haben kaum die Signalwirkung, um Anreize für einen ausreichenden Transformationsprozess zu setzen (Kemfert et al., 2019c). Die fehlende Glaubwürdigkeit der Politik führt außerdem dazu, dass wirtschaftliche Akteure die angekündigten Preisentwicklungen in ihrem Verhalten nicht ausreichend berücksichtigen und beispielsweise bei der Kaufentscheidung eines neuen Pkw die zukünftigen Benzinpreise unterschätzen (Allcott & Wozny, 2014).

Darüber hinaus bestehen weitere sektorspezifische Marktversagensgründe, die sich ebenfalls nicht direkt durch ein Preissignal adressieren lassen. Hierzu zählen die aus langfristiger Sicht generell begrenzten, rationalen Entscheidungen von Konsument:innen. In der Praxis zeigt sich beispielsweise beim Kauf von Glühbirnen, dass Verbraucher:innen häufig zu ineffizienten Produkten greifen, selbst wenn die energieeffizientesten Alternativen über Lebensproduktzyklus gesehen auch am kostengünstigsten sind. Dieses Verhalten lässt sich unter anderem mit verzerrten Preissignalen, der Unsicherheit über zukünftigen Strompreis und mangelnde Informationen zum Lebenszyklus des Produkts erklären (Blasch et al., 2019). Hinzu kommen positive Externalitäten bei der Entwicklung von emissionsarmen Technologien. Unternehmen, die Innovationen an den Markt bringen, können andere Marktteilnehmende nur bedingt davon abhalten, ebenfalls von der Innovation zu profitieren, wodurch sie selbst nur einen Bruchteil der potenziellen Vorteile/Gewinne erhalten. In Anbetracht der hohen Forschungs- und Entwicklungskosten entstehen hierdurch zu wenig Anreize für klimafreundliche Innovationen (Jaffe et al., 2005). Gerade im Verkehrssektor sorgen zusätzliche Netzwerk-Externalitäten zu Verzögerungen beim Ausbau klimafreundlicher Infrastrukturen (Li et al., 2017). Dieses Problem lässt sich dabei wie folgt zusammenfassen: Die Leute kaufen keine E-Pkw, weil es zu wenig Ladestationen gibt, während gleichzeitig zu wenig in die Ladeinfrastruktur investiert wird, da kaum E-Pkw gekauft werden.

Aus diesen Gründen können die bestehenden ökonomischen Instrumente zur Mengen- und Preissteuerung nur einen Teil des Werkzeugkastens der Klimapolitik bilden. Sie adressieren durch die Internalisierung externer Kosten in erster Linie das Externalitätenproblem der Umweltverschmutzung und benötigen generell ein langfristig glaubwürdiges und ausreichend hohes Preisniveau, um

nachhaltig eine Lenkungswirkung zu entfalten. Für einen schnellstmöglichen Weg zur Klimaneutralität müssen weitere Instrumente, insbesondere mit Fokus auf die sektorenspezifischen Hemmnisse (s.o. Grund (3)), implementiert werden. Die umweltökonomischen Vor- und Nachteile der einzelnen Instrumente werden im Folgenden systematisch erläutert.

Umweltökonomische Bewertung potenzieller Klimaschutzinstrumente

In der umweltökonomischen Literatur haben sich verschiedenste Kriterien zur Bewertung von Klimaschutzinstrumenten etabliert (Gupta et al., 2007; Berger et al., 2020). Diese Studie orientiert sich bei der Bewertung der einzelnen Instrumente dabei an der Zielgenauigkeit (A.) und zwei ökonomischen Effizienzkriterien, der dynamischen (B.) und der statistischen Effizienz (C.) (Löw Beer, 2016):

- A. **Ökologische Zielgenauigkeit:** Inwieweit kann das gewählte Instrument die beabsichtigte Reduktion von Treibhausgasen erreichen?
- B. **Dynamische Effizienz** (Innovationskraft): Setzt das Instrument Anreize für Investitionen und Innovationen, die zu zukünftig geringeren Vermeidungskosten führen?
- C. **Statische Effizienz** (Kosteneffizienz): Handelt es sich bei dem betrachteten Instrument um jene Maßnahme, mit der das angestrebte Emissionsniveau mit den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden kann (Adolf, 2008)?

Neben diesen drei allgemeinen Kriterien nimmt bei der Umsetzung der einzelnen Instrumente ihre gesellschaftliche Akzeptanz und Verteilungswirkung eine zentrale Rolle ein. Da die Akzeptanz und die Effektstärke der sozialen Folgen stark von der Implementierung komplementärer sozialpolitischer Maßnahmen abhängen, kann die **Akzeptanz** (D.) als viertes Kriterium im Folgenden hier nur situativ umschrieben werden.

Vor dem Hintergrund, dass zur Erreichung des 1,5°C-Ziels mittelfristig eine vollständige Dekarbonisierung erfolgen muss, ist eine Verlagerung von Forschung, Entwicklung und Investitionen hin zu emissionsarmen Technologien zwingend notwendig (Lilliestam et al., 2021). Daher überschneiden sich die Kriterien der Zielgenauigkeit und der dynamischen Effizienz und werden im Folgenden gemeinsam diskutiert. Bei der nachstehenden Bewertung der Vor- und Nachteile der vorab

beschriebenen Politikinstrumente⁵, handelt es sich um eine rein indikative Bewertung, da verschiedene Umstände zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können (Goulder & Parry, 2008).

Ökologische Zielgenauigkeit & dynamische Effizienz

Aus theoretischer Sicht hat der Emissionshandel im Hinblick auf die ökologische Zielgenauigkeit den Vorteil, dass über die Mengenregulierung der ausgegebenen Zertifikate das festgelegte Emissionsziel treffsicher erreicht werden kann. Gleichzeitig besteht aufgrund der Preisfindung am Markt Unsicherheit über die Preisentwicklung, da diese maßgeblich von zukünftig verfügbaren Optionen zur Emissionsvermeidung abhängig ist, die ebenfalls schwer zu prognostizieren sind (Berger et al., 2020). Die Planungssicherheit für Investitionen und Innovationen kann jedoch durch einen Preiskorridor erhöht werden. Der Preiskorridor begrenzt die Preisvolatilität des Zertifikathandels und schafft Investitionssicherheit. Bei einem festgeschriebenen Höchstpreis besteht allerdings das Risiko, dass der Höchstpreis vor dem Emissionszielwert erreicht wird und somit das Emissionsziel verfehlt wird (Edenhofer et al., 2019).

Im direkten Vergleich mit dem Emissionshandel hat die Einführung einer CO₂-Steuer aufgrund des festen Abgabesatzes den Vorteil einer höheren Planungssicherheit für Unternehmen und Konsument:innen. Vor allem eine vorab festgelegte schrittweise Erhöhung des Steuersatzes schafft stärkere Anreize für Investitionen und Innovationen im Bereich umweltfreundlicher Technologien (Kemfert et al., 2019c). Anders als beim Emissionshandel herrscht bei der CO₂-Steuer allerdings Unklarheit darüber, ob das Reduktionsziel erreicht wird, da das notwendige Preisniveau vorab nur abschätzbar ist (Edenhofer et al., 2019). Es besteht daher die Gefahr, dass der Staat den Steuersatz zu niedrig oder zu hoch ansetzt und somit entweder das Reduktionsziel verfehlt oder die Bevölkerung unnötig belastet (Berger et al., 2020). Verglichen mit dem Emissionshandel herrscht somit bei einer CO₂-Steuer größere Unsicherheit bezüglich der ökologischen Zielgenauigkeit.

Auch wenn sowohl der Emissionshandel als auch die CO₂-Steuer aus theoretischer Sicht das Potenzial besitzen, Investitions- und Innovationsanreize im Bereich klimafreundlicher Technologien zu setzen, sind hierfür in der Praxis aufgrund der langen Investitionszyklen und der zum Teil sehr hohen Kosten für die einzelnen Marktteilnehmer:innen vor allem langfristig glaubwürdige Preisentwicklungen notwendig (Nordhaus, 2011). Wie im Abschnitt *Warum die Bepreisung von Emissionen nicht*

⁵ Da informationspolitische Maßnahmen vor allem einen komplementären Charakter haben, selbst aber keinen direkten Effekt auf das Verhalten der einzelnen Marktteilnehmer:innen haben (Wissenschaftlicher Beirat für Verkehr beim BMVBS, 2010), werden diese im Folgenden nicht genauer betrachtet.

ausreichend ist beschrieben wurde, haben jedoch beide Ansätze in der praktischen Umsetzung tendenziell ein Glaubwürdigkeitsproblem.

Diese Vermutung wird durch unterschiedliche empirische Studien belegt, welche die langfristige Lenkungswirkung des europäischen Emissionshandels und der schon seit den 1990er-Jahren bestehenden CO₂-Abgaben in Norwegen und Schweden untersucht haben. Tabelle 3-2 fasst die Ergebnisse dieser Studien zusammen:

Tabelle 3-2
Empirische Evidenz zu beobachteten Effekten ökonomischer Instrumente auf kohlenstoffarme und kohlenstofffreie Investitionen und Innovationen

Kriterien	Effekte auf emissionsarme Investitionen	Effekte auf kohlenstofffreie Investitionen	Effekte auf Innovationen
Studien zur Wirksamkeit des europäischen Emissionshandels			
Roggen et al. (2011)	Keine	Keine	Schwach
Schmidt et al. (2012)	-	Keine	Keine
Löfgren et al. (2014)	Keine	Keine	-
Borghesi et al. (2015)	Keine	Keine	Schwache
Jaraite-Kažukauske & Di Maria (2016)	Schwach	-	-
Calel & Dechezleprêtre (2016)	-	-	Schwach
Bel & Joseph (2018)	-	-	Schwach
Studien zur Wirksamkeit von CO ₂ -Abgaben			
Bruvoll & Larsen (2004) (NOR)	Keine	Keine	-
Bohlin (1998)(SWE)	Keine	Keine	-

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Lilliestam et al. (2021)

Die empirische Evidenz zu den direkten Effekten von CO₂-Preisen auf den Ausstoß von CO₂, welche unter anderem durch den Wechsel von Kraftstoffen ausgelöst werden, ist generell positiv (Lilliestam et al., 2021). Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse in Tabelle 3-2 jedoch, dass es kaum Hinweise auf Effekte im Hinblick auf emissionsarme Investitionen oder Innovationen gibt. Oftmals wird argumentiert, dass

ein zu niedriger CO₂-Preis die Hauptursache für die geringe Lenkungswirkung der Kohlenstoffpreissysteme sei. Im EU-Emissionshandel kostete die Tonne CO₂ aufgrund der hohen Anzahl verfügbarer Zertifikate lange weniger als zehn Euro, was kaum Anreize für kostspielige Transformationsprozesse erzeugte (Matthes, 2010). Die niedrigen Preise allein reichen als Erklärung allerdings nicht aus, da auch in Schweden und Norwegen mit verhältnismäßig hohen CO₂-Preisen⁶ die Lenkungswirkung von Kohlestoffpreissystem im Technologiewandel nicht nachgewiesen werden konnte (Bohlin, 1998; Bruvoll & Larsen, 2004). Eine weitere mögliche Erklärung für das Ausbleiben von langfristigen Investitionsanreizen ist, dass Investor:innen die hohen CO₂-Preise bzw. angekündigte Preiserhöhungen langfristig als unglaubwürdig einstufen und daher ignorieren, da diese lediglich ein Versprechen der aktuellen Regierung darstellen (Kalkuhl et al., 2020).

Wie einleitend bereits erwähnt, stellt sich beim Instrument CO₂-Bepreisung darüber hinaus die Frage, inwieweit eine CO₂-Bepreisung überhaupt die notwendigen, kurzfristigen Anpassungen gewährleisten kann. Es ist unstrittig, dass zur Einhaltung des Pariser Klimaschutzabkommens bereits in den nächsten zehn Jahren eine drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen in allen Sektoren erfolgen muss. Aufgrund administrativer und rechtlicher Hindernisse könnte alleine die Ausdehnung des EU-Emissionshandels auf die Sektoren Gebäude und Verkehr zwei bis drei Jahre in Anspruch nehmen, wodurch wertvolle Zeit bei der Emissionsreduktion verschenkt wird (Matthes, 2019). Auch der alternativ diskutierte Vorschlag einer CO₂-orientierten Energiesteuerreform, der innerhalb weniger Monate umsetzbar wäre, ist mit administrativen Unwägbarkeiten und Aufwand verbunden, da der Steuersatz regelmäßig überprüft und angepasst werden muss, um sicherzustellen, dass die notwendigen Reduktionsziele erreicht werden können (Edenhofer et al., 2019).

Ein Vorzug ordnungsrechtlicher Eingriffe in diesem Zusammenhang ist, dass sie kurzfristig einen politisch glaubwürdigen Rahmen für Investitionen in emissionsarme Infrastruktur schaffen, wodurch Minderungserfolge eintreten und dynamische Anreize entstehen können (Edenhofer et al., 2019). Empirische Arbeiten und Befragungen von Unternehmen zeigen zudem, dass einzelne ordnungsrechtliche Eingriffe in der Vergangenheit langfristige Innovationsanreize in der Praxis ausgelöst haben (Rennings & Rexhäuser, 2011). Wichtig ist dabei, dass regulatorische Maßnahmen nur dann eine klimarelevante Wirksamkeit entfalten können, wenn sie in ihrer Zielsetzung ambitioniert genug konzipiert sind. Ist dies der Fall, ergänzen sich ordnungspolitische Eingriffe und das Instrument der CO₂-Bepreisung bei der Erreichung der Klimaziele. Dies gilt insbesondere dann, wenn

⁶ Schweden erhebt mit rund 100 € pro Tonne CO₂ aktuell die höchste CO₂-Abgabe weltweit. Norwegen folgt mit rund 45 € pro Tonne CO₂ auf Platz 5 (World Bank, 2020).

Verbraucher:innen aufgrund unglaublicher Preisziele oder sektorspezifischer Barrieren, nicht stark genug auf das Preissignal reagieren (Goulder & Parry, 2008).

Die Klimaschutzwirkung eines CO₂-Preises lässt sich generell verstärken, wenn der Staat die Bürger:innen dabei unterstützt, auf klimafreundlichere Alternativen umzusteigen. Förderprogramme können dabei vor allem im Bereich neuer Technologien eine starke Lenkungswirkung entfalten, wie der schnelle Ausbau der Wind- und Solartechnologien in Deutschland zeigen konnte (Schmidt et al., 2012; Verbruggen et al., 2019). Auch auf Verbraucher:innen zugeschnittene Förderprogramme, durch die die Anschaffung von klimafreundlicheren Haushaltsgeräten, Elektrofahrzeugen oder emissionsarmen Heizungen unterstützt werden, können zur Einsparung von Treibhausgasemissionen beitragen (Burger et al., 2019). Gleichzeitig gilt, dass Subventionen bei bestehenden Strukturen nur geringe Anreize zur effizienteren Nutzung klimafreundlicher Alternativen setzen. So hat beispielsweise die staatliche Bezuschussung bei der Anschaffung von E-Pkw zwar einen Effekt auf die Flottenzusammensetzung und kann dadurch die durchschnittlichen Emissionen von neu zugelassenen Pkw reduzieren, allerdings schafft sie keinen Anreiz, die Fahrleistung der bestehenden Pkw mit Verbrennungsmotor zu senken (Stern & Stiglitz, 2017). Ein weiteres tendenzielles Problem von Förderprogrammen liegt darin, dass konjunkturelle Schwankungen aufgrund ihres direkten Einflusses auf das Investitionsverhalten der Marktteilnehmenden fortlaufende Anpassungen erfordern, um die Anreizwirkung aufrecht zu erhalten. Darüber hinaus können sogenannte Rebound-Effekte, beispielsweise durch die Förderung von Hybrid-Fahrzeugen, zu effektiv höheren Emissionen führen (Edenhofer et al., 2019).⁷ Gut konzipiert, können Subventionen allerdings vor allem in den Sektoren Verkehr und Wärme (Bach et al., 2019), sowie im Bereich der Forschung und Entwicklung (Grassegger & Seibt, 2006) Barrieren adressieren, die von einem Preissignal nur schwer überwunden werden können. Insbesondere, da aktuell immer noch verschiedene staatliche Subventionen fossile Energieerzeugung und Mobilitätsformen fördern, wodurch nahezu jegliches Klimainstrument konterkariert wird (vgl. Kapitel 3.1 und 3.2). Die Analyse der ökologischen Zielgenauigkeit und dynamischen Effizienz der einzelnen Politikinstrumente zeigt, dass die Bepreisung von CO₂-Emissionen, so überzeugend die theoretischen Argumente dafür auch sein mögen, in der Praxis nicht dazu geeignet ist, zeitnah einen Beitrag in der Größenordnung des KSG geschweige denn des CO₂-Budgets zur Emissionsreduktion zu leisten. Die empirische Evidenz belegt, dass regulatorische Maßnahmen

⁷ Als Rebound-Effekt wird das Phänomen bezeichnet, dass Emissionseinsparungen einer neuen Technologie nicht vollständig erreicht werden, da die Effizienzsteigerung zu geringeren Nutzungskosten und damit zu Verhaltensänderungen der Verbraucher:innen führt. (Edenhofer et al., 2019).

(Rennings & Rexhäuser, 2011) und das Instrument der Subventionierung (Schmidt et al., 2012) in diesem Hinblick wichtige ergänzende Anreize setzen (Lilliestam et al., 2021).

Statische Effizienz

In Bezug auf das Kriterium C., der statischen Effizienz, gelten marktbasierende Ansätze zur Emissionsreduktionen allgemein als besonders kosteneffizient. Sowohl im Rahmen eines Emissionshandels, als auch bei einer CO₂-Steuer haben Marktteilnehmer je nach Höhe ihrer Vermeidungskosten die Möglichkeit, die Emissionen stärker zu reduzieren oder als Alternative die Abgabe bzw. den Zertifikatpreis zu zahlen, wodurch der Staat gleichzeitig Einnahmen generieren kann (Edenhofer et al., 2019; Berger et al., 2020).

Staatliche Regulierungen bieten hingegen kaum eine Möglichkeit, die unterschiedlichen Kostenstrukturen der Emissionsvermeidung bei den einzelnen Marktteilnehmer:innen zu berücksichtigen. Dementsprechend müssen Marktteilnehmer:innen mit hohen Vermeidungskosten die Emissionen im gleichen Umfang reduzieren, wie jene mit geringeren Vermeidungskosten, wodurch die Kosteneffizienz von regulatorischen Maßnahmen vergleichsweise gering ist (Berger et al., 2020). Empirische Untersuchungen im Transportsektor kommen beispielsweise zu dem Ergebnis, dass die durch Standards zur Emissionsvermeidung ausgelösten Anpassungskosten um ein Vielfaches höher sind, als jene, die bei gleicher Emissionsvermeidung durch einen CO₂-Preis anfallen (Austin & Dinan, 2005). Zeitgleich besteht das Risiko, dass durch Regulierungen bestimmte Technologien und Produktionstechnologien präferiert werden, die sich in Zukunft nicht als effiziente Technologien erweisen. Durch bis dahin aufgebaute Bestände, Infrastrukturen und Abhängigkeiten kann dies vor allem im Nachhinein hohe gesellschaftlichen Kosten hervorrufen (Berger et al., 2020). Hier zeigt sich erneut, dass ordnungspolitische Eingriffe gut konzipiert sein müssen, um solche negativen Effekte zu vermeiden.

Auch bei Förderprogrammen besteht die Gefahr der Subventionierung zukünftig ineffizienter Systeme oder Produkte. Das größte Kosteneffizienzproblem bei dieser Maßnahme ist allerdings, dass sie auch von Marktteilnehmer:innen in Anspruch genommen werden, welche die Investitionsentscheidung auch ohne die Subvention getroffen hätten. An dieser Stelle spricht man von sogenannten Mitnahmeeffekten (Krey & Weinreich, 2000; Arguedas & van Soest, 2009).

Akzeptanz

Bei der Umsetzung der einzelnen Politikinstrumente spielt schlussendlich die öffentliche Akzeptanz (Kriterium D.) eine wichtige Rolle, da diese entscheidend dazu beiträgt, ob getroffene Maßnahmen bestehen oder über die Zeit aufgrund gesellschaftlichen Drucks angepasst werden müssen. Die empirische Forschung zeigt, dass Bürger:innen tendenziell Maßnahmen präferieren, die einkommensschwache Haushalte vor einer finanziellen Mehrbelastung schützen (Brannlund & Persson, 2012). Aus theoretischer Sicht bieten Mengen- und Preissteuern dabei den Vorteil, dass sie öffentliche Einnahmen generieren, die dazu verwendet werden können, einkommensschwache Haushalte zu entlasten (Baranzini et al., 2017). Allerdings wurde in den vorausgegangenen Ausführungen bereits aufgezeigt, dass die alleinige Anwendung eines marktbasierten Klimaschutzinstruments ein sehr hohes Preisniveau erfordert, um die gewünschten Anreizeffekte und Verhaltensänderungen auszulösen. Dadurch entstehen negative Folgen insbesondere für einkommensschwache Haushalte und anfällige Wirtschaftssektoren (Rozenberg et al., 2013). Da in der medialen Debatte vor allem die negativen Konsequenzen einer CO₂-Bepreisung thematisiert werden⁸, ist es nicht verwunderlich, dass empirische Untersuchungen zu dem Schluss kommen, dass Subventionen und ordnungsrechtliche Maßnahmen in der Bevölkerung eine größere Zustimmung erfahren (Bannon et al., 2007; Rozenberg et al., 2013; Kyselá, 2015). Hierbei sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass auch ordnungsrechtliche Instrumente Kosten für die Marktteilnehmenden verursachen, diese jedoch oft weniger sichtbar sind und somit weniger zu einer sinkenden Akzeptanz beitragen (Edenhofer et al., 2019).

Zwischenfazit

Die umweltökonomische Analyse zeigt, dass die bestehenden Mechanismen zur CO₂-Bepreisung bisher kaum Anreize für Investitionen und Innovationen im Bereich emissionsarmer Technologien schaffen konnten. Da im Transformationsprozess zur vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft eben solche Investitionen und Innovationen benötigt werden, geht die Politik, wenn sie allein auf das Instrument der CO₂-Bepreisung setzt, das Risiko ein, die gesetzten Klimaschutzziele zu verfehlen. Ein Abwarten, ob Reformationen des Emissionshandel und höhere CO₂-Preise den gewünschten technologischen Wandel auslösen, erscheint vor dem Hintergrund der bisherigen empirischen Erkenntnissen, dem Risiko politisch motivierter Anpassungen im Zuge gesellschaftlichen Widerstands,

⁸ Ein Beispiel hierfür ist die Berichterstattung zur Benzinpreisdebatte im Bundestagswahlkampf 2021 (von Altenbockum, 2021).

preisresistenter Hemmnisse und der Tatsache, dass die nächsten fünf bis zehn Jahre auf dem Weg zur Klimaneutralität essenziell sind, vermessen. Aus diesem Grund müssen zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden, die ein CO₂-Preissystem wirksam flankieren. Gerade im Hinblick auf Investitionsanreize konnten ordnungspolitische Eingriffe (Rennings & Rexhäuser, 2011) und staatliche Förderprogramme (Schmidt et al, 2012) in diesem Zusammenhang bereits positive Ergebnisse erzielen. Solche Maßnahmen verursachen jedoch direkte oder indirekte Kosten und müssen finanziert werden. Hier können die durch einen CO₂-Preis erwirtschafteten öffentlichen Einnahmen eine Lösung bieten, wodurch einer CO₂-Bepreisung eine zentrale Rolle im Politikmix zukommt (Lilliestam et al., 2021).

Viel diskutierte Optimierungsansätze, um das Preissignal eines CO₂-Preises zu stärken und langfristige Investitionsanreize zu schaffen, sind dabei nicht Gegenstand dieser Studie. Vielmehr soll der Fokus im Folgenden auf die Bereiche gerichtet werden, wo unterschiedliche Studien nahelegen, dass neben einem CO₂-Preis komplementäre Maßnahmen und Instrumente notwendig sind, um beispielsweise das Versagen des Marktes oder politischer Barrieren zu adressieren (Edenhofer et al., 2019; Goulder & Parry, 2008). Welche komplementären Maßnahmen neben der CO₂-Bepreisung dazu geeignet sind, diese Barrieren zu überwinden, ist dabei eine sektorspezifische Frage, da die einzelnen Sektoren von unterschiedlichen Hemmnissen geprägt sind (Bardt et al., 2019). Ziel der folgenden Unterkapitel ist es daher, diese Hindernisse in den Sektoren Energie und Verkehr zu identifizieren.

3.1 Fokus: Energiesektor

In den letzten Jahren wurden bereits sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene verschiedene Maßnahmen verabschiedet, um die Energiewende voranzutreiben. Neben der Einführung des europäischen (2005) und des nationalen Emissionshandelssystems (2021), zählen hierzu auch regulatorische Maßnahmen, wie das Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV, 2002) oder die verschiedenen Anpassungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG, 2000 – 2021).

Um bis 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen, plant die Bundesregierung bisher, die Emissionen in der Energiewirtschaft bis 2030 auf 108 Millionen Tonnen CO₂ zu reduzieren und somit im Vergleich zu 2020 beinahe zu halbieren (Deutscher Bundestag, 2021b). Dabei sind die bisherigen Erfolge bei der Einsparung von Emissionen im Energiesektor hauptsächlich auf die Nutzung CO₂-ärmerer Technologien zur Stromerzeugung zurückzuführen.

Expert:innen verweisen jedoch darauf, dass zur Erreichung der Pariser Klimaziele ein deutlich ambitionierterer Reduktionspfad im Energiebereich sowohl notwendig als auch möglich ist. Um die

Klimaziele zu erreichen, muss der vollständige Umstieg auf erneuerbare Energien bis spätestens 2035 erfolgen (Wuppertal Institut, 2020). Aktuelle Studien gehen davon aus, dass der Elektrizitätsbedarf durch den flächendeckenden Ausbau von Windkraft- und Photovoltaikanlagen bereits im Jahr 2030 nahezu vollständig regenerativ gedeckt werden kann (Gerhards et al., 2021; Göke et al., 2021). Um dies zu erreichen, sind deutlich ambitioniertere Ausbaupfade und -ziele im Bereich der Windkraft- und Photovoltaikanlagen (PV) als bisher notwendig. Um den zukünftig prognostizierten Energiebedarf bereits 2030 vollständig mit regenerativen Energien zu decken, muss die Leistung der in Deutschland installierten PV-Anlagen beispielsweise auf 350 GW und die der in Deutschland installierten Windkraftanlagen auf 150 GW Windkraft erhöht werden. Mit einem solchen Ausbau ließen sich große Teile der zukünftig elektrifizierten Mobilität und Wärmeversorgung mit erneuerbarem Strom versorgen. Um dieses Ziel zu erreichen, sind jährliche Zubauraten von durchschnittlich ca. 30 GW PV und ca. 9 GW Windkraft nötig, was dem sechsfachen (PV) bzw. dem dreifachen (Wind) entspricht, was bisher von der Bundesregierung vorgesehen ist (Gerhards et al., 2021). Andere Studien betonen, dass zur Vermeidung zukünftiger Lock-In-Effekte auf die sogenannte Brückentechnologie Erdgas verzichtet werden muss. Diese wurde bisher in weiten Teilen der öffentlichen Diskussion als notwendig betrachtet, um die Versorgungssicherheit während des anstehenden Transformationsprozesses sicherzustellen (Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2018). Tatsächlich besteht Erdgas hauptsächlich aus Methan, welches um ein vielfaches klimaschädlicher ist als CO₂. Um daher Investitionen in Infrastrukturen zu vermeiden, die letztendlich dem Klimaziel entgegenstehen, muss auf umweltschädliche Brückentechnologien zu Gunsten des Ausbaus klimafreundlicher Alternativen verzichtet werden (Ahmels et al., 2021; Brauers et al., 2021).

Die Sektorenkopplung – im Besonderen die notwendige Elektrifizierung der Mobilität und die Teilelektrifizierung der Wärmeerzeugung – führen zu einem Anstieg des Strombedarfs, der ebenfalls durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss (Prognos et al., 2020). Vor diesem Hintergrund helfen Energieeinsparungen dabei, den notwendigen Ausbau von regenerativen Erzeugungskapazitäten zu verringern. Fortschritte in den Bereichen Prozess- und Gebäudewärme können hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten (Gerhards et al., 2021). Neben der Energiewende nimmt somit auch die Wärmewende eine entscheidende Rolle in der Dekarbonisierung ein. Die drei Tragpfeiler der Wärmewende sind dabei die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, die dezentrale Nutzung erneuerbarer Heizenergie sowie der Ausbau von Wärmenetzen, netzgebundenen Wärmepumpen und -speichern (IBP/IWES, 2017). Um die Emissionsneutralität zu erreichen, müssen bis zur Vollendung der Energiewende schätzungsweise 14 Millionen zusätzliche Wärmepumpen in Deutschland installiert und die Wärmenetze deutlich ausgebaut werden (Prognos et al., 2020). Der

vollständige Umstieg auf erneuerbare Energien und alternative Wärmetechnologien wird jedoch durch unterschiedliche sektorspezifische Hemmnisse gebremst, die sich nicht oder nur zum Teil durch ein Preissignal adressieren lassen, wie nachstehend genauer erläutert wird.

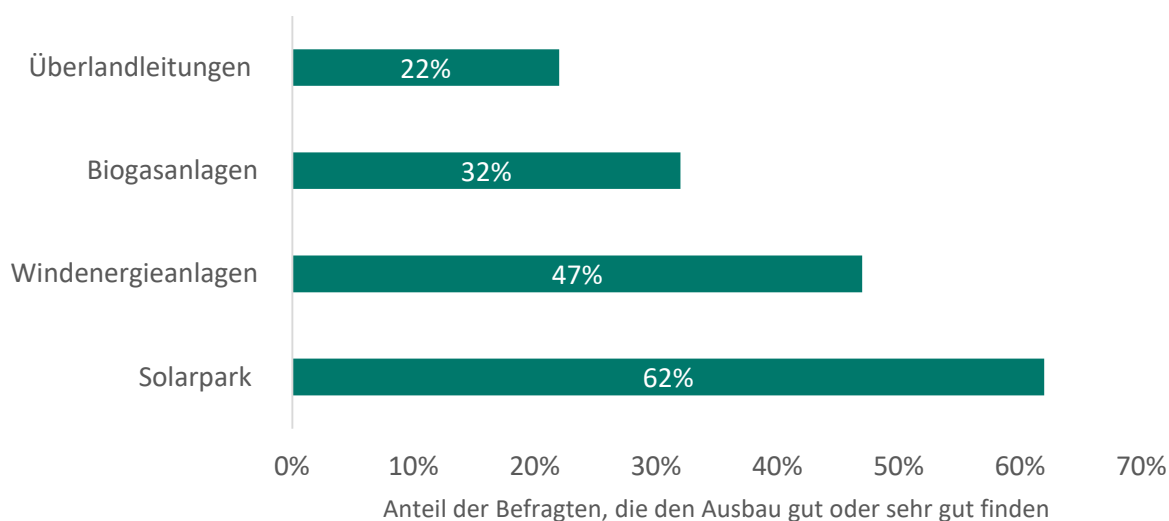
Eine grundlegende Barriere des Transformationsprozess im Energie- und Wärmebereich ist die Pfadabhängigkeit der Energieerzeugung. Die bestehenden Produktionsprozesse und Infrastrukturen sind auf den Einsatz fossiler Energieträger abgestimmt. Die irreversiblen Investitionskosten, positiven Skaleneffekte und langen Laufzeiten der bestehenden Anlagen setzen dabei wirtschaftliche Anreize, weiterhin fossile Energieträger zu nutzen (Lutz et al., 2020). Diese Anreize werden durch politische Maßnahmen, wie die Energiesteuerbegünstigung für Kohlekraftwerke oder bestehenden Förderungen für (hybride) fossile Heizsysteme, verstärkt. Auf Konsumentenseite wurden im Gebäudebestand beispielsweise erst 2019 Förderungen für die Umrüstung auf Gas-Brennwertheizungen und Gas-Hybridheizungen eingeführt, um die "Eintrittshürde" für erneuerbare Energien in den Gebäudebestand zu senken (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2020). Aufgrund der Tatsache, dass auch Gasheizsysteme direkte Emissionen verursachen, droht hier mittel- bis langfristig eine neue Lock-In-Situation (Schrems et al., 2021).

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2015 von staatlicher Seite mehr als 3,2 Mrd. Euro **klimaschädliche Subventionen** im Energiesektor gewährt (Zerzawy et al., 2017). Durch diese Subventionen wird die Wettbewerbsfähigkeit von erneuerbaren Energien und energieeffizienten Anlagen deutlich geschwächt, wodurch private Investitionsanreize verringert werden (Stern & Stiglitz, 2017) und die aktuelle Abhängigkeit von fossilen Energieträgern gestärkt wird.

Das „Aufbrechen“ dieser **technologischen Lock-in-Situation** über das Instrument der CO₂-Bepreisung setzt einen starken Anstieg des CO₂-Preises voraus, damit kostenintensive Investitionen in klimaneutrale Technologien, den notwendigen Netzausbau und weitere Infrastruktur langfristig an Attraktivität gewinnen. Das Erreichen der notwendigen Erneuerungszyklen für Geräte, Fahrzeuge, Anlagen und Gebäude kann ohne komplementäre Förderung nur durch eine Verdopplung des Energiepreises gelingen (Thomas et al., 2019). Um solche Preiserhöhungen durchsetzen zu können, fehlen jedoch die politischen Mehrheiten, worauf langwierige Debatten in der Vergangenheit wie auch im aktuellen Bundestagswahlkampf hindeuten (Edenhofer, 2016; Kemfert et al., 2019b). Selbst bei einer erfolgreichen Durchsetzung höherer CO₂-Preise besteht das Risiko, dass sie auf Widerstand in der Bevölkerung stoßen, da sie ohne Ausgleichsmechanismen Haushalte relativ zu ihrem Einkommen regressiv belasten. Dadurch werden die verantwortlichen Regierungsorgane unter starken Handlungsdruck gesetzt, weshalb der hohe CO₂-Preis an Glaubwürdigkeit einbüßt. Die Investitionsunsicherheit wird dadurch weiter geschürt, dass Unklarheit herrscht, ob einzelne

erneuerbare Energiequellen in Zukunft die Akzeptanz der Politik verlieren könnten, so wie es bei der CO₂-Abscheidung und -Speicherung und der Atomenergie der Fall war (Stephens, 2014). Im Bereich der Windenergie wirken beispielsweise die teils sehr restriktiven Abstandsregelungen für Windkraftanlagen einem flächendeckenden Ausbau entgegen. Regelungen dieser Art sollten reformiert bzw. abgeschafft werden (Kemfert et al., 2021). Investitionszweifel werden weiterhin durch die schwankende Akzeptanz in der Öffentlichkeit verstärkt. Zwar unterstützten insgesamt 86 % der Deutschen den Ausbau erneuerbarer Energien (Local Energy Consulting, 2020), aktuelle Umfragen zeigen jedoch, dass die Zustimmung zum Einsatz erneuerbarer Energien sowohl regional als auch technologiebedingt variiert. Beispielsweise befürworteten 62 % der Befragten den Ausbau von Solarparks in der näheren Umgebung ihres Wohnortes, Überlandleitungen in der Nachbarschaft erfahren mit 22 % hingegen nur einen sehr geringen Zuspruch (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2020). Gerade aufgrund lokaler Akzeptanzprobleme kam es in der Vergangenheit beim Bau von Windparks oder Stromleitungen immer wieder zu regionalen Widerständen. Eine im Jahr 2019 durchgeführte Branchenumfrage zeigt beispielsweise, dass seinerzeit mindestens 325 Anlagen, von denen 100 bereits in Betrieb waren, vor Gericht unter anderem aufgrund von Artenschutz und Luftraumsicherheit beklagt wurden (FA Wind, 2019). Dieses in der Literatur als „Not in my backyard“-Problem bezeichnete Phänomen hat trotz insgesamt hoher und anhaltender Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energiequellen das Potenzial, die Energiewende empfindlich zu verzögern (Emmerich et al., 2020).

Abbildung 3-2
Zustimmung zum Bau erneuerbarer Energieanlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts



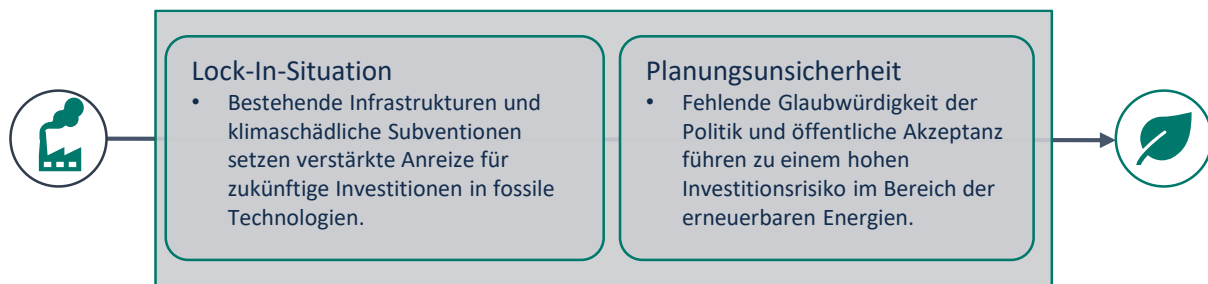
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Agentur für Erneuerbare Energien e.V (2020), N=1.051.

Insgesamt zeigt sich, dass der Fortschritt in der Energiewende in Deutschland vor allem durch die folgenden Punkte gebremst wird:

- Bestehende Infrastrukturen und Kraftwerkparcs im Bereich fossiler Energieerzeugung
- Klimaschädliche Subventionen
- Mangelnde politische Glaubwürdigkeit
- Zum Teil fehlende lokale Akzeptanz

Die beiden ersten Punkte bremsen die Energiewende primär, indem sie Anreize für Investitionen in fossile Energieanlagen setzen und somit eine technologische **Lock-In-Situation** erzeugen. Die letzten beiden Punkte führen zu einer **hohen Planungsunsicherheit**, insbesondere mit Blick auf zukünftige CO₂-Preisentwicklungen, die private Marktteilnehmer:innen und Investor:innen davon abhalten, den Ausbau der notwendigen Infrastruktur voranzutreiben. In der Folge werden kostenintensive Investitionen im Bereich der regenerativen Energiewirtschaft aufgeschoben (Venmans, 2016).

Abbildung 3-3
Überblick über die Barrieren und Hemmnisse der Klimatransformation im Energiesektor



Quelle: Eigene Darstellung.

3.2 Fokus: Verkehrssektor

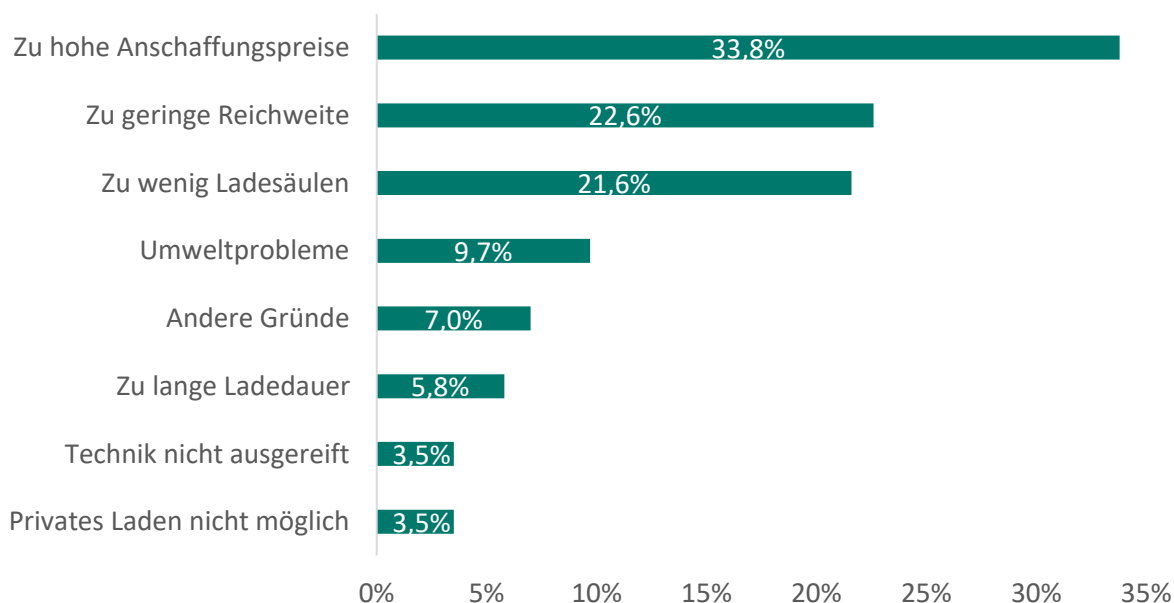
Neben der Energiewirtschaft bilden die weitgehende Elektrifizierung des Verkehrssektors und die Vermeidung und Verlagerung von Verkehr weitere Eckpfeiler, um die Treibhausgasneutralität so schnell wie möglich zu erreichen. Allerdings finden sich auch hier sektorspezifische Hemmnisse wie die sogenannte Reichweitenangst und unzureichende Lademöglichkeiten, welche die Verkehrswende ausbremsen (Agora Verkehrswende, 2017). Für das Erreichen eines klimaneutralen Verkehrssektors bis zum Jahr 2035 ist allerdings eine schnelle und nachhaltige Umstellung auf regenerative Fortbewegungsmittel erforderlich. Gleichzeitig sind insbesondere im Verkehr auch Verhaltensanpassungen in der Bevölkerung notwendig, wodurch Verkehr vermieden oder auf umweltschonende Alternativen verlagert werden kann. Damit dies nicht mit einem Rückgang an

Mobilität und Lebensqualität einhergeht, ist der schnelle Ausbau klimafreundlicher Mobilitäts- und Transportalternativen in den nächsten Jahren zentral (Wuppertal Institut, 2020).

Um den Transformationsprozess voranzutreiben, wurde zum Jahresbeginn 2021 der nationale Emissionshandel eingeführt, der als Ergänzung zum europäischen Emissionshandel auch den Verkehrssektor erfasst. Die Bepreisung des CO₂-Austoßes soll den Verbrauch fossiler Brennstoffe unattraktiver machen und damit einen Anreiz für den Umstieg auf klimafreundliche Alternativen setzen. Von 25 Euro pro Tonne CO₂ soll der Zertifikatpreis, der von den Gaslieferanten und Ölunternehmen gezahlt wird, bis 2025 auf 55 Euro pro Tonne steigen (Deutscher Bundestag, 2021a). Erste Studien zeigen, dass die betroffenen Unternehmen die höheren Kosten über den Diesel- und Benzinpreis zwar direkt an die Endverbraucher:innen weitergeben (Montag et al., 2021), weitere empirische Befunde belegen allerdings, dass die potenzielle Wirkung der CO₂-Bepreisung im Verkehrssektor moderat ist (Stenning et al., 2020). Die ausbleibende Wirkung des Preissignals lässt sich neben einem zu geringen Preisniveau auf verschiedene sektorspezifische Barrieren zurückführen, die eine dynamische Anpassung des Mobilitätsverhaltens verhindern. Diese sollen im Folgenden genauer erläutert werden:

Die etablierten Verbrennungsmotoren werden allein aufgrund ihrer **langen Nutzungsdauer** nicht sofort vom Markt verschwinden. Die flächendeckende Nutzung von klimaverträglichen Verkehrsträgern wird daher durch die bestehenden Fahrzeug-, Flugzeug- und Schiffsflotten gebremst, die voraussichtlich noch mehrere Jahre oder Jahrzehnte im Einsatz sein werden (Thomas et al., 2019). Im privaten Bereich wird der **Umstieg auf Mobilitätsalternativen** vielerorts zusätzlich durch den Mangel an entsprechenden Infrastrukturen, wie beispielsweise gut ausgebaute Fuß- und Radwege, einem erreichbaren ÖPNV oder einem flächendeckenden Ladesäulennetz für Elektro-Pkw, behindert. Die Problematik der fehlenden Infrastruktur findet sich dabei auch im Güterverkehr wieder, wo eine Mobilitätsveränderung beispielsweise durch ein schlecht ausgebautes und veraltetes Schienennetz oder fehlende Oberleitungsinfrastruktur für elektrisch betriebene Lkw ausgebremst wird (Blanck & Zimmer, 2016). Bei der privaten und gewerblichen Nutzung von E-Pkw kommen neben der fehlenden Ladesäuleninfrastruktur insbesondere die hohen Anschaffungskosten und das (irrational) fehlende Vertrauen in die Reichweite alternativer Antriebstechnologien als Hindernisse hinzu (Agora Verkehrswende, 2017).

Abbildung 3-4
Gründe gegen den Kauf eines Elektroautos



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020), N=1.200.

Viele Firmen und Privatpersonen sind daher weiterhin weitestgehend vom Verbrennungsmotor abhängig und reagieren nur wenig bis gar nicht auf die steigenden Kraftstoffpreise. Dies spiegelt sich sowohl in der seit Jahren steigenden Zahl von Pkw-Neuzulassungen (Statistisches Bundesamt, 2021) als auch der geringen Preiselastizität der Nachfrage nach Kraftstoffen wider (Bach et al., 2019).

Analog zur Energiewende lässt sich der stockende Infrastrukturausbau im Verkehrssektor durch die **technologische Lock-in-Situation** erklären (Lutz et al., 2020). Klassische Verbrennungsmotoren haben durch das bestehende Tankstellennetz einen klaren Vorteil, während der Ausbau der notwendigen Infrastruktur im Bereich der E-Mobilität durch hohe Investitionskosten und risikobehaftete Renditen unattraktiv für private Investoren ist. Im Verkehrsbereich wirken darüber hinaus sogenannte **Netzwerkeffekte** (Jaffe et al., 2005), die in der Literatur häufig als „Henne-Ei-Problematik“ beschrieben werden. Die Endverbraucher:innen scheuen den Kauf von Elektrofahrzeugen aufgrund fehlender Infrastrukturen, wodurch wiederum der Ausbau der Infrastruktur gehemmt wird, da potenzielle Investoren die zukünftige Nachfrage nach Ladesäulen nicht abschätzen können (Oberst, 2018).

Neben der Funktion des Pkw als Mittel zur sozialen und wirtschaftlichen Teilhabe, besitzt der Automobilsektor in Deutschland auch eine gewichtige volkswirtschaftliche Relevanz. Mit mehr als 400 Milliarden Euro Umsatz und 2,2 Millionen direkt und indirekt Beschäftigten im Jahr 2019 zählt die

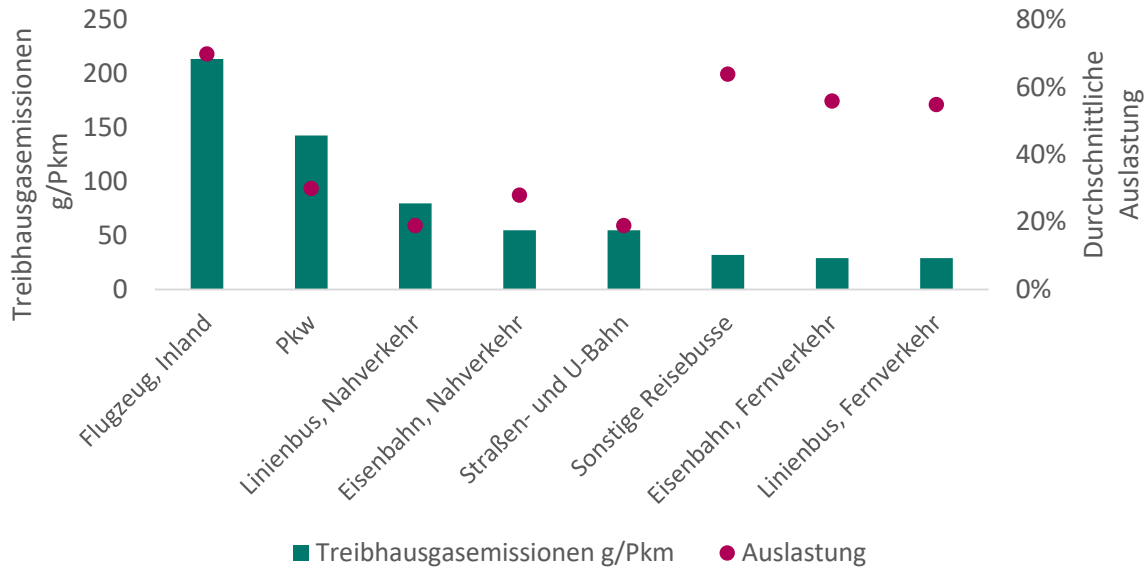
Automobilbranche zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen in Deutschland (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021b).⁹ Aufgrund der Bedeutung des Automobilsektors gewährt die Politik eine Reihe von **direkten Zuschüssen und steuerlichen Erleichterungen**, wie beispielsweise Energiesteuervergünstigungen für Dieselkraftstoff, die Entfernungspauschale oder Steuervergünstigungen für Dienstwagen, die den Verbrennungsmotor fördern und Klimaschutzmaßnahmen konterkarieren (Beermann et al., 2021). Die bestehende Dienstwagenregelung erlaubt beispielsweise die private Nutzung eines Dienstwagens als geldwerten Vorteil unabhängig von der Antriebstechnik des Pkw pauschal mit 1 % des Bruttolistenpreises pro Monat in der Einkommenssteuererklärung geltend zu machen. Dadurch werden allerdings lediglich weniger als 40 % des tatsächlichen Vorteils der Dienstwagennutzung über die Steuer abgegolten, weshalb es für Erwerbstätige sehr attraktiv ist, einen Dienstwagen als Gehaltskomponente zu wählen (Beermann et al., 2021). Die aktuelle Regelung verzerrt daher die Verkehrsmittelwahl, fördert den Pkw als Verkehrsmittel und trägt somit zur Umweltbelastung bei, insbesondere wenn neben dem Dienstwagen auch der Kraftstoff für die Nutzer:in kostenfrei zur Verfügung gestellt wird (Köder & Burger, 2016).

Ein weiteres Beispiel für eine staatliche Subvention, die eine aktive Maßnahme gegen den Klimaschutz darstellt, ist die Entfernungspauschale. Sie ermöglicht es Arbeitnehmer:innen, ihre Wegekosten zur Arbeitsstätte unabhängig vom genutzten Verkehrsmittel mit 30 ct/km in der Einkommenssteuererklärung als Werbungskosten geltend zu machen. Als Ausgleich für die Mehrbelastung von Pendler:innen durch die CO₂-Bepreisung begann 2021 eine schrittweise Erhöhung der Pauschale. In ihrer aktuellen Form konterkariert die Entfernungspauschale die Lenkungswirkung der CO₂-Steuer massiv (Bach et al., 2019), da sie lange Arbeitswege subventioniert und so zur Zersiedelung und der Zunahme des Verkehrsaufkommens beiträgt (Bach, 2008). Darüber hinaus begünstigt sie vor allem den Pkw-Verkehr, da das Angebot öffentlicher Verkehrsmittel gerade in ländlichen Regionen eingeschränkt ist und deshalb häufig keine Alternative darstellt (Köder & Burger, 2016).

⁹ Neben den rund 833.000 direkt Beschäftigten der Automobilindustrie gehören dazu etwa 643.000 Arbeitsplätze im sekundären Markt zum Beispiel für Ersatzteile und im Handel sowie 654.000 Beschäftigungsverhältnisse bei Zulieferern anderer Branchen und im Dienstleistungsbereich (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021b).

Abbildung 3-5 zeigt in diesem Zusammenhang, dass die einzelnen Verkehrsmittel sehr unterschiedliche Emissionen pro Personenkilometer (Pkm) aufweisen. Vor allem Pkw und Flugzeug sind besonders klimaschädlich, während Bus und Bahn der Umwelt im Durchschnitt deutlich weniger schaden.

Abbildung 3-5
Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr, 2019

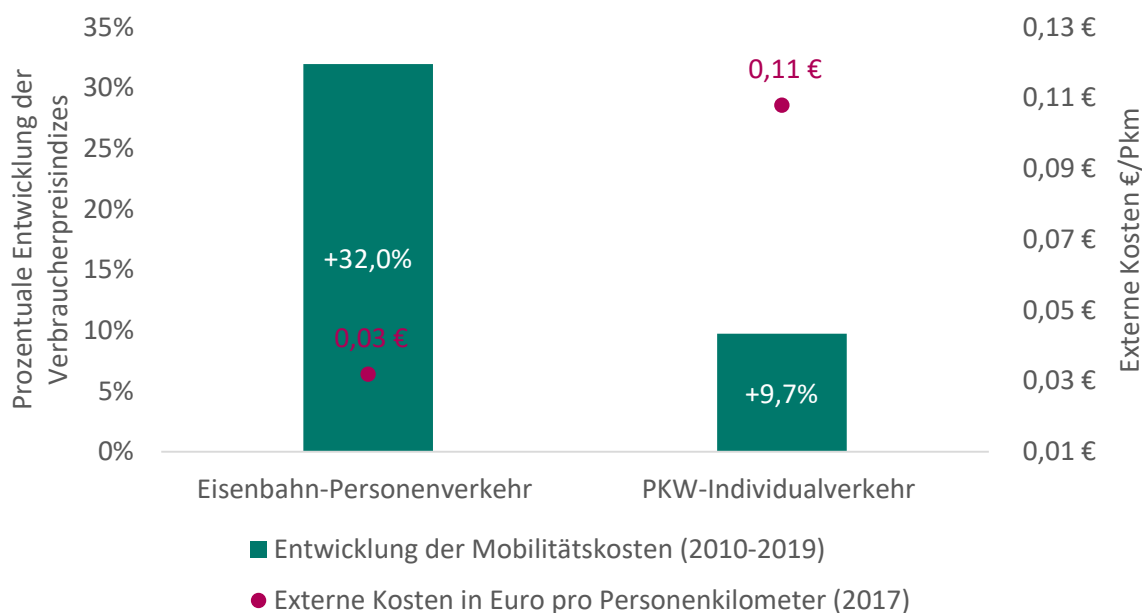


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Umweltbundesamt (2021b)

Vor diesem Hintergrund ist verblüffend, dass die Preise des ÖPNVs in den letzten Jahren stärker gestiegen sind als die Kosten der Pkw-Nutzung, wie aus Abbildung 3-6 hervorgeht. Auch aufgrund der staatlichen Subventionen ist der Individualverkehr in einigen Fällen sogar günstiger als der öffentliche Schienenverkehr (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2020). Stellt man diese Entwicklung in Relation dazu, dass sich die externen Kosten¹⁰ des Pkw-Verkehrs auf 141 Mrd. € und des Bahnverkehrs auf lediglich 5,7 Mrd. € belaufen (Bieler & Sutter, 2019), wird deutlich, dass die aktuellen Ticketpreise für die Bahn und die Kosten für die Pkw-Nutzung völlig falsche Anreize für die Verkehrsmittelwahl setzen.

¹⁰ Unter „externen Kosten des Verkehrs“ versteht man diejenigen Kosten, die durch die Mobilitätsteilnehmenden verursacht, jedoch nicht von ihnen selbst getragen werden. Dazu zählen u.a. Unfälle, Lärm, Luftverschmutzung, Klima, vor und nachgelagerte Prozesse sowie Zusatzkosten städtischer Räume (Bieler & Sutter, 2019).

Abbildung 3-6
Entwicklung der Mobilitätskosten für Eisenbahnverkehr und Pkw-Individualverkehr 2002-2019, 2015=100



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2020)

Auch in den anderen Teilbereichen des Verkehrssektors stehen bestehende Subvention im Widerspruch zu den Klimaschutzbemühungen. Besonders erwähnenswert ist an dieser Stelle die Energiesteuerbefreiung für Kerosin im Luftverkehr (Zerzawy et al., 2017). Gerade in der besonders klimaschädlichen Luftfahrtbranche, in der physikalische Grenzen, hohe Investitionskosten und lange Innovations- und Investitionszyklen ohnehin nur geringe Anreize zur Entwicklung und Verwendung klimaverträglicher Technologien bieten, bremsen die Subventionierung von Kerosin und weitere steuerliche Vergünstigungen den Transformationsprozess aus (Scheelhaase et al., 2018). Hierzu zählt beispielsweise auch, dass nur innerdeutsche Flüge mit einem Mehrwertsteuersatz von 19 % besteuert werden. Auf Tickets für grenzüberschreitende Flüge, die für circa 94 % der Emissionen des Luftverkehrs verantwortlich sind, fällt keine Mehrwertsteuer an (Stiftung Klimaneutralität et al., 2021).

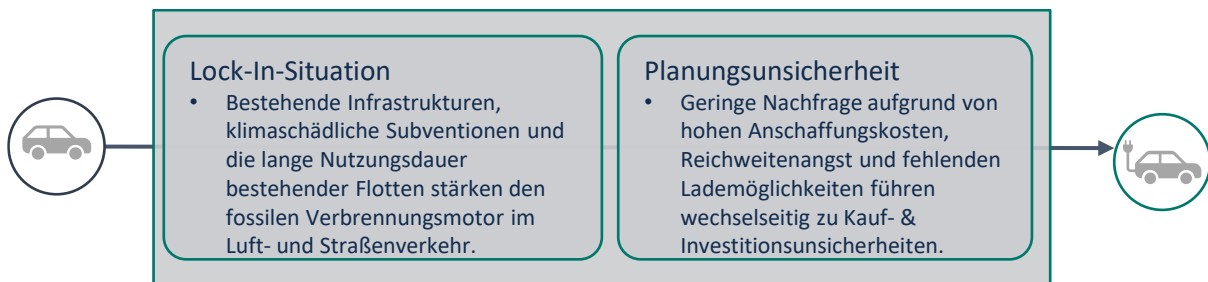
Auch wenn sich der Energie- und der Verkehrssektor auf den ersten Blick grundlegend voneinander unterscheiden, zeigt sich, dass sich die Hemmnisse und Barrieren der Transformationsprozesse in

beiden Sektoren ähneln. So wird die Verkehrs- und Mobilitätswende in Deutschland vor allem durch folgende Punkte gebremst wird:

- Technologische Lock-In-Situation durch lange Nutzungsdauer bestehender Flotten und Infrastrukturen
- Klimaschädliche Subventionen
- Netzwerkeffekte
 - Fehlende Mobilitätsalternativen/-infrastrukturen
 - Fehlende Nachfrage durch hohe Anschaffungskosten und Reichweitenangst

Die ersten beiden Punkte bremsen die Verkehrswende dabei, indem sie direkte Anreize für die Weiterverwendung und für neue Investitionen in Verbrennungsmotoren setzen und somit eine technologische Lock-In-Situation erzeugen. Der letzte Punkt verschärft diese Situation und erzeugt gleichzeitig eine hohe Planungsunsicherheit im Hinblick auf die Entwicklung des Angebots von und der Nachfrage nach Mobilitätsalternativen.

Abbildung 3-7
Überblick über die Barrieren und Hemmnisse der Klimatransformation im Verkehrssektor



Quelle: Eigene Darstellung.

4. Der erweiterte Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze

Die Analyse in den Sektoren Energie und Verkehr hat gezeigt, dass der Umstieg auf erneuerbare Energien und alternative Transport- und Fortbewegungsmittel durch unterschiedliche sektorspezifische Barrieren gebremst wird.

Da beide Sektoren einen grundlegenden Transformationsprozess durchlaufen müssen, um zusätzliche Treibhausgasemissionen einzusparen, sind sowohl kapitalintensive Investitionen als auch nachhaltige Verhaltensänderungen notwendig (Rosenbloom et al., 2020). Hierfür müssen Zweifel in der Bevölkerung ausgeräumt, technologische Lock-In-Situationen durchbrochen und die Planungssicherheit für private Investoren durch die Anpassung politischer Rahmenbedingungen erhöht werden. Aufgrund dieser Barrieren, welche sich nicht oder nur bedingt durch ein Preissignal überwinden lassen, sind sowohl im Energie- als auch dem Verkehrssektor flankierende Maßnahmen zu der bestehenden CO₂-Abgabe im Rahmen des europäischen und deutschen Emissionsrechtehandels notwendig, um die notwendigen Emissionsminderungen zur Einhaltung des 1,5°C-Ziels zu realisieren (Fay et al., 2015; OECD, 2015; Lilliestam et al., 2021). Verschiedene Studien zeigen, dass hier ein Mix aus Politikmaßnahmen bestehend aus Förderprogrammen, ordnungspolitischen Eingriffen und CO₂-Bepreisung am zielführendsten ist (Obermüller et al., 2019; Oei, 2016; Oei et al., 2018).

Abbildung 4-1 bietet einen Überblick über eine Auswahl von konkreten Politikinstrumenten, welche im Zusammenspiel mit einer CO₂-Bepreisung besonders geeignet erscheinen, um die in den Abschnitt 3.1 und 3.2 identifizierten Barrieren und Hemmnisse in den jeweiligen Sektoren zu überwinden.

Abbildung 4-1
Werkzeugkasten: Mögliche Politikansätze



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Folgenden werden die abgebildeten Instrumente detaillierter diskutiert.

4.1 Maßnahmen im Energiesektor

Aus theoretischer Sicht mag ein ausreichend hoher CO₂-Preis als ein geeignetes Instrument genügen, um die notwendigen wirtschaftlichen Anreize für den anstehenden Transformationsprozess im Energiebereich zu schaffen. Deutliche Emissionsreduktionen ergeben sich allerdings erst, wenn der Preis für Emissionsberechtigungen dauerhaft über den Gewinnen aus der Kohleverstromung liegt und damit erneuerbare Alternativen attraktiver werden. Das aktuelle Preisniveau reichte dabei bisher nicht aus, um auch Braunkohlekraftwerke vollständig vom Markt zu verdrängen, da hierfür ein deutlich höherer Preis für die Verstromung von Braunkohle notwendig ist, welcher trotz der beschlossenen Reform des europäischen Emissionshandels in naher Zukunft nicht zu erwarten ist (Oei et al., 2018), da in der Praxis eine hinreichend hohe Bepreisung an politischen und gesellschaftlichen Barrieren zu scheitern droht (Kemfert et al., 2019b).

Zusätzlich zeichnet sich die Energiewende dadurch aus, dass die bestehenden Infrastrukturen und Systeme im Energiesektor aufgrund ihrer gesamtwirtschaftlichen Relevanz als Energielieferant für Mobilität, Wärmeerzeugung und Industrieleistungen über viele Jahre hinweg optimiert und auf die effiziente Verbrennung fossiler Brennstoffe festgelegt wurden. Die Bewältigung dieser Lock-In-Situation und die Überwindung weiterer gesellschaftlicher Barrieren, wie dem beschriebenen „not-in-my-Backyard“ Problem, erfordern grundlegende Veränderungen der bestehenden Systeme, die generell nicht allein über ein Preissignal angestoßen werden können (Rosenbloom et al., 2020).

Abschaffung klimaschädlicher Subventionen im Energiesektor

Einen wichtigen ersten Ansatzpunkt stellt dabei die Abschaffung klimaschädlicher Subventionen dar. Die Subventionierung macht umweltschädliche Verhaltensweisen und Produktionsverfahren künstlich günstiger und fördert, dass verstärkt emissionsintensive Technologien und Produkte verwendet und konsumiert werden (Köder & Burger, 2016). Gleichzeitig setzen sie Fehlanreize im Bereich emissionsneutraler Innovation und Investitionen, welche den Transformationsprozess hin zu klimaneutralen Technologien verlangsamen (Zerzawy et al., 2017). Die Bundesregierung gewährt für die ganze Wertschöpfungskette der fossilen Energieerzeugung - d.h. bei der Gewinnung fossiler Energieträger, der Stromerzeugung aus diesen Energieträgern und beim Verbrauch dieser Energie - Subventionen, die sich allein im Jahr 2018 auf 7,17 Mrd. Euro beliefen und fossilen Energieträgern somit einen Wettbewerbsvorteil gegenüber erneuerbaren Energiequellen verschafften (Zerzawy et al., 2020).

Tabelle 4-1 bietet einen Überblick über einige ausgewählte staatliche Subventionen, die in diesem Zusammenhang als Erstes überprüft werden sollten.

Tabelle 4-1
Ausgewählte staatliche Subvention fossiler Energieträger im Energiesektor (Jahreszahlen in Klammern)

Kriterien	Energieträger	Volumen
Subventionen bei der Gewinnung fossiler Energieträger		
Befreiung von der Förderabgabe für bergfreie Bodenschätze (2018)	Kohle	227 Mio. €
Befreiung vom Wasserentnahmeentgelt (2017)	Kohle	18 Mio. €
Subventionen bei der Stromerzeugung		
Energiesteuerbegünstigung für die Stromerzeugung (2018)	Kohle, Öl, Gas	2.003 Mio. €
Preisvergünstigungen beim Verbrauch fossiler Energieträger		
Energiesteuerbefreiung für bestimmte Verfahren und Prozesse (2018)	Kohle, Öl, Gas	483 Mio. €

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Bundesfinanzministerium (2019) und Zorzawy et al. (2020)

Betrachtet man die Gewinnung fossiler Energieträger, fällt beispielsweise auf, dass die Förderung von Braunkohle von der Förderabgabe, die normalerweise bei der Förderung von Bodenschätzen anfällt, befreit ist. Gleichzeitig wird den Braunkohleförderern in den meisten Bundesländern auch das Wasserentnahmeentgelt für die Trockenlegung der Abbaugelände erlassen. Da diese beiden Ausnahmeregelungen die Förderkosten künstlich niedrig halten, begünstigen sie die Kohle gegenüber anderen Energieträgern und wirken somit wettbewerbsverzerrend (Zorzawy & Fiedler, 2016).

Auch im nächsten Schritt der Wertschöpfung - bei der Stromerzeugung - werden Kohlekraftwerke durch staatliche Subventionen gefördert. Beispielsweise sind fossile Energieträger, die zur Stromerzeugung eingesetzt werden, von der Energiesteuer befreit. Die Doppelbesteuerung des Stroms, die durch diese Steuerbefreiung vermieden werden soll, erscheint gerade bei fossilen Energieträgern aus umweltökonomischen Gesichtspunkten gerechtfertigt und ist auch rechtlich durchaus möglich (Zorzawy et al., 2017).

Schlussendlich wird auch der Verbrauch fossiler Energie subventioniert. Ein Beispiel hierfür ist die Energiesteuerbefreiung für verschiedene Prozesse im produzierenden Gewerbe, die häufig mit der Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie begründet wird. Aus umweltökonomischer Sicht schaffen solche Subventionen allerdings keine Anreize für Unternehmen, energieeffizientere Systeme zu implementieren oder eine Umstellung der verwendeten Energiequelle voranzutreiben (Zorzawy et al., 2020).

Ausstieg aus der Kohleverstromung

Insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine emissionsneutrale Stromerzeugung die Grundvoraussetzung für die Dekarbonisierung des Verkehrs und der Wärmeversorgung ist, betonen wissenschaftliche Studien, dass zur Einhaltung des 1,5 °C-Ziels ein zeitnaher Ausstieg aus der Kohleverstromung unabdingbar ist (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017a ; Gerhards et al., 2021).

Zwar wird die Kohleverstromung in Deutschland bereits durch verschiedene nationale und europäische Instrumente reguliert, die Preissignale des europäischen Emissionshandelssystems reichen allerdings nicht aus, um alle Hemmnisse und Barrieren bei der Umsetzung der Energiewende zu adressieren. Um effektive Anreize für einen Ausstieg aus der Kohleverstromung zu setzen, wird ein deutliches höheres, glaubwürdiges CO₂-Preisniveau benötigt. Die Emissionsbepreisung führt nur dann zu einer Stilllegung der Kohlekraftwerke, wenn die Kosten der Kohleverstromung so stark angehoben werden, dass sie über den Erzeugungskosten emissionsärmerer Alternativen liegen. Schätzungen gehen davon aus, dass das hierfür notwendige Niveau eines CO₂-Preises in Deutschland je nach Wirkungsgrad der einzelnen Kraftwerke zwischen fünf und mehr als 100 Euro pro Tonne CO₂ liegt (Oei et al., 2018). Selbst der aktuelle, historisch hohe Auktionspreis von durchschnittlich 45,22 Euro pro Tonne CO₂ (Mittelwert erstes Halbjahr 2021) entfaltet somit bei weitem nicht alle deutschen Kraftwerken eine Lenkungswirkung (European Energy Exchange, 2021). Im Rahmen des „European Green Deal“ wird daher eine Reform des europäischen Emissionshandels angestrebt. Expert:innen gehen allerdings davon aus, dass mehrere Jahre vergehen werden, bis eine solche Reform in Kraft tritt und schlussendlich Wirkung zeigt. Um kurzfristig die notwendigen, planbaren Signale für einen Anstieg des CO₂-Preises zu senden, plädiert unter anderem die Stiftung Klimaneutralität für die Einführung eines nationalen CO₂-Mindestpreises im Stromsektor. Dieser soll das Preisniveau des Emissionshandels nach unten absichern und damit ein Mindestmaß an Planungssicherheit schaffen (Stiftung Klimaneutralität, 2021a). Ein solcher Ansatz hat zwar das Potenzial, dauerhaft Anreize zur Emissionsvermeidung zu setzen. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass preisbasierte Instrumente immer im Zusammenspiel mit anderen Marktfaktoren wirken. Der Nachteil bei einer Preislösung ist daher, dass sich die konkreten Auswirkungen auf einzelne Kraftwerke schwer abschätzen lassen und bestimmte Regionen unverhältnismäßig stark getroffen werden könnten (Oei et al., 2018). Ein ausreichend hoher Mindestpreis, der Anreize für eine zeitnahe, vollständige Beendigung der Kohleverstromung setzt, ist aus den in Kapitel 3 erläuterten Gründen ohnehin kaum zu erwarten.

Daher bedarf es ergänzender, aktiver staatlicher Eingriffe, um der technologischen Lock-In-Situation im Energiesektor zu begegnen. Bestehende Produktionsstrukturen und Lieferketten sind seit Jahrzehnten auf den Einsatz fossiler Energieträger abgestimmt und hemmen die Transformation, da die Umstiegskosten aufgrund positiver Skalen- und Verbundeffekte selbst über eine CO₂-Abgabe nur bedingt am Markt abgebildet werden können (OECD IEA & IRENA, 2017). Die bestehenden Kraftwerksparks hemmen dadurch nicht nur den Ausbau von Technologien der regenerativen Energieerzeugung, sondern setzen darüber hinaus auch Anreize für zukünftige Investitionen im Bereich der Kohleverstromung (Lutz et al., 2020).

Ein wirksames und viel diskutiertes Instrument, um dieser Lock-In-Situation aktiv zu begegnen, ist die **regulatorisch abgesicherte Stilllegung von Kohlekraftwerken**, wodurch sukzessive die ineffizientesten Kraftwerke vom Netz genommen werden (Pfeiffer et al., 2017; Agora Energiewende, 2016). Der Vorteil eines gesetzlich verankerten Kohleausstiegs ist, dass die Emissionsminderungen unabhängig von der Entwicklung des CO₂-Preises voranschreiten. Gleichzeitig schafft der ordnungsrechtliche Eingriff in den Markt Planungssicherheit für private Investitionen im alternativen Energiebereich (Pfeiffer et al., 2017) und schreckt somit auch vor neuen Investitionen in die Kohleverstromung ab, welche erneut zu einer technologischen Lock-In-Situation führen würden (Oei, 2016; Oei et al., 2018). Laut Bundesregierung sollen bis Ende 2022 zunächst acht besonders alte Braunkohlekraftwerke vom Netz genommen werden. Gleichzeitig ging im Mai 2020 jedoch das ab 2007 gebaute Kohlekraftwerk Datteln ans Netz, das bis zum vollständigen Kohleausstieg 2038 laufen soll (Deutscher Bundestag, 2020). Die aktuellen Pläne der Bundesregierung wirken zwar ambitioniert, sind jedoch nicht mit den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen kompatibel, die eine weitestgehende Dekarbonisierung des Energiesektors bis 2030 fokussieren. Das Argument der Versorgungssicherheit ist dabei laut zahlreicher Studien nicht haltbar, vielmehr werden Szenarien aufgezeigt, nach denen die beinahe vollständige Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energien bis 2030 und damit auch die vorzeitige Beendigung der Kohleverstromung umsetzbar sind (Gerhards et al., 2021).

Das Instrument eines gesetzlich verankerten Kohleausstiegs nach einer festgelegten Reihenfolge bietet dabei im Vergleich zu preisbasierten Instrumenten den Vorteil, dass konkrete Auswirkungen auf einzelne Kraftwerke präzise bewertet werden können, wodurch Investitionen im Bereich der Kohleverstromung unattraktiv werden und die Planungssicherheit von Investoren steigt (Oei et al., 2018). Eine Debatte um das genaue Abschaltjahr des letzten Kohlekraftwerks ist dabei zweitrangig, solange ein mit dem Pariser Klimaabkommen im Einklang stehendes Emissionsbudget eingehalten wird (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017a). Um darüber hinaus einen neuen Lock-In-Effekt in der Erdgastechnologie zu vermeiden, ist es wichtig, dass auf Investitionen in die Infrastruktur von

Erdgaskraftwerken als Brückentechnologien verzichtet wird. Die so eingesparten finanziellen Ressourcen müssen in den Ausbau erneuerbarer Energien fließen, um eine klimaneutrale Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Ein mittelfristiger Erdgas-Lock-In ist dabei dringend zu verhindern, da dieser für das Erreichen der Klimaschutzziele problematisch wäre (Ahmels et al., 2021; Brauers et al., 2021).

Eine ordnungsrechtliche Begrenzung der Kohleverstromung ist eine häufig diskutierte Alternative zu einer regulatorischen Stilllegung. Zur Umsetzung eignen sich festgeschriebene jährliche Stromeinspeisemengen, Emissionsbudgets oder die Begrenzung von Volllaststunden für Kohlekraftwerke. Aufgrund rechtlicher Bedenken und Gestaltungsproblematiken – wenn beispielsweise Betreiber:innen die Option eingeräumt wird, Kontingente zwischen Kraftwerken zu übertragen – wird die Effektivität dieses Instruments jedoch häufig kritisch bewertet. Eine Kombination von Stilllegung und Produktionsbegrenzung stellt hingegen eine zielsichere Methode dar, um die geplante Emissionsreduktion zu erreichen. Der zusätzliche Vorteil einer Produktionsbegrenzung liegt darin, dass erste Stilllegungen nicht durch eine Mehrproduktion in den verbleibenden Kohlekraftwerken neutralisiert werden können (Oei et al., 2018; Edenhofer et al., 2019). Gleichzeitig wird das politische Signal in Bezug auf die zukünftige Ausrichtung der Energiepolitik verstärkt, wodurch die Planungssicherheit von privaten Investoren weiter erhöht wird (Pfeiffer et al., 2017).

Ausbau der erneuerbaren Energien

Der Ausbau der erneuerbaren Energien spielt für die Transformation zu einem klimaneutralen Energiesystem eine entscheidende Rolle. Für das Erreichen der ambitionierten klimapolitischen Ziele ist eine vollumfängliche Umstellung auf erneuerbare Energien sowie eine vollständige Abkehr von Atomenergie und fossilen Energieträgern (Kohle, Erdgas, Erdöl) erforderlich (Hainsch et al., 2020).

Zwar erreichte der Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch 2020 mit 46,2 % einen bundesweiten Rekordwert, allerdings ist dieser unter anderem auf den durch die COVID-19-Pandemie gesunkenen Gesamtbedarf zurückzuführen. Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch ist hingegen deutlich geringer und lag 2020 bei lediglich 16,8 %, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass die Sektoren Gebäude und Verkehr immer noch stark von fossilen Energieträgern geprägt sind (Agora Energiewende, 2021). Es ist zu erwarten, dass der Strombedarf in Zukunft drastisch steigen wird, insbesondere die vermehrte Sektorenkopplung und die damit einhergehende Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors durch den übergelagerten Stromsektor dürfte zu einer steigenden Stromnachfrage führen. Erste Abschätzungen im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums legen beispielsweise nahe, dass der Stromverbrauch 2030 bei ca. 655

Terawattstunden liegen dürfte, was einer Steigerung von mehr als 100 Terawattstunden in den nächsten neun Jahren entspricht. Unterstellt wird bei dieser Prognose unter anderem ein deutlicher Ausbau der Elektromobilität und der Wasserstoffindustrie (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021a). Gerade vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass ein drastischer und schneller Ausbau der erneuerbaren Energien, der mit hohen Investitionen verbunden sein wird, unabdingbar ist (Hainsch et al., 2020). Gleichzeitig wurde bereits aufgezeigt, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland aktuell nur schleppend vorangeht und die Lücke zwischen Soll- und Ist-Zubau wächst. Vor allem im Bereich der Windenergie herrscht eine deutschlandweite Zubaukrise. Ursache für den langsamen Ausbau sind mitunter die zum Teil fehlende lokale Akzeptanz sowie strenge Regularien bei der Flächenplanung und den Genehmigungsverfahren. So wirken beispielsweise die teils sehr strikten Abstandsregelungen, wie die viel diskutierte 10-H-Regel im Freistaat Bayern (Kemfert et al., 2021a) oder die kürzlich implementierte Mindestabstandsregel zu Wohngebieten in NRW (Landtag Nordrhein-Westfalen, 2021), einem Ausbau von Windkraftanlagen entgegen. Damit einhergehend ist der Mangel an verfügbaren Flächen ein wesentlicher Grund für den langsamen Ausbau von Windkraftanlagen an Land (Wegner, et al., 2020). Deutschlandweit sind nach aktuellen Studien rund 0,9 % der Landesfläche für die Windenergienutzung ausgeschrieben (Bons, et al., 2019). Allerdings schätzen Expert:innen, dass rund 2 % zu Erreichung der Klimaziele notwendig wären, weshalb eine Reformierung der Flächenbereitstellung empfohlen wird (Stiftung Klimaneutralität, 2021b). Bisher sind gesetzliche Regelungen, wie der in der Anpassung des EEG verabschiedete Ausbaupfad, zu schwach, um die Klimaziele zu erreichen. Hier ist beispielsweise lediglich eine Steigerung der installierten Leistung von Windkraftanlagen auf 71 Gigawatt bis 2030 vorgesehen, während Expert:innen schätzen, dass im gleichen Zeitraum ein Zubau von mindestens 150 Gigawatt notwendig sein wird (Gerhards et al., 2021). Daher besteht erheblicher Reformbedarf der derzeit geltenden Regularien, um Investitionen in den Zubau von erneuerbaren Energien attraktiver zu gestalten und voranzutreiben (Agora Energiewende, 2021).

Akzeptanzpolitik

Darüber hinaus ist es zwingend notwendig, eine zielführende Akzeptanzpolitik umzusetzen, damit der Ausbau der erneuerbaren Energien nicht am gesellschaftlichen Widerstand scheitert. Obwohl eine deutliche Mehrheit (81 %) in Deutschland befürwortet, dass für den Übergang zu regenerativen Energien mehr öffentliche finanzielle Unterstützung zur Verfügung gestellt werden soll (Europäische Kommission, 2019), fällt die regionale Akzeptanz konkreter Maßnahmen, wie in Abschnitt 3.1 erläutert, deutlich geringer aus. Die Zurückhaltung in der Gesellschaft beim Ausbau von

Überlandleitungen und regenerativen Kraftwerken (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2020) stellt dabei eine weitere Barriere für die Energiewende dar, die nur bedingt durch ein Preissignal adressiert werden kann.

Bei genauerer Betrachtung der Akzeptanzprobleme fällt auf, dass die aktuelle Informationspolitik der Bundesregierung und der EU in Bezug auf den Klimaschutz und die Zielerreichung des Pariser Klimaschutzabkommens vor allem zwischen den einzelnen Institutionen erfolgt. Um gesellschaftliche Akzeptanz zu gewinnen, muss die Bundesregierung damit beginnen, die Bürger:innen direkt in die Sektorentransformation einzubinden (Milinski et al, 2006). Um dies zu erreichen, sind Maßnahmen in unterschiedlichen Teilbereichen denkbar (Local Energy Consulting, 2020):

- **Transparenz & Konsistenz:** Akzeptanz entsteht durch Verständnis, daher müssen alle politischen Entscheidungen und Maßnahmen für die Bevölkerung transparent und nachvollziehbar sein. Gleichzeitig muss die Politik konsistent handeln, um die Bürger:innen nachhaltig von der Notwendigkeit der Energiewende zu überzeugen.
- **Teilhabe:** Die wirtschaftliche und soziale Einbindung der Bevölkerung und Kommunen erhöhen die Befürwortung lokaler Maßnahmen.
- **Stärkung der Überzeugten:** Bürger:innen, die sich aktiv in die Energiewende einbringen wollen, stärken die lokale Akzeptanz. Daher gilt es, regionale Projekte zu fördern.
- **Faire Flächenplanung:** Zur Vermeidung von lokalen Widerständen müssen beim Bau der notwendigen Infrastruktur der Energiewende faire und transparente Planungsansätze zum Einsatz kommen.

Neben einer verstärkten Informationspolitik, die vor allem die lokalen Chancen energiepolitischer Projekte hervorhebt und klare regionale Strategien vermittelt, gilt es dabei vor allem auch, die betroffenen Bürger:innen und Kommunen über planerische und finanzielle Beteiligungen in den Transformationsprozess einzubinden (Local Energy Consulting, 2020). Dass wirtschaftliche Aspekte bei der Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen eine besondere Rolle spielen, zeigt sich auch in der COVID-19-Pandemie. Bürger:innen, welche die aktuelle Wirtschaftslage als besonders angespannt bewerten, stehen klimaorientierten Konjunkturprogrammen deutlich kritischer gegenüber (Engler et al., 2020). Dies wird auch durch die Akzeptanzforschung bestätigt. Die Wahrnehmung des positiven Nutzens des Ausbaus der erneuerbaren Energien ist demnach dann besonders stark, wenn die Bürger:innen einen wirtschaftlichen Mehrwert erleben (Hübner et al., 2020). Um dies zu erreichen, gilt es kommunale Wertschöpfung zu schaffen und die betroffenen Regionen direkt oder indirekt über das Bereitstellen vergünstigter Stromtarife an den erneuerbaren Energieanlagen vor Ort finanziell zu beteiligen. Auf

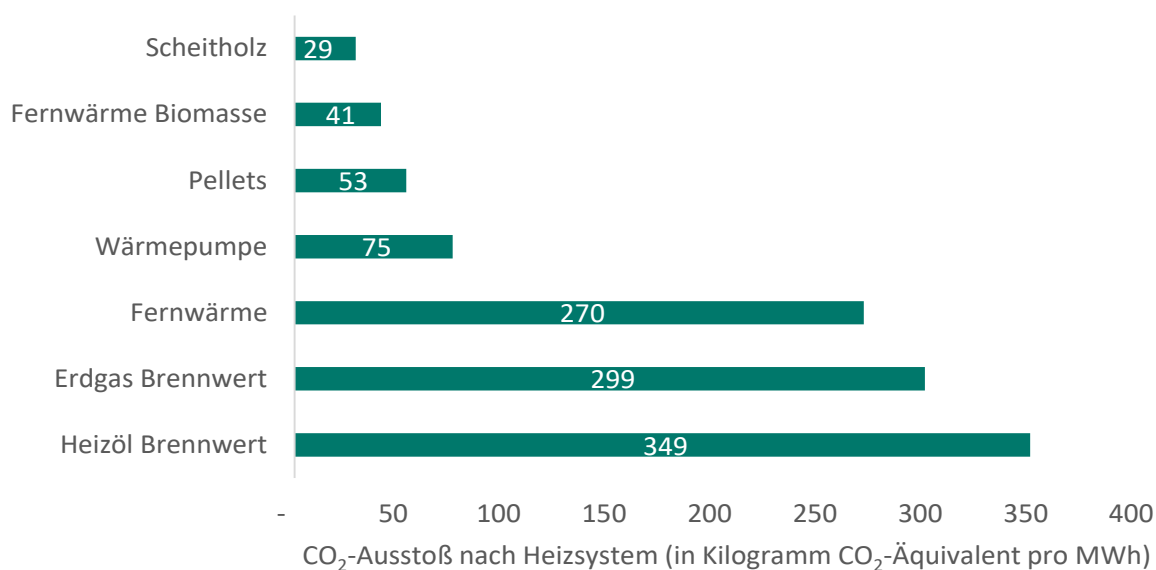
diese Weise könnte sich die große Befürwortung der Energiewende im Allgemeinen in eine mehrheitliche Zustimmung zu konkreten nachhaltigen Maßnahmen vor Ort ummünzen.

Finanzielle Anreize und informationspolitische Maßnahmen verstärken und ergänzen sich dabei gegenseitig. Nur wenn alle genannten Teilbereiche adressiert werden, kann sichergestellt werden, dass eine flächendeckende Akzeptanz für die Energiewende geschaffen wird und lokaler Widerstand, der als potenzielle Barriere der Energiewende identifiziert wurde, verhindert wird (Local Energy Consulting, 2020).

Beschränkungen fossiler Brennstoffe in Heizungsanlagen

Laut dem CO₂-Rechner des Umweltbundesamts (UBA) entfallen von den jährlichen 9,6 Tonnen CO₂-Emissionen jedes Bundesbürgers rund 15 % auf die Beheizung (Salb et al., 2018). Dabei dominieren in Deutschland Heizungen, die mit Erdgas, Öl oder mit fossil-basierter Fernwärme betrieben werden, wobei Erdgas mit 48,2 % den größten Marktanteil bei den bestehenden Heizungssystemen im Wohnungsbau besitzt (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V, 2019). Gerade vor dem in Abbildung 4-2 veranschaulichten CO₂-Ausstoß unterschiedlicher Heizsysteme, verdeutlicht dieser Wert, dass in Deutschland im Wärmebereich ein hohes Dekarbonisierungspotenzial besteht (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V, 2019).

Abbildung 4-2
CO₂-Ausstoß unterschiedlicher Heizsysteme



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Warneke (2010)

Im Rahmen des Klimapakets der Bundesregierung wurde in diesem Zusammenhang beschlossen, dass ab dem Jahr 2026 keine reinen Ölheizungen mehr neu installiert werden dürfen (Gehlert et al., 2020), was im Neubau bereits zum gewünschten Effekt geführt hat. Der Anteil an Ölheizungen ist dort bereits seit 2005 von 14 % auf einen vernachlässigbaren Anteil gesunken (Vivid Economics & Imperial College, 2017). Um die tatsächlichen Reduktionspotenziale im Wärmesektor zu entfalten, würde jedoch nur ein sofortiges Verbot von Ölheizungen Sinn ergeben, wie es in Norwegen seit dem 01.01.2020 in Kraft ist (Kerr & Winskel, 2021).

Im Bereich des Gebäudebestandes gilt, dass in den meisten Sanierungsfällen Ölheizungen lediglich durch Erdgasalternativen ersetzt werden. In den letzten zehn Jahren war dies in rund 275.000 Gebäuden der Fall (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2019). Hierdurch ist der Anteil an Ölheizungen zwischen 1995 und 2019 zwar deutlich von 40 % auf 26 % gesunken (Dickel, 2018), in Verbindung mit Abbildung 4-2 zeigt sich jedoch, dass durch diese Entwicklung große Potenziale bei der Emissionsreduktion verschenkt werden und eine langfristige Lock-In-Situation in fossile und relativ emissionsintensive Heizsysteme droht. Um eine solche, die Pariser Klimaziele gefährdende Situation zu vermeiden, hat Großbritannien ein Verbot von Gasheizungen bei Neubauten ab 2025 angekündigt, während die Niederlande sogar anstreben, dass alle Wohngebäude im Land bis 2050 gasfrei sind. Diese Maßnahmen sollten der Bundesregierung als Orientierungshilfe dienen, um die Emissionsreduktion im Wärmebereich effektiv voranzutreiben. Komplementär zu diesen ordnungsrechtlichen Maßnahmen können durch Zuschüsse für den Einbau von bzw. die Umrüstung hin zu erneuerbaren Wärmequellen weitere positive Anreize gesetzt werden, um eine schnelle Dekarbonisierung im Heizungsbereich zu erreichen. Vor allem in Verbindung mit Fördermaßnahmen im Bereich der energetischen Gebäudesanierung können so nachhaltige Anreize für private Investitionen geschaffen werden (Kerr & Winskel, 2021).

4.2 Maßnahmen im Verkehrssektor

Auch im Verkehrsbereich stimmt die Forschung darin überein, dass ein einzelnes politisches Instrument nicht ausreichend ist, um die sektorspezifischen Klimaziele fristgerecht zu erreichen. Die bisherigen Erkenntnisse zeigen, dass auch im Mobilitätsbereich eine integrative Mischung politischer Maßnahmen erforderlich ist, um die Hemmnisse und Barrieren, die dem Transformationsprozess im Verkehrssektor entgegenstehen, zu adressieren und einen zeitnahen und effizienten Übergang in ein kohlenstoffarmes Verkehrswesen zu gewährleisten (Axsen et al., 2020).

Abschaffung klimaschädlicher Subventionen im Verkehrssektor

Staatliche Subventionen und Zuschüsse für die Automobil- und Luftfahrtindustrie mögen aufgrund der sozialen und wirtschaftlichen Relevanz von Mobilität ggf. gerechtfertigt erscheinen, sie fördern jedoch aufgrund der langen Lebenszyklen von Verbrennungsmotoren einen technologischen Lock-In-Effekt (Thomas et al., 2019). Aus diesem Grund müssen bestehende Maßnahmen wie die Energiesteuervergünstigung für Dieselmotoren, die Energiesteuerbefreiung für Kerosin, Steuervergünstigungen für die private Dienstwagennutzung oder die Entfernungspauschale überprüft, abgeschafft oder umgestaltet werden (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b).

Durch die Abschaffung der Dienstwagenregelung würde Steuerneutralität zwischen Dienstwagen und privaten Pkw geschaffen. Dadurch hätten Arbeitnehmer:innen Anreize, sich gegen einen dienstlichen Pkw und für klimafreundliche Mobilitätsalternativen zu entscheiden, was potenziell das Verkehrsaufkommen und somit den CO₂-Ausstoß auf der Straße verringern könnte (Beermann et al., 2021).

Eine weitere Subvention des Staates, welche der Mobilitätswende entgegensteht, ist die verkehrsmittelunabhängige Entfernungspauschale. Orientierung für eine umweltfreundliche Reform der Entfernungspauschale kann ein Blick nach Norwegen oder Schweden geben, wo die Absetzbarkeit der Wegekosten an die Wahl des Verkehrsmittels geknüpft ist. Arbeitswege, die mit dem Pkw zurückgelegt werden, können hier nur dann steuerlich geltend gemacht werden, wenn die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel einen deutlichen zeitlichen Mehraufwand bedeutet (Blanck et al., 2020). Neben einer Reform besteht die Möglichkeit einer vollständigen Abschaffung der Entfernungspauschale. Dies würde Anreize für die Bildung von Fahrgemeinschaften oder der Verwendung von alternativen Transportmitteln, wie dem ÖPNV oder dem Fahrrad bieten (Jacob et al., 2016). Die Sorge, dass hierbei vor allem einkommensschwache Haushalte belastet werden, lässt sich empirisch nicht belegen, da einkommensstarke Haushalte stärker von der Absetzbarkeit der Wegkosten profitieren. Tabelle 4-2 stellt Auswertungen des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) dar. Sie zeigt, dass die durchschnittliche Pendeldistanz mit dem Einkommen steigt (Jacob et al., 2016).¹¹

¹¹ Arbeitnehmer: innen mit einem hohen Einkommen pendeln sowohl über längere Distanzen als auch häufiger als Menschen mit geringerem Einkommen.

Tabelle 4-2
Korrelation zwischen Pendeldistanz und Einkommen

Pendeldistanz	Bruttoeinkommen	Verfügbares Einkommen (äquivalenzgewichtet)
0 km	3.745,00 €	1.922,00 €
1 - 10 km	2.736,00 €	1.535,00 €
11 - 20 km	3.169,00 €	1.559,00 €
21 - 40 km	3.651,00 €	1.738,00 €
51 - 100 km	4.145,00 €	1.906,00 €

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Jacob et al. (2016).

Eine weitere Alternative zur Reformierung der Steuervorteile für Dienstwagen und der Entfernungspauschale bietet die Möglichkeit, diese an die Emissionsintensität des Pkw zu knüpfen. Dadurch werden Anreize zum Kauf und zur Nutzung eines Nullemissionsfahrzeugs gesetzt und einer Verschärfung der aktuellen Lock-In-Situationen vorgebeugt (Beermann et al, 2021; Agora Verkehrswende & Agora Energiewende, 2019).

Neben der Subventionierung von Pkw wird auch die Kraftstoffwahl aktuell durch staatliche Subventionen verzerrt. Obwohl Diesel aufgrund seines höheren Energie- und CO₂-Potenzials der umweltschädlichere Kraftstoff ist, wird er aktuell mit 47,04 ct/l besteuert, während der Energiesteuersatz auf Benzin 65,45 ct/l beträgt. Der Abbau des Dieselprivilegs bedeutet die Anhebung des Energiesteuersatzes für Diesel auf den des Benzins, was unter Berücksichtigung des höheren CO₂-Ausstoßes je Liter des Diesels einer Steuererhöhung um 61 % auf 75,68 ct/l entspricht (Beermann et al., 2021).

Auch im Luftverkehr gilt es klimaschädliche Subventionen zu beseitigen, weitere Maßnahmen im Bereich des Flugverkehrs werden nachstehend separat diskutiert.

Intelligente Förderung alternativer Mobilitätsangebote

Neben den genannten Subventionen, die offensichtlich marktverzerrende Effekte zu Gunsten des Verbrennungsmotors haben, ist auch die Lenkungswirkung bestehender Kauf- und Umstiegsanreize auf emissionsärmere Alternativen kritisch zu bewerten. Die Befreiung von Elektrofahrzeugen von der Kfz-Steuer und die Förderung emissionsarmer Pkw sind in der aktuellen Ausgestaltung aufgrund der zu geringen Fördersummen beispielsweise nicht zielführend. Vielmehr sind Mitnahmeeffekte zu befürchten, ohne dass die Förderung signifikante Veränderungen im Mobilitätsverhalten der Bevölkerung mit sich bringt. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass durch die aktuelle Bezuschussung der fossilen Plug-In-Hybrid-Technologie ein neuer Lock-In-Effekt entsteht, der der Transformation zur Emissionsneutralität widerspricht (Bär et al., 2020).

Durch die Beseitigung und Anpassung umweltschädlicher Subventionen könnten erhebliche finanzielle Ressourcen frei werden, die der Staat zur Entlastung der Bürger:innen und zu Gunsten einer nachhaltigen Mobilität für alle einsetzen kann (Frey et al., 2020). Neben einer stärkeren Förderung von emissionsfreien Pkw, bietet die Förderung des ÖPNV durch den Ausbau des Nah- und Fernverkehrsnetzes oder die Subventionierung von Ticketpreisen, einen weiteren intelligenten Förderansatz, der Anreize für Pendler:innen und Reisende schaffen würde, Mobilitätsalternativen in Betracht zu ziehen. Erste Maßnahmen, wie die im neuen Klimapaket beschlossene Mehrwertsteuersenkung auf Bahntickets, gehen dabei in die richtige Richtung, fallen allerdings deutlich zu gering aus, um nachhaltige Mobilitätsveränderungen zu bewirken (Frey et al., 2020).

Politischer Anstoß zur Antriebswende

Um nachhaltige Anreize für eine Mobilitätsveränderung zu setzen, sind die bestehenden Preissignale nicht ausreichend. Im Straßenverkehr werden die etablierten Verbrennungsmotoren allein aufgrund ihrer langen Nutzungsdauer nicht sofort vom Markt verschwinden. Gleichzeitig sind die Anreize für den Neukauf von klassischen Pkw aufgrund des technologischen Vorsprungs gegenüber emissionsfreier Alternativen und den bestehenden Tankstellen- und Werkstattnetzen relativ hoch (Lutz et al., 2020; Thomas et al., 2019). Ein vielfach diskutierter Ansatz, um diese Lock-in-Situation zu durchbrechen, ist ein Verbot des Verbrennungsmotors.

Auch wenn die Zustimmung für ein solches Verbot gerade in der jungen Generation mit 51,5 % besonders hoch ist, ist das Meinungsbild in der Gesamtbevölkerung gespalten. Nur eine sehr knappe, nicht-absolute Mehrheit der Deutschen (42,8 %) spricht sich für eine gesetzliche Regelung gegen Verbrennungsmotoren aus, während ein fast gleichgroßer Anteil (42,3 %) dagegen ist (mobile.de, 2020). Die Umsetzbarkeit eines solchen Verbotes wirft auch europarechtliche Fragestellungen auf und es bleibt bisher unklar, ob diese auf nationaler Ebene zu beantworten sind (Verheyen & Pabsch, 2017; Held et al., 2021). Durch das im Juli 2021 veröffentlichten Programm „Fit for 55“ der europäischen Kommission gibt es allerdings aktuell Bestrebungen, die Autohersteller:innen dazu zu verpflichten, die durchschnittlichen Emissionen von Neuwagen ab 2030 um 55 % und ab 2035 um 100 % gegenüber dem Stand von 2021 zu reduzieren. Dies entspricht de facto einem Verbrennungsmotorenverbot bei Neuwagen ab 2035 auf europäischer Ebene (Europäische Kommission, 2021a). Aktuelle Szenarioanalysen kommen zu dem Ergebnis, dass nationale Verbote von Verbrennungsmotoren in Schlüsselmärkten wie China und Europa den Ölverbrauch bis 2050 um bis zu fünf Millionen Barrel pro Tag reduzieren könnten, was insgesamt jedoch lediglich etwa fünf Prozent des aktuellen, weltweiten

Ölverbrauchs entspricht (Fulton et al., 2019).¹² Um über ein Verbot signifikante Beiträge zur Erreichung der gesetzten Klimaziele zu generieren, sind auf nationaler Ebene daher deutlich frühere Verbote notwendig (Morfeldt et al., 2021). Generell gilt, um die Grundlage für eine nachhaltige Verkehrswende zu schaffen, bedarf es eines breiten Mix an Maßnahmen (Kempfert, 2021). Um die Klimaziele rechtzeitig zu erreichen, muss die Bundesregierung in erster Linie die notwendigen Rahmenbedingungen schaffen die es ermöglichen, dass der Verbrennungsmotor zeitnah aus dem Straßenverkehr verschwinden kann. Neben einer CO₂-Bepreisung und der bereits diskutierten zwingend notwendigen Abschaffung klimaschädlicher Subventionen im Verkehrssektor, gilt es dabei insbesondere, aktive Anreize für alternative Mobilitätsangebote zu schaffen (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b). Eine Auswahl möglicher Maßnahmen, die hierfür zur Verfügung stehen, wird im Folgenden diskutiert.

Zulassungsquote für elektrische Antriebe und Ausbau der Ladensäuleninfrastruktur

Wie in Kapitel 2 beschrieben, ist im Verkehrssektor im Verlauf der vergangenen 30 Jahre keine klare Emissionsreduktion zu erkennen. Während in anderen Sektoren seit 1990 zum Teil deutliche Emissionsminderungen erzielt wurden, sind die Emissionen im Verkehrssektor 2019 im Vergleich zu 1990 sogar marginal gestiegen (Umweltbundesamt, 2021a). Aktuelle Studien zeigen, dass zur Erreichung der Klimaneutralität insgesamt 14 Mio. elektrische Fahrzeuge bis 2030 auf der Straße sein müssen (Prognos et al., 2020). In Anbetracht dessen, dass aktuell lediglich 365.262 E-Fahrzeuge in Deutschland zugelassen sind (Kraftfahrt-Bundesamt, 2021), wird deutlich, dass in diesem Bereich deutlicher Handlungsbedarf besteht, der jedoch durch die bereits diskutierten sektorspezifischen Hemmnisse erschwert wird.

Gleichzeitig ist im Bereich der Antriebstechnologien klar, dass der Verbrennungsmotor keine nachhaltige Option für die Dekarbonisierung darstellt (Kempfert et al., 2017). Um daher notwendige angebotsseitige Impulse für einen Technologiewechsel zu setzen, empfehlen Studien unter anderem die Einführung einer Quotenregelung für Elektrofahrzeuge. Durch die regulatorische Verpflichtung muss ein bestimmter Anteil der produzierten Fahrzeuge aller Fahrzeughersteller über einen alternativen Antrieb verfügen. Aufgrund der Kostendegression der Massenproduktion sollten Elektrofahrzeuge somit kurzfristig zu einem günstigeren Preis angeboten werden können und somit im Vergleich zum Verbrennungsmotor wettbewerbsfähig werden. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen schlägt für den Anteil von Elektrofahrzeugen an den Neuzulassungen eine

¹² Im Jahr 2020 betrug der weltweite Verbrauch von Erdöl rund 88,5 Millionen Barrel pro Tag (BP, 2021)

Quotenregelung vor (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b). Aktuelle Studien forcieren dabei eine sofortige Quote von mindestens 25%, die bis 2025 auf mindestens 50% gesteigert werden soll (Kempf, 2021).

Im Vergleich zu indirekten Anreizinstrumenten, wie der Förderung beim Kauf elektrisch betriebener Pkw, ist der größte Vorteil eines ordnungspolitischen Eingriffs, dass er auf Herstellerseite für eine hohe Planungssicherheit sorgt, wodurch langfristige Investitionen in die neuen Technologien nicht aus Gründen der Unsicherheit aufgeschoben werden. Gleichzeitig wird die Entwicklung und der Ausbau der notwendigen Infrastruktur für privatwirtschaftliche Anbieter attraktiver, da auch hier Planungssicherheit im Hinblick auf die zukünftige Nachfrage nach Ladesäulen und anderen komplementären Produkten geschaffen wird (Kempf et al., 2017).

Durch die steigende Planungssicherheit entfaltet eine Zulassungsquote zwar wirtschaftliche Anreize, um den Ausbau der Ladesäuleninfrastruktur privatwirtschaftlich voranzutreiben, allerdings ist es zweifelhaft, ob ein einseitiger privatwirtschaftlicher Ausbau ausreichend ist. Dies wird insbesondere mit Blick auf den enormen Ausbaubedarf in den nächsten Jahren deutlich. Im März 2021 waren lediglich ca. 40.000 öffentliche und teilöffentliche Ladepunkte in öffentlichen Datenbanken erfasst (BDEW, 2021). Studien schätzen, dass der Bedarf bis 2030 auf bis zu 843.000 Ladepunkte steigen wird (Windt & Arnhold, 2020). Um zu verhindern, dass die Maßnahmen im Bereich der Förderung der Elektromobilität aufgrund einer unzureichend ausgebauten Infrastruktur keine weitreichende Umstellung auf elektrische Antriebe erreicht, sollte der Staat zusätzliche Investitionen tätigen.

Zwischen März 2017 und Mai 2020 waren im Rahmen des Bundesförderprogramms „Ladeinfrastruktur“ des BMVI bereits 22.000 Ladestationen bewilligt worden, darunter waren allerdings nur rund 5.000 Schnellladestationen, deren Ausbau zur Beseitigung der Reichweitenangst besonders notwendig ist. Gerade für den Fernverkehr ist eine verstärkte Förderung von Schnellladestationen sowie ein gezielter Zubau von E-Ladesäulen an Hauptverkehrsachsen notwendig (Kempf et al., 2017). Die aktuell geplante, gezielte Förderung von 1.000 Schnellladestationen an wichtigen Verkehrswegen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021) ist dabei ein richtiges Signal, kann aber vor dem Hintergrund des enormen Bedarfs nur ein erster Schritt sein.

Steuerreformen

Wie beschrieben, sind bestehende Preissignale in vielen Bereichen der Wirtschaft zu gering, um die gesellschaftlichen Kosten des CO₂-Ausstoßes zu internalisieren. Beispielsweise entfalten die seit 2003 unveränderten Energiesteuersätze im Hinblick auf die Fahrzeugnutzung nur moderate Anreizwirkung,

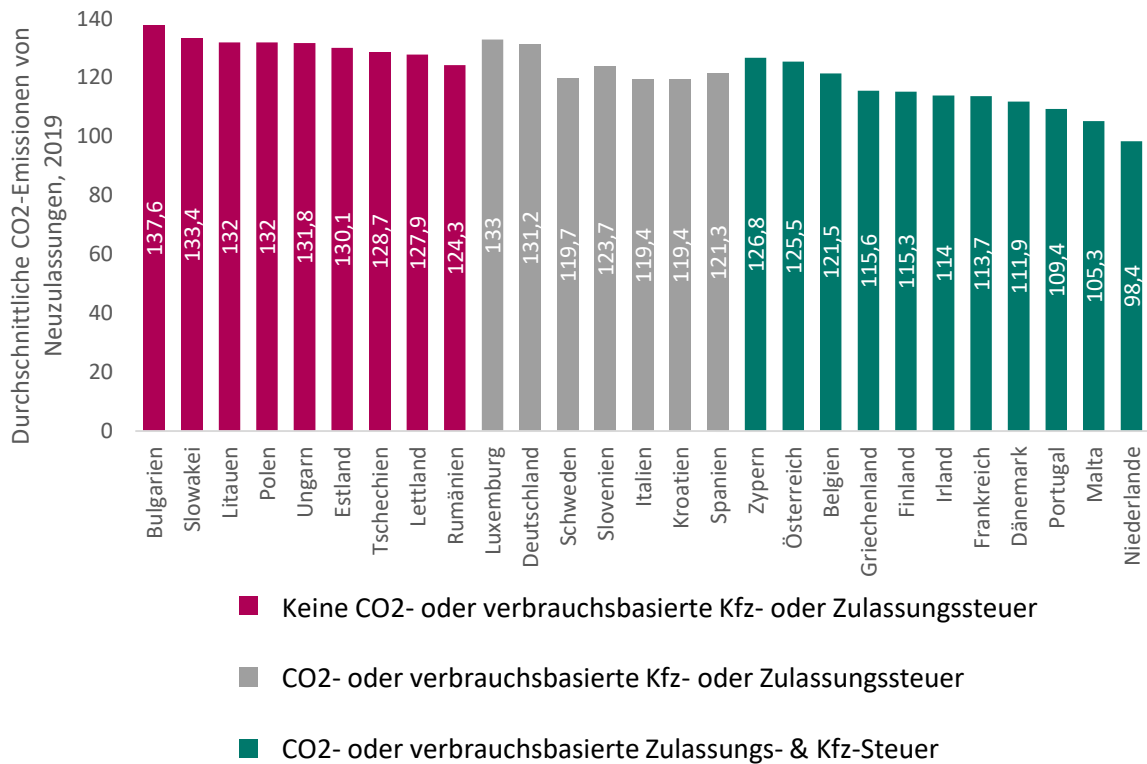
das Verkehrsaufkommen zu reduzieren (Bach et al., 2019). Zur Stärkung des Preissignal müssen daher weitere glaubwürdige fiskalische Maßnahmen beschlossen werden, um den ökologischen Transformationsprozess im Verkehrssektor anzustoßen (Reuster et al., 2017). Ein Ansatz der von vielen Expert:innen präferiert wird, ist es die Steuersätze im Verkehrssektor anhand der Energie- und CO₂-Intensität neu zu ordnen. Durch die Besteuerung fossiler Energieträger soll der Verbrauch gesenkt und Emissionen vermieden werden. Emissionsminderungen können dabei auch durch Produktsubstitution (vergünstige Besteuerung) von CO₂-ärmeren Alternativen erreicht werden (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b; Reuster et al., 2017).

Ein intuitives Beispiel in diesem Zusammenhang ist die bestehende Abgabenlast auf Pkw in Deutschland, die im europäischen Vergleich als eher gering einzustufen ist (Kunert, 2018). Mit der relativ niedrigen Kfz-Steuer und ohne eine Zulassungssteuer belegt Deutschland lediglich einen Platz im unteren Drittel. Dabei können neben ordnungsrechtlichen Effizienzvorgaben, auch fiskalische Maßnahmen effektive Anreize für eine Emissionsreduktion im Straßenverkehr setzen. Solche Anreize können sowohl durch das Erheben einer einmaligen Kauf- oder Zulassungssteuer als auch durch die jährlich anfallende Kfz-Steuer gesetzt werden (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b).

In der Europäischen Union erheben bereits 18 Ländern entweder eine CO₂-basierte Kfz- oder Zulassungssteuer bzw. eine Kombination beider Ansätze. Die Wirksamkeit einer solchen Besteuerung als Lenkungsinstrument wurde in verschiedenen Studien untersucht und vor allem im Zusammenhang mit positiven Anreizen, z.B. Kaufprämie oder Steuerboni für besonders klimafreundliche Fahrzeuge, bestätigt (Alberini & Bareit, 2019; Michielsen et al., 2015). Die 2007 eingeführte norwegische Zulassungssteuer, die sich nun an den CO₂-Emissionen eines neuen Fahrzeugs orientiert, führte beispielsweise zu einer Emissionsreduktion von 7,5g CO₂ pro Kilometer, während der Marktanteil von besonders umweltbelastenden Fahrzeugen um 12 Prozentpunkte sank (Ciccone, 2019). Insgesamt zeigen empirische Beobachtungen, dass insbesondere die Kombination von emissionsorientierter Zulassungssteuer und jährlichen Kfz-Abgaben einen reduzierenden Effekt auf die Intensität der Kohlenstoffemissionen von Pkw haben (Dineen et al., 2018). Wie Abbildung 4-3 zeigt, lässt sich dieser positive Zusammenhang auch deskriptiv verdeutlichen:

Abbildung 4-3

CO₂-gebundene Kfz-Steuern und CO₂-Emissionen von neuzugelassenen Pkw im europäischen Vergleich, 2019



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ACEA (2020) und Piazza (2021)

Während die CO₂-Emissionen von neuzugelassenen Pkw in Ländern ohne CO₂-basierte Kfz- bzw. Zulassungssteuer 2019 im Durchschnitt 130,86 Gramm CO₂ pro Kilometer betragen, waren es in Ländern, die eine Kombination beider Instrumente verfolgen, lediglich 114,3 Gramm CO₂ pro Kilometer.

Dass die CO₂-Emissionen in Deutschland mit 131,2 Gramm CO₂ pro Kilometer vergleichsweise hoch sind, ist vor diesem Hintergrund nicht verwunderlich. Seit 2021 gilt in Deutschland zwar, dass Pkw mit hohem Kraftstoffverbrauch eine höhere Kfz-Steuer zahlen müssen, die Lenkungswirkung dieser Gesetzesänderung ist allerdings fragwürdig. Einerseits sind bereits zugelassene Autos nicht betroffen und andererseits kommen Studien zu dem Ergebnis, dass die Kfz-Steuer für Fahrzeuge mit einem durchschnittlichen Verbrauch lediglich marginal um 14,60 Euro pro Jahr steigt (Bär et al., 2020).

Um in Deutschland die Marktdurchdringung alternativer Antriebe voranzubringen und den bestehenden Wettbewerbsvorteil der etablierten Verbrennungsmotoren zu durchbrechen, sprechen sich Studien für die temporäre Einführung eines sogenannten Bonus-Malus-Systems aus. Darunter ist beispielsweise die Erweiterung einer emissionsbedingten Zulassungssteuer um eine Kaufprämie für energieeffizienter Antriebe zu verstehen. Bei einem solchen System wird nicht nur der Kauf besonders

ineffizienter Fahrzeuge belastet, sondern auch der Kauf besonders energieeffizienter Fahrzeuge bezuschusst. Zeitgleich gilt es, die bestehende emissionsabhängige Kfz-Besteuerung zu verstärken. Durch eine solche Kombination aus Maßnahmen werden sowohl Anreize zum Kauf besonders effizienter Fahrzeuge (Bonus-Malus-System) als auch zur Flottenerneuerung gesetzt (Kfz-Besteuerung). Langfristig ist eine aktive Bezuschussung besonders energieeffizienter Fahrzeuge mit hohen Kosten für den Staat verbunden. Daher sollte eine Bezuschussung nach einer parallel laufenden Übergangsperiode durch eine CO₂-basierte Zulassungssteuer ersetzt werden (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b).

Neben einer Reform der Kfz-bezogenen Steuersätze gilt es allerdings auch, eine Reform der Energiesteuer voranzubringen, die sich in ihrer neuen Form vor allem am Energiegehalt der verwendeten Energieträger und den CO₂-Emissionen orientieren sollte. Die Klimaschutzwirkung eines solchen Ansatzes lässt sich anhand positiver Beispiele belegen. In der Schweiz konnten mithilfe einer solchen Reform im Zeitraum von 2008 bis 2015 beispielsweise 6,9 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden (Reuster et al., 2017). Ähnliche positive Erfahrung konnten in Finnland gesammelt werden, während in Dänemark, Schweden und den Niederlanden keine bzw. nur sehr geringe Effekte nachgewiesen werden konnten (Lin & Li, 2011). Da gleichzeitig die Lenkungswirkung einer CO₂-Steuer im Hinblick auf langfristige Investitionen und Innovationen unklar ist, kann sie nur als Teil eines größeren Maßnahmenpakets erfolgreich umgesetzt werden (Lilliestam et al., 2021).

Streckenbezogene Pkw-Maut

Eine mögliche Ergänzung zu einer CO₂-Steuer bietet ein streckenbezogenes Mautsystem. Bisher dienen Mautsysteme vor allem dazu, die Instandhaltungskosten des Straßennetzes zu decken oder um in besonders verkehrsreichen Regionen der Auslastung des Straßennetzes vorzubeugen (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b). Aufgrund der gewachsenen technologischen Möglichkeiten wird allerdings auch vermehrt das Potenzial von streckenbezogenen Mautsystemen als Steuerungsinstrument im Hinblick auf die Verkehrsverlagerung und Verkehrsvermeidung diskutiert (Mahler & Runkel, 2016). Entfernungsabhängige Mautabgaben erhöhen dabei den Preis pro gefahrenen Kilometer und tragen dazu bei, die externen Kosten des Pkw-Verkehrs stärker zu internalisieren. Gleichzeitig schafft eine solche entfernungsabhängige Abgabe bei Kurzstrecken einen Anreiz für die Verkehrsvermeidung und fördert bei Langstrecken die Wahl alternativer emissionsärmerer Mobilitätsangebote, wie der Bahn.

Die Einführung eines Mautsystems, welches an den Externalitäten des Pkw-Verkehrs ausgerichtet ist, könnte zudem Haushalte in ländlichen Gebieten entlasten, da die externen Kosten des Verkehrs in

ländlichen Regionen erheblich niedriger sind (Van Dender, 2019). Durch die steigenden Kosten im städtischen Bereich, würden dabei sehr gezielt Anreize zur effizienteren Verkehrsnutzung gesetzt werden, da in dicht besiedelten Regionen das stärker ausgebaute ÖPNV-Netz die richtigen Rahmenbedingungen schafft (Edenhofer et al., 2019). Verschiedene Simulationsstudien schätzen, dass eine solche streckenbezogene Pkw-Maut das Potenzial hat, die verkehrsbedingte CO₂-Emissionen um mehr als 10 % zu reduzieren (Cavallaro et al., 2018).

Einführung eines Tempolimits für Pkw

Neben der vollständigen Vermeidung von emissionsintensiven Fortbewegungsarten, kann der Staat auch Anreize für eine umweltschonendere Nutzung des Verbrennungsmotors setzen. So ist die Bundesrepublik Deutschland beispielsweise der einzige Staat in Europa ohne allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzung für Pkw auf Autobahnen (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b). Dabei raten aktuelle Empfehlungen dazu, die Höchstgeschwindigkeit auf den Bundesautobahnen auf 130 km/h und innerorts auf 30 km/h festzusetzen. Als Argument hierfür wird nicht nur angeführt, dass durch die Einführung einer generellen Höchstgeschwindigkeit die Gefahr schwerer Unfälle sinkt, sondern auch, dass hierdurch die CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs kurzfristig reduziert werden können (Stiftung Klimaneutralität et al., 2021).

Dies wird durch verschiedene Studien belegt. Empirische Auswertungen der Verschärfung des Tempolimits auf spanischen Autobahnen von 120 km/h auf 110 km/h belegen beispielsweise, dass durch diese Maßnahme der Benzinverbrauch um 2 - 3 % verringert werden konnte (Asensio et al., 2014). Nach aktuellen Berechnungen des Umweltbundesamtes könnte ein Tempolimit von 130 km/h die Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs in Deutschland um jährlich 1,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente mindern. Bei einer Begrenzung auf 120 km/h wären es 2,6 Millionen Tonnen und bei einem Limit von 100 km/h sogar 5,4 Millionen Tonnen (Lange et al., 2020). Im Hinblick auf eine innerörtliche Geschwindigkeitsbegrenzung konnte ein Experiment in Belgien zeigen, dass eine Reduktion des Tempolimits von 50 km/h auf 30 km/h die Emissionen um bis zu 25 % verringern konnte (Madireddy et al., 2011).

Da die Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auch dazu führen würde, dass deutsche Autohersteller ihre Motorenleistungen anpassen, hätte eine solche Gesetzesänderung voraussichtlich noch weitere indirekte Effekte auf den Kraftstoffverbrauch und die Emissionswerte, die in den aktuellen Berechnungen nicht berücksichtigt werden (Gössling & Metzler, 2017; Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b). Mit einer Zustimmung von 64% trifft ein generelles Tempolimit auch in der

Bevölkerung auf eine breite Zustimmung (Umweltbundesamt, 2021c) und bietet daher eine sinnvolle komplementäre Maßnahme, um kurzfristig die CO₂-Emissionen im Straßenverkehr zu reduzieren.

Reduktion von Inlandsflügen

Vor dem Hintergrund von zunehmender Mobilität, dem wachsenden Güterverkehr, begrenzten Möglichkeiten zur Verlagerung von Mittel- und Langstreckenflügen, langer Investitionszyklen bei der Entwicklung neuer Flugzeuge und Antriebstechnologien, hoher Kosten und begrenzter Verfügbarkeit von alternativen Kraftstoffen stellt die langfristige Transformation des Luftverkehrssektors zur Klimaneutralität eine große klimapolitische Herausforderung dar (Siemons et al., 2021). Trotz des wachsenden Klimabewusstseins der Bevölkerung sind in vielen Fällen auch Reisende nicht dazu bereit, ihr persönliches Reiseverhalten zu ändern, wodurch das prognostizierte Wachstum der weltweiten Nachfrage nach Flugreisen nicht mit dem Ziel der Emissionsreduktion vereinbar ist (Cocolas et al., 2020). Während die Anpassung auf Konsumentenseite nur langsam vorangeht, gibt es aufgrund der langen Lebenszyklen bestehender Flotten und fehlenden technologischen Alternativen keine emissionsarme Alternative im Flugverkehr (Scheelhaase et al., 2018).

Daher besteht gerade im Hinblick auf den Flugverkehr im Inland dringender Handlungsbedarf. Studienergebnisse zeigen, dass der Bahnverkehr bis zu einer Entfernung von 1.100 km geringere CO₂-Emissionen pro Passagier aufweist als vergleichbare Flugverbindungen (Miller, 2020). Innerdeutsche Flüge sollten daher durch die Verlagerung des Verkehrs auf die Schiene perspektivisch überflüssig werden. 2019 hätte dies rund 23,1 Millionen Passagiere betroffen (Saur & Bel, 2019). Ein großer Teil dieser Reisenden hätte das Ziel auch mit der Bahn in unter 4 Stunden erreichen können – also ohne Zeitverlust und mit der Möglichkeit, Dienstreisen innerhalb eines Tages durchzuführen (Öko-Institut e.V., 2020). Studienergebnisse aus Finnland unterstreichen die emissionsreduzierende Wirksamkeit einer solchen Verlagerung und zeigen, dass sie einen großen Beitrag zur Emissionsminderung leisten kann (Baumeister & Leung, 2021). Gleichzeitig ist für den nicht-substituierbaren und nicht-vermeidbaren Flugverkehr die Umstellung auf synthetische Kraftstoffe bis spätestens 2035 notwendig (Wuppertal Institut, 2020).

Um für die Verlagerung des Flugverkehrs auf die Schiene die richtigen Anreize zu setzen, müssen auf nationaler Ebene alle Subventionen des Luftverkehrs abgebaut werden (Siemons et al., 2021). Da eine Ausweitung der Mehrwertsteuerpflicht auf grenzüberschreitende Flüge nicht mit geltendem EU-Recht vereinbar ist, empfehlen Expert:innen eine pauschale Anhebung der Luftverkehrssteuer um die Mehrwertsteuerbefreiung auszugleichen. Bisher wird die Luftverkehrssteuer pro Ticket in drei Distanzklassen erhoben und beträgt 12,88 € für innereuropäische Flüge, 32,62 € für Flüge bis 6.000

Kilometer und 58,73 € für alle anderen Fernflüge (Stiftung Klimaneutralität et al., 2021). Um die Mehrwertsteuerbefreiung auszugleichen, muss die Luftverkehrsteuer für einen Flug der ersten Distanzklasse, unter der Annahme eines typischen Ticketpreises von etwa 300 €, knapp 60 € betragen (Siemons et al., 2021). Auch die Einführung einer nationalen Kerosinsteuer und die Beendigung der bisherigen Steuerbefreiung ist nach geltendem Recht möglich, birgt allerdings das Risiko, dass Fluggesellschaften pro Flug mehr Kerosin mitführen als benötigt, um das Auftanken in bestimmten Ländern zu vermeiden (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b). Daher sollte sich die Bundesregierung auf europäischer Ebene für das Ende der Energiesteuerbefreiung und die Einführung einer EU-weiten Kerosinsteuer einsetzen (Siemons et al., 2021). Aktuell plant die Europäische Kommission bereits, die Energiebesteuerungsvorschriften innerhalb der EU zu überarbeiten. Um die Emissionen bis 2030 um mindestens 55 % zu senken, soll unter anderem ein Mindeststeuersatz für Kerosin eingeführt werden. Dieser soll in den nächsten zehn Jahren schrittweise angehoben werden, sodass eine nachhaltige Kraftstoffnutzung im Flugverkehr perspektivisch gefördert wird (Europäische Kommission, 2021c).

Einen weiteren Ansatzpunkt bieten die Start- und Landengebühren, die sich stärker an den Umweltkosten eines Fluges orientieren sollten. Dies ist in Schweden und der Schweiz bereits der Fall und setzt zum einen für die Fluggesellschaften Anreize, emissionsärmere Flugzeuge trotz hoher Investitionskosten zu erwerben, zum anderen stärken steigende Flugticketpreise die Wettbewerbsposition der Bahn und anderer alternativer Mobilitätsangebote (Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017b).

Das kontrovers diskutierte Verbot von Kurzstreckenflügen, wie es aktuell in Frankreich auf den Weg gebracht wird, stellt hierbei ebenfalls einen möglichen Ansatz dar. Generell trifft diese Maßnahme auf eine breite Zustimmung in der Bevölkerung. In Europa sprechen sich beispielsweise 62 % der Menschen für ein Verbot von Kurzstreckenflügen aus (Europäische Investitionsbank, 2019).

Um die Mobilität der Bevölkerung allerdings nicht negativ zu beeinflussen, gilt für alle beschriebenen Maßnahmen, dass der Ausbau des Schienenhochgeschwindigkeitsverkehrs den Wegfall des Verkehrsträgers Flugzeug auf den entsprechenden Strecken kompensieren muss. Dabei geht es insbesondere um die Erweiterung der Distanz innerhalb der sogenannten 4-Stunden-Grenze, die in der Verkehrsforschung den Schwellenwert darstellt, zu dem Schienen- und Luftverkehr bezogen auf die Reisezeit miteinander konkurrieren können. In Deutschland entspricht diese 4-Stunden-Schwelle

aktuell einer Entfernung von 400 bis 600 km, während in Frankreich sogar rund 800 km Entfernung in unter vier Stunden mit der Bahn zurückgelegt werden können.¹³

5. Fazit

Ein Preis für den Ausstoß klimaschädlichen Kohlenstoffdioxids gilt seit vielen Jahren als ein essenzieller Baustein, um die langfristige Dekarbonisierung aller Sektoren zu erreichen. In der aktuellen Debatte um den CO₂-Preis herrscht Uneinigkeit, ob er als Teil eines ganzen Pakets von Instrumenten und Maßnahmen umgesetzt werden sollte oder ob ein flächendeckender CO₂-Preis das zentrale Instrument der Klimapolitik sein soll. Die Erkenntnisse dieser Studie machen deutlich, dass ein CO₂-Preis vor allem aufgrund der generierten öffentlichen Einnahmen ein wichtiger Bestandteil des politischen Werkzeugkastens im Klimaschutz ist, da diese zur Finanzierung anderer Maßnahmen oder zum sozialen Ausgleich verwendet werden können.

Die Bundesregierung hat daher mit ihrer zum 01.01.2021 eingeführten CO₂-Abgabe einen Schritt in die richtige Richtung getan. In Kapitel 2 und 3 wurde mit Fokus auf die Sektoren Energie und Verkehr allerdings verdeutlicht, dass ein CO₂-Preis allein kein „Allheilmittel“ darstellt. Verschiedene Studien kommen zu dem Fazit, dass ein CO₂-Preis schon heute bei mindestens 50 Euro pro Tonne CO₂ liegen und bis 2030 auf deutlich über 100 Euro ansteigen müsste, um eine Lenkungswirkung beim Konsum- und Investitionsverhalten zu entfalten. Ein solches Preisniveau würde die Kraftstoffpreise schätzungsweise um bis zu 35 Cent pro Liter verteuern, welches sich politisch zu einem Streitthema entwickeln wird, wie unter anderem die aktuelle Debatte um eine Benzinpreiserhöhung von 15 Cent deutlich zeigt. In anderen Fällen rechnen sich Investitionen und Anschaffungen schon heute, werden aber aufgrund sektorspezifischer Barrieren, wie z.B. der Reichweitenangst bei Elektrofahrzeugen oder der fehlenden Planungssicherheit bei Investitionen in regenerative Energien, nicht getätigt.

Daher müssen auf Bundesebene so schnell wie möglich komplementäre, sektorspezifische Politikinstrumente eingesetzt werden, damit Deutschland seinen Beitrag zum 1,5°C-Ziel des Pariser Klimaabkommens leisten kann. Wie die vorliegende Studie verdeutlicht, ist dabei gerade im Energie- und Verkehrssektor eine Kombination verschiedener Instrumente notwendig, um die bestehenden

¹³ In Deutschland sind beispielsweise die Strecken Hamburg-Düsseldorf (rund 400 km) und Berlin-München (etwa 600 km) in vier Stunden Fahrzeit mit dem Schienenverkehr zurückzulegen. Die rund 800 km lange Strecke Paris-Marseille bewältigt der französische Hochgeschwindigkeitszug TGV sogar in 3:18 Stunden (Umweltbundesamt, 2019).

Lock-In-Situationen, die gesellschaftliche Skepsis sowie fehlende Investitionsanreize zu überwinden und die notwendigen, tiefgreifenden Transformationsprozesse einzuläuten. Hierzu zählen neben dem CO₂-Preis die gezielte Förderung von klimafreundlichen Alternativen, ordnungsrechtliche Eingriffe, die Einführung eines Tempolimits, die regulatorisch geregelte Stilllegung der Kohleverstromung sowie akzeptanzfördernde Maßnahmen, um die Zustimmung der Bevölkerung für die notwendigen Infrastrukturanpassungen zu gewinnen.

6. Literaturverzeichnis

- ACEA. (2020). *CO₂ emissions from new passenger cars in the EU, by country*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-co2-emissions-from-new-passenger-cars-in-the-eu-by-country/> abgerufen.
- ADAC. (2021). *CO₂-Steuer – warum manche Autos nun mehr kosten*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/kfz-steuer/co2-steuer/> abgerufen.
- Adolf, J. (2008). Marktwirtschaftliche Instrumente: Königsweg der Klimapolitik? *Wirtschaftsdienst*, S. 326-333.
- Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (2020). *AEE-Akzeptanzumfrage 2020*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/aee-akzeptanzumfrage-2020> abgerufen.
- Agora Energiewende. (2016). *Elf Eckpunkte für einen Kohlekonsens. Konzept zur schrittweisen Dekarbonisierung des deutschen Stromsektors (Langfassung)*.
- Agora Energiewende & Wuppertal Institut. (2019). *Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement*. Berlin.
- Agora Energiewende. (2021). *Die Energiewende im Corona-Jahr: Stand der Dinge 2020. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2021*.
- Agora Verkehrswende. (2017). *Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende*. Berlin.
- Agora Verkehrswende & Agora Energiewende. (2019). *Klimaschutz auf Kurs bringen: Wie eine CO₂-Bepreisung sozial ausgewogen wirkt*. Berlin.
- Ahmels, P., Bosse, J., Brauers, H., Braunger, I., Gheorghiu, A., Häublein, E. & Kemfert, C. (2021). *Am Klimaschutz vorbeigeplant. Klimawirkung, Bedarf und Infrastruktur von Erdgas in Deutschland: Hintergrundpapier. DIW Berlin: Politikberatung kompakt*.
- Alberini, A. & Bareit, M. (2019). The effect of registration taxes on new car sales and emissions: Evidence from Switzerland. *Resource and Energy Economics*, S. 96-112.
- Allcott, H. & Wozny, N. (2014). Gasoline prices, fuel economy, and the energy paradox. *Review of Economics and Statistics*, S. 779-795.

- Arguedas, C. & van Soest, D. P. (2009). On reducing the windfall profits in environmental subsidy programs. *Journal of Environmental Economics and Management*, S. 192-205.
- Asensio, J., Gómez-Lobo, A. & Matas, A. (2014).. How effective are policies to reduce gasoline consumption? Evaluating a set of measures in Spain. *Energy Economics*, S. 34-42.
- Austin, D. & Dinan, T. (2005). Clearing the air: The costs and consequences of higher CAFE standards and increased gasoline taxes. *Journal of Environmental Economics and Management*, S. 562-582.
- Axsen, J., Plötz, P. & Wolinetz, M. (2020). Crafting strong, integrated policy mixes for deep CO₂ mitigation in road transport. *Nature Climate Change*, S. 809-818.
- Bach, S. (2008). Die Pendlerpauschale setzt falsche Signale - und zwar unabhängig davon, ob sie beschränkt wird oder nicht. *DIW Wochenbericht*.
- Bach, S., Isaak, N., Kemfert, C. & Wägner, N. (2019a). Lenkung, Aufkommen, Verteilung: Wirkungen von CO₂-Bepreisung und Rückvergütung des Klimapakets. *DIW aktuell*.
- Bach, S., Isaak, N., Kemfert, C., Kuner, U., Schill, W.-P., Schmalz, S., Wägner, N & Zaklan, A. (2019b). CO₂-Bepreisung im Wärme- und Verkehrssektor: Diskussion von Wirkungen und alternativen Entlastungsoptionen. *DIW Berlin: Politikberatung kompakt*.
- Bach, S., Isaak, N., Kemfert, C., Kunert, U., Schill, W.-P., Wägner, N. & Zaklan, A. (2019c). Für eine sozialverträgliche CO₂-Bepreisung. *DIW Berlin: Politikberatung kompakt*.
- Bals, C., Edenhofer, O., Fishedick, M., Graichen, P., Klusmann, B., Kuhlmann, A., Lange, J., Lessenich, S., Löschel, A., Matthes, F., Neuhoff, K., Nitsch, J., Schafhausen, F., Schlutz, R. & Wolff, C. (2020). *Stärkere CO₂-Bepreisung: Neuer Schwung für die Klimapolitik*. Bonn: Germanwatch.
- Bannon, B., DeBell, M., Krosnick, J. A., Kopp, R., Aldhous, P. & Magazine, N. S. (2007). Americans' evaluations of policies to reduce greenhouse gas emissions. *New Scientist Magazine Resources for the Future*.
- Bär, H., Runkel, M. & Kirchgäßner, B. (2020). *Bewertung des Entwurfs der Bundesregierung zur Reform der Kfz-Steuer*. Berlin: Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) .
- Baranzini, A., Van den Bergh, J. C., Carattini, S., Howarth, R. B., Padilla, E. & Roca, J. (2017). Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political economy considerations. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*.

- Bardt, H., Schaefer, T., Frondel, M., Fishedick, M., Thomas, S., Bettzüge, M. & Hennes, O. (2019).
 Instrumente der Klimapolitik: effiziente Steuerung oder verfehlte Staatseingriffe?
Wirtschaftsdienst.
- Baumeister, S. & Leung, A. (2021). The emissions reduction potential of substituting short-haul flights
 with non-high-speed rail (NHSR): The case of Finland. *Case Studies on Transport Policy*, S. 40-
 50.
- BDEW. (2021). *Ladesäulen: Energiewirtschaft baut Ladeinfrastruktur auf*. Am 01. Juni 2021 von
<https://www.bdew.de/energie/elektromobilitaet-dossier/energiewirtschaft-baut-ladeinfrastruktur-auf/> abgerufen
- Beermann, A., Fiedler, S., Runkel, M., Schrems, I. & Zerzawy, F. (2021). *Zehn klimaschädliche
 Subventionen sozial gerecht abbauen - ein Zeitplan*. Berlin: Forum Ökologisch-Soziale
 Marktwirtschaft (FÖS).
- Bel, G. & Joseph, S. (2018). Climate change mitigation and the role of technological change: Impact
 on selected headline targets of Europe's 2020 climate and energy package. *Renewable and
 Sustainable Energy Reviews*, S. 3798–3807.
- Berger, J., Strohner, L. & Thomas, T. (2020). *Policy Note 39 - Klimainstrumente im Vergleich*.
 EcoAustria – Institut für Wirtschaftsforschung.
- Bergk, F., Knörr, W. & Lambrecht, U. (2017). Klimaschutz und Verkehr: neuer Handlungsbedarf nach
 dem Pariser Klimaschutzabkommen. *Teilbericht des Projekts "Klimaschutzbeitrag des
 Verkehrs 2050"*.
- Bertram, C., Johnson, N., Luderer, G., Riahi, K., Isaac, M. & Eom, J. (2015). Carbon lock-in through
 capital stock inertia associated with weak near-term climate policies. *Technological
 Forecasting and Social Change*.
- Bieler, C. & Sutter, D. (2019). *Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland. Straßen-, Schienen-, Luft-
 und Binnenschiffverkehr 2017*. Zürich: Allianz pro Schiene e.V.
- Blanck, R. & Zimmer, W. (2016). *Sektorale Emissionspfade in Deutschland bis 2050-Verkehr*. Berlin:
 Öko-Institut e.V.
- Blanck, R., Kreye, K. & Zimmer, W. (2020). *Impulse für mehr Klimaschutz und soziale Gerechtigkeit in
 der Verkehrspolitik*. Berlin: Öko-Institut e.V.

- Blasch, J., Filippini, M. & Kumar, N. (2019). Boundedly rational consumers, energy and investment literacy, and the display of information on household appliances. *Resource and Energy Economics*, S. 39–58.
- Bohlin, F. (1998). The Swedish carbon dioxide tax: Effects on biofuel use and carbon dioxide emissions. *Biomass and Bioenergy*, S. 283–291.
- Bons, M., Döring, M., Klessmann, C., Knapp, J., Tiedemann, S., Pape, C., Horst, D., Reder, K. & Stappel, M. (2019). *Analyse der kurz- und mittelfristigen Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergienutzung an Land*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Borghesi, S., Crespi, F., D’Amato, A., Mazzanti, M. & Silvestri, F. (2015). Carbon abatement, sector heterogeneity and policy responses: evidence on induced eco innovations in the EU. *Environmental Science & Policy*, S. 377-388.
- BP. (2021). *Statistical Review of World Energy*. London.
- Brannlund, R. & Persson, L. (2012). To tax, or not to tax: preferences for climate policy attributes. *Climate Policy*, S. 704-721 .
- Brauers, H., Braunger, I., Hoffart, F., Kemfert, C., Oei, P., Präger, F., Schmalz, S. & Troschke, M. (2021). Ausbau der Erdgas-Infrastruktur: Brückentechnologie oder Risiko für die Energiewende? *Diskussionsbeiträge der Scientists for Future*.
- Bruvoll, A. & Larsen, B. M. (2004). Greenhouse gas emissions in Norway: do carbon taxes work? *Energy policy*, S. 493-505.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2020). *Merkblatt zu den technischen Mindestanforderungen - Heizen mit Erneuerbaren Energien*. Eschborn.
- Bundesfinanzministerium. (2019). *7. Subventionsbericht des Bundes: Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2017 bis 2020*. Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2021). *Novelle des Klimaschutzgesetzes beschreibt verbindlichen Pfad zur Klimaneutralität 2045. Pressemitteilung Nr. 098/21 vom 12.05.2021*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.bmu.de/pressemitteilung/novelle-des-klimaschutzgesetzes-beschreibt-verbindlichen-pfad-zur-klimaneutralitaet-2045/>. abgerufen

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2020). *Verkehr in Zahlen 2020/2021*. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2021). *Das Deutschlandnetz: Konzept der Ausschreibung von 1000 Schnellladestandorten auf Grundlage des Schnellladegesetzes*. Berlin.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a). *Altmaier legt erste Abschätzung des Stromverbrauchs 2030 vor*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/07/20210713-erste-abschaetzungen-stromverbrauch-2030.html> abgerufen.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b). *Automobilindustrie*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html#:~:text=Die%20Unternehmen%20der%20Branche%20erwirtschafteten,Wohlstand%20und%20Besch%C3%A4ftigung%20in%20Deutschland> abgerufen.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019). *Wie heizt Deutschland 2019? BDEW-Studie zum Heizungsmarkt*. Berlin.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020). Gründe gegen den Kauf eines Elektroautos. *BDEW prolytics market research*.
- Bundesverfassungsgericht. (2021). *Pressemitteilung Nr. 31/2021 vom 29. April 2021: Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html> abgerufen
- Bünger, B. & Matthey, A. (2020). *Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Burger, A., Lünenbürger, B. & Kühleis, C. (2019). *CO₂-Bepreisung in Deutschland: Ein Überblick über die Handlungsoptionen und ihre Vor- und Nachteile*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Calel, R. & Dechezleprêtre, A. (2016). Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market. *Review of Economics and Statistics*, S. 173–191.
- Cavallaro, F., Giaretta, F. & Nocera, S. (2018). The potential of road pricing schemes to reduce carbon emissions. *Transport Policy*, S. 85-92.

- Ciccone, A. (2019). Environmental effects of a vehicle tax reform: empirical evidence from Norway. *Transport Policy*, S. 141-157.
- Climate Action Tracker. (2021). *Deutschlands vorgeschlagenes Klimaziel für 2030 noch nicht 1,5°C-kompatibel*. (N. C. Climate Analytics, Herausgeber) Am 01. Juni 2021 von <https://climateactiontracker.org/press/analyse-deutschlands-vorgeschlagenes-klimaziel-fuer-2030-noch-nicht-15c-kompatibel/> abgerufen
- Cocolas, N., Walters, G., Ruhanen, L. & Higham, J. (2020). Air travel attitude functions. *Journal of Sustainable Tourism*, S. 319-336.
- Copernicus Klimawandeldienst. (2021). Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded. Am 01. Juni 2021 von <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded> abgerufen
- Deutscher Bundestag. (2020). Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze (Kohleausstiegsgesetz). *Bundesgesetzblatt*, S. 1818-1867.
- Deutscher Bundestag. (2021a). *Drucksache 19/26035 Antwort der Bundesregierung CO₂-Steuer und Pkw*.
- Deutscher Bundestag. (2021b). *Drucksache 19/30230 Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes*.
- Dickel, R. (2018). The role of natural gas, renewables and energy efficiency in decarbonisation in Germany: The need to complement renewables by decarbonized gas to meet the Paris targets. *The Oxford Institute for Energy Studies Paper*, S. 1-59.
- Dineen, D., Ryan, L. & Gallachóir, B. (2018). Vehicle tax policies and new passenger car CO₂ performance in EU member states. *Climate Policy*, S. 396-412.
- Edenhofer, O. (2016). EU-Emissionshandel durch Mindestpreis reformieren - Dekarbonisierung nur möglich, wenn Kohlendioxid-Markt fehlerfrei arbeitet. *MCC-KURZDOSSIER*.
- Edenhofer, O., Flachsland, C., Kalkuhl, M., Knopf, B. & Pahle, M. (2019). Optionen für eine CO₂-Preisreform. *MCC-PIK-Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung*.

- Emmerich, P., Hülemeier, A., Jendryczko, D., Baumann, M., Weil, M. & Baur, D. (2020). Public acceptance of emerging energy technologies in context of the German energy transition. *Energy Policy*.
- Engler, D., Groh, E. D., Gutsche, G. & Ziegler, A. (2020). Acceptance of climate-oriented policy measures in times of the COVID-19 crisis. *MAGKS Joint Discussion Paper Series in Economics*.
- Europäische Investitionsbank. (2019). *Weniger fliegen, weniger fahren: für Europa eine Option. Zweite Umfrage der EIB zum Klimawandel*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.eib.org/de/surveys/2nd-climate-survey/climate-action-and-policy-solutions.htm> abgerufen
- Europäische Kommission. (2019). *Spezial-Eurobarometer 490 Klimawandel - Deutschland*.
- Europäische Kommission. (2021a). *European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions*. Am 01. Juni 2021 von https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541 abgerufen
- Europäische Kommission. (2021b). *Proposal for a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union [COM(2021) 551 final]*. Brüssel.
- Europäische Kommission. (2021c). *Überarbeitung der Richtlinie über die Energiebesteuerung: Fragen und Antworten*. Brüssel.
- European Energy Exchange. (2021). *EUA Emission Spot Primary Market Auction Report - Archiv*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/eex-eua-primary-auction-spot-download> abgerufen
- FA Wind. (2019). *Hemmnisse beim Ausbau der Windenergie - Ergebnisse einer Branchenumfrage*. Berlin.
- Fay, M., Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Rozenberg, J., Narloch, U. & Kerr, T. (2015). *Decarbonizing development: Three steps to a zero-carbon future*. The World Bank.
- Feess, E. (2007). *Umweltökonomie und Umweltpolitik*. München: Vahlen.
- Fishedick, M., Samadi, S. & Venjakob, J. (2012). Die Rolle Erneuerbarer Energien für den Klimaschutz am Beispiel Deutschlands. In T. Müller, *20 Jahre Recht der Erneuerbaren Energien* (S. 51-73). Baden-Baden: Nomos Verlag.

- Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik. (2018). *2030 kohlefrei. Wie eine beschleunigte Energiewende Deutschlands Beitrag zum Pariser Klimaschutzabkommen sicherstellt*. Berlin: Greenpeace.
- Frey, K., Burger, A., Dzieka, K., Bung, C. & Lünenbürg, B. (2020). *Verkehrswende für Alle - So erreichen wir eine soziale gerechte und umweltverträgliche Mobilität*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Frondel, M. (2019). CO₂-Bepreisung in den nicht in den Emissionshandel integrierten Sektoren: Optionen für eine sozial ausgewogene Ausgestaltung. *RWI Materialien*, S. 1-28.
- Fulton, L. M., Jaffe, A. & McDonald, Z. (2019). *Internal combustion engine bans and global oil use*. Energy Futures Institute of Transportation Studies UC Davies.
- Gagnebin, M., Graichen, P. & Lenck, T. (2019). *Die Gelbwesten-Proteste: Eine (Fehler-) Analyse der französischen CO₂-Preispolitik*. Berlin: Agora Energiewende.
- Gehlert, G., Wiegand, M., Schiller, F. & Berger, M. (2020). *Alternativen zu Ölheizungen: Wege zu umweltfreundlichem Heizen (Kurzfassung)*. Hemmingstedt: Fachhochschule Westküste Institut für die Transformation des Energiesystems (ITE).
- Gerhards, C., Weber, U., Klafka, P., Golla, S., Hagedorn, G., et al. (2021). Klimaverträgliche Energieversorgung für Deutschland – 16 Orientierungspunkte. *Diskussionsbeiträge der Scientists for Future*.
- Göke, L., Kemfert, C., Kendzioriski, M. & von Hirschhausen, C. (2021). 100 Prozent erneuerbare Energien für Deutschland: Koordinierte Ausbauplanung notwendig. *DIW Wochenbericht*.
- Gössling, S. & Metzler, D. (2017). Germany's climate policy: Facing an automobile dilemma. *Energy Policy*, S. 418-428.
- Goulder, L. H. & Parry, I. W. (2008). Instrument choice in environmental policy. *Review of Environmental Economics and Policy*.
- Grassegger, E. & Seibt, C. (2006). Innovationen im Verkehr: Erfahrungen mit leitbildorientierten F&E-Förderstrategien im Verkehrssektor in Österreich. *TATuP-Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, S. 57-66.
- Gupta, S., Tirpak, D. A., Burger, N., Gupta, J., Höhne, N., Boncheva, A. I., Kanoan, G. M., Kolstad, C., Kruger, J. A., Michaelowa, A., Murase, S., Pershing, J., Saijo, T. & Sar, A. (2007). Policies,

- Instruments and Co-operative Arrangements. In IPCC, *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 747-796). Cambridge University Pres.
- Hainsch, K., Göke, L., Kemfert, C., Oei, P. & von Hirschhausen, C. (2020). European Green Deal: Mit ambitionierten Klimaschutzzielen und erneuerbaren Energien aus der Wirtschaftskrise. *DIW Wochenbericht*.
- Held, C., Böck, R., Altröck, M., Däuper, O., Ringwald, R., Michaels, S., Fimpel, A., Kliem, C., Nguyen, V., Gut, L.A. & Kather, N. (2021). *Fehlinvestitionen vermeiden—Eine Untersuchung zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen zur Defossilisierung der deutschen Volkswirtschaft bis 2045*. Stiftung Denkfabrik Klimaneutralität GmbH.
- Hübner, G., Pohl, J., Warode, J., Gotchev, B., Ohlhorst, D., Krug, M., Salecki, S. & Peters, W. (2020). *Akzeptanzfördernde Faktoren erneuerbarer Energien*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz .
- IBP/IWES, F. (2017). *Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor*. Berlin: Agora Energiewende.
- Jacob, K., Guske, A.-L., Weiland, S., Range, C., Pestel, N., Sommer, E. & Pohlmann, J. (2016). *Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen und Instrumente*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Jaffe, A., Newell, R. & Stavins, R. (2005). A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, S. 164-174.
- Jaraite-Kažukauske, J. & Di Maria, C. (2016). Did the EU ETS make a difference? An empirical assessment using Lithuanian firm-level data. *The Energy Journal*.
- Kalkuhl, M., Steckel, J. C. & Edenhofer, O. (2020). All or nothing: Climate policy when assets can become stranded. *Journal of Environmental Economics and Management*.
- Kempf, C., Elmer, C. & Dross, M. (2017). Grenzen der Technologieneutralität. *Zeitschrift für Politikwissenschaft* , S. 483-491.
- Kempf, C., Schill, W., Wäger, N. & Zaklan, A. (2019 a). Umweltwirkungen der Ökosteuer begrenzt, CO₂-Bepreisung der nächste Schritt. *DIW Wochenbericht*, S. 215-221.
- Kempf, C., Schmalz, S. & Wäger, N. (2019b). CO₂-Bepreisung im Wärme-und Verkehrssektor: Erweiterung des Emissionshandels löst aktuelles Klimaschutzproblem nicht. *DIW Berlin Discussion Papers*.

- Kemfert, C., Schmalz, S. & Wägner, N. (2019c). CO₂-Steuer oder Ausweitung des Emissionshandels: Wie sich die Klimaziele besser erreichen lassen. *DIW aktuell*, S. 1-7.
- Kemfert, C., Priem, M., Hoch, A., Morales, O. & Holzmann, S. (2021). *Bayern klimaneutral und sozial – Maßnahmenvorschläge für eine soziale Klimatransformation in Bayern*. Berlin.
- Kemfert, C. (2021). Generationengerechtigkeit in Klimafragen mitdenken! *DIW Wochenbericht*, S. 336-336.
- Kenzioriski, M., Göke, L., Kemfert, C., von Hirschhausen, C. & Zozmann, E. (2021). 100% erneuerbare Energie für Deutschland unter besonderer Berücksichtigung von Dezentralität und räumlicher Verbrauchsnähe - Potenziale, Szenarien und Auswirkungen auf Netzinfrastrukturen. *DIW Berlin: Politikberatung kompakt* .
- Kerr, N. & Winskel, M. (2021). A review of heat decarbonisation policies in Europe. *ClimateXChange Publications*, S. 1-29.
- Köder, L. & Burger, A. (2016). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland* . Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Komarnicki, P., Haubrock, J. & Styczynski, Z. A. (2018). *Elektromobilität und Sektorenkopplung*. Berlin: Springer .
- Kraftfahrt-Bundesamt. (2021). *Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen*.
- Krey, M. & Weinreich, S. (2000). *Internalisierung externer Klimakosten im Pkw-Verkehr in Deutschland*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.
- Kunert, U. (2018). Diesel: Kraftstoff und Pkw-Nutzung europaweit steuerlich bevorzugt, Besteuerung in Deutschland reformbedürftig. *DIW Wochenbericht*, S. 686-695.
- Kysela, E. (2015). Acceptability of environmental policies in the Czech Republic: A comparison with willingness to make economic sacrifices. *Social Studies*, S. 179-198.
- Landtag Nordrhein-Westfalen. (2021). *Drucksache 17/13426 Zweites Gesetz zur Änderung des Gesetzes zur Ausführung des Baugesetzbuches in Nordrhein-Westfalen*.
- Lange, M., Hendzlik, M. & Schmied, M. (2020). *Klimaschutz durch Tempolimit: Wirkung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

- Li, S., Tong, L., Xing, J. & Zhou, Y. (2017). The market for electric vehicles: indirect network effects and policy design. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, S. 89-133.
- Lilliestam, J., Patt, A. & Bersalli, G. (2021). The effect of carbon pricing on technological change for full energy decarbonization: A review of empirical ex-post evidence. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* .
- Lin, B. & Li, X. (2011). The effect of carbon tax on per capita CO₂ emissions. *Energy Policy*, S. 5137-5146.
- Local Energy Consulting. (2020). *Akzeptanz und lokale Teilhabe in der Energiewende. Handlungsempfehlungen für eine umfassende Akzeptanzpolitik*. Agora Energiewende.
- Löfgren, Å. Wråke, M., Hagberg, T. & Roth, S. (2014). Why the EU ETS needs reforming: an empirical analysis of the impact on company investments. *Climate Policy*, S. 537–558.
- Löw Beer, D. (2016). *Ökonomische Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Eine phänomenographische Untersuchung in der Lehrerinnenbildung*. Verlag Barbara Budrich.
- Lutz, C., Becker, L. & Lehr, U. (2020). *Mögliche Engpässe für die Energiewende*. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung.
- Madireddy, M., De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., Beusen, B., De Vlieger, I. & Botteldooren, D. (2011). Assessment of the impact of speed limit reduction and traffic signal coordination on vehicle emissions using an integrated approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, S. 504-508.
- Mahler, A. & Runkel, M. (2016). *Straßenverkehr im Emissionshandel – Ohne Nutzen für den Klimaschutz. Eine kritische Betrachtung der Integration des Straßenverkehrs in den bestehenden europäischen Emissionshandel*. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V.
- Matthes, F. (2010). Der Instrumenten-Mix einer ambitionierten Klimapolitik im Spannungsfeld von Emissionshandel und anderen Instrumenten. *Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*.
- Matthes, F. (2019). *Ein Emissionshandelssystem für die nicht vom EU ETS erfassten Bereiche: Praktische Umsetzungsthemen und zeitliche Erfordernisse*. Berlin: Agora Energiewende.
- Michielsen, T., Gerlagh, R., van den Bijgaart, I. & Nijland, H. (2015). Fiscal policy and CO₂ emissions of new passenger cars in the EU. *CPB Discussion Paper*.

- Milinski, M., Semmann, D., Krambeck, H. J. & Marotzke, J. (2006). Stabilizing the Earth's climate is not a losing game: Supporting evidence from public goods experiments . *Proceedings of the National Academy of Sciences*, S. 3994-3998.
- Miller, C. A. (2020). Savings in per-passenger CO₂ emissions using rail rather than air travel in the northeastern US. *Journal of the Air & Waste Management Association*.
- mobile.de. (2020). *Verbrenner-Nation Deutschland: Mehr als die Hälfte der Autofahrer gegen Verbot von Benzinern und Diesel*. Am 01. Juni 2021 von <https://newsroom.mobile.de/verbrenner-nation-deutschland-mehr-als-die-haelfte-der-autofahrer-gegen-verbot-von-benzinern-und-diesel/> abgerufen
- Montag, F. , Sagimuldina, A. & Schnitzer, M. (2021). Does Tax Policy Work When Consumers Have Imperfect Price Information? Theory and Evidence. *CESifo Working Papers*, S. 1-81.
- Morfeldt, J., Kurland, S. D. & Johansson, D. J. (2021). Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, S. 1-19.
- Neuhoff, K., Rüster, S., Petrick, S., Frondel, M. & Andor, M. (2016). Klimaschutzpolitik in Europa – Wie kann ein Politikmix gestaltet werden? *RWI Materialien*.
- Nordhaus, W. (2011). Designing a friendly space for technological change to slow global warming. *Energy Economics*, S. 665-673.
- Obermüller, F. , Puls, T. & Thilo, S. (2019). *CO₂-Vermeidung im Straßenverkehr: Optionen, Kosten, Verteilungswirkungen*. Köln: Institut der Deutschen Wirtschaft.
- Oberst, C. (2018). Ladesäulen für Elektroautos: Ein Henne-Ei-Problem. *IW-Kurzbericht*.
- OECD. (2015). *Aligning policies for a low-carbon economy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD IEA & IRENA . (2017). *Persepectives for the Energy Transition - Investment Needs for a Low-Carbon Energy System*. IEA Publications,.
- Oei, P. (2016). Politische Optionen für Klimaschutz und Kohleausstieg. *böll.brief*.
- Oei, P., Brauers, H., Herpich, P., von Hirschhausen, C., Prahl, A., Wehnert, T. & Kemfert, C. (2018). *Die Beendigung der energetischen Nutzung von Kohle in Deutschland: Ein Überblick über Zusammenhänge, Herausforderungen und Lösungsoptionen*. DIW Berlin; Wuppertal Institut; Ecologic Institut.

- Öko-Institut e.V. (2020). *Factsheet Fliegen und das Klima – Klimaschädliche Wirkungen des Luftverkehrs*.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J. & Common, M. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics*. Essex: Pearson Education Limited.
- Pfeiffer, D., Lünenbürger, B., Klaus, T., Gibis, C., Hain, B., Knoche, G., Landgrebe, J., Öeprich, U., Matthey, A., Purr, K., Unnerstall, H., Werlein, M. & Weiß, J. (2017). *Kohleverstromung und Klimaschutz bis 2030: Diskussionsbeitrag des Umweltbundesamts zur Erreichung der Klimaziele in Deutschland*. Umweltbundesamt.
- Piazza, F. (2021). EU Summary Tables . In ACEA, *ACEA Tax Guide 2021* (S. 6-9). Brüssel .
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. (2021). *Klimaschutzprogramm 2030*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-1673578> abgerufen
- Prognos ; Öko-Institut; Wuppertal-Institut. (2020). *Klimaneutrales Deutschland: In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65% im Jahr 2030 als Teil des EU-Green_Deals*. Berlin: Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität.
- Reiner Lemoine Stiftung. (2021). *Weichenstellungen ins Erneuerbare Energiesystem. Impulspapier zur EnergieSystemWende im Wahljahr 2021*. Berlin.
- Rennings, K. & Rexhäuser, S. (2011). Long-term impacts of environmental policy and eco-innovative activities of firms. *International Journal of Technology, Policy and Management*, S. 274-290.
- Reuster, L., Runkel, M., Zerzawy, F. & Fiedler, S. M. (2017). *Energiesteuerreform für Klimaschutz und Energiewende Konzept für eine sozial-und wettbewerbsverträgliche Reform der Energiesteuern und ein flächendeckendes Preissignal*. FÖS Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft.
- Rogge, K. S., Schneider, M. & Hoffmann, V. H. (2011). The innovation impact of the EU Emission Trading System—Findings of company case studies in the German power sector. *Ecological Economics*, S. 513–523.
- Rosenbloom, D., Markard, J., Geels, F. W. & Fuenfschilling, L. (2020). Opinion: Why carbon pricing is not sufficient to mitigate climate change—and how “sustainability transition policy” can help. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, S. 8664-8668.

- Rozenberg, J., Vogt-Schilb, A. & Hallegatte, S. (2013). Efficiency and acceptability of climate policies: Race against the lock-ins. *Review of Environment, Energy and Economics*.
- Rudolph, F., Koska, T. & Schneider, C. (2017). *Verkehrswende für Deutschland Der Weg zu CO₂-freier Mobilität bis 2035*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen. (2017a). *Kohleausstieg jetzt einleiten*. Berlin.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen. (2017b). *Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor*. Berlin.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen. (2019). *Nachhaltigkeit als Aufgabe historischer Dimension: Deutschland jetzt auf einen ökologisch zukunftsfähigen Pfad bringen*. Berlin.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen. (2020). *Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa - Umweltgutachten 2020*. Berlin.
- Salb, C., Gül, S., Cuntz, C., Monschauer, Y. & Weishäupl, J. (2018). *Klimaschutz in Zahlen Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit .
- Saur, A. & Bel, C. (2019). *Luftverkehr in Deutschland - Mobilitätsbericht 2019*. Deutsche Flugsicherung DSF.
- Scheelhaase, J., Grimme, W., O'Sullivan, M., Naegler, T., Klötzke, M., Kugler, U., Scheier, B. & Standfuß, T. (2018). *Klimaschutz im Verkehrssektor - aktuelle Beispiele aus der Verkehrsforschung*. Kiel: ZBW - Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft.
- Schmidt, T. S., Schneider, M., Rogge, K. S., Schuetz, M. J. & Hoffmann, V. H. (2012). The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: A survey of the EU ETS and the electricity sector. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, S. 23-48.
- Schrems, I., Zerkawy, F., Hügemann, S. & Wieland, P. (2021). *Was Erdgas wirklich kostet: Roadmap für den fossilen Gasausstieg im Wärmesektor*. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft.
- Siemons, A., Schneider, L., Wissner, N., Keimeyer, F., Gores, S. & Graichen, J. (2021). *Möglichkeiten zur Regulierung der Klimawirkungen des Luftverkehrs*. Freiburg: Öko-Institut e.V.
- Statistisches Bundesamt. (2021). *Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen in Deutschland*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Unternehmen-Infrastruktur-Fahrzeugbestand/Tabellen/neuzulassungen.html> abgerufen

- Stenning, J., Bui, H. & Pavelka, A. (2020). *Decarbonising European transport and heating fuels - Is the EU ETS the right tool?* Cambridge: Cambridge Econometrics.
- Stephens, J. C. (2014). Time to stop investing in carbon capture and storage and reduce government subsidies of fossil-fuels. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, S. 169-173.
- Stern, N. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change*. London: Government of the United Kingdom.
- Stern, N. & Stiglitz, J. E. (2017). *Report of the high-level commission on carbon prices*. Washington, DC: World Bank.
- Stiftung Klimaneutralität. (2021a). *Planungssicherheit für den Stromsektor schaffen mit einem Mindestpreis für die CO₂-Emissionen - Ein Regelungsvorschlag*. Berlin.
- Stiftung Klimaneutralität. (2021b). *Wie kann die Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergie an Land schnell und rechtssicher erhöht werden?* Berlin.
- Stiftung Klimaneutralität; Agora Energiewende; Agora Verkehrswende. (2021). *Politikinstrumente für ein klimaneutrales Deutschland. 50 Empfehlungen für die 20. Legislaturperiode*.
- Thomas, S., Fishedick, M. & Schneidewind, U. (2019). Eine CO₂-Steuer als Instrument der Klimapolitik: notwendig, aber nur im Gesamtpaket wirkungsvoll und sozial gerecht. *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* .
- Tietenberg, T. & Lewis, L. (2009). *Environmental & Natural Resource Economics*. Boston: Pearson Addison Wesley.
- Traber, T., Fell, H.-J. & Hegner, F. S. (2021). *100 % Erneuerbare Energien für Deutschland bis 2030. Klimaschutz - Versorgungssicherheit - Wirtschaftlichkeit*. Berlin: Energy Watch Group.
- Umweltbundesamt. (2019). *Umweltschonender Luftverkehr. Lokal - national - international*. Dessau: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt (2021a). *Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2020*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt (2021b). *Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland - Bezugsjahr 2019*. Am 01. Juni 2021 von <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0> abgerufen

- Umweltbundesamt (2021c). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2020 - Zentrale Ergebnisse*. Dessau-Roßlau.
- UNFCCC. (2015). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- United Nations. (2014). *Framework Convention on Climate Change - Annex II Common reporting format tables*. Am 01. Juni 2021 von <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf#page=2> abgerufen
- United Nations Environment Programme. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. Nairobi.
- Van Dender, K. (2019). Taxing vehicles, fuels, and road use: Opportunities for improving transport tax practice. *OECD Taxation Working Papers*.
- Venmans, F. M. (2016). The effect of allocation above emissions and price uncertainty on abatement investments under the EU ETS. *Journal of Cleaner Production*.
- Verbruggen, A., Laes, E. & Woerdman, E. (2019). Anatomy of emissions trading systems: what is the EU ETS? *Environmental science & policy*, S. 11-19.
- Verheyen, R. & Pabsch, S. (2017). *Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor – Keine Neuzulassung von PKW mit Otto- oder Dieselmotoren ab 2025*. Hamburg: Greenpeace e.V.
- Vivid Economics & Imperial College. (2017). *International Comparisons of Heating, Cooling and Heat Decarbonisation Policies*. London: Department of Business, Energy and Industrial Strategy.
- von Altenbockum, J. (2021). Der hohe Preis der Klimapolitik. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*.
- Warneke, K. (2010). *Branchenreport Heizungsindustrie: Eine Branche, die sich den klimapolitischen Herausforderungen stellen muss*. Frankfurt am Main: IG Metall.
- Wegner, N., Kahles, M., Bauknecht, D., Ritter, D., Heinemann, C. & Seidl, R. (2020). *Bundesrechtliche Mengenvorgaben bei gleichzeitiger Stärkung der kommunalen Steuerung für einen klimagerechten Windenergieausbau*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Windt, A. & Arnhold, O. (2020). *Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf - Studie im Auftrag des BMVI*. Berlin: Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur .
- Wissenschaftlicher Beirat für Verkehr beim BMVBS. (2010). Stellungnahme: Internalisierung externer Kosten des Straßengüterverkehrs. *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*.
- World Bank. (2020). *State and Trends of Carbon Pricing 2020*. Washington DC.

Wuppertal Institut. (2020). *CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5°C-Grenze*. Wuppertal: Wuppertal Institut.

Zerzawy, F. & Fiedler, S. (2016). *Die bergrechtliche Förderabgabe als Instrument für Ressourcenschutz*. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft.

Zerzawy, F., Fiedler, S. & Mahler, A. (2017). *Subventionen für fossile Energien in Deutschland Beitrag für eine transparente Berichterstattung im Rahmen der G20*. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft .

Zerzawy, F., Fiedler, S. & Kresin, J. (2019). *Lenkungs- und Verteilungswirkungen einer klimaschutzorientierten Reform der Energiesteuern*. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft.

Zerzawy, F., Herbst, H., Liss, F. & Stubbe, R. (2020). Umlenken! Subventionen abbauen, Strukturwandel gestalten, Klima schützen. *Wiso Diskurs*, S. 1-20.

Zwingmann, K. (2007). *Ökonomische Analyse der EU-Emissionshandelsrichtlinie: Bedeutung und Funktionsweisen der Primärallokation von Zertifikaten*. Hamburg: Springer.