
Hintergrundpapier zum 7. Forum Klimaökonomie

AUSSTIEG AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN - WIE GELINGT EINE FAIRE SYSTEMTRANSFORMATION?

Elmar Kriegler (PIK) | Ramona Gulde (PIK)

Arwen Colell (MCC) | Christian von Hirschhausen (TU Berlin) | Jan C. Minx (MCC)

Pao-Yu Oei (TU Berlin) | Paola Yanguas-Parra (TU Berlin)

Nico Bauer (PIK) | Hanna Brauers (DIW) | Lisa Hanna Broska (Forschungszentrum Jülich)

Elke Groh (Uni Kassel) | Achim Hagen (HU Berlin) | Karlo Hainsch (TU Berlin) | Franziska Holz (DIW)

Michael Hübler (Uni Gießen) | Michael Jakob (MCC) | Mohammad M. Khabbazan (TU Berlin/DIW)

Marian Leimbach (PIK) | Niccolo Manych (MCC) | Mariza Montes de Oca León (DIW)

Nils Ohlendorf (MCC) | Sebastian Osorio (PIK) | Michael Pahle (PIK) | Leo Reutter (Uni Kassel)

Hawal Shamon (Forschungszentrum Jülich) | Jan Steckel (MCC) | Jessica Strefler (PIK)

Colin Vance (RWI) | Stefan Vögele (Forschungszentrum Jülich) | Georg von Wangenheim (Uni Kassel)

Paula Walk (TU Berlin) | Inga Wittenberg (Uni Magdeburg) | Stefan Zundel (TU Cottbus-Senftenberg)

Vorwort

Deutschland hat im Sommer 2020 per Gesetz den vollständigen Ausstieg aus der Kohlewirtschaft beschlossen. Dabei lässt sich aus den Erfahrungen der regionalen Kohleausstiege der Vergangenheit lernen, es verbleiben jedoch wichtige Herausforderungen bestehen. Das 7. Forum Klimaökonomie „Ausstieg aus fossilen Energieträgern - Wie gelingt eine faire Systemtransformation?“ adressiert drei Kernfragen des Ausstiegs aus fossilen Energien. Erstens, wie gelingt die Systemtransformation im Spannungsfeld europäischer Klimaziele und internationaler Verpflichtungen, insbesondere in Zeiten von COVID-19? Zweitens, wie gelingt es, diese Transformationen sozial gerecht umzusetzen? Drittens, welche potentiellen neuen Pfadabhängigkeiten drohen beim Ausstieg aus der Kohle?

Dieses Hintergrundpapier zum 7. Forum Klimaökonomie basiert auf aktuellen Forschungsarbeiten von Forschungsprojekten des BMBF-Förderschwerpunkts Ökonomie des Klimawandels. Die Projekte befassen sich mit verschiedenen Aspekten des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern. Das Papier gibt dem Leser einen gebündelten Überblick über aktuelle Erkenntnisse aus der Wissenschaft und fasst diese in Kernaussagen und politischen Handlungsempfehlungen zusammen.

Das Forum Klimaökonomie ist die Veranstaltungsreihe des Dialogs zur Klimaökonomie zu aktuellen Themen der Klima- und Energiepolitik, die Wissenschaftler:innen von sieben Wirtschaftsforschungsinstituten gemeinsam organisieren. Als Plattform für die Intensivierung des Austauschs zwischen Wissenschaft und Praxis begleitet der Dialog den BMBF-Förderschwerpunkt Ökonomie des Klimawandels mit seinen derzeit 29 Projekte zu wirtschaftlichen Aspekten des Klimawandels. Dieses Hintergrundpapier ist Teil der Aktivitäten des Themenschwerpunkts „Klimaschutz und Transformation: Dekarbonisierung – Wettbewerbsfähigkeit – Lebensqualität“. Elf Projekte des Förderschwerpunkts haben zu diesem Papier beigetragen. Sie organisieren das 7. Forum unter Federführung des MCC, des PIK und der TU Berlin.

Die Autor:innen möchten sich an dieser Stelle für die tatkräftige Unterstützung der beteiligten Projekte des Netzwerks Ökonomie des Klimawandels bedanken. Gemeinsam haben wir die Struktur dieses Hintergrundpapiers diskutiert, die Projekte haben ihre Ergebnisse eingebracht und die Entwurfsfassung ergänzt und kommentiert. Außerdem bedanken wir uns für die Ergänzungen und Kommentare von Prof. Gernot Klepper, Ph.D. vom Kieler Institut für Weltwirtschaft, der mit seinen Kolleginnen den Dialog zur Klimaökonomie koordiniert. Zudem bedanken wir uns bei Jérôme Hilaire für seine Mitarbeit an Abbildung 1 und bei Lena Bednarz und Defne Akin für das Layout dieses Dokuments.

BEITRAGENDE PROJEKTE DES NETZWERKS ÖKONOMIE DES KLIMAWANDELS

BeSmart Intelligente Strommessung und dynamische Tarife: Konsumententscheidungen, rechtliche Rahmensetzung und Wohlfahrtseffekte

DECADE Dekarbonisierung wirtschaftlicher Entwicklung in Sub-Sahara-Afrika

DecarbLau Mobilisierung endogener Entwicklungspotentiale für den Strukturwandel - Dekarbonisierung in einer Braunkohleregion

DeGeb Dekarbonisierung des Gebäudesektors

FFF Die Zukunft fossiler Energieträger im Zuge von Treibhausgasneutralität

FoReSee Fossile Ressourcenmärkte und Klimapolitik: Stranded Assets, Erwartungen und die politische Ökonomie des Klimawandels

NostaClimate Die Relevanz nichtstaatlicher Akteure für individuelle Klimaschutzaktivitäten und Klimapolitik

PEGASOS Die politische Ökonomie eines globalen Kohleausstiegs

REsCO Nachhaltige Transformation des Energiesystems durch gemeinschaftsbasierte Aktivitäten

DIPOL Entwicklung von Transformationspfaden zu einer emissionsneutralen Gesellschaft

ROCHADE Klimapolitik und Vermeidungsstrategien in global vernetzten und in sich entwickelnden Volkswirtschaften: Die Rolle von Strukturwandel und Verteilungseffekten

<https://www.klimadialog.de/de/themen/klimaschutz-und-transformation-dekarbonisierung-wettbewerbsfaehigkeit-lebensqualitaet/>



EMPFOHLENE ZITIERWEISE:

Kriegler et al. (2020), Ausstieg aus fossilen Energieträgern – Wie gelingt eine faire Systemtransformation? Hintergrundpapier zum 7. Forum Klimaökonomie. <https://doi.org/10.2312/pik.2020.004>

Ausstieg aus fossilen Energieträgern - Wie gelingt eine faire Systemtransformation?

KERNAUSSAGEN UND POLITISCHE EMPFEHLUNGEN

Wie in diesem Papier beschrieben, gibt es zum Thema „Ausstieg aus fossilen Energieträgern“ eine reichhaltige Literatur sowie eine Reihe von Forschungsergebnissen von am BMBF-Förderschwerpunkt „Ökonomie des Klimawandels“ beteiligten Institutionen. Hier fassen wir die relevanten Ergebnisse dieser Literatur und der aktuellen Forschung der beteiligten Institute in Form von Kernaussagen zur wichtigen Rolle des Ausstiegs aus fossiler Energienutzung für den Klimaschutz zusammen. Wo sich politische Handlungsempfehlungen zur Umsetzung eines solchen Ausstiegs ableiten lassen, werden diese genannt.

KLIMAZIELE UND DER AUSSTIEG AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

Um das Ziel einer Begrenzung der Erwärmung auf 1,5-2°C zu erreichen, ist ein rascher globaler Ausstieg aus der Nutzung von Kohle, Öl und Gas erforderlich. Der Ausstieg aus der Kohle sollte am schnellsten – innerhalb weniger Dekaden – vollzogen werden, aber auch die Öl- und Gasnutzung sollte auf längere Sicht weitgehend auslaufen. Der Unterschied wird dadurch begründet, dass Öl und Gas eine geringere CO₂-Intensität und einen höheren Energiewert als Kohle haben.

Engpässe beim Ausstieg aus fossilen Energieträgern bestehen vor allem in der Schwerindustrie, im Gebäudesektor sowie in der Luft- und Schifffahrt. Um diese Engpässe zu überwinden, ist eine Kombination aus Elektrifizierung, der Kopplung der Stromnutzung in verschiedenen Sektoren (Sektorkopplung) und dem Einsatz alternativer Brennstoffe erforderlich. Dies erfordert ein weitsichtiges und koordiniertes politisches Handeln über Sektoren und Politikinstrumente hinweg.

Die derzeitigen Klimaschutzmaßnahmen, die auf den Ausstieg aus fossilen Energieträgern abzielen, müssen erheblich und rasch verstärkt werden, um die Erwärmung deutlich unter 2°C zu halten, wie dies im Pariser Abkommen gefordert wird. Die derzeitigen nationalen Klimaaktionspläne (NDCs = Nationally Determined Contributions) sind den Zielen des Pariser Abkommens nicht angemessen und reduzieren den weltweiten Verbrauch fossiler Brennstoffe bis 2030 nicht wesentlich. Die EU will ihr mittelfristiges Emissionsminderungsziel verschärfen (von -40 % auf -55 % bis 2030),

AUTOR:INNEN

Elmar Kriegler
 Ramona Gulde
 Arwen Colell
 Jan C. Minx
 Christian von Hirschhausen
 Pao-Yu Oei
 Paola Yanguas-Parra
 Nico Bauer
 Hanna Brauers
 Lisa Hanna Broska
 Elke Groh
 Achim Hagen
 Karlo Hainsch
 Franziska Holz
 Michael Hübler
 Michael Jakob
 Mohammad M. Khabbazan
 Marian Leimbach
 Niccolo Manych
 Mariza Montes de Oca Leon
 Nils Ohlendorf
 Sebastian Osorio
 Michael Pahle
 Leo Reutter
 Hawal Shamon
 Jan Steckel
 Jessica Strefler
 Colin Vance
 Stefan Vögele
 Georg von Wangenheim
 Paula Walk
 Inga Wittenberg
 Stefan Zundel

um den Klimazielen des Pariser Abkommens besser gerecht zu werden (siehe den Abschnitt zur Europäischen Union). Die Reaktion Deutschlands (derzeitiges Minderungsziel: -55% bis 2030) auf diese Verschärfung steht noch aus.

Eine globale Koordinierung der klimapolitischen Maßnahmen und insbesondere der Maßnahmen zum Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger erfordert internationale Mechanismen zur Lastenteilung. Solche Maßnahmen belasten insbesondere Regionen, die fossile Brennstoffe exportieren, sowie Entwicklungsländer, die den Zugang zu Energie stark ausbauen müssen. Eine gerechte Verteilung der Lasten, sei es durch differenzierte Ziele und Zeitpläne, internationalen Emissionshandel, direkte finanzielle Unterstützung, andere internationale Regelungen oder eine Kombination aus diesen, wird eine Voraussetzung für die Einleitung globaler konzentrierter Maßnahmen im Einklang mit dem Pariser Abkommen sein.

Der Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger hat positive Nebeneffekte im Hinblick auf die Verringerung der Luftverschmutzung und die Verbesserung der Energiesicherheit. Diese Vorteile können im Fall der Europäischen Union als auch im Fall anderer Länder mit hoher Luftverschmutzung und/oder Energieimportabhängigkeit wie Indien und China die direkten Kosten des Klimaschutzes überwiegen.

POLITIKINSTRUMENTE ZUM AUSSTIEG AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

Die Abschaffung der Subventionen für fossile Energieträger trägt zur Verringerung des Verbrauchs dieser bei, reicht aber allein nicht aus, um fossile Energieträger in dem Umfang und der Geschwindigkeit auslaufen zu lassen, wie es die Pariser Klimaziele erfordern würden.

Ein Preis auf CO₂-Emissionen, ein gezielter Ausstieg aus der bestehenden Kohleverstromung und ein Moratorium für neue Kohlekraftwerke und Kohleförderung sind wichtige politische Instrumente, um einen raschen Kohleausstieg zu erreichen. Bei einem ausreichend hohen Preisniveau ohne Schlupflöcher oder Bestandsschutzregelungen für umweltschädliche Kraftwerke kann ein CO₂-Preis allein den vollständigen Ausstieg aus der Kohleverstromung einleiten. Sofern ein ausreichender CO₂-Preis nicht erreicht wird, sollte die CO₂-Preisgestaltung von nationalen Kohleausstiegsplänen begleitet werden.

Der Ausstieg aus der Kohleverstromung darf nicht zu neuen Abhängigkeiten von fossilen Brennstoffen führen. Eine koordinierte Abfolge nationaler Politiken über Sektoren hinweg ist erforderlich, um eine solche Verlagerung fossiler Brennstoffe zwischen den Sektoren zu vermeiden. Eine sektorübergreifende CO₂-Preisgestaltung kann eine Verlagerung von Kohle auf Öl und Gas verhindern. Eine solche Verlagerung wäre nicht im Einklang mit den Pariser Klimazielen, die den Einsatz von Alternativen mit erheblich geringerer CO₂-Intensität erfordern (wie z. B. grüner Strom oder grüner Wasserstoff).

Auf internationaler Ebene kann der Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger in einigen Volkswirtschaften zu einer Verlagerung von Emissionen in andere Länder führen, wenn Emissionen nicht ausreichend international kontrolliert werden. Eine geringere Nachfrage auf den internationalen Märkten für fossile Energieträger führt zu niedrigeren Preisen, was zu einem größeren Verbrauch fossiler Energieträger in Regionen ohne strenge Emissionskontrollen oder Ausstiegsstrategien für fossile Energieträger führen würde.

Die Finanzierung des Transformationsprozesses hin zu CO₂-neutralen Volkswirtschaften ist mit einem Ausstieg aus der Finanzierung fossiler Energieträger verknüpft. Daher ist es wichtig, Anreize für private und öffentliche Investoren zu schaffen, sowohl in grüne Technologien zu investieren als auch aus der Finanzierung fossiler Brennstoffe auszusteigen.

Die Einführung von Konjunkturpaketen zur wirtschaftlichen Erholung von der COVID-19-Pandemie in Höhe von weltweit derzeit fast 12 Billionen Dollar hat die Hebelwirkung der Steuer- und Fiskalpolitik zur Unterstützung des Transformationsprozesses hin zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft erheblich verstärkt. Dies bietet Chancen, birgt aber auch das Risiko vermehrter Emissionen und verstärkter Pfadabhängigkeiten, sollten die Konjunkturpakete fossile Energieträger fördern. Derzeit ist das Bild gemischt. Mehr als ein Drittel der Mittel soll in klimarelevanten Sektoren investiert werden, vor allem in der EU und Deutschland wird dabei auf eine Verzahnung mit klimapolitischen Zielen geachtet. Außerhalb Europas wird dagegen mehrheitlich in die Wiederherstellung des vorherrschenden CO₂-intensiven Wirtschaftsmodells investiert.

VERTEILUNGSWIRKUNGEN EINES AUSSTIEGS AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

Die Verbesserung des Zugangs zu Elektrizität ist eine Schlüsselkomponente der wirtschaftlichen Entwicklung armer Länder. Daher würde ein Ausstieg aus fossilen Energieträgern, der den Zugang zu Elektrizität einschränkt, sich stark nachteilig auf die Entwicklung auswirken. Dies kann vermieden werden, indem man fossile Ausstiegsstrategien mit Strategien kombiniert, die den Zugang zu Elektrizität verbessern.

In Ländern mit mittlerem und hohem Einkommen würde die Streichung von Subventionen für fossile Energieträger oder auch eine CO₂-Bepreisung ohne Umverteilungspolitik wahrscheinlich regressiv sein, das heißt, einkommensschwache Haushalte wären verhältnismäßig am stärksten von Energiepreiserhöhungen betroffen. In den am wenigsten entwickelten Ländern kann ein CO₂-Preis progressiv sein, d. h. einkommenstärkere Haushalte sind auch verhältnismäßig stärker betroffen, da in diesen Ländern die meisten fossilen Brennstoffe von Haushalten mit mittlerem bis hohem Einkommen verbraucht werden.

Diejenigen, die am anfälligsten für wirtschaftliche Härten sind, müssen durch den Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger nicht unbedingt benachteiligt werden. Umverteilungspolitik kann regressive Effekte ausgleichen oder sogar dazu genutzt werden, die Klima- und Energiepolitik progressiv zu gestalten. Es ist daher eine Frage der Politikgestaltung.

Den Regionen und Gemeinden, in denen fossile Energieträger produziert werden, müssen Möglichkeiten geboten werden, sich eine neue Lebensgrundlage zu schaffen. Die historische Erfahrung hat gezeigt, dass solche Regionen und Gemeinden vom Ausstieg aus fossilen Energieträgern hart getroffen werden können. Eine weitsichtige und schrittweise Förderung des Strukturwandels in diesen Regionen sind der Schlüssel, um neue und nachhaltige Arbeitsplätze zu schaffen und den Regionen die Möglichkeit zu geben, sich anzupassen.

Gerechtigkeitswahrnehmungen spielen eine wichtige Rolle für die öffentliche Akzeptanz des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern. Prinzipien wie die „Zahlungsfähigkeit“ und das „Verursacherprinzip“ sollten bei der Entwicklung von

Klimaschutzpolitiken berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass die Verteilung von Kosten und Nutzen unter den Betroffenen als gerecht empfunden wird.

HÜRDEN ÜBERWINDEN BEIM AUSSTIEG AUS FOSSILER ENERGIENUTZUNG

Hürden beim Ausstieg aus fossilen Energieträgern sind vielfältig und hängen vom regionalen, sozialen und politischen Kontext ab. Trotzdem lassen sich aus Erfolgs- und Misserfolgsgeschichten des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern Lehren ziehen. Solche Lehren sind insbesondere zwischen Ländern mit ähnlichen Verhältnissen übertragbar.

Eine Eindämmung von Interessenpolitik mit Bezug zur Kohleindustrie kann den Lock-in in CO₂-intensive Aktivitäten verringern und eine energiewirtschaftliche Neuausrichtung befördern. Die Regierungen der G20-Staaten unterstützen die Kohleförderung immer noch mit rund 39 Milliarden US-Dollar pro Jahr. Diese Investitionen und Subventionen sollten abgeschafft werden.

Partizipation ermöglicht lokal angepasste Lösungen und höhere Akzeptanz: Die Einbeziehung lokaler Akteure ist wichtig, um Stärken und Schwächen der Regionen im Hinblick auf die Anpassung, Entwicklung und Umsetzung lokaler Strategien zu ermitteln. So können zum Beispiel Arbeitnehmer und Gemeinden stärker an ihrer Zukunft mitwirken und aktiv an Entscheidungsprozessen beteiligt werden, z. B. durch Teilnahme an Runden Tischen oder (regionalen) Kommissionen. Dies erhöht die Identifikation mit geschaffenen alternativen Wegen und die lokale Akzeptanz für resultierende Veränderungen. Dabei sollten Informationen für unterschiedliche Zielgruppen individuell aufbereitet werden.

Es gibt nicht den einen richtigen Weg. Stattdessen: diversifizieren und kooperieren. Es ist schwierig, neue Industrien heranwachsen zu lassen und deren Erfolg vorherzusagen. Das Saarland konnte relativ schnell die Steinkohleförderung ersetzen, aber seine neue Abhängigkeit von der Automobilindustrie schafft die nächste Bedrohung. Im Gegensatz dazu wandelte sich die Wirtschaft im Ruhrgebiet langsamer, ist jetzt aber diversifizierter. Die Entwicklung gemeinsamer Strukturwandel-Strategien für ganze Bergbauregionen sollte gefördert werden, unabhängig von administrativen Bundes- oder Landesgrenzen. Politische Institutionen, die sich auf Sozial-, Arbeits-, Raum- und Energieplanung konzentrieren, müssen ihre Anstrengungen bündeln und die Entwicklung eines integrierten, kohärenten Politik-Mixes befördern.

UMSETZUNG EINES AUSSTIEGS AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN IN DER EUROPÄISCHEN UNION

Die EU Kommission hat vorgeschlagen, das Emissionsminderungsziel der Europäischen Union für 2030 von -40% auf -55% im Vergleich zu 1990 zu erhöhen. Studien haben gezeigt, dass dies technisch und wirtschaftlich machbar ist. Es könnten sogar noch stärkere Ziele von bis zu 65% angesteuert werden, die noch besser mit dem Green Deal der EU und dem damit verbundenen Ziel, bis 2050 emissionsneutral zu werden, in Einklang stünden. Die Erhöhung der Reduktionsziele und der Green Deal werden einen beschleunigten Ausstieg aus fossilen Energieträgern in ganz Europa erfordern. Der Verbrauch fossiler Brennstoffe im Stromsektor wird bis 2040 weitgehend eingestellt werden müssen.

Um das Ziel der EU für 2030 zu erreichen, müssen die Obergrenze im EU-Emissionshandelssystem (ETS) und die Lastenteilung der Emissionsminderungsziele für die nicht unter das ETS fallenden Sektoren zwischen den EU-Mitgliedstaaten gestärkt werden. Dies wird ein hohes Maß an Koordination zwischen EU und nationaler Klima- und Energiepolitik erfordern, um die richtigen Anreize und Preissignale zu setzen. Insbesondere sollten nationale Ausstiegspläne für unter das ETS fallende Anlagen für fossile Energieträger mit der Löschung der damit verbundenen Emissionszertifikate einhergehen. Nationale oder EU-weite Mindestpreise für CO₂ können Schwankungen des Zertifikatspreises im EU ETS auffangen und den Ausstieg aus fossilen Energieträgern befördern.

Die unter das EU-ETS fallenden Sektoren sollten schrittweise ausgeweitet werden. Dies ist wichtig, um die Emissionsminderungspotenziale in ganz Europa wirksamer zu erschließen, den Druck auf die Lastenteilung und das Risiko einer Verlagerung von CO₂-Emissionen zwischen den EU-Mitgliedstaaten zu verringern und potenzielle Preisunterschiede zwischen ETS- und Nicht-ETS-Sektoren zu begrenzen.

Die Koordination zwischen klimarelevanten Steuern, nationalen und EU-Klimaregulierungen und dem ETS ist für eine erfolgreiche Umsetzung des Green Deal unerlässlich. Reformen der nationalen Steuerregelungen und der EU-Energiebesteuerungsrichtlinie können dazu beitragen, Konflikte zwischen Besteuerungssystemen mit gemischten Signalen für den Ausstieg aus fossilen Energieträgern und Emissionsminderungen zu verringern und die langfristige (fiskalische) Nachhaltigkeit des Green Deal sicherzustellen. Ein Schlüsselement einer glaubwürdigen und umfassenden Steuerreform ist der Abbau (mit einem klaren Plan zur Abschaffung) von Subventionen für fossile Energieträger in der EU.

Die COVID-19-Konjunkturpakete der EU und der Mitgliedstaaten bieten eine Gelegenheit, die Umsetzung des Green Deal zu erleichtern und zu beschleunigen. Dafür müssen Synergien zwischen diesen Konjunkturpaketen und den Politikpaketen zur Umsetzung des Green Deal genutzt und Kompromisse weitgehend vermieden werden. Es ist zu begrüßen, dass 30 % des 750 Milliarden Euro schweren Aufbaupakets „Next Generation EU“ in grüne Initiativen investiert und alle Darlehen und Zuschüsse an eine Umwelt-Unbedenklichkeitsprüfung geknüpft werden sollen. Auch das vierte deutsche Konjunkturprogramm mit seinem 45 Milliarden Euro schweren Zukunftsprogramm hilft, den Klimaschutz in Deutschland voranzubringen. Allerdings sind auch CO₂-intensive Unternehmen ohne Umweltauflagen gerettet worden. Die Konjunkturpakete sollten Möglichkeiten zur Stärkung der Lastenteilung für nicht unter das ETS fallende Sektoren bieten und sozial gerechte Übergänge in Regionen unterstützen, die stark vom Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger betroffen sind.

Überlegungen zur Lastenteilung, die die unterschiedlichen Situationen der Mitgliedstaaten innerhalb der EU berücksichtigen, sind der Schlüssel für die Ressourcenzuteilung und den Erfolg des Green Deal. Die Entschädigung der am stärksten Betroffenen wird sehr wichtig sein, um die Akzeptanz der Maßnahmen zu erhöhen. Dazu sollten Maßnahmen gehören, die insbesondere einkommensschwache Haushalte von Preissteigerungen entlasten (z. B. Unterstützung bei den Energieausgaben und in Folge von Gebäudesanierungen gestiegenen Mieten). Zudem ist es wichtig, die Wahrnehmung der Fairness von Maßnahmen in der allgemeinen Bevölkerung zu berücksichtigen, insbesondere wenn es um die Kompensation oder „Rettung“ von Unternehmen und Eigentümern mit hohem Anteil fossiler Energieträger geht.

Inhalt

Kernaussagen und politische Empfehlungen	1
1. Einleitung	6
2. Klimaschutzszenarien – Die Übersetzung langfristiger Ziele in kurz- bis mittelfristige Maßnahmen	9
2.1 Die Zukunft von fossilen Energieträgern in 1,5-2°C Klimaschutzpfaden.....	10
2.2 Regionale Unterschiede beim Ausstieg aus fossilen Energieträgern in 1,5-2 °C-Szenarien.....	13
2.3 Dekarbonisierung der europäischen Stromproduktion.....	14
2.4 Positive Nebeneffekte eines Ausstiegs aus fossilen Energieträgern	15
3. Regionale Beispiele erzählen eine komplizierte Geschichte.....	18
3.1 Die politische Ökonomie des Kohleausstiegs.....	18
3.2 Lehren aus der Fallstudienforschung	20
3.3 Wie kann man fossile Energieträger aus dem System bekommen? Der Fall der deutschen Kohlenutzung	23
4. Verteilungswirkungen des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern angehen – der Schlüssel zum Erfolg?.....	27
4.1 Verteilungswirkungen des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern auf Verbraucher und Haushalte	27
4.2 Auswirkungen des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern auf Unternehmen und Besitzer fossiler Energieträger	30
4.3 Wahrnehmung der Fairness und Akzeptabilität von Klimapolitik.....	32
5. Fazit.....	34
Referenzen.....	36

1. EINLEITUNG

Die rasche Dekarbonisierung des Energieverbrauchs spielt eine Schlüsselrolle bei der Erreichung des klimapolitischen Ziels, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf deutlich unter 2°C zu begrenzen, wie es im Pariser Klimaschutzabkommen festgelegt ist. Es besteht ein breiter Konsens unter Wissenschaftler:innen, dass ein weitgehender Ausstieg aus dem Verbrauch fossiler Energieträger erforderlich ist, um das Klimaschutzziel des Pariser Abkommens einzuhalten. Zu diesem Zweck sollte ein wirksamer Politik-Mix nicht nur Instrumente zur Förderung grüner Innovationen umfassen, sondern auch Maßnahmen, die den Ausstieg aus fossilen Energieträgern vorantreiben (Rogge & Johnstone, 2017).

Länder, die dem Pariser Abkommen beigetreten sind, sollten daher Pläne für den Übergang weg von der Nutzung fossiler Energieträger entwickeln und sicherstellen, dass dieser Übergang gut und gerecht gestaltet wird. Die Ziele werden von den Vertragsparteien des Pariser Abkommens in Form von national festgelegten Beiträgen (Nationally Determined Contributions = NDCs) vorgelegt. Diese reichen jedoch nicht aus, um die globalen Mitteltemperaturen bei „deutlich unter 2°C“ zu stabilisieren (Roelfsema et al., 2020; UNEP, 2019). Dies gilt insbesondere für Pläne und Ziele, die sich auf die Reduzierung und den Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger beziehen (Edenhofer et al., 2018). Schärfere Ziele und Vorschriften auf nationaler und internationaler Ebene können dazu beitragen, die Ambitionen zu erhöhen. Auf EU-Ebene zielt der European Green Deal darauf ab, bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen. In Deutschland wurden kürzlich neue Regelungen (Klimaschutzgesetz) verabschiedet, die darauf abzielen, die Emissionen bis 2030 um 55% zu reduzieren und bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Auch ein Kohleausstiegsgesetz wurde vom Kabinett verabschiedet: Die Kohleverstromung soll schrittweise bis spätestens 2038 vollständig auslaufen.

Dieses Hintergrundpapier versucht eine umfassende Betrachtung verschiedener Aspekte, die bei einem Ausstieg aus der fossilen Energienutzung für die Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele zu betrachten sind. **Kapitel 2** diskutiert mit dem Pariser Abkommen vereinbare Dekarbonisierungsszenarien und Ausstiegspfade für Kohle, Öl und Gas sowie deren Ausprägung in verschiedenen Sektoren und Regionen. Es wird gezeigt, dass solche Transformationspfade technologisch und ökonomisch realisierbar sind.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit der politischen Implementierung eines Ausstiegs aus den fossilen Energieträgern. Es wird deutlich, dass es keine Patentlösung für die Umsetzung gibt. Eine Analyse von bestehenden Politiken, Prozessen und Vorschlägen mit dem Ziel, den Ausstieg aus fossilen Energieträgern zu unterstützen, hilft jedoch dabei, wirksame Ansätze zu identifizieren und zu ermitteln, wie sie in verschiedenen regionalen Kontexten übernommen werden können. Unter Bezugnahme auf regionale Erfahrungen und Beispiele wird in Kapitel 3 erörtert, wie die Nutzung fossiler Energieträger auf wirksame Weise auslaufen kann und wie mögliche Hürden umgangen werden können.

Ein Schlüsselfaktor für den erfolgreichen Ausstieg aus fossilen Energieträgern ist, dass dies auf sozial gerechte Weise geschieht. In **Kapitel 4** werden mögliche positive und negative Verteilungswirkungen des Ausstiegs auf Haushalte und Verbraucher einerseits und auf Unternehmen und Besitzer fossiler Energieträger andererseits analysiert. In diesem Zusammenhang werden auch damit verbundene Kompensationsmaßnahmen diskutiert. Auf der Grundlage der in diesem Kapitel erörterten Aspekte werden **Kernaussagen und politische Empfehlungen** zur Unterstützung von Ausstiegsstrategien für fossile Energieträger in einer Kurzfassung zu Beginn des Papiers gebündelt.

BOX 1: Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern und der Pandemieschock: Wie können sich der wirtschaftliche Abschwung aufgrund von COVID-19 und die Konjunkturpakete auf einen weltweiten Ausstieg aus fossilen Energieträgern auswirken?

Die rasche und anhaltende Ausbreitung der COVID-19-Pandemie in den letzten acht Monaten hat in den meisten Ländern der Welt zu beispiellosen politischen Maßnahmen und der zeitweisen Lahmlegung des gesellschaftlichen Lebens geführt. COVID-19-Maßnahmen wie Ausgangsbeschränkungen, die Abriegelung der Grenzen, internationale Reiseverbote, Schließungen von Schulen, Läden und Gastronomie sowie Vorschriften zur sozialen Distanzierung haben einen vielschichtigen Schock in der Weltwirtschaft ausgelöst und viele Länder in eine tiefe Rezession gestürzt. Der Schock hat globale Ausmaße und betrifft sowohl die Produktion als auch die Nachfrage. Es wird angenommen, dass infolge des wirtschaftlichen Einbruchs die Treibhausgasemissionen im Jahr 2020 um 4-8 % fallen werden (IEA, 2020b; Le Quééré et al., 2020). Dies wird aber nur kurzfristigen Charakter haben, wenn die Wirtschaft sich schnell wieder erholt und zu ihren CO₂-intensiven Verhaltensweisen zurückkehrt. In diesem Fall wäre der zeitweise Emissionseinbruch aus Sicht des Klimaschutzes unbedeutend (Forster et al., 2020).

Die Schlüsselfrage ist, ob und wie sich der COVID-19-Schock auch mittelfristig auf die Emissionen und die Klimaschutzanstrengungen auswirken wird. Zu den am härtesten betroffenen Sektoren mit hohem Anteil fossiler Energieträger gehört der Transportsektor. Zum Höhepunkt der Ausgangsbeschränkungen im April 2020 war die Mobilität erheblich eingeschränkt, gegenüber dem Vorjahr nahm der Straßenverkehr um fast 50 % und der Flugverkehr um fast 75 % ab (IEA, 2020a). Diese tiefen Einschnitte können zu langfristigen Änderungen von Mobilitätsmustern führen. Beispielsweise könnte die Nachfrage nach Flugreisen dauerhaft sinken, wenn verstärkt auf Videokonferenzen umgestellt wird. Andererseits führt die Pandemie zu einer Vermeidung von öffentlichen Verkehrsmitteln und einer verstärkten Auto- und Fahrradnutzung, ein Trend, der sich auch langfristig fortsetzen könnte. Ob sich das Mobilitätsverhalten durch den COVID-19-Schock zu weniger CO₂-intensiven Verkehrsmodi hin entwickeln wird, wird sehr stark von Lenkungsmaßnahmen der Politik und der Gestaltung der COVID-19-Konjunkturpakete zur Ankurbelung der Wirtschaft abhängen. In diesem Zusammenhang hat das Konjunkturpaket der Bundesregierung mit der Verdopplung der Kaufprämie für E-Autos und einem Verzicht auf Kaufprämien für Verbrenner ein wichtiges Signal gesetzt. Andererseits hat der Staat die Lufthansa ohne Berücksichtigung von Klimaschutzaspekten gestützt.

Durch die Pandemie und die damit verknüpften Gesundheitsschutzmaßnahmen ist die Energienachfrage der Industrie und des Transportsektors deutlich zurückgegangen. Die Daten bis Mitte April 2020 zeigen, dass flächendeckende Ausgangsbeschränkung zu einer Absenkung der Energienachfrage um bis zu 25 % geführt haben. In einem Szenario mit monatelangen Einschränkungen und nur langsamer wirtschaftlicher Erholung wird ein Rückgang der weltweiten Energienachfrage in 2020 um 6 % geschätzt, mehr als das Siebenfache des Impakts der Finanzkrise 2009 (IEA, 2020b). Dieser Rückgang wird auch stark die fossilen Energieträger treffen. Das Szenario prognostiziert einen Rückgang der Ölnachfrage um 9 %, vor allem durch die Folgen der Pandemie im Transportsektor, und einen Rückgang der Kohlenachfrage um 8 %, da sich auch die Stromnachfrage verringert. Die verringerte Ölnachfrage während der ersten Phase der Ausgangssperren im Frühjahr 2020 hat bereits in Verbindung mit anderen Faktoren wie dem Preiskrieg zwischen Saudi-Arabien und Russland die Ölpreise auf den internationalen Märkten auf ein Rekordtief sinken lassen, was die Ölförderländer stark getroffen hat.

Die Pandemie und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen haben arme Haushalte sowie benachteiligte Bevölkerungsgruppen und Regionen am härtesten getroffen und die Ungleichheiten weiter verschärft

(Furceri et al., 2020). Dies erhöht die Herausforderung, fossile Energieträger auf gerechte Weise auslaufen zu lassen, potenzielle Verlierer zu kompensieren und den von fossilen Energieträgern abhängigen Regionen und Gemeinden einen Strukturwandel zu ermöglichen.

Auf Seiten der Verbraucher erhöht sich die Akzeptanz digitaler Technologien, und es ist wahrscheinlich, dass einige der Aktivitäten, die in den virtuellen Raum verlagert werden mussten, dort verbleiben werden. Dies könnte den Übergang zu weniger CO₂-intensiven Lebensstilen beschleunigen, aber es gibt auch gegenläufige Trends wie das Meiden des öffentlichen Verkehrs und von Menschenansammlungen. Es ist noch zu früh, um zu sagen, auf welche Weise die Pandemie die CO₂-Intensität des Verbraucherhaltens mittel- und langfristig beeinflussen wird (Boons et al., 2020). Auch hier können politische Lenkungsmaßnahmen eine wichtige Rolle spielen.

Die COVID-19-Pandemie hat zur Verabschiedung von Konjunkturpaketen zum Wiederaufbau der Wirtschaft in Höhe von derzeit fast 12 Billionen Dollar geführt. Davon sollen rund 3,7 Billionen Dollar in die Sektoren Landwirtschaft, Industrie, Abfall, Energie und Verkehr gesteckt werden, deren Umbau für den Klimaschutz zentral ist (Vivid Economics, 2020). Dies gibt der Steuer- und Fiskalpolitik eine enorme Hebelwirkung zur Unterstützung des Transformationsprozesses hin zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft. Damit bietet sich eine große Chance, es birgt aber auch das Risiko der Verfestigung bestehender Strukturen. Entscheidend wird sein, dass COVID-19-Konjunkturpakete und begleitende steuerliche und regulatorische Maßnahmen die richtige Lenkungswirkung entfalten, um den Einstieg in grüne Energienutzung und den Ausstieg aus fossilen Energieträgern zu begünstigen. Hepburn et al. (forthcoming) identifizieren in einer Expertenbefragung fünf Investitionsmaßnahmen mit besonders hohem Wert für den Transformationsprozess: Investitionen in CO₂-neutrale Energieinfrastruktur, Forschungsförderung zu alternativen Technologien, Investitionen in Naturschutz und nachhaltige Landnutzung, Förderung von Gebäudesanierungen und Investitionen in Aus- und Weiterbildungsprogramme.

Aus der Analyse der bereits verabschiedeten Konjunkturpakete ergibt sich ein gemischtes Bild. Während in Europa der Versuch unternommen wird, die COVID-19-Konjunkturpakete mit Maßnahmen zur Umsetzung der ambitionierten Klimaschutzpläne zu verbinden, wird im Rest der Welt der Fokus häufig fast ausschließlich auf die Ankurbelung des Wachstums und die Wiedergewinnung von verlorengegangenen Arbeitsplätzen gelegt (Vivid Economics, 2020). Länder wie die USA (3 Billionen Dollar), China (600 Milliarden Dollar) und Indien (270 Milliarden Dollar) schneiden bei der Bewertung ihrer Konjunkturprogramme schlecht ab, da sie im wesentlichen ihre bestehende CO₂-intensive Wirtschaftsstruktur fortschreiben. Dagegen will die Europäische Union ihr 750 Milliarden Euro schweres Aufbaupaket „Next Generation EU“ eng mit der Implementierung des EU Green Deals verzahnen. 30 % der Darlehen und Zuschüsse sollen in grüne Initiativen wie die Steigerung der Energieeffizienz, die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und die nachhaltige Landnutzung fließen. Darüber hinaus soll alle Unterstützung an eine Umwelt-Unbedenklichkeitsprüfung geknüpft werden, was die Förderung fossiler Energienutzung weitgehend ausschließt. Auch die deutschen Konjunkturprogramme schneiden in der Bewertung positiv ab, was insbesondere am vierten Konjunkturprogramm vom Juni 2020 (130 Milliarden Euro) und dem darin enthaltenen Zukunftspaket von 45 Milliarden Euro liegt. 31 % der vorgesehenen Investitionen werden als grün identifiziert und der Rest als weitgehend umweltneutral (Dafnomilis et al., 2020). Allerdings sind nicht alle Konjunktur- und Rettungsmaßnahmen der Bundesregierung als grün oder umweltneutral zu werten, insbesondere die Rettung der Lufthansa für 9 Milliarden Euro ohne Umweltauflagen sticht heraus.

2. KLIMASCHUTZSZENARIEN – DIE ÜBERSETZUNG LANGFRISTIGER ZIELE IN KURZ- BIS MITTELFRISTIGE MASSNAHMEN

Um die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen, muss die Welt die Netto-CO₂-Emissionen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts auf Null bringen (auch „CO₂-Neutralität“ genannt). Dies ist dadurch begründet, dass das verbleibende CO₂-Budget der Menschheit durch die Pariser Klimaziele eng begrenzt ist und noch in diesem Jahrhundert ausgeschöpft werden wird (Rogelj et al., 2019). Sollte der Schwerpunkt darauf gelegt werden, die Erderwärmung auf 1,5°C zu begrenzen, müsste die CO₂-Neutralität bereits vorher, bis etwa Mitte des Jahrhunderts, erreicht werden (Abbildung 1) (Rogelj et al., 2018). Das „Netto-Null“-Konzept beinhaltet, dass alle verbleibenden CO₂-Emissionen, die nicht auf Null reduziert werden können, wie eventuell aus dem Flugverkehr oder der Schwerindustrie, durch CO₂-Entnahme (CDR) aus der Atmosphäre, z. B. durch die Wiederaufforstung von Wäldern oder die Nutzung von Bioenergie mit CCS (BECCS), ausgeglichen werden müssen.

Zur Erreichung von CO₂-Neutralität bis 2050 muss der Höchststand der globalen Treibhausgasemissionen rasch durchschritten und von einer massiven und kontinuierlichen Emissionsminderung bis zur Mitte des Jahrhunderts gefolgt werden. Dies erfordert weltweite, transformative Veränderungen der Energie- und Landnutzung. Die erforderlichen Veränderungen werden mit einer Bandbreite von Transformations-szenarien untersucht – von Szenarien, die mit den Zielen des Pariser Abkommens übereinstimmen, bis hin zu Szenarien, die aktuelle Trends extrapolieren und eine Erwärmung von 3–4°C bis zum Ende des Jahrhunderts zur Folge hätten (Clarke et al., 2014; Rogelj et al., 2018).¹ Szenarien können dazu beitragen, langfristige Ziele in kurz- bis mittelfristige Maßnahmen zu übersetzen. Dabei gibt es einige zentrale Unsicherheiten, die die Ergebnisse der Szenarien beeinflussen, u. a.

- I Durchsetzung von Klimaschutzmaßnahmen:** Wie schnell werden die Emissionen im kommenden Jahrzehnt reduziert? Je größer die Emissionslücke im Jahr 2030 gegenüber Szenarien ist, die ab sofort global konzertiert auf die Pariser Klimaziele hinwirken, desto größer wird die Herausforderung für den Transformationsprozess nach 2030 sein (Strefler et al., 2018). Das Ausmaß, in dem die Emissionen in naher Zukunft reduziert werden können, hängt von der politischen Bereitschaft der Länder und Regionen sowie von der sozialen, politischen und wirtschaftlichen Durchführbarkeit transformatorischer Maßnahmen ab.
- I Verfügbarkeit und Kosten von Technologien:** Welche Technologien zur Eindämmung des Klimawandels werden wann verfügbar? Wie schnell und zu welchen Kosten können fossile Energieträger ersetzt werden? Je begrenzter das Portfolio an alternativen Technologien und je reichhaltiger und preisgünstiger die Ressourcen an fossilen Brennstoffen sind, desto höher sind die Opportunitätskosten der Transformation hin zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und desto größer sind die zu überwindenden Hindernisse.
- I Sozioökonomische und Verhaltensänderungen:** Wie werden sich die Verbraucherpräferenzen und die Nachfrage nach Energiedienstleistungen (z. B. in Bezug auf Mobilität, Wohnen und Kommunikation) und landwirtschaftlichen Produkten

¹ Unter climatescenarios.org/primer finden sich eine Einführung zu Klimawandelszenarien.

(Lebensmittel, Futtermittel und Materialien) in Zukunft entwickeln? Können diese Entwicklungen mit klimafreundlichen Lebens- und Konsummustern in Einklang gebracht werden? Je weniger Menschen klimafreundliche Lebensstile annehmen, desto höher wird die Nachfrage nach fossilen Brennstoffen sowie tierischen Produkten sein, und desto größer wird die Herausforderung sein, die Energieversorgung zu dekarbonisieren und eine nachhaltige treibhausgasneutrale Landwirtschaft zu etablieren (Grubler et al., 2018; van Vuuren et al., 2018).

2.1 DIE ZUKUNFT VON FOSSILEN ENERGIETRÄGERN IN 1,5-2 °C KLIMASCHUTZPFADEN

Szenarien, die eine Entwicklung hin zu Netto-Null-Emissionen veranschaulichen, beinhalten transformative Veränderungen der Energienutzung, die mit einem Ausstieg aus fossilen Energieträgern verknüpft sind. Im Folgenden werden zentrale Einsichten zur Zukunft fossiler Energieträger in 1,5-2 °C-Pfaden vorgestellt.

Alle Klimaschutzszenarien projizieren eine klare Abfolge des Ausstiegs aus Kohle, Öl und Gas. Kohle wird zuerst auslaufen, während Gas und Öl langsamer aus dem System genommen werden (Bauer et al., 2016). Dies ist auf drei Faktoren zurückzuführen:

1. Die unterschiedliche CO₂-Intensität der Energieträger (am höchsten bei Braunkohle, dann Steinkohle, dann Öl, dann Gas). Zum Beispiel ist der CO₂-Gehalt pro Energieeinheit der Kohle etwa 30 % höher als der von Rohöl.
2. Die unterschiedliche Nutzung der Brennstoffe für die Produktion verschiedener Arten von Energieträgern, was sich auf ihren wirtschaftlichen Wert bei der Bereitstellung von Energiedienstleistungen auswirkt (am höchsten für Öl, dann Gas, dann Kohle). Zum Beispiel überstieg der Preis pro Energieeinheit Öl den Preis von importierter Steinkohle in 2019 um 480 % (BP, 2020).
3. Die leichtere Substituierbarkeit der Kohle, die vor allem zur Stromerzeugung eingesetzt wird, wo erneuerbare Energien eine ausgereifte und kostengünstige Alternative darstellen.

Die Verbrennung von Kohle zur Erzeugung einer Energieeinheit ist also am klimaschädlichsten, hat, gemessen an den Marktpreisen, den niedrigsten wirtschaftlichen Wert und ist am leichtesten substituierbar. Daher wird die Kohle in Klimaschutzszenarien als erstes ersetzt (Abbildung 1). Öl und Gas werden hauptsächlich in Gebäuden, in der Industrie und im Verkehr benötigt. Obwohl die direkte Elektrifizierung den Einsatz fossiler Brennstoffe z. B. im Straßenverkehr, bei der Gebäudeheizung und in Industrieprozessen ersetzen kann, fehlen bei einigen Anwendungen noch kostengünstige CO₂-arme Alternativen. Potenzielle Engpässe für den Ersatz fossiler Brennstoffe sind Hochtemperaturanwendungen in der Industrie (wie z. B. in der Stahlproduktion), der Luftfahrt, der Schifffahrt und im Güterverkehr. Auch im Gebäudesektor ist aufgrund seiner langlebigen Infrastruktur der Ausstieg aus fossilen Energieträgern schwieriger als in anderen Sektoren (Box 2).

In den meisten 1,5-2 °C-Szenarien in der Literatur findet ein weltweiter Ausstieg aus der Kohlenutzung bis zum Jahr 2050 fast vollständig statt (siehe Abbildung 1). Die Ausstiegspfade von Öl und Gas hängen hingegen viel stärker von Annahmen über die Stringenz des Klimaziels, das Verbraucherverhalten und die Verfügbarkeit von alternativen Energieträgern sowie von Maßnahmen zur CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre

ab. Unter optimistischen Annahmen über die Verfügbarkeit von Maßnahmen zur CO₂-Entnahme führt ein 1,5°C-Ziel zu einer Stagnation des Öl- und Gasverbrauchs im nächsten Jahrzehnt gefolgt von einer Verringerung um 25-50% bis 2050. Eine Begrenzung der Verfügbarkeit von Maßnahmen zur CO₂-Entnahme führt zu einer deutlich früheren und schnelleren Verringerung sowohl des Öl- als auch des Gasverbrauchs, um ca. 60-80% bis 2050 relativ zum Höchststand in 2020 (siehe Abbildung 1).

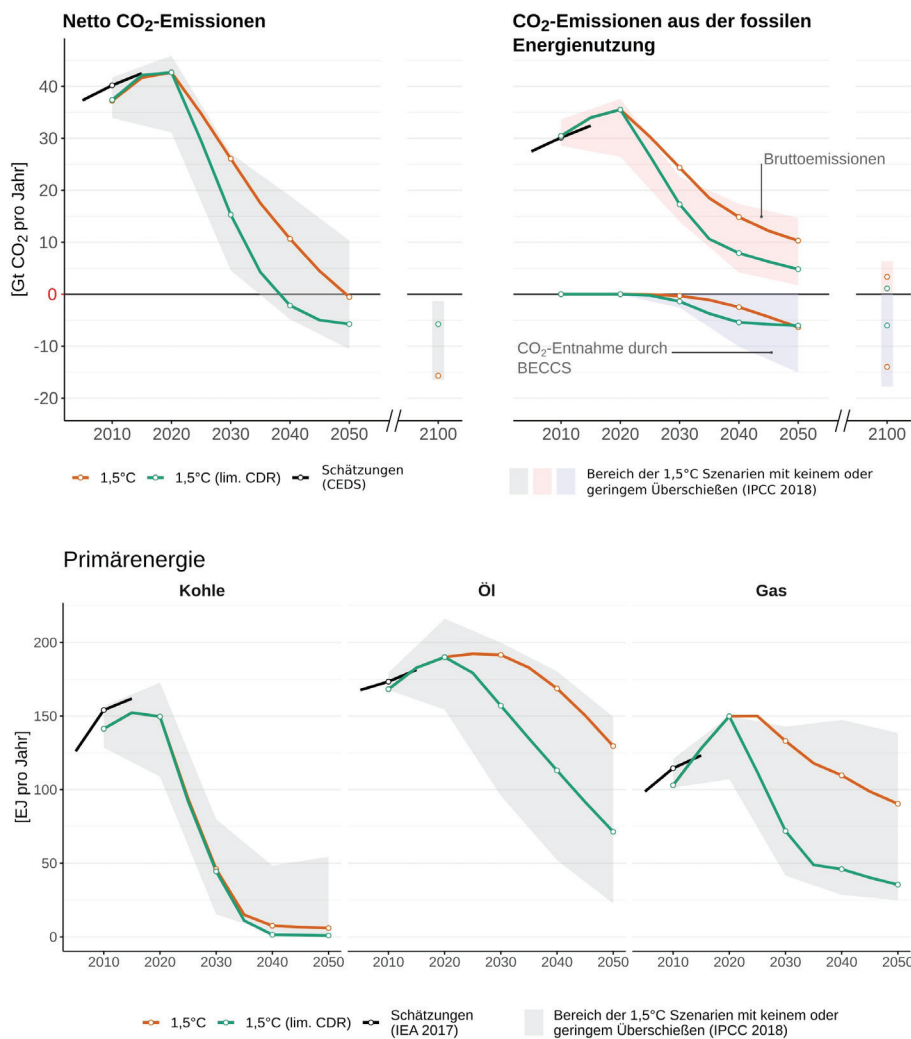


Abbildung 1 Globale CO₂-Emissionen (obere Grafiken) und Primärenergieerzeugung von Kohle, Öl und Gas (untere Grafiken) im 21. Jahrhundert für zwei 1,5°C Szenarien mit optimistischer (orange) und eingeschränkter (grün) Verfügbarkeit von CO₂-Entnahme Technologien (Kriegler et al., 2018). Die Netto-CO₂-Emissionen setzen sich aus den Emissionen aus der Landnutzung, aus der fossilen Energienutzung und aus industriellen Prozessen wie insbesondere der Zementproduktion zusammen. Die rechte obere Grafik zeigt die Bruttoemissionen aus der fossilen Energienutzung. Ein Teil dieser Bruttoemissionen wird in vielen 1,5-2°C Szenarien durch CO₂-Entnahme über die Nutzung von Bioenergie mit CCS (BECCS) kompensiert. Im Hintergrund ist die Bandbreite der Szenarien, die 1,5°C nicht oder nur zeitweise gering überschießen, aus der Emissionsdatenbank des IPCC Sonderberichts zu 1,5°C globaler Erwärmung gezeigt. Die geschätzten Daten zur vergangenen Energienutzung stammen von der Internationalen Energieagentur (IEA, 2017), die Emissionsdaten beruhen auf CEDS (Hoesly et al., 2018).

Wenn die weltweiten klimapolitischen Anstrengungen für 2020-30 nicht über die bestehenden im Rahmen des Pariser Abkommens vorgelegten nationalen Klimaschutzpläne (NDCs) hinaus verstärkt würden, käme es im zu einer Aufschiebung von erforderlichen Emissionenminderungen und des damit verbundenen Ausstiegs aus den fossilen Energieträgern, insbesondere der Kohlenutzung. Dies könnte zu ca. 250 Gt CO₂ höheren kumulativen Emissionen im Jahr 2050 führen (Luderer et al., 2018) was die Erreichung von CO₂-Neutralität bis zur Mitte des Jahrhunderts und das 1,5°C-Ziel außer Reichweite brächte (Rogelj et al., 2018).

Die bloße Umsetzung der NDCs, ohne weitere klimapolitische Anstrengungen, würde nicht zu einer wesentlichen Verringerung der fossilen Energienutzung, inklusive der Kohle, bis 2030 führen. Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern erfordert daher

konkrete und sofortige Regelungen und eine Unterstützung alternativer Energiesystemlösungen. Eine weltweite Ausweitung von in einigen Ländern bereits erfolgreich umgesetzten Politiken wie die Förderung von erneuerbaren Energien, Moratorien für neue Kohlekraftwerke, Energieeffizienzsteigerungen und moderate CO₂-Bepreisung könnte die Emissionslücke zwischen den NDCs und den 1,5-2°C-Szenarien in 2030 zumindest teilweise schließen und die Transformationsherausforderung über 2030 hinaus verringern (Kriegler et al., 2018). Für eine Verstärkung der Klimaschutzanstrengungen und einen schnellen Ausstieg aus der fossilen Energienutzung ist eine Verlagerung von Investitionen weg von fossilen Energieträgern und hin zu Energieeffizienz, erneuerbarer Stromerzeugung und Speicherung, sowie CO₂-armen Energieträgern wie Wasserstoff von großer Bedeutung (McCollum et al., 2018). In den meisten 1,5-2°C-Szenarien überholen die jährlichen Investitionen in eine alternative Energieinfrastruktur die fossilen Investitionen weltweit bereits vor 2030.

Ein klares Signal von politischen Entscheidungsträgern für eine starke Klimapolitik bestärkt Investoren, Investitionen in fossile Energieträger auslaufen zu lassen und stattdessen in alternative Energieinfrastrukturen zu investieren (Kriegler et al., 2018). In Deutschland und der EU ist diese Signalwirkung durch die Klimaschutzgesetzgebung (siehe Kapitel 3 und 4) und die Verkündung des EU Green Deals (Kapitel 2.3) zunehmend gegeben. Es kommt nun darauf an, einheitliche Signale über das Bündel der Maßnahmen auf deutscher, EU und internationaler Ebene zu senden. Für Indien finden Malik et al. (2020), dass frühzeitige Maßnahmen im Energiesektor den vorzeitigen Verlust von Vermögenswerten reduzieren könnten. Insbesondere halten sie eine Politik, die Kohlekraftwerke auf im Bau befindliche Anlagen in Verbindung mit höheren Zielen für die Solarenergie beschränkt, für politisch machbar und gut geeignet, erhebliche Verluste von Vermögenswerten zu vermeiden. Auch Wang et al. (2019) kommen für China zu dem Schluss, dass durch eine sofortige Transformation des chinesischen Energiesektors zusätzliche „Stranded Assets“ vermieden werden könnten. Dies würde zwischen 2020 und 2030 eine verstärkte Förderung von Alternativen wie Atom-, Wind- und Sonnenenergie erfordern.

Zur Erreichung von CO₂-Neutralität um die Mitte des Jahrhunderts empfiehlt es sich, frühzeitig in innovative Klimaschutzoptionen, wie z. B. die Elektrifizierung des Güterverkehrs und die Nutzung von Wasserstoff oder Elektrizität für industrielle Hochtemperaturprozesse, sowie in die Erforschung von Optionen zur CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre zu investieren. Neue Infrastrukturinvestitionen müssen entsprechend geplant werden, um spätere Verzögerungen oder „Stranded Assets“ zu vermeiden. Der Einsatz fossiler Energieträger in Industrie, Transport und Gebäuden kann durch technologische Innovationen (z. B. direkte Elektrifizierung von Industrieprozessen oder Autos), eine Umstellung auf CO₂-arme Alternativen wie Biokraftstoffe oder synthetische Kraftstoffe sowie durch Nachfragereduzierung (z. B. Kreislaufwirtschaft, Energieeffizienz, Nachfrageverschiebungen wie Verkehrsverlagerungen und wirtschaftliche Anpassung an die Emissionsregulierung über den Preiskanal für fossile Energieträger) weitgehend substituiert werden.

2.2 REGIONALE UNTERSCHIEDE BEIM AUSSTIEG AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN IN 1,5-2 °C-SZENARIEN

Während die generelle Abfolge der Ausstiegspfade für fossile Energieträger in 1,5-2 °C-Szenarien – zuerst Kohle, dann Gas und Öl – in allen Regionen ähnlich ist, wirken sie sich in verschiedenen Regionen unterschiedlich stark aus (siehe Kapitel 3). Ärmere Länder haben im Allgemeinen einen niedrigen CO₂-Ausstoß und niedrige Energie- und CO₂-Produktivitäten. Das bedeutete bisher, dass sie relativ große Mengen an Energie und CO₂-Emissionen benötigen, um Wirtschaftswachstum zu erzielen. Fortgeschrittene Volkswirtschaften wie Deutschland haben sich zu hoch industrialisierten und innovationsorientierten Dienstleistungsgesellschaften entwickelt, die wirtschaftlichen Nutzen bei geringerem Energieverbrauch und damit geringeren Emissionen erzeugen. Auf globaler Ebene werden für die Zukunft Verbesserungen der Energie- und CO₂-Produktivität erwartet, aber strukturelle Unterschiede werden erhalten bleiben.

Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die internationale Zusammenarbeit in der Klimapolitik. Eine einheitliche Preisgestaltung für CO₂ und andere Treibhausgase über alle Regionen hinweg würde dazu führen, dass Entwicklungsländer und Industriestaaten fossile Energieträger parallel auslaufen lassen. In diesem Fall wären die Entwicklungsländer aufgrund der Kombination aus niedriger Energieproduktivität und niedrigen CO₂-Emissionen mit höheren gesamtwirtschaftlichen Kosten konfrontiert. Dies führt zu entsprechenden politischen Widerständen dieser Länder in der internationalen Klimapolitik. Daher kann diese kosteneffiziente Lösung aus globaler Sicht gegen internationale Regeln der Fairness verstoßen, was Mechanismen des Lastenausgleichs erfordern würde (Tavoni et al., 2015).

Regionen, die auf die Gewinnung und den Export fossiler Energieträger für internationale Märkte angewiesen sind, werden von einem Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger am stärksten getroffen. Zum Beispiel sind kohlefördernde Regionen unmittelbar von einem schnellen Kohleausstieg betroffen, der dazu führt, dass die Kohlemärkte bis Mitte des Jahrhunderts in 1,5-2 °C-Szenarien zusammenbrechen. Eine geringere Ölnachfrage wird zu niedrigeren Ölpreisen führen und möglicherweise mittel- bis hochpreisige Ölproduzenten von den internationalen Märkten verdrängen. Auch viele Besitzer kostengünstiger Ölproduktionsstätten werden durch die niedrigeren Preise Verluste erleiden – selbst dann, wenn die Ölnutzung noch mehrere Jahrzehnte bis in die zweite Hälfte des Jahrhunderts andauert (Bauer et al., 2016). Modellierungsanalysen zeigen einheitlich die höchsten relativen Kosten für den Ausstieg aus fossilen Energieträgern für Regionen, die fossile Energieträger produzieren (Tavoni et al., 2015). Es gibt eine Debatte darüber, ob die Produzenten fossiler Energieträger auch in Überlegungen zum internationalen Lastenausgleich im Zusammenhang mit möglichen negativen Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt werden sollten. Auf der anderen Seite steht, dass gerade Länder mit üppigen Vorkommen an fossilen Energieträgern in der Vergangenheit vergleichsweise hohe Emissionen erzeugt haben und damit einen größeren Anteil an der historischen Verantwortung für den Klimawandel haben.

Um Regeln der Fairness zu entsprechen, könnte sich die internationale Gemeinschaft auf direkte Zahlungen oder die Zuteilung von Emissionsrechten einigen, die allerdings sehr hohe Preise erreichen können (Tavoni et al., 2015; van den Berg et al., 2019; Leimbach & Giannousakis, 2019). Alternativ könnten CO₂-Preise nach Regionen differenziert gestaltet werden, sodass relativ leistungsfähige Volkswirtschaften

die Emissionen schneller senken würden. In diesem Fall müssten diese CO₂-Preisunterschiede jedoch sehr groß werden, wodurch die internationalen Märkte verzerrt und die globalen Klimaschutzmaßnahmen ineffizient würden. Beispielsweise könnten die unterschiedlichen Geschwindigkeiten beim Ausstieg aus fossilen Energieträgern zu der paradoxen Situation führen, dass Entwicklungsländer den Einsatz von Kohle bei relativ ineffizientem Heizen und Kochen in Privathaushalten ausweiten, während fortgeschrittene Volkswirtschaften den Einsatz von Gas in effizienteren Heizsystemen erzwingen (Bauer et al., forthcoming).

Mögliche Verteilungswirkungen des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern werden in Kapitel 4 dieses Papiers ausführlicher diskutiert.

2.3 DEKARBONISIERUNG DER EUROPÄISCHEN STROMPRODUKTION

Analysen von Energie- und Klimaszenarien für Europa haben gezeigt, dass eine vollständige Dekarbonisierung des europäischen und deutschen Stromsektors bis 2040 erreicht werden kann, jedoch im Vergleich zu den aktuellen politischen Zielen wesentlich höhere Ziele hinsichtlich der Kapazitäten erneuerbarer Energien und des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern gesetzt werden müssen (Hainsch et al., 2020; Oei et al., 2019). In einem kürzlich erschienenen Bericht der Europäischen Kommission (2020) wird eine Erhöhung der EU-Klimaziele für das Jahr 2030 von bisher 40% Reduktion der Treibhausgasemissionen auf nun 55% gegenüber 1990 empfohlen. Analysen von Hainsch et al. (2020) und Oei et al. (2019) zeigen, dass sogar eine Anhebung des EU-Ziels für 2030 auf eine Reduktion von 60-65% gegenüber 1990 technisch und wirtschaftlich machbar ist. Sie würde auch dem übergreifenden Ziel des EU Green Deals, bis 2050 emissionsneutral zu werden, noch besser entsprechen. Um diese ehrgeizigen Klimaziele zu erreichen, muss die Infrastruktur für Wind- und Solarenergie deutlich ausgebaut werden. Zudem müssen die laufenden Investitionen in fossile Energieerzeugungstechnologien beendet werden, auch weil CO₂-Entnahmetechnologien im Stromsektor keine wirtschaftlich geeignete Optionen sind und daher nicht eingesetzt werden sollten (Gerbaulet et al., 2019). Berechnungen zeigen, dass bis 2040, um den Zielen des Pariser Abkommens zu entsprechen, fast die gesamte Elektrizität durch eine Kombination von Photovoltaik, Onshore- und Offshore-Windenergie und Wasserkraft erzeugt werden kann (vgl. Abbildung 2), wobei der Industrie-, Heizungs- und Transportsektor in hohem Maße elektrifiziert sein wird (Hainsch et al., 2020; Löffler et al., 2019).

Am 11. Dezember 2019 hat die Europäische Kommission ihre Mitteilung über den **European Green Deal** vorgelegt. Der Green Deal wird als eine neue Wachstumsstrategie für die EU vorgeschlagen und zielt darauf ab, die EU bis 2050 zu einer emissionsneutralen Gesellschaft mit einer ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft zu machen. Dazu sollen Initiativen in verschiedenen Bereichen, darunter Biodiversität, Kreislaufwirtschaft und Verkehr angestoßen werden.

Das Ziel der Emissionsneutralität soll durch ein **EU Klimagesetz** verbindlich festgeschrieben und der Weg dahin durch eine erhöhte Emissionsminderungen bis 2030 geebnet werden. Am 17. September 2020 stellte die Europäische Kommission ihren Plan vor, die Treibhausgasemissionen der EU bis 2030 um mindestens 55% (anstelle wie bisher vorgesehen 40%) gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Das neue Ziel basiert auf einer umfassenden Folgenabschätzung der sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen durch Emissionsminderungen um 55% bis 2030 im Vergleich zu den Werten von 1990. Die Abschätzung zeigt, dass dies ein realistisches Ziel ist. In einem nächsten Schritt wird die Europäische Kommission verschiedene politische Instrumente prüfen und detaillierte Gesetzesvorschläge ausarbeiten, wie dieses Ziel umgesetzt werden kann.

Das neue Ziel für 2030 wird auch die Grundlage für Diskussionen über die Überarbeitung des national festgelegten Beitrags der EU zur Reduzierung der Emissionen im Rahmen des Pariser Abkommens bilden.

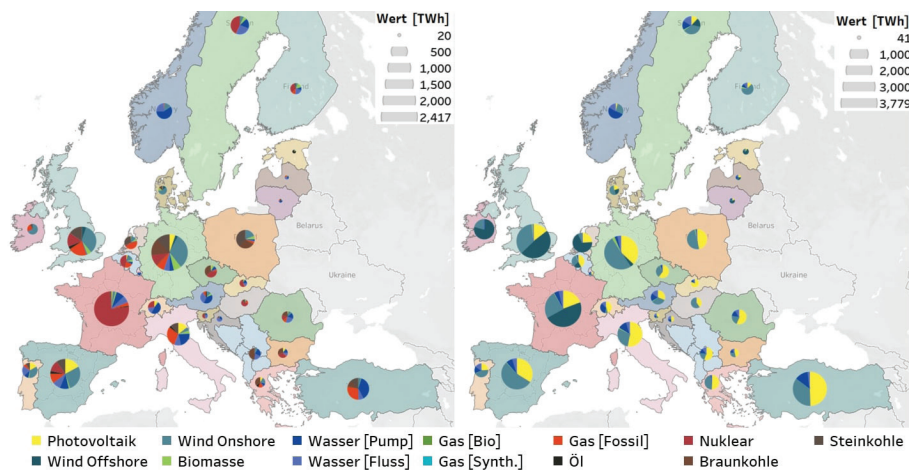


Abbildung 2 Veränderung des Strommix in Europa zwischen 2020 (links) und 2040 (rechts) in einem Netto-Dearbonisierungsszenario, Werte in TWh (Hainsch et al., 2020).

Bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Umsetzung des Green Deals muss sowohl die wirtschaftliche Entwicklung der einzelnen Mitgliedstaaten als auch der vom Strukturwandel im Energiesektor betroffenen Regionen berücksichtigt werden (Oei, Hainsch et al., 2019; Oei, Hermann et al., 2020). Einige Länder und Regionen, z. B. innerhalb Polens, stehen aufgrund ihres vorherrschenden Energiemixes (d. h. einer großen Abhängigkeit von Kohle) vor größeren Schwierigkeiten und werden in den kommenden Jahren mehr finanzielle und politische Unterstützung benötigen (Hainsch et al., 2020). Diese Regionen befinden sich häufig in unmittelbarer Nähe zu Vorkommen fossiler Energieträger (z. B. Kohlebergwerke) oder zur internationalen Infrastruktur für den Handel mit fossilen Energieträgern (z. B. Terminals oder Pipelines). Einige, aber nicht alle dieser Regionen, haben Zugang zu einheimischen erneuerbaren Energieressourcen (Bódis et al., 2019; Pai et al., 2020). Die Stärkung grenzüberschreitender Energieanbindungen zwischen den Ländern kann dazu beitragen, zeitliche Engpässe bei der Einspeisung erneuerbarer Energien zu überwinden und somit Synergien zwischen den Regionen zu erhöhen.

2.4 POSITIVE NEBENEFFEKTE EINES AUSSTIEGS AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

Neben den Emissionsminderungen bringt der Ausstieg aus fossilen Energieträgern auch andere positive Effekte mit sich, z. B. im Zusammenhang mit Energiesicherheit und Luftqualität.

Luftqualität: Der Ausstieg aus der Kohleförderung wird mit einer Verbesserung der Luftqualität und einer Verringerung der vorzeitigen Todesfälle einhergehen. In einer kürzlich durchgeführten Analyse monetarisierten Forscher die Kosten für die Umwelt und die menschliche Gesundheit, die durch Atemwegserkrankungen und den Verlust der biologischen Vielfalt verursacht werden. Dies ermöglichte es ihnen, diese externen Kosten mit den Kosten für einen Kohleausstieg zu vergleichen, bei denen es sich hauptsächlich um eine Verringerung des Wirtschaftswachstums und Kosten für Investitionen in alternative Energiesysteme handelt. Sie stellten fest, dass die Vorteile geringerer negativer Auswirkungen auf die Gesundheit und das Ökosystem höher sind als die direkten wirtschaftlichen Kosten eines Ausstiegs aus der Kohleförderung. Sie belaufen sich auf einen Netto-Einspareffekt von etwa 1,5% des globalen BIP im Jahr 2050. Insbesondere China und Indien, die in hohem Maße von Kohle abhängig sind

und schwerwiegende Luftverschmutzungsprobleme haben, würden einen wesentlichen Einspareffekt haben (siehe Abbildung 3) (Rauner et al., 2020).

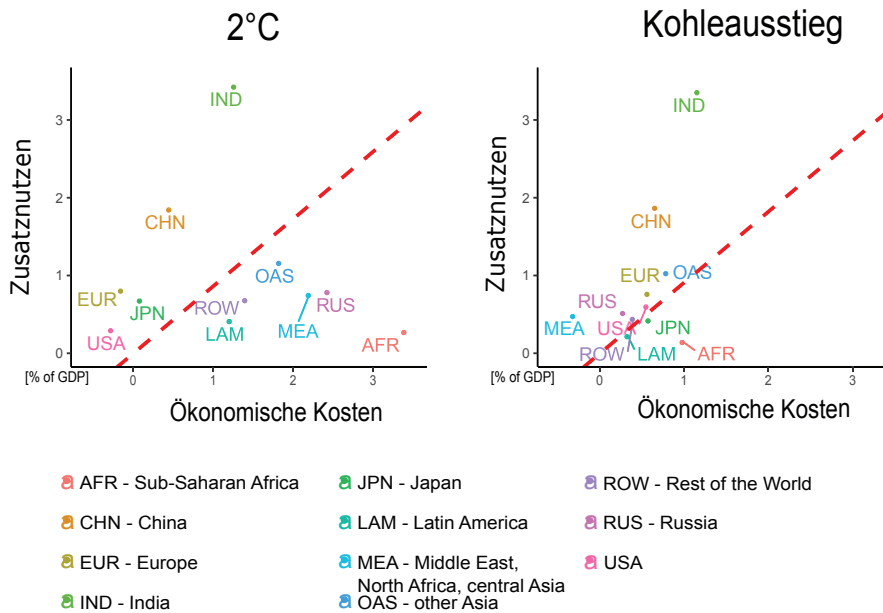


Abbildung 3 Regionale Analyse der lokalen positiven Nebeneffekte und direkten Kosten der politischen Maßnahmen im Verhältnis zum jährlichen BIP-KKP. Diskontierte positive Nebeneffekte und direkte Kosten der politischen Maßnahmen für alle Weltregionen in den 2°C- und Kohleausstiegsszenarien bis 2050 mit einem Diskontsatz von 5%. Die gestrichelte Linie zeigt die Break-even-Linie zwischen Kosten und Nutzen (Rauner et al., 2020).

Energiesicherheit: Ein weiterer positiver Nebeneffekt eines dekarbonisierten Energiesystems ist die verringerte Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger (Hainsch et al., 2020; Oei, Hainsch et al., 2019). Bei einem Szenario, das mit dem 1,5°C-Klimaziel in Einklang steht, können die Kosten für den Import und die Förderung fossiler Brennstoffe bis 2030 um mehr als zwei Drittel gesenkt werden und bis 2040 nahezu Null erreichen. Die entsprechenden Modellrechnungen zeigen auch, dass regionale Unterschiede in den Erzeugungsprofilen erneuerbarer Energien in Europa dazu beitragen können, lokale Schwankungen auszugleichen, ohne dass ein Strom- oder Wasserstoffimport von außerhalb Europas notwendig ist (Hainsch et al., 2020). Wie bereits im ersten Teil dieses Kapitels angedeutet, ist die Verringerung der Abhängigkeit jedoch je nach Brennstoffart unterschiedlich. Berechnungen auf der Grundlage eines allgemeinen Wirtschaftsmodells (CGE; Lanz & Rutherford, 2016) zeigen, dass die Abhängigkeit von Kohle- und Gasimporten für Deutschland und Europa zwar rasch abnimmt, die Abhängigkeit von Ölimporten sich jedoch als Engpass erweist – die durch den Ausstieg aus der Ölförderung verursachten Ineffizienzen können zu Verzögerungen und höheren Produktionskosten führen. In einem Szenario, das mit dem globalen 2°C-Klimaziel in Einklang steht, sinken 2030 die Importe von Kohle, Erdgas und Öl in Deutschland um etwa 80%, 40% bzw. 10% und im übrigen Europa um fast 70%, 55% bzw. 15%.

BOX 2: Ausstieg aus fossilen Brennstoffen im Gebäudesektor – ein unerreichbares Ziel?

Die Beheizung von Wohnräumen und Warmwasserbereitung macht etwa 25% des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland aus (dena, 2016). Ein sinkender Energieverbrauch (Verhaltensänderungen, Dämmung, effiziente Geräte) und die Nutzung erneuerbarer Brennstoffe (Solar, Elektro-Wärmepumpen, Biomasse, Power-to-Gas) konnten die Emissionen in den letzten Jahrzehnte reduzieren. Dekarbonisierungsszenarien für den Gebäudesektor heben Wärmepumpen als die dominierende und wichtigste Technologie hervor.

Um einen klimaneutralen Gebäudebestand im Jahr 2050 zu erreichen, wie es die Bundesregierung seit 2012 vorsieht und 2016 mit dem „Klimaschutzplan 2050“ und 2019 mit dem „Klimaschutzprogramm 2030“ konkretisiert hat, reichen die bisherigen Reduktionen jedoch bei weitem nicht aus. Da die Investitionszeiträume im Gebäudesektor 20-30 Jahre betragen, erfordert die Erreichung dieses Ziels eine radikale Verbesserung der Effektivität von Modernisierungen. Der Gesetzgeber schreibt effiziente Neubauten und Mindeststandards bei der Modernisierung des Gebäudebestands vor (Energieeinsparverordnung (ENEV), 2016; Gebäudeenergiegesetz (GEG), 2020), die aber die Probleme nicht vollumfänglich lösen.

Die ab 2021 auch im Gebäudesektor geltende CO₂-Bepreisung könnte an dieser Stelle ein Stück weit helfen. Jedoch ist es unwahrscheinlich, dass diese ausreichende Modernisierungsanreize setzen wird, da sie dafür mindestens die externen Klimaschäden vollständig widerspiegeln und darüber hinaus drei spezifische Hemmnisse des Gebäudesektors adressieren müsste. Erstens ist mehr als die Hälfte des Gebäudebestands vermietet, was das Vermieter-Mieter-Dilemma aufwirft: Ein Vermieter wird nur wenig Modernisierungskosten aufwenden, wenn er weder die Nebenkosten erhöhen darf, noch eine Kaltmietenerhöhung erwarten kann, die die Investition annähernd ausgleicht. In einer Stichprobe führte eine Senkung der jährlichen Energiekosten um 1 € pro m² nur zu einem Anstieg der jährlichen Mieteinnahmen um etwa 0,23 € pro m² (im Stichprobenmittelwert) (Kholodilin et al., 2017). Deshalb ist eine auf die Verbraucherpreise ausgerichtete Politik wenig effektiv. Zweitens führt ein laienhaftes ökonomisches Verständnis von Hauseigentümern und der – verglichen mit der Lebensdauer eines Gebäudes – kurze Erwartungshorizont zu Minderinvestitionen bei circa 75% aller Wohneinheiten. Drittens erschweren und verzögern aufwändige Entscheidungsstrukturen in Eigentumswohnungen Nachrüstungen und Modernisierungen in circa 20% aller Wohneinheiten um mehrere Jahre. Viele Wohnungen und deren Eigentümer leiden meist unter mehreren dieser Probleme. Selbst wenn man sich auf die Chancen konzentriert, die sich aus einem Eigentumswechsel ergeben, werden regulatorische Pflichten wie im Gebäudeenergiegesetz festgelegt und finanzielle Anreize wie der beschlossene CO₂-Preis von zunächst 25 € und letztlich 55 bis 65 € pro Tonne nicht ausreichen, um bis 2050 einen CO₂-neutralen Gebäudebestand zu erreichen.

Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Modernisierung von Gebäuden über die (auch private) wirtschaftliche Effizienz hinaus gefördert oder gegebenenfalls erzwungen werden. Dies zieht zwangsläufig Verteilungseffekte nach sich, die wiederum erkannt und gesteuert werden müssen. Auf Grundlage der Notwendigkeit, adäquat zu wohnen und zu heizen, müssen sich politische Entscheidungsträger entscheiden, ob sie substantielle Zuweisungen in den Gebäudesektor veranlassen oder das Null-Emissionsziel für 2050 aufgeben wollen.

3. REGIONALE BEISPIELE ERZÄHLEN EINE KOMPLIZIERTE GESCHICHTE

3.1 DIE POLITISCHE ÖKONOMIE DES KOHLEAUSSTIEGS

Kohle ist reichlich vorhanden und vergleichsweise billig (Steckel et al., 2015), aber auch der CO₂-intensivste fossile Brennstoff (Edenhofer et al., 2018). Die Emissionen aus bestehenden und geplanten Kohlekraftwerken reduzieren das verbleibende CO₂-Budget erheblich (Edenhofer et al., 2018; Tong et al., 2019). Und der jüngste Anstieg der globalen Emissionen wurde maßgeblich durch eine Renaissance der Kohle, insbesondere in Entwicklungsländern, verursacht (Steckel et al., 2015). Während in Industrieländern Kohle bei der Energieerzeugung relativ leicht zu ersetzen ist, haben viele Entwicklungsländer noch immer Mühe, beim Ausbau ihrer Energiesysteme auf den weiteren Ausbau der Kohlekraft zu verzichten (Steckel et al., 2020; Steckel et al., 2015). Hinzu kommt die Frage, wie den betroffenen Kohleregionen und den in der Kohlenutzung Beschäftigten eine neue Perspektive gegeben werden kann. Um den emissionsintensivsten fossilen Energieträger bis 2030 auslaufen zu lassen, haben Kanada und Großbritannien 2017 die „Powering Past Coal Alliance“ ins Leben gerufen. Doch während das Bündnis bisher 104 Mitgliedsstaaten zählt, mangelt es ihm an Engagement der großen Kohleproduzenten und -verbraucher. Die zugesagten frühzeitigen Maßnahmen zum Ausstieg machen weniger als 1 % der CO₂-Emissionen aus, die durch die bestehende Kohleinfrastruktur gebunden sind (Jewell et al., 2019). Während also die Szenarienliteratur einen Ausstieg aus der Kohleförderung vorsieht (siehe Kapitel 2), deuten Erkenntnisse aus der Fallstudienforschung darauf hin, dass sowohl innerhalb der Länder als auch auf internationaler Ebene tatsächlich komplexe politische Dynamiken vorherrschen, die den Ausstieg behindern. Die Organisation eines globalen Kohleausstiegs bleibt daher ein zu diskutierendes Problem bei den globalen Klimaverhandlungen (Edenhofer, 2015).

	Analytischer Fokus	Potentieller Einfluss auf Klimapolitik
Interessen	Macht und Motive kollektiver Akteure, wie Industrieverbände, politische Parteien oder soziale Bewegungen	Starke Interessen können je nach institutionellem Rahmen, die politische Agenda und Prioritäten bestimmen, indem sie durch Unterstützungs- oder Vetostimmen Fenster politischer Möglichkeiten öffnen oder schließen
Institutionen	Organisationsstruktur und Kapazität der politischen Entscheidungsgremien, z. B. Nationalstaat	Institutionen vermitteln die Verteilung von Machtressourcen zwischen Interessensgruppen, Fähigkeit und Verfahren zur Förderung und Diskussion von Ideen sowie die Qualität der Umsetzung von Politik
Ideen	In soziale, politische und kulturelle Diskurse eingebettete Rahmengenbung und Narrative	Ideen prägen die zugrundeliegenden Weltanschauungen, die den Rahmen für öffentliche Debatten über die Notwendigkeit (und die Möglichkeit) von Reformen bilden

Tabelle 1 Interessen, Ideen und Institutionen bilden eine Architektur der Möglichkeiten und Einschränkungen (basierend auf Lamb & Minx, 2020).

Die Herangehensweise der Länder an den Klimaschutz und damit auch der Ausstieg aus fossilen Energieträgern wird durch individuelle Interessenkonfigurationen, institutionelle Umsetzung und vorherrschende Ideologien bestimmt (Tabelle 1). Während diese Konfigurationen länderspezifisch sind, manifestieren sich länderübergreifend ähnliche Arten von Einschränkungen, die eine Typologie von Ländern ermöglichen (Abbildung 4). Einer dieser Indikatoren ist eine hohe Abhängigkeit von Kohle. Das ausgeprägte Muster der mit der Kohleabhängigkeit verbundenen Einschränkungen charakterisiert eine Gruppe von Ländern, die nicht nur ihre Abhängigkeit von Kohle teilen, sondern auch ein institutionelles Design, das anfälliger für Eigeninteressen und sehr anfällig für Korruption ist (Jakob et al., 2019; Lamb & Minx, 2020). Bei diesen Ländern handelt es sich in der Regel um schnell aufstrebende Volkswirtschaften wie Russland, Indien, China, die Türkei oder Südafrika (Abbildung 4 zeigt dieses Cluster von kohleabhängigen Ländern, die in Magenta hervorgehoben sind). In diesen sogenannten „Kohleausbau“-Staaten fällt eine verstärkte Entwicklung der Kohlewirtschaft zusammen mit einer weniger strengen Klimapolitik, höheren Subventionen für fossile Energieträger, eher unstabilen Demokratieindikatoren und einem höheren Maß an Korruption. Auf diese Gruppe von Ländern entfallen 47% der Weltbevölkerung und 48% der weltweiten Emissionen (Abbildung 4). Die wohlhabenden OECD-Länder (Abbildung 4, in blau markiert) bilden ebenfalls ein Cluster, das sich trotz weit verbreiteter gemeinsamer Werte des Klimaschutzes häufig auch durch eine hohe Abhängigkeit von Kohle auszeichnet (Lamb & Minx, 2020). Klimapolitische Einschränkungen sind stark miteinander verknüpft, einschließlich eines Nord-Süd-Gefälles in institutionellen Kapazitäten, Vertrauen und Klimabewusstsein, das die Beteiligung an der Klimagesetzgebung und den Abbau fossiler Subventionen einschränkt.

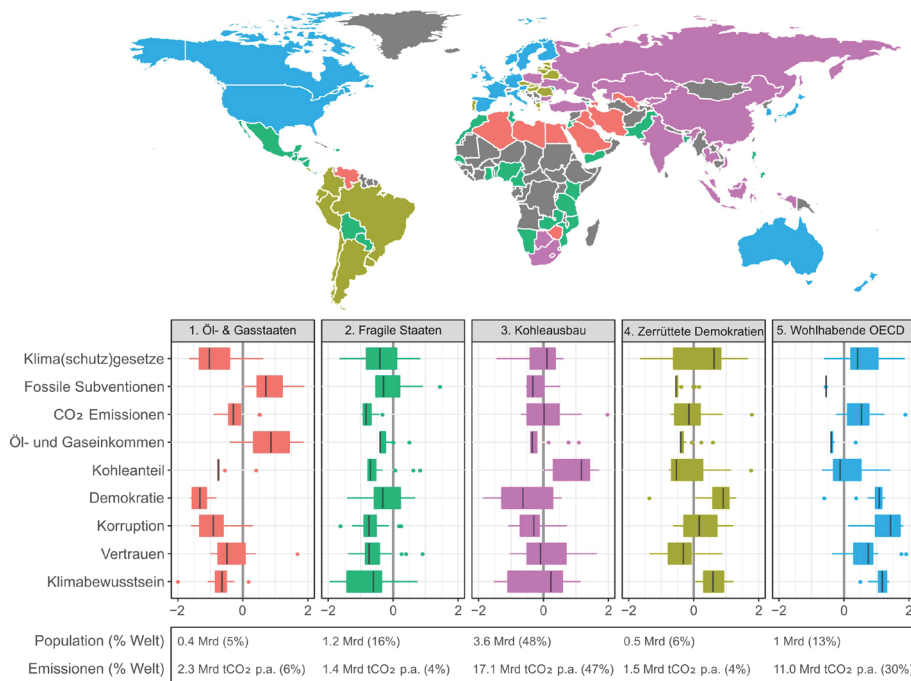


Abbildung 4 Ländercluster zeigen, dass die Architektur der politisch-ökonomischen Einschränkungen für eine wirksame Bekämpfung des Klimawandels von Land zu Land unterschiedlich ist, dass aber auch eine unterschiedliche Typologie von Einschränkungen möglich ist. Dies hilft uns, die individuellen Herausforderungen zu verstehen, vor denen Länder beim Ausstieg aus fossilen Energieträgern und beim Einstieg in den Klimaschutz stehen (Lamb & Minx, 2020).

3.2 LEHREN AUS DER FALLSTUDIENFORSCHUNG

Während verschiedene Volkswirtschaften versuchen, einen Kohleausstieg zu organisieren, bauen einige aufstrebende Volkswirtschaften, insbesondere in Südostasien, derzeit ihre Kohlekapazitäten aus (Abbildung 4). Im Januar 2020 befanden sich Kohlekraftwerke mit einer Kapazität von 199 GW im Bau und weitere 299 GW waren geplant (Shearer et al., 2020). Kohle war historisch gesehen eine billige Stromquelle, wenn man Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen ausklammert, aber wirtschaftliche Faktoren können die laufenden Investitionen in Kohlekraftwerke heute nur teilweise erklären. Die politischen Triebkräfte der aktuellen Pläne zum Ausbau der Kohlekapazität zeigen mögliche politische Reaktionen auf.

Warum bevorzugen einige Länder Kohle? Aktuelle Forschungsarbeiten, an denen ein globales Partnernetzwerk beteiligt ist, untersuchen die politökonomischen Faktoren, die in vielen Kohleentwicklungsländern am Werk sind, und liefern eine große Anzahl vergleichbarer Fallstudien auf der Grundlage einer gemeinsamen Methodik. Erste Ergebnisse zu vier asiatischen Ländern, nämlich Indien (Montrone et al., forthcoming), Indonesien (Ordonez et al., in prep.), die Philippinen (Manych & Jakob, forthcoming) und Vietnam (Dorband et al., forthcoming), heben neue Erkenntnisse hervor:

Elektrizität lindert Armut und verleiht den Betroffenen eine Hebelwirkung: In allen vier asiatischen Ländern ist es für die Armutsbekämpfung wichtig, den Zugang zu Elektrizität auszuweiten und niedrige Strompreise zu gewährleisten. Zusätzliche neue Stromkapazitäten haben daher höchste politische Priorität und bestimmen das politische Überleben jeder Regierung. Erneuerbare Elektrizität könnte diesen Bedarf ebenfalls decken, doch Studien zeigen, dass die politisch gut vernetzte Kohleindustrie bisher erfolgreich dafür sorgt, dass der zusätzliche Strombedarf durch Kohle gedeckt werden kann. Die Relevanz von Interessensvertretungen und die Fähigkeit der Regierungsinstitutionen, diese in Schach zu halten, weist auf die Bedeutung sozialer und gesellschaftlicher Lernprozesse zur Verbesserung der Regierungsführung hin (Bardhan, 2002; Pahl-Wostl, 2009). Trotz dieser Ähnlichkeiten gibt es keine politischen Einheitslösungen. Politische Systeme, Institutionen und Ressourcenausstattungen unterscheiden sich zwischen den vier Ländern stark. So verfügen beispielsweise Indien und Indonesien über große einheimische Kohlevorkommen, während Vietnam und die Philippinen fast ausschließlich auf Importe angewiesen sind.

Die Schwellenländer könnten Kohle durch erneuerbare Erzeugungskapazitäten ersetzen: Das Niveau der CO₂-Emissionen ist in vielen aufstrebenden Volkswirtschaften des globalen Südens immer noch relativ niedrig. Die rasche wirtschaftliche Entwicklung Chinas und der relevante Anteil der Kohle an den treibenden Emissionen weisen jedoch auf den engen Zusammenhang von Wirtschaftswachstum und Karbonisierung hin. In dem Maße, wie die Wirtschaft wächst, intensiviert sich die Nutzung von Kohle und die Emissionen nehmen zu. Beispiele aus Subsahara-Afrika zeigen, dass Schwellenländer nicht nur auf Kohle als billige und reichlich vorhandene Energiequelle setzen, sondern auch die Nutzung erneuerbarer Energien ausbauen. Dies deutet darauf hin, dass alternative Wege des Wirtschaftswachstums in Betracht gezogen werden. Diese erfordern jedoch internationale Unterstützung (Steckel et al., 2020), was die Bedeutung der internationalen Gemeinschaft unterstreicht.

Die internationale Gemeinschaft ist wichtig, als Vorreiter und Investor: Europäische Länder, insbesondere Deutschland mit der größten europäischen Wirtschaft, können dazu beitragen, zusätzliche internationale Abhängigkeiten von fossilen Energieträgern zu verhindern. Erstens können Industrieländer wie Deutschland als Vorreiter und Vorbild fungieren, indem sie zeigen, dass ein System erneuerbarer Energien mit einer modernen Industrie kompatibel ist (Jakob et al., 2020). Zweitens könnten Finanzinstitutionen aus der EU und Nordamerika die Finanzierung von Kohlekraftwerken stoppen und Finanzströme auf Investitionen in erneuerbare Energien umlenken (Manych et al., in prep.). Der Einfluss der internationalen Finanzinstitutionen und Geber variiert jedoch. Indiens Energiemarkt zum Beispiel scheint weniger stark von ausländischen Gebern beeinflusst zu sein, während die vietnamesische Regierung im Gegensatz dazu sehr offen für den Einfluss ausländischen Kapitals zu sein scheint. Drittens können Technologie- und Wissenstransfers aus Deutschland und Europa die Kosten von erneuerbaren Energiesystemen im Ausland weiter senken und erfolgreich zum internationalen Klimaschutz beitragen.

BOX 3: Abbau von Subventionen für fossile Energieträger: Erfolg und Misserfolg des Politikwechsels in den lateinamerikanischen Ländern

Subventionen für fossile Energieträger belaufen sich jedes Jahr auf 5,2 Billionen US-Dollar weltweit. Das entspricht etwa 6,5% des Weltbruttonominalprodukts, wobei Kohle 44%, Erdöl 41%, Erdgas 10% und Elektrizität 4% der weltweiten Subventionen ausmachen (Coady et al., 2019). Mehr als 400 Milliarden US-Dollar sind Subventionen für den Verbrauch fossiler Energieträger (IEA, 2019, S. 73). Schätzungen aus der Wissenschaft zeigen, dass eine effizientere Preisgestaltung für fossile Energieträger die globalen CO₂-Emissionen um bis zu 28% senken könnte (Coady et al., 2019). Andere Studien, die den Subventionsbegriff enger fassen und die zu geringe Bepreisung von Umweltexternalitäten auslassen, schätzen die potentielle Emissionsminderung mit 1-5% konservativer ein (Burniaux & Chateau, 2014; Burniaux & Chateau, 2011; IEA, 2011; Jewell et al., 2018; Schwanitz et al., 2014).

Mit anderen Worten, der Abbau von Subventionen für fossile Energieträger – insbesondere von Verbrauchersubventionen – ist ein wichtiger Hebel zum Ausstieg aus den fossilen Energieträgern. Erfahrungen aus Lateinamerika zeigen, dass die meisten (ehemaligen) Erzeugerländer fossiler Energieträger den Verbrauch fossiler Brennstoffe subventionieren, womit sie aber nicht alleine sind. In der Region subventionieren Mexiko, Bolivien, Argentinien, Ecuador, Kolumbien, aber auch Brasilien in gewissem Umfang sowie kleinere Länder wie Antigua & Barbuda, die Dominikanische Republik, Haiti und Trinidad & Tobago fossile Brennstoffe. Am häufigsten wird dabei Benzin subventioniert, aber auch LPG oder Erdgas.

Mehrere Länder, wie Bolivien, Ecuador und Mexiko, haben versucht, ihre Subventionen für fossile Energieträger zu reduzieren oder sogar auslaufen zu lassen, wenn auch nicht aus klimapolitischen, sondern eher aus fiskalischen Gründen. Ihre Erfahrung zeigt, dass die Ausgestaltung des Ausstiegs entscheidend für eine erfolgreiche Reform ist. Bolivien und Ecuador versuchten einen starken, abrupten Subventionsabbau, machten ihre Ausstiegspolitik unter dem Druck der Öffentlichkeit allerdings schnell wieder rückgängig. Im Gegensatz dazu wurde der schrittweise Ausstieg aus der Benzinsubventionierung in Mexiko von der Öffentlichkeit unangefochten fortgesetzt. Diese Beispiele zeigen, dass nicht der Umfang des Subventionsabbaus darüber entscheidet, ob er von der Gesellschaft mitgetragen werden kann, sondern vielmehr seine Ausgestaltung.

Im Gegensatz zu Lateinamerika, wo Subventionen auf der Verbraucherseite vorherrschen, subventioniert Deutschland fossile Brennstoffe sowohl auf der Angebotsseite (z. B. Kohleförderung) als auch auf der Nachfrageseite, bspw. in der Landwirtschaft und bei der Umwandlung fossiler Brennstoffe, z. B. im Raffineriesektor. Die direkten Subventionen in Deutschland belaufen sich auf rund 15 Milliarden Euro (G20, 2017) und bei einer weiter gefassten Subventionsdefinition auf 72 Milliarden US-Dollar (Coady et al., 2019). Dies ist etwa ein Viertel der EU-weiten Subventionen für die fossilen Energieträger. Die EU insgesamt ist weltweit der viertgrößte Subventionsgeber mit 289 Milliarden US-Dollar im Jahr 2015 (Coady et al., 2019).

3.3 WIE KANN MAN FOSSILE ENERGIETRÄGER AUS DEM SYSTEM BEKOMMEN? DER FALL DER DEUTSCHEN KOHLENUTZUNG

Der deutsche Kohlesektor umfasst sowohl Steinkohle als auch Braunkohle. Frühere Beschlüsse zum Ausstieg aus der Steinkohle und der Reduktion der Braunkohleförderung waren jedoch nicht auf den Klimaschutz ausgerichtet (Brauers et al., 2020; Oei, Brauers et al., 2019; Stognief et al., 2019). Dennoch bieten diese Beispiele wichtige Lehren im Hinblick auf die im Zusammenhang mit der Kohleabhängigkeit identifizierten wirtschafts- und sozialpolitischen Herausforderungen und Chancen. Zudem vereinfachen diese bereits abgeschlossenen Transformationsprozesse den noch verbleibenden Kohleausstieg in Deutschland – welcher im Vergleich dazu deutlich geringere strukturpolitische Herausforderungen mit sich bringt.

Der Ausstieg aus der heimischen Steinkohleproduktion geschah aus rein wirtschaftlichen Gründen und führte neben einer Reduktion der Nachfrage auch zu einer Verlagerung des Verbrauchs auf importierte Steinkohle. Die betroffenen Regionen Ruhrgebiet und Saarland erlebten seit den 1960er Jahren einen kontinuierlichen Niedergang ihres Steinkohlebergbaus, verbunden mit dem Wegfall von hunderten Arbeitsplätzen. Umfangreiche Ausgleichszahlungen unterstützten sowohl Unternehmen als auch Beschäftigte finanziell, schafften es aber nicht für alle Regionen ausreichende Perspektiven für einen Strukturwandel hin zu neuen Einkommensquellen zu eröffnen (Oei, Brauers et al., 2019).

Neueren Datums und in seinen gesellschaftlichen Auswirkungen noch viel gravierender war die erste und sehr abrupte Reduktion der Braunkohlenutzung in der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (insbesondere in der Lausitz) nach der deutschen Wiedervereinigung. In weniger als einem Jahrzehnt verloren Regionen sowohl Arbeitsplätze als auch ihre Identität im Zusammenhang mit dem Braunkohleabbau und der Stromerzeugung. Dies macht zwar einen erheblichen Teil des starken Emissionsrückgangs in der Bundesrepublik Deutschland in den 1990er Jahren aus, führte aber auch zu einem erheblichen strukturellen Niedergang in diesen Regionen (Box 4). Erschwerend kam für die Regionen hinzu, dass zusätzlich zur Kohle- auch andere Industrien geschlossen wurden. Hieraus resultiert, dass die Braunkohleregionen in der Lausitz und in Mitteldeutschland vor deutlich größeren Herausforderungen stehen als das Braunkohlerevier in NRW (Stognief et al., 2019).

Die deutsche Politik hat mit der Einrichtung einer „Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Arbeit“, die sogenannte „Kohlekommission“, im Jahr 2018 versucht neben der Einhaltung der Klimaschutzziele auch den Strukturwandel in den Regionen abzufedern. Das von der deutschen Kohlekommission in ihrem Abschlussbericht Anfang 2019 vorgeschlagene Ausstiegsdatum 2035-2038 wurde im Herbst 2020 auch durch das „Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung“ umgesetzt. Neben einigen Zusprüchen gab es aber auch Kritik, dass das finale Gesetz einigen Empfehlungen der Kohlekommission nicht folgt (Oei, Kendziorzski et al., 2020). So kritisiert ein Drittel der ehemaligen Kommissionsmitglieder insbesondere, dass der Kohleausstiegspfad klimapolitisch unzureichend ist. Auch wird die Inbetriebnahme des Steinkohlekraftwerks Datteln 4, die unwiederbringliche Zerstörung von Dörfern, die Umfahrung („Insellösung“) des Hambacher Waldes und der fehlende Ausbau Erneuerbarer Energien kritisiert (Praetorius et al., 2020). Es wird befürchtet, dass durch die Abweichung vom ausgehandelten Kompromiss auch die anvisierte Beilegung eines gesamtgesellschaftlichen Konfliktes um die Zukunft der Kohle vertan sein könnte.

Ergänzend zu diesem Gesetz ist auch das Strukturstärkungsgesetz im August 2020 in Kraft getreten, welches den Strukturwandel in den Braunkohleregionen mit 40 Milliarden Euro unterstützen soll. Zu den wichtigsten geplanten Maßnahmen, vor allem in der strukturschwachen Region Lausitz, gehören der Ausbau der Digital- und Verkehrsinfrastruktur sowie die Förderung von Forschung und Entwicklung und die Verbesserung der weichen Standortfaktoren. Mit 14 Milliarden Euro wird ein Teil der Gelder auch direkt durch die betroffenen Bundesländer verteilt. Weitere 26 Milliarden Euro werden bis 2038 direkt vom Bund für die Regionen eingesetzt. Die Erfahrungen von früheren Transformationsprozessen zeigt, dass die Strukturförderung insbesondere Innovationen fördern sollte, um möglichst anpassungsfähig und für zukünftige Herausforderungen gut gerüstet zu sein (Oei, Hermann et al., 2020; Stognief et al., 2019).

Auch im Hinblick auf die Koordinierung der Energiepolitiken auf EU-Ebene bleiben Herausforderungen bestehen, um negative Wechselwirkungen zu vermeiden. Während in Großbritannien die Veränderung des institutionellen Rahmens im Zuge der EU-Gesetzgebung zum Umweltschutz und zur Eindämmung des Klimawandels verstärkt wurde (dies bezieht sich vor allem auf die Einführung einer CO₂-Mindestpreises und eines Emissionshandelssystems, siehe Box 5), bestand beim von Deutschland beschlossenen Ausstieg die Gefahr eines erheblichen Wasserbetteffekts durch das EU ETS. Ein Wasserbetteffekt liegt vor, wenn die Emissionsminderung in Deutschland infolge des Ausstiegs aus der Kohleverstromung durch höhere Energie- und Industrieemissionen in allen EU-Mitgliedsländern mehr als ausgeglichen wird (Pahle et al., 2019). Dies kann daraus resultieren, dass eine geringere Nachfrage nach Emissionszertifikaten für Kohlekraftwerke in Deutschland die Preise senken und damit Emissionen anderswo begünstigen könnte. Vor diesem Hintergrund sieht das vor kurzem verabschiedete Kohleausstiegsgesetz die Löschung von Zertifikaten vor, die der zusätzlichen Emissionsminderung durch die mandatierte Schließung von Kohlekraftwerken entspricht. Während die nationale Löschung den Wasserbetteffekt also grundsätzlich kompensiert, sind die genauen zu löschenden Mengen sehr schwer zu bestimmen. Auch die Löschung selbst könnte negative Rückkopplungseffekte nach sich ziehen, die den Zertifikatsmarkt destabilisieren können (Pahle, 2020). Als Alternative wurde die Einführung einer CO₂-Preisuntergrenze im EU ETS empfohlen – und in einer gemeinsamen Initiative von Frankreich und Deutschland im Mai 2020 gefordert (Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, 2020). In Kombination mit einer Preisobergrenze könnte dies auch die Marktstabilitätsreserve (MSR) ersetzen, deren komplexe Ausgestaltung Spekulanten die Möglichkeit eröffnen könnte den Markt zu manipulieren (Osorio et al., 2020; Pahle & Quemin, 2020). Es bleibt abzuwarten, ob diese Maßnahme in dem Vorschlag für die Revision des EU ETS, den die EU-Kommission im Sommer 2021 vorlegen wird, berücksichtigt wird.

Das „Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung“, oder auch **Kohleausstiegsgesetz**, welches am 3. Juli 2020 von Bundestag und Bundesrat verabschiedet wurde, schreibt die zu erreichenden Zwischenziele auf dem Weg bis zum vollständigen Kohleausstieg in 2038 fest. Dabei wird der Anteil der Kohleverstromung durch Steinkohle- sowie Braunkohle-Kraftwerke bis zum Jahr 2022 auf jeweils rund 15GW reduziert. Bis 2030 sind weitere Reduktionen auf rund 8GW-Leistung bei den Steinkohle-Kraftwerken und 9GW-Leistung bei den Braunkohle-Kraftwerken vorgesehen.

Bis 2038 soll der Ausstieg aus der Kohleverstromung spätestens abgeschlossen sein. Die Betreiber von Braunkohlekraftwerken sollen mit insgesamt 4,35 Milliarden Euro für die Stilllegungen entschädigt werden. Kraftwerksbetreiber von Steinkohlekraftwerken sollen Stilllegungsprämien erhalten, deren Höhe auf Basis von Ausschreibungen am Markt ermittelt wird. Als nächster Schritt werden die gesetzlichen Änderungen für den **Ausbau der Erneuerbaren Energien** im Kabinett diskutiert werden.

BOX 4: Transformation in strukturschwachen Regionen

Die Einstellung der Bevölkerung in der Lausitz zum wirtschaftlichen Strukturwandel ist stark geprägt von den meist negativen Erfahrungen der hohen Arbeitslosigkeit im Zuge der deutschen Wiedervereinigung zu Beginn der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts. Innerhalb weniger Jahre sank die Zahl der Erwerbstätigen im Bereich Bergbau und Aufbereitung von 80.000 auf 8.000 (zur Prognose siehe Scholz et al., 2019). Die verbleibende Bevölkerung erlebte einen erheblichen demographischen Rückgang. In den letzten 25 Jahren ist die Bevölkerung in Teilen der Lausitz um fast ein Drittel geschrumpft. Diese Erfahrungen wurden als „Strukturbruch“ etikettiert und prägten die Erwartungen der Bevölkerung an einen weiteren Strukturwandel, insbesondere an einen klimapolitisch getriebenen Transformationsprozess. Diese Erfahrungen beziehen sich auf die gesamte wirtschaftliche Entwicklung und nicht nur auf die Kohleindustrie, wurden aber durch den geplanten Ausstieg aus der Kohleförderung in der Lausitz auf den Klimaschutz projiziert.

Der Protest derer, die sich durch die bestehenden wirtschaftlichen Differenzen zwischen alten und neuen Bundesländern zurückgelassen fühlen, wird auch an der Wahlurne zum Ausdruck gebracht. Der Stimmenanteil populistischer Parteien lag bei den Landtagswahlen in Brandenburg und Sachsen in 2019 bei rund 30 % der Stimmen und damit deutlich über dem nationalen Durchschnitt. Vor dem Ausstieg aus dem Braunkohleabbau und der Braunkohleverstromung orientierte sich die Regionalpolitik an konventionellen „ökonomischen Lehrbuchweisheiten“: Großstädte und wohlhabende Regionen waren die Hauptempfänger staatlicher Unterstützung. Vor dem Hintergrund der populistischen Welle und der existierenden wirtschaftlichen Ungleichheit brauchen die politischen Akteure nun dringend neue wirtschaftliche Konzepte, um die angekündigten Strukturhilfen auch für die Entwicklung der Randregionen, insbesondere der Lausitz zu nutzen.

Auf der neuen politischen Agenda steht nicht nur die Frage, wie viel Geld der Steuerzahler in peripheren Regionen im Vergleich zu Regionen mit einer höheren Wirtschaftsleistung ausgegeben werden soll, sondern auch, wie viel Geld diese Regionen produktiv aufnehmen können. Insbesondere besteht ein Spannungsverhältnis zwischen der Förderung von Forschungsaktivitäten auf der Angebotsseite (z. B. durch die Gründung neuer Forschungsinstitute) und der Fähigkeit der regionalen Wirtschaft, solche Impulse aufzunehmen und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und umzusetzen (Berger et al., 2019). Ein wichtiger Pfeiler der neuen Strategie ist eine Verbesserung der Infrastruktur, um die strukturschwachen Regionen näher an die großstädtischen Zentren zu rücken.

BOX 5: Positive und negative Lehren aus dem britischen Kohleausstieg

Großbritannien ist ein Beispiel für ein einst sehr kohleabhängiges europäisches Land, das trotzdem einen Kohleausstieg bis 2024 beschlossen hat und ein Gründungsmitglied der „Powering Past Coal Alliance“ ist. Der Anteil der Kohle an der Stromerzeugung sank von ca. 70% im Jahr 1990 auf etwa 30% im Jahr 2010 und erreichte 2018 weniger als 1% (UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2019). Diese schnelle Reduktion wurde durch die verhältnismäßig geringe verbliebende institutionelle Unterstützung durch Interessengruppen ermöglicht und kann somit aus klimapolitischer Sicht als sehr gutes Beispiel angeführt werden (Brauers et al., 2020).

Gleichzeitig ist Großbritannien aber auch ein Negativbeispiel für schlecht umgesetzten Strukturwandel. Der Staat zog die finanzielle Unterstützung in den 1980er Jahren zurück, als der Kohlebergbau unwirtschaftlich wurde (während die Deutsche Regierung den Steinkohlebergbau über 50 Jahre hinweg subventionierte (Oei, Brauers, et al., 2019)). Der resultierende Widerstand der britischen Bergleute wurde unterdrückt - allerdings nicht aus klimapolitischen, sondern aus politischen Gründen, um den Einfluss der Gewerkschaften zu verkleinern. Ohne einheimischen Kohlebergbau war der Widerstand gegen den Ausstieg aus der Kohleförderung in den folgenden Jahrzehnten dann vernachlässigbar gering. Die daraus resultierenden negativen sozioökonomischen Auswirkungen auf die Bergbauregionen bestehen jedoch bis heute (Brauers et al., 2020).

In den 2000er Jahren führte die britische Regierung zusätzliche nationale Umwelt- und Klimapolitik ein, darunter CO₂-Grenzwerte und einen CO₂-Mindestpreis, der bei einem zu starkem Abfall des EU-ETS-Preises für einen nationalen Preisaufschlag sorgte, sodass der anvisierte Mindestpreis nicht unterschritten wurde (einige, im internationalen Wettbewerb stehende, Industrien waren hiervon befreit). Durch das Setzen maximaler CO₂-Grenzwerte wurde der Neubau oder Nachbesserung (Retrofit) von Kohlekraftwerken verboten. Der CO₂-Mindestpreis verringerte zusätzlich die Wettbewerbsfähigkeit der verbleibenden Kohlekraftwerke. Hinzu kamen europäische Umweltverordnungen, die von den meist älteren Kohleanlagen ohne ausreichende Filteranlagen nicht eingehalten wurden. Dadurch wurden Unternehmen gedrängt Investitionen in erneuerbare Energien und Erdgasprojekte umzulenken. Kampagnen von NGOs trieben zusätzlich die öffentliche Befürwortung des Klimaschutzes an und die EU-Umweltgesetzgebung unterstützte die Maßnahmen auf nationaler Ebene (Brauers et al., 2020). Während Großbritannien erfolgreich die Interessen der Kohlewirtschaft überwand, verlagerte sich die Investitionstätigkeit der Unternehmen jedoch nicht vollständig auf erneuerbare Energien, sondern auch teilweise auf Erdgas, wodurch neue Abhängigkeiten von fossilen Energieträgern entstanden. Mit strengeren Klima- und Umweltvorschriften für neue Investitionen können „gestrandete Investitionen“ in solche nicht mehr benötigte und vermeintliche „Brückentechnologien“ in Zukunft jedoch verhindert werden.

4. VERTEILUNGSWIRKUNGEN DES AUSSTIEGS AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN ANGEHEN – DER SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG?

Bei der Gestaltung von Politiken zum Ausstieg aus fossilen Energieträgern ist es wichtig, verteilungspolitische Implikationen zu berücksichtigen. Politische Maßnahmen sind wichtig, um nachteilige Verteilungswirkungen auf Verbraucher und Produzenten abzumildern. In diesem Kapitel stellen wir wichtige Forschungsergebnisse zu solchen politischen Maßnahmen und Strategien zur Erhöhung der Akzeptanz von Klimapolitiken² vor. Dies ist im Zusammenhang mit den laufenden Diskussionen über eine sozial gerechte Transformation und einen gesamtgesellschaftlichen Zusammenhalt von großer Bedeutung.

4.1 VERTEILUNGSWIRKUNGEN DES AUSSTIEGS AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN AUF VERBRAUCHER UND HAUSHALTE

In Deutschland fallen 25 % des landesweiten Endenergieverbrauchs auf die Haushalte. Häufig wird befürchtet, dass Maßnahmen zur Emissionsminderung regressive Auswirkungen auf die Einkommensverteilung haben könnten, d. h. dass die einkommensschwächeren Haushalte überproportional belastet würden. Wirtschaftlich schwache Haushalte sind besonders belastet, da sie mehr als 5 % ihres verfügbaren Einkommens allein für Strom aufwenden müssen (Frondel et al., 2015). Ein weiteres Beispiel ist der Wohnbereich, der einen großen Teil des Energiebedarfs und der damit verbundenen Kosten für die Verbraucher ausmacht und somit besonders stark von einem möglichen Anstieg der Energiepreise (infolge der Energiewende) betroffen wäre. Es ist daher nicht verwunderlich, dass ein großer Teil der Bevölkerung die Kostenverteilung der Energiewende in Deutschland als ungerecht empfindet (Groh & Ziegler, 2018). Die Aussichten für die Energiewende in den kommenden Jahrzehnten deuten jedoch auf eine Trendwende hin. Die im letzten Jahrzehnt zu beobachtenden stark reduzierten Kosten für erneuerbare Energien sowie für Speichertechnologien dürften die Kosten der Energiewende und damit auch deren Auswirkungen auf die Energieverbraucher erheblich reduzieren. So scheinen die Verteilungseffekte zukünftiger Energiewendeszenarien³ in Deutschland moderat zu sein, wobei der Anteil der Stromausgaben der Haushalte im Verhältnis zu anderen Verbrauchsausgaben leicht zurückgehen wird (Blaufuß et al., 2019; Pothen & Hübler, 2018).

Unterschiedliche Politiken, wie z. B. die Festsetzung von Emissionspreisen, können in verschiedenen Ländern ganz unterschiedliche Verteilungswirkungen haben (Steckel et al., in prep.). Ein länderübergreifender Vergleich der Verteilungseffekte, die zu erwarten

2 Wir richten uns hier nach der Definition der Leitlinien für eine bessere Rechtsetzung der Europäischen Union (<https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/better-regulation-guidelines.pdf>), die unter Fairness (unter den Kriterien für die Bewertung der Effizienz von Politiken und Maßnahmen) versteht, dass die Verteilung von Kosten und Nutzen unter den betroffenen Interessengruppen als akzeptabel angesehen wird. Wir erkennen jedoch an, dass Fairness ein komplexes, mehrdimensionales Konzept ist. Die hier erwähnten Projektergebnisse berücksichtigen nur eine begrenzte Anzahl von Dimensionen der Fairness und der wahrgenommenen Fairness der Politiken.

3 Das hier untersuchte Szenario (Zukunftsentwicklungsszenario FDS5) geht von einer erfolgreichen sektorübergreifenden deutschen Energiewende aus, bei der bis 2050 nahezu 100 % des Stroms aus erneuerbaren Energien stammen. Dies beinhaltet einen vollständigen Ausstieg aus der Kernenergie und einen weitgehenden Ausstieg aus der Kohle, begleitet von einer Kohlenstoffbesteuerung in den verbleibenden Sektoren. Im Ergebnis sinken die gesamten CO₂-Emissionen Deutschlands bis 2050 gegenüber 2011 um rund 75 %.

wären, wenn ein CO₂-Preis auf nationaler Ebene durchgesetzt würde (Dorband et al., 2019), macht deutlich, dass diese Politik für Länder mit einem Pro-Kopf-Einkommen unter 15.000 US-Dollar (bei KKP-bereinigten USD 2011) sogar dazu führen könnte, dass die ärmsten Bevölkerungsschichten proportional weniger belastet würden (progressive Verteilungswirkung). Dies wird durch eine kürzlich durchgeführte Meta-Analyse der verfügbaren akademischen Literatur bestätigt (Ohlendorf et al., 2018), die zu dem Ergebnis kommt, dass die CO₂-Preisgestaltung in ärmeren Ländern mit größerer Wahrscheinlichkeit zu progressiven Ergebnissen führt als in reicheren Ländern. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den analysierten Ländern mit niedrigem Einkommen die ärmsten Bevölkerungsschichten einen geringen Energieverbrauch haben, während wohlhabendere Teile der Bevölkerung eher über Güter verfügen, die Energie verbrauchen, wie z. B. Autos oder Elektrogeräte.

Verteilungsfragen können nicht nur zwischen Einkommensgruppen, sondern auch zwischen Ländern oder Regionen innerhalb von Ländern auftreten. In Indien beispielsweise befinden sich die Kohlevorkommen in relativ armen, nordöstlichen Bundesstaaten, während die vielversprechendsten Solarstandorte in vergleichsweise wohlhabenden westlichen Bundesstaaten liegen, sodass ein Übergang von Kohle zu Solar eindeutig Gewinner und Verlierer hervorbringen würde (Ordonez et al., in prep.). Auch in Deutschland hat in den letzten Jahren eine gewisse Verschiebung von den Kohleregionen (insb. in NRW, Brandenburg, Sachsen) zu PV-Regionen in Süddeutschland und Windregionen in Norddeutschland stattgefunden (von Hirschhausen et al., 2018).

Rückerstattung der Einnahmen an Haushalte, um Verteilungswirkungen auszugleichen

Umverteilungspolitiken können eine wichtige Rolle spielen, wenn es darum geht, eine unverhältnismäßig starke Auswirkung der Klimapolitik auf ärmere Haushalte zu vermeiden. Auf diese Weise können klimapolitische Ziele mit vergleichsweise geringeren Belastungen oder sogar Vorteilen für einkommensschwache Haushalte erreicht werden. Dabei können Synergien mit anderen gesellschaftlichen und politischen Zielen ausgeschöpft werden, die über die Emissionsreduzierung hinausgehen.

Gleichzeitig können Klimapolitiken, wenn sie ohne Berücksichtigung möglicher unerwünschter Verteilungseffekte umgesetzt werden, den Fortschritt bei der Verwirklichung wichtiger Ziele der nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development Goals, abgekürzt SDGs) verlangsamen. Zum Beispiel untersuchen Sörgel et al. (in prep.) unerwünschte Nebenwirkungen eines 1,5°C-Minderungsszenarios auf die Armutsbekämpfung in Entwicklungsländern. Die Einführung eines hohen CO₂-Preises ohne Umverteilungspolitik könnte dazu führen, dass allein durch erhöhte Energie- und Nahrungsmittelausgaben Millionen von Menschen zusätzlich in Armut verblieben, wobei die armen Haushalte in Subsahara-Afrika am stärksten betroffen wären (siehe Soergel et al., in prep.). Diese Analyse bezieht jedoch nicht die Verteilungseffekte von Klimaschäden ein, die ebenfalls arme Haushalte am stärksten treffen würden – und den vorherigen Effekt somit ausgleichen oder sogar übersteigen könnten.

Durch die Verteilung der Einnahmen aus einem CO₂-Preis auf gleicher Pro-Kopf-Basis oder progressiv im Einkommen kann Klimapolitik auch gleichzeitig Armut reduzieren. Würden zudem auch die Vorteile aus den verringerten Klimaschäden und die positiven Nebeneffekte von Klimaschutzmaßnahmen (z. B. reduzierte Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzung; siehe Kapitel 2.4 und Rauner et al., 2020) berücksichtigt,

würden die daraus resultierenden Synergien die verbleibenden Zielkonflikte zwischen ehrgeizigen Klimaschutzzielen und anderen SDGs überwiegen.

Erkenntnisse aus verschiedenen Ländern zeigen, dass sich unterschiedliche politische Instrumente zum Ausgleich möglicher Verteilungswirkungen für die Klimaschutzpolitik anbieten. Im Falle von Politiken, die entweder einen Preis für Treibhausgasemissionen oder geringere Subventionen für fossile Energieträger vorsehen, können die Einnahmen rückerstattet werden, um Verteilungswirkungen auszugleichen (Malerba et al., in prep.). Die Einnahmen könnten auch für Investitionen in die öffentliche Infrastruktur, wie Bildung und Gesundheitsversorgung, oder für den Ausbau der sozialen Sicherheit verwendet werden. Franks et al. (2018) zeigen auf, dass Maßnahmen zur Festsetzung eines CO₂-Preises, der dem 2°C-Temperaturziel entspricht, ausreichende Einnahmen bringen würden, um einen wesentlichen Teil des Investitionsbedarfs zur Erreichung der SDGs zu finanzieren, insbesondere in Ländern mit mittlerem Einkommen, z. B. in Südostasien.

Eine Analyse für die OECD-Länder zeigt, dass negative Verteilungswirkungen im Zusammenhang mit einem CO₂-Preis ebenfalls durch eine angemessene Rückverteilung gemildert oder sogar umgekehrt werden können. Beispielsweise finden Edenhofer et al. (2019) für Deutschland, dass nachteilige Verteilungswirkungen des Klima-Pakets, welches einen CO₂-Preis für Nicht-ETS-Sektoren (Verkehr, Gebäude und kleine und mittlere Unternehmen) vorsieht, durch pauschale Rückerstattung (Klimadividende, siehe Abbildung 5) vermieden werden könnten. Pauschale Rückerstattungen oder soziale Abfederungen könnten auch bei der Einführung höherer Energiesteuern deren Akzeptabilität in der Bevölkerung erhöhen (Carattini et al., 2017).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Umverteilungsmaßnahmen wie die Rückerstattung der Einnahmen aus der CO₂-Steuer dazu beitragen können, diejenigen Menschen zu unterstützen, die am stärksten von den Auswirkungen des Klimawandels oder von Klimaschutzmaßnahmen betroffen sind – und somit auch die Akzeptanz für Klimaschutzmaßnahmen erhöhen können.

Das „Klimapaket“ wurde im November 2019 vom Bundestag verabschiedet und anschließend in Verhandlungen mit dem Bundesrat gestärkt. Es wurde schließlich im Dezember 2019 von beiden Kammern verabschiedet und trat Anfang 2020 in Kraft. Es enthält ein „Klimaschutzprogramm 2030“, das ein **Emissionsminderungsziel von -55% in 2030** gegenüber 1990 festlegt, Zeitpläne für die Emissionsminderung in den einzelnen Sektoren beschreibt und Mechanismen zur bedarfsgerechten Anpassung der Emissionsminderungsmaßnahmen einführt, darunter einen Sachverständigenrat für Klimafragen zur Überwachung der Fortschritte. Das Gesetz wurde von einem Umsetzungspaket begleitet, das unter anderem beinhaltet (i) **die Einführung eines CO₂-Preises** für fossile Brennstoffe, die in die Verkehrs-, Gebäude- und Industriesektoren gelangen, (ii) Investitionen in CO₂-arme Technologien, den Schienenverkehr und den öffentlichen Personennahverkehr, (iii) Subventionen für den Ersatz von Ölheizungen, und (iv) Lenkungsinstrumente im Mobilitätsbereich wie eine leichte Erhöhung der Flugverkehrssteuer, eine Senkung der Mehrwertsteuer für Bahnfahrten von 19% auf 7% und eine Erhöhung der Subventionen für den Kauf von Elektroautos. Der CO₂-Preis sollte ursprünglich bei 10€/tCO₂ im Jahr 2021 beginnen und auf 35€/tCO₂ steigen, was dann in Verhandlungen zwischen den beiden Kammern auf 25€/tCO₂ im Jahr 2021 und auf 55€/tCO₂ im Jahr 2025 erhöht wurde. Das Paket umfasst eine Reihe von **Ausgleichsmaßnahmen**, die teilweise durch die CO₂-Preiseinnahmen finanziert werden. Dazu gehören eine Senkung des Strompreiszuschlags zur Förderung erneuerbarer Energien (EEG-Umlage; derzeit 6,75Cent/kWh) um 1,75Cent/kWh im Jahr 2021 (ursprünglich vorgeschlagen 0,25Cent/kWh), die bis 2025 auf eine Senkung von 4,65Cent/kWh (ursprünglich 0,875Cent/kWh) ansteigt, sowie eine Erhöhung des Wohngeldes für Haushalte mit geringem Einkommen und eine Erhöhung der Pendlerpauschale. Die Kompensationsmaßnahmen wurden in den Verhandlungen zwischen den beiden Kammern verstärkt, insbesondere die Reduzierung der „EEG-Umlage“, durch die die Belastung der Haushalte mit niedrigem und mittlerem Einkommen durch das Klimapaket erheblich gemildert wurde (Abbildung 5).

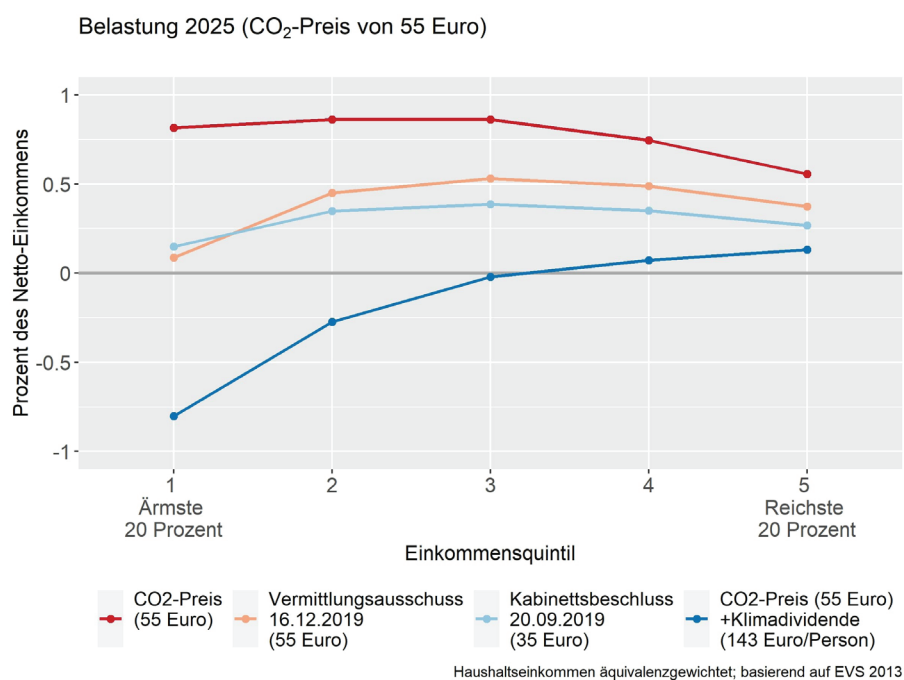


Abbildung 5 zeigt die Belastung der Haushalte im Jahr 2025 auf Basis des Kabinettsbeschlusses im September 2019 (hellblaue Linie) gegenüber der durch den Vermittlungsausschuss beschlossenen Maßnahmen (orange). Trotz eines höheren CO₂-Preises (55€ statt 35€ im Jahr 2025) steigt die Belastung für alle Einkommensgruppen nur geringfügig und für untere Einkommen gar nicht, u. a. da ausgleichende Maßnahmen wie eine Senkung der EEG-Umlage vorgesehen sind. Die rote Linie zeigt den Effekt eines CO₂-Preises von 55€ als Prozentsatz des Nettoeinkommens ohne ausgleichende Maßnahmen. Die dunkelblaue Linie weist auf die Auswirkungen durch eine Rückerstattung in Form einer „Klimadividende“ hin. Diese Option hätte einen stark progressiven Effekt (Edenhofer et al. 2019).

4.2 AUSWIRKUNGEN DES AUSSTIEGS AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN AUF UNTERNEHMEN UND BESITZER FOSSILER ENERGIETRÄGER

Um einen Ausstieg aus fossilen Energieträgern zu erreichen, können verschiedene klimapolitische Instrumente und Maßnahmen angewandt werden, darunter beispielsweise Moratorien zur Kohleförderung und -nutzung, Regulierungsvorschriften, CO₂-Steuern und Emissionshandelssysteme. Solche Politikmaßnahmen vermindern den Wert von fossilen Ressourcen, was deren Eigentümern schadet. Aber nicht nur Eigentümer fossiler Ressourcen sind betroffen. Auch beispielsweise Teile der Infrastruktur im Energiesektor und energieintensive Industrieanlagen drohen an Wert zu verlieren und zu „Stranded Assets“ zu werden (Ploeg & Rezai, 2019).

Während verschiedene politische Maßnahmen theoretisch gleichermaßen effizient sind, können sie sich im Hinblick auf ihre Verteilungseffekte für Unternehmen und Besitzer fossiler Energieträger erheblich unterscheiden (Hübler & Löschel, 2013; Muttitt & Kartha, 2020). Mit Maßnahmen, die darauf abzielen, das Angebot an fossilen Energieträgern zu reduzieren (z. B. Moratorien für die Ausweitung von Explorations- und Förderaktivitäten), würden die Marktpreise steigen und die Produzenten für ihre verbleibende Produktionsmenge besser bezahlt werden. Im Gegensatz dazu reduzieren nachfrageseitige Politiken, wie beispielsweise eine CO₂-Steuer, die Nachfrage nach fossilen Brennstoffen und senken dadurch die Preise, die den Produzenten gezahlt werden (Asheim et al., 2019).

Entschädigungen für Unternehmen, Besitzer fossiler Energieträger und betroffene Regionen

Das Ausmaß der Auswirkungen von Klimapolitiken auf energieintensive Unternehmen und Besitzer fossiler Energieträger kann entscheidend für deren realpolitische Umsetzbarkeit sein, da größere Verluste für Unternehmen und Besitzer fossiler Energieträger zu stärkerem politischen Widerstand von organisierten Interessengruppen führen und

die Umsetzung der Politik behindern dürften (Meng & Rode, 2019; Persson, 1998). Das Gleiche gilt für Regionen und Länder, die in hohem Maße von der Gewinnung fossiler Energieträger abhängig sind und von einem Ausstieg aus fossilen Energieträgern unverhältnismäßig stark betroffen wären (siehe Kapitel 3).

Um diesen Verteilungseffekten von Klimapolitiken entgegenzuwirken und damit deren Umsetzung zu erleichtern und zu beschleunigen, können sie mit Entschädigungszahlungen an stark betroffene Akteure (z. B. Unternehmen, Regionen) kombiniert werden. Ein Problem solcher Kompensationszahlungen besteht jedoch darin, dass große Teile des Nutzens aus gemilderten Klimaschäden in der Zukunft – und zum Teil auch global – entstehen, während die Kosten der Kompensation von entgangenen (zukünftigen) Gewinnen bereits zum Zeitpunkt der Umsetzung – und größtenteils lokal – anfallen (Hagen et al., 2019). Die Notwendigkeit, der Umfang und die Form solcher Kompensationszahlungen müssen sorgfältig abgewogen werden, um unbeabsichtigte Folgen zu vermeiden, die die Wirksamkeit oder die öffentliche Wahrnehmung der Fairness der Politik schmälern. So sind beispielsweise der Umfang und die Notwendigkeit der geplanten Kompensationen an einige Kohleunternehmen, die sich aus der deutschen Kohleausstiegsregelung ergeben, von einigen Akteuren als zu hoch kritisiert worden (siehe Box zum Kohleausstiegsgesetz) (Matthes et al., 2020).

Je nach moralischem Standpunkt könnte ebenfalls argumentiert werden, dass die Besitzer fossiler Brennstoffe für entstehende Klimaschäden haftbar gemacht werden sollten, anstatt Entschädigungen zu erhalten, da sie für diese erheblich mitverantwortlich sind („Verursacherprinzip“) (Ploeg & Rezai, 2019).

In einer kürzlich veröffentlichten Studie (Sen & von Schickfus, 2020) wird ein Beispiel für einen weiteren problematischen Nebeneffekt potenzieller Entschädigungszahlungen gegeben. Die Autoren analysieren die schrittweise Entwicklung des ursprünglichen Vorschlags einer Klimaabgabe („Klimabeitrag“) in Deutschland und seine Auswirkungen auf die Bewertung von Energieversorgungsunternehmen. Dabei stellen sie fest, dass Investoren das Risiko von „Stranded Assets“ in Betracht ziehen, aber auch erwarten, für den vorzeitigen Verlust ihrer Vermögenswerte entschädigt zu werden. Solche Erwartungen könnten zu einer „CO₂-Blase“ überbewerteter, von fossilen Energieträgern abhängiger Unternehmen führen (Carbon Tracker Initiative, 2011; Delis et al., 2019). Eine stringenter Klimapolitik könnte dann zu einem plötzlichen Verlust fossiler Vermögenswerte führen (Hagen et al., 2019; Sen & von Schickfus, 2020). Dadurch entstehen Risiken finanzieller Instabilität, die von Finanzregulatoren (z. B. Carney, 2015) und Wissenschaftler:innen (z. B. Battiston et al., 2017; Ploeg & Rezai, 2019) erkannt werden und auch Unternehmen und Besitzer fossiler Energieträger beeinflussen.

Der deutsche „**Klimabeitrag**“ wurde im März 2015 mit dem Ziel der Stilllegung von Braunkohle-
verstromungskapazitäten öffentlich angekündigt. Der Vorschlag sah in einer ersten Phase die Erhebung einer Zusatzabgabe auf CO₂-Emissionen aller Kraftwerksblöcke vor, die älter als 20 Jahre sind und deren Emissionen eine bestimmte jährliche Schwelle überschreiten (Abgabenfreiheit), die nur von Braunkohlekraftwerken übertroffen wird. Aufgrund des Widerstandes der Industrie wurde diese Regelung letztlich nicht genehmigt und stattdessen im Juli 2015 die Zahlung von Prämien für eine sog. Sicherheitsbereitschaft für im Gegenzug danach stillgelegte Braunkohlekapazitäten vereinbart und eingeführt.

4.3 WAHRNEHMUNG DER FAIRNESS UND AKZEPTABILITÄT VON KLIMAPOLITIK

Mögliche regressive Verteilungswirkungen von Klimapolitiken werden häufig als ungerecht kritisiert und schüren den Widerstand gegen klimapolitische Maßnahmen (z. B. Frondel et al., 2017). Auch in Deutschland wurde daher im Rahmen der Diskussionen zum Klimapakete eine stärkere Belastung von ärmeren Haushalten und insbesondere Berufspendler:innen stark thematisiert. Aus der Forschung kamen daher zahlreiche Vorschläge, um dies bspw. durch eine Klimadividende abzufedern (Bach et al., 2020; Edenhofer et al., 2019) (Abbildung 5). Cai et al. (2010) zeigen, dass die Kostenverteilung der Klimapolitik die Befürwortung der Bürger beeinflusst. Rivers and Schaufele (2015) zeigen, dass die Einführung einer CO₂-Steuer in Britisch-Kolumbien in der Öffentlichkeit vor allem durch die Senkung der Steuer für Haushalte mit niedrigem Einkommen Akzeptanz fand. In ähnlicher Weise stellen Andor und Kollegen (2018) fest, dass eine Reduzierung der überproportionalen Belastung einkommensschwacher Haushalte (im Vergleich zu Haushalten mit höherem Einkommen) für die Förderung erneuerbarer Energien die Zahlungsbereitschaft der Haushalte für Ökostrom deutlich erhöhen würde. Die Debatte um das deutsche Klimapakete machte deutlich, dass die wahrgenommene Belastung insbesondere unterer Einkommensgruppen durch einen CO₂-Preis ein wichtiger Aspekt seiner Akzeptabilität in der Bevölkerung ist. Die Anpassung des Klimapakets zeigt dabei, dass ein CO₂-Preis niedrige Einkommen keineswegs überproportional belasten muss, wenn das Instrument gut ausgestaltet ist. So konnte die überproportionale Belastung niedriger Einkommen unter anderem durch die Absenkung der EEG-Umlage vermieden werden (siehe Abbildung 5 und Box zum Klimapakete).

Eine als ungerecht empfundene Kostenverteilung stellt also eine Barriere für die erfolgreiche Umsetzung klimapolitischer Maßnahmen, wie den Ausstieg aus fossilen Energieträgern, dar. Es ist daher wichtig zu untersuchen, wie die Kostenverteilung so gestaltet werden könnte, dass sie als gerecht empfunden wird. Internationale Erfahrungen zeigen, dass zur Erhöhung (oder Aufrechterhaltung) der politischen Unterstützung für Dekarbonisierungsmaßnahmen zwei Überlegungen von besonderer Bedeutung für die Gestaltung der Politik sind: (1) die sorgfältige Berücksichtigung der Fähigkeit der Haushalte, die Last der steigenden Energiekosten zu tragen und (2) die wahrgenommene Fairness bei der Verteilung der Lasten.

Die Fähigkeit der Haushalte, die Lasten zu tragen: Neuere Forschungsergebnisse haben dokumentiert, dass die Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen der Energiekosten von mehreren Faktoren abhängt, darunter das Haushaltseinkommen, der Wohnort und die makroökonomischen Bedingungen. Einkommen und Wohnort sind besonders wichtig, da sie das Spektrum der Maßnahmen bestimmen, die die Haushalte ergreifen können, um Preiserhöhungen zu verkraften, sei es durch den Kauf effizienterer Geräte als Reaktion auf Strompreiserhöhungen (Frondele et al., 2019; Schulte & Heindle, 2017) oder durch den Umstieg auf den öffentlichen Nahverkehr oder nicht motorisierte Verkehrsmittel als Reaktion auf Kraftstoffpreissteigerungen (Frondele & Vance, 2011, 2017). Frondele und Vance (2017) stellen zum Beispiel fest, dass höhere Kraftstoffkosten mit einer höheren Wahrscheinlichkeit der Fahrradnutzung verbunden sind und dass das Ausmaß dieses Effekts bei Menschen, die in städtischen Gebieten wohnen, deutlich stärker ist. Für Haushalte, die mit finanziellen oder standortbezogenen Einschränkungen konfrontiert sind, können Kompensationsmaßnahmen –

wie z. B. Subventionen für Gerätekäufe, vergünstigte Nahverkehrspässe oder direkte Geldtransfers – ihre Anfälligkeit für Energiepreisschocks aufgrund von Klimaschutzpolitiken verringern. Ein deutliches Beispiel hierfür ist die Umsetzung steigender CO₂-Preise für den Verkehrs- und Wärmesektor in Deutschland. Obwohl sie im Vergleich zu Niveaus, die die Verbraucher zu substanziellen Verhaltensänderungen ermutigen, sehr niedrig sind (Bach et al., 2020), benötigen sie für ihre Umsetzung zusätzliche Mechanismen zur Unterstützung ärmerer Haushalte (Ismer et al., 2019).

Neben der Kompensation haben Mechanismen zur Erhöhung der Bürgerbeteiligung im Klimaschutz ein enormes Potenzial, die Akzeptanz der Energiewende zu erhöhen. Dabei sollten Instrumente auf die Zielgruppe angepasst werden. Häufig sind reine Informationskampagnen zur Steigerung der Akzeptanz vergeblich, da die Menschen ihre ursprünglichen Einstellungen eher selten ändern (Shamon et al., 2019). Akzeptanz wird auch von sozialen und psychologischen Faktoren wie sozialen Netzwerken (Jäger, 2006; Wolske et al., 2017), Peer-Effekten (Bollinger & Gillingham, 2012; Palm, 2016, 2017; Rai & Robinson, 2013), Vertrauen und örtliche Verbundenheit (Perlaviciute & Steg, 2014) beeinflusst, was wiederum die Bedeutung partizipativer Ansätze unterstreicht.

Wahrgenommene Fairness der Lastenverteilung: Studien, die sich auf die Kostenverteilung in der Bevölkerung konzentrieren, finden deutliche Hinweise auf Präferenzen für eine Kostenverteilung nach der „ability to pay“-Regel, d. h. eine Kostenverteilung im Verhältnis zum Einkommen (z. B. Brännlund und Persson (2012) für schwedische Haushalte, Gevrek und Uyduranoglu (2015) für türkische Haushalte, Frondel et al. (2017) für deutsche Haushalte) oder eine Kostenverteilung nach dem Verursacherprinzip, d. h. eine Kostenverteilung in Relation zu den Emissionen, die auch die effizienteste Regel ist (z. B. Hammar und Jagers (2007) für schwedische Haushalte). Im direkten Vergleich zeigt sich, dass die Verursacherregel gegenüber der Zahlungsfähigkeitsregel von der Bevölkerung vorgezogen wird (z. B. Groh & Ziegler, 2018; Ščasný et al., 2017).

Obwohl etabliert ist, dass die Kopplung von Klimapolitiken mit Umverteilungspolitiken zum Ausgleich potenziell negativer Verteilungseffekte die öffentliche Unterstützung für diese Politiken erhöhen kann, zeichnen historische Fälle ein nuancierteres Bild der öffentlichen Akzeptanz. Im Falle Deutschlands ist die öffentliche Unterstützung für die Energiewende trotz der Tatsache, dass die Haushalte einen beträchtlichen Teil der Kosten getragen haben, dauerhaft geblieben, wobei die meisten Umfragen eine solide Mehrheit für die öffentliche Finanzierung erneuerbarer Energiequellen ergeben haben (Andor et al., 2017; Setton, 2019).

Im Gegensatz dazu haben die Reformen zur Reduktion von Treibstoffsubventionen, die 2012 in Nigeria (Dorband et al., in prep.) und 2019 in Ecuador (Schaffitzel et al., 2020)⁴ durchgeführt wurden, zu Massenprotesten und Streiks geführt, die in beiden Fällen zu einer (zumindest teilweisen) Revision führten. In diesen Fällen lässt sich der Widerstand nicht vollständig durch die Verteilungswirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen erklären. Im Fall von Nigeria legt die Analyse nahe, dass die Einführung

4 Im Jahr 2012 kündigte Nigeria die Abschaffung einer Benzinsubvention an – was die Kosten an der Zapfsäule mehr als verdoppelte – was zu Arbeitsstreiks und landesweiten Protesten gegen diese Politik führte. In Ecuador kündigte die Regierung im Oktober 2019 die Abschaffung der Subventionen für Benzin und Diesel als Teil eines größeren Sparpakets an, das als Reaktion auf ein Darlehen des Internationalen Währungsfonds, das an Steuerreformen geknüpft war, initiiert worden war. Dies hatte zur Folge, dass die Benzinpreise um 25% stiegen und die Dieselpreise sich in etwa verdoppelten, woraufhin etwa zwei Wochen lang massive gewalttätige Proteste stattfanden.

eines CO₂-Preises und die Verwendung der damit verbundenen Einnahmen für den Ausbau der Infrastruktur dazu führen würde, dass einkommensschwächere Haushalte eine relativ geringere Preisbelastung zu tragen hätten, während sie gleichzeitig in den Genuss eines verbesserten Zugangs zur Infrastruktur, wie z. B. zur Wasser-, Sanitär-, Elektrizitäts- und Telekommunikationsinfrastruktur, kämen. In ähnlicher Weise könnten in Ecuador durch den Wegfall der Subventionen für Erdölprodukte genügend finanzielle Mittel frei werden, um die Programme der sozialen Sicherheit so auszuweiten, dass das Realeinkommen des ärmsten Quintils um 10% steigen würde, während gleichzeitig mehr als 1,3 Milliarden US-Dollar für den stark angespannten öffentlichen Haushalt übrig blieben (Schaffitzel et al., 2020). Im Vergleich zu einem Industrieland wie Deutschland mit hohen mittleren Haushaltseinkommen und damit vergleichsweise geringen Energiekosten, befinden sich Teile der Bevölkerung in Schwellenländern wie Nigeria oder Ecuador an oder unter der Armutsgrenze und sind damit unmittelbar von günstigen Treibstoffpreisen abhängig, sodass der mittelfristige Vorteil einer verbesserten Infrastruktur kurzfristig wenig relevant erscheint.

Diese Beispiele zeigen, dass auch bei Berücksichtigung von Gerechtigkeitsaspekten die öffentliche Unterstützung durch länderspezifische Faktoren, wie z. B. geringes Vertrauen in die Regierung, Eigeninteressen relevanter Interessengruppen oder Kommunikationskampagnen politischer Gegner, negativ beeinflusst werden kann. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Verteilungswirkungen eingebettet in einen größeren politisch-ökonomischen Rahmen zu analysieren, um die Akzeptanz von Klimapolitiken zu verstehen. Trotzdem bleibt eine gerechte Umsetzung der Politik eine wichtige Voraussetzung für den politischen Erfolg.

5. FAZIT

In den vorherigen Kapiteln wurden eine Reihe von Forschungsergebnissen zum Thema „Ausstieg aus fossilen Energieträgern“ dargelegt. Diese zeigen, dass ein rascher Ausstieg aus fossilen Energieträgern essentiell für die Erreichung der Klimaziele ist und beschreiben, wie ein solcher Ausstieg für die verschiedenen fossilen Brennstoffe ablaufen kann.

Zudem wurden verschiedene Politikinstrumente zum Ausstieg aus fossilen Energieträgern diskutiert, und politische Hürden für ihre Umsetzung beschrieben. Zu den Instrumenten gehören die Abschaffung der Subventionen für fossile Energieträger, ein Preis auf CO₂-Emissionen, gezielte Ausstiegspläne, Moratorien für Kohleförderung und Nutzung, ein starker Ausbau von erneuerbarer Energieinfrastruktur und Anreizschaffung für Investitionen in grüne Technologien. Sektorale und nationale Maßnahmen sollten sektorübergreifend und auf europäischer und internationaler Ebene koordiniert werden, um einer Verlagerung der fossilen Energienutzung zwischen Sektoren und Ländern vorzubeugen.

Weitere entscheidende politische Maßnahmen für die Umsetzung eines Ausstiegs aus fossilen Energieträgern betreffen den Ausgleich negativer Verteilungswirkungen. Um globales Handeln zur Erreichung der Pariser Klimaziele zu befördern werden internationale Mechanismen zur Lastenteilung zwischen Ländern benötigt. In den Entwicklungsländern darf ein Ausstieg aus fossilen Energieträgern nicht zu einer Verlangsamung des Ausbaus der Energieversorgung führen. Zudem sollte innerhalb eines Landes sichergestellt werden, dass den Regionen und Gemeinden, in denen

fossile Energieträger produziert werden, Möglichkeiten geboten werden, sich eine neue Lebensgrundlage zu schaffen. Auf der Verbraucherseite sind Umverteilungsmaßnahmen wichtig, um einkommensschwache Haushalte durch Energiepreiserhöhungen so wenig wie möglich zu belasten. Beteiligt man die Bevölkerung an der Entwicklung lokal angepasster Lösungen, wird dies zu höherer Akzeptanz führen, was wiederum die politischen Erfolgchancen erhöht.

Derzeit bieten die weltweiten COVID-19-Konjunkturpakete eine Gelegenheit Synergien zwischen diesen Konjunkturpaketen und nationalen Klimaschutzpaketen sowie der Umsetzung des EU Green Deals zu nutzen. Dies könnte die Umsetzung von Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele erleichtern und beschleunigen.

Diesem Hintergrundpapiers vorangestellt ist eine Zusammenfassung der Kernaussagen und der daraus resultierenden politischen Empfehlungen.

Referenzen

- | Andor, M. A., Frondel, M., & Sommer, S. (2018). Equity and the willingness to pay for green electricity in Germany. *Nature Energy*, 3(10), 876–881. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0233-x>
- | Andor, M. A., Frondel, M., & Vance, C. (2017). Germany's Energiewende: A Tale of Increasing Costs and Decreasing Willingness-To-Pay. *The Energy Journal*, 38(KAPSARC Special Issue).
- | Asheim, G. B., Fæhn, T., Nyborg, K., Greaker, M., Hagem, C., Harstad, B., Hoel, M. O., Lund, D., & Rosendahl, K. E. (2019). The case for a supply-side climate treaty. *Science*, 365(6451), 325–327. <https://doi.org/10.1126/science.aax5011>
- | Bach, S., Isaak, N., Kampfmann, L., & Kemfert, C. (2020). Nachbesserungen beim Klimapaket richtig, aber immer noch unzureichend – CO₂-Preise stärker erhöhen und Klimaprämie einführen. DIW Berlin. https://www.diw.de/de/diw_01.c.739544.de/publikationen/diw_aktuell/2020_0027/nachbesserungen_beim_klimapaket_richtig__aber_immer_noch_unz_____co2-preise_staerker_erhoehen_und_klimapraemie_einfuehren.html
- | Bardhan, P. (2002). Decentralization of Governance and Development. *Journal of Economic Perspectives*, 16(4), 185–205. <https://doi.org/10.1257/089533002320951037>
- | Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F., & Visentin, G. (2017). A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, 7(4), 283–288. <https://doi.org/10.1038/nclimate3255>
- | Bauer, N., Bertram, C., Schultes, A., Klein, D., Kriegler, E., Luderer, G., Popp, A., & Edenhofer, O. (forthcoming). Quantification of an efficiency-sovereignty trade-off in climate policy. *Nature*.
- | Bauer, N., Mouratiadou, I., Luderer, G., Baumstark, L., Brecha, R. J., Edenhofer, O., & Kriegler, E. (2016). Global fossil energy markets and climate change mitigation – an analysis with REMIND. *Climatic Change*, 136(1), 69–82. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0901-6>
- | Berger, W., Lademann, S., Schellenbach, J., Weidner, S., Zundel, S. (2019). Standortpotenziale Lausitz: Studie im Auftrag der Zukunftswerkstatt Lausitz. https://zw-lausitz.de/fileadmin/user_upload/01-content/03-zukunftswerkstatt/02-downloads/studie-standortpotenziale-lausitz.pdf
- | Blaufuß, C., Dumeier, M., Kleinau, M., Krause, H., Minneman, J., Nebel-Wenner, M., Reinhold, C., Schwarz, J. S., Wille, F., Witt, T., Busse, C., Eggert, F., Engel, B., Geldermann, J., Hofmann, L., Hübler, M., Lenhoff, S., Sonnenschein, M., & Seidel, J. (2019). Development of a Process for Integrated Development and Evaluation of Energy Scenarios for Lower Saxony – Final Report of the Research Project NEDS – Nachhaltige Energieversorgung Niedersachsen. OFFIS e.V. <https://www.offis.de/offis/publikation/development-of-a-process-for-integrated-development-and-evaluation-of-energy-scenarios-for-lower-saxony-final-report-of-the-research-project-neds-nachhaltige-energieversorgung-niedersachsen.html>
- | Bódis, K., Kougias, I., Taylor, N., & Jäger-Waldau, A. (2019). Solar Photovoltaic Electricity Generation: A Lifeline for the European Coal Regions in Transition. *Sustainability*, 11(13), 3703. <https://doi.org/10.3390/su11133703>
- | Bollinger, B., & Gillingham, K. (2012). Peer Effects in the Diffusion of Solar Photovoltaic Panels. *Marketing Science*, 31(6), 900–912.
- | Boons, F., Browne, A., Burgess, M., Ehgartner, U., Hirth, S., Hodson, M., Holmes, H., Hoolohan, C., McMeekin, A., MacGregor, S., Mylan, J., Oncini, F., Paterson, M., Rödl, M., Sharmina, M., Warde, A., Welch, D., Wieser, H., Yates, L., & Ye, C. (2020). Covid-19, changing social practices and the transition to sustainable production and consumption. Sustainable Consumption Institute.
- | BP (2020). Statistical Review of World Energy 2020. British Petroleum p.l.c. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>
- | Brannlund, R., & Persson, L. (2012). To tax, or not to tax: Preferences for climate policy attributes. *Climate Policy*, 12(6), 704–721. <https://doi.org/10.1080/14693062.2012.675732>
- | Brauers, H., Oei, P.-Y., & Walk, P. (2020). Comparing coal phase-out pathways: The United Kingdom's and Germany's diverging transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*.

- | Burniaux, J.-M., & Château, J. (2011). Mitigation Potential of Removing Fossil Fuel Subsidies: A General Equilibrium Assessment. <https://doi.org/10.1787/5kgdx1jr2plp-en>
- | Burniaux, J.-M., & Chateau, J. (2014). Greenhouse gases mitigation potential and economic efficiency of phasing-out fossil fuel subsidies. *International Economics*, 140, 71–88.
- | Cai, B., Cameron, T. A., & Gerdes, G. R. (2010). Distributional Preferences and the Incidence of Costs and Benefits in Climate Change Policy. *Environmental and Resource Economics*, 46(4), 429–458. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9348-7>
- | Carattini, S., Baranzini, A., Thalmann, P., Varone, F., & Vöhringer, F. (2017). Green Taxes in a Post-Paris World: Are Millions of Nays Inevitable? *Environmental & Resource Economics*, 68(1), 97–128.
- | Carbon Tracker Initiative. (2011). Unburnable Carbon: Are the World's Financial Markets Carrying a Carbon Bubble? Carbon Tracker Initiative. <https://carbontracker.org/reports/carbon-bubble/>
- | Carney, M. (2015). Breaking the Tragedy of the Horizon – Climate Change and Financial Stability.
- | Clarke, L., Jiang, K., Akimoto, K., Babiker, M., Blanford, G., Fisher-Vanden, K., Hourcade, J.-C., Krey, V., Kriegler, E., Löschel, A., McCollum, D., Paltsev, S., Rose, S., Shukla, P. R., Tavoni, M., Zwaan, B. van der, & Vuuren, P. van. (2014). Assessing Transformation Pathways. In O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, & J. C. Minx (Hrsg.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 141). Cambridge University Press. http://report.mitigation2014.org/drafts/final-draft-postplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter6.pdf
- | Coady, D., Parry, I., Nghia-Piort, L., & Baoping, S. (2019). Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates. IMF Working Paper.
- | Dafnomilis, I., den Elzen, M., van Soest, H., Hans, F., Kuramochi, T., & Höhne, N. (2020). Exploring the impact of the COVID-19 pandemic on global emission projections—Assessment of green versus non-green recovery. New Climate Institute. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/09/COVID-19_Global_Emissions_Projections_Sept2020.pdf
- | Delis, M. D., de Greiff, K., & Ongena, S. (2019). Being Stranded with Fossil Fuel Reserves? Climate Policy Risk and the Pricing of Bank Loans (SSRN Scholarly Paper ID 3125017). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3125017>
- | Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2016). dena-GEBÄUDEREPORT. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.
- | Dorband, I. I., Jakob, M., Kalkuhl, M., & Steckel, J. C. (2019). Poverty and distributional effects of carbon pricing in low- and middle-income countries – A global comparative analysis. *World Development*, 115, 246–257. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.015>
- | Dorband, I. I., Jakob, M., & Steckel, J. C. (forthcoming). Unraveling the political economy of coal: Insights from Vietnam.
- | Dorband, I. I., Jakob, M., Steckel, J. C., & Ward, H. (in prep.). Financing sustainable development through carbon pricing—Insights on distributional effects in Nigeria.
- | 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. https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3_Publications/Working%20Paper/2019_MCC Optionen_f%C3%BCr_eine_CO2-Preisreform_final.pdf
- | Edenhofer, O. (2015). King Coal and the queen of subsidies. *Science*, 349(6254), 1286–1287. <https://doi.org/10.1126/science.aad0674>
- | Edenhofer, O., Steckel, J. C., Jakob, M., & Bertram, C. (2018). Reports of coal's terminal decline may be exaggerated. *Environmental Research Letters*, 13(2), 024019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa3a2>
- | European Commission. (2020). Stepping up Europe's 2030 climate ambition: Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people [Impact Assessment].
- | Forster, P. M., Forster, H. I., Evans, M. J., Gidden, M. J., Jones, C. D., Keller, C. A., Lamboll, R. D., Quéré, C. L., Rogelj, J., Rosen, D., Schleussner, C.-F., Richardson,

- T. B., Smith, C. J., & Turnock, S. T. (2020). Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nature Climate Change*, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0883-0>
- Franks, M., Lessmann, K., Jakob, M., Steckel, J. C., & Edenhofer, O. (2018). Mobilizing domestic resources for the Agenda 2030 via carbon pricing. *Nature Sustainability*, 1(7), 350–357. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0083-3>
- Frondel, M., Kussel, G., & Sommer, S. (2019). Heterogeneity in the price response of residential electricity demand: A dynamic approach for Germany. *Resource and Energy Economics*, 57(C), 119–134.
- Frondel, M., Ole, K., Stephan, S., & Stefan, T. (2017). Die Gerechtigkeitslücke in der Verteilung der Kosten der Energiewende auf die privaten Haushalte. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 18(4), 335–347.
- Frondel, M., Sommer, S., & Vance, C. (2015). The burden of Germany's energy transition: An empirical analysis of distributional effects. *Economic Analysis and Policy*, 45, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2015.01.004>
- Frondel, M., & Vance, C. (2011). Rarely enjoyed? A count data analysis of ridership in Germany's public transport. *Transport Policy*, 18(2), 425–433. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.09.009>
- Frondel, M., & Vance, C. (2017). Cycling on the extensive and intensive margin: The role of paths and prices. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 104, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.06.018>
- Furceri, D., Loungani, P., Ostry, J. D., & Pizutto, P. (2020). Pandemics and inequality: Assessing the impact of COVID-19. In S. Djankov & U. Panizza (Hrsg.), *COVID-19 in Developing Economies*, 200–213. CEPR Press, London.
- G20. (2017). Germany's effort to phase out and rationalise its fossil-fuel subsidies: A report on the G20 peer-review of inefficient fossil-fuel subsidies that encourage wasteful consumption in Germany. <http://www.oecd.org/fossil-fuels/Germany-Peer-Review.pdf>
- Gerbaulet, C., von Hirschhausen, C., Kemfert, C., Lorenz, C., & Oei, P.-Y. (2019). European electricity sector decarbonization under different levels of foresight. *Renewable Energy*, 141, 973–987. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.099>
- Gevrek, Z. E., & Uyduranoglu, A. (2015). Public preferences for carbon tax attributes. *Ecological Economics*, 118(C), 186–197.
- Groh, E. D., & Ziegler, A. (2018). On self-interested preferences for burden sharing rules: An econometric analysis for the costs of energy policy measures. *Energy Economics*, 74, 417–426. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.06.026>
- Grubler, A., Wilson, C., Bento, N., Boza-Kiss, B., Krey, V., McCollum, D. L., Rao, N. D., Riahi, K., Rogelj, J., Stercke, S. D., Cullen, J., Frank, S., Fricko, O., Guo, F., Gidden, M., Havlík, P., Huppmann, D., Kiesewetter, G., Rafaj, P., ... Valin, H. (2018). A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature Energy*, 3(6), 515–527. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>
- Hagen, A., Jaakkola, N., & Vogt, A. (2019). The Interplay Between Expectations and Climate Policy: Compensation for Stranded Assets [IAEE ENergy Forum].
- Hainsch, K., Brauers, H., Burandt, T., Goetze, L., Hirschhausen, C. von, Kemfert, C., Kendzioriski, M., Loeffler, K., Oei, P.-Y., Praeger, F., & Wealer, B. (2020). Make the European Green Deal Real – Combining Climate Neutrality and Economic Recovery (No. 153; Politikberatung Kompakt). German Institute for Economic Research (DIW Berlin). https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.791736.de/diwwkompakt_2020-153.pdf
- Hammar, H., & Jagers, S. C. (2007). What is a fair CO2 tax increase? On fair emission reductions in the transport sector. *Ecological Economics*, 61(2–3), 377–387.
- Hepburn, C., O'Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., & Zenghelis, D. (forthcoming). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change? *Oxford Review of Economic Policy*. <https://doi.org/10.1093/oxrep/graa015>
- Hoesly, R. M., Smith, S. J., Feng, L., Klimont, Z., Janssens-Maenhout, G., Pitkanen, T., Seibert, J. J., Vu, L., Andres, R. J., Bolt, R. M., Bond, T. C., Dawidowski, L., Kholod, N., Kurokawa, J., Li, M., Liu, L., Lu, Z., Moura, M. C. P., O'Rourke, P. R., & Zhang, Q. (2018). Historical (1750–2014) anthropogenic emissions of reactive gases and aerosols from the Community Emissions Data System

- (CEDS). *Geoscientific Model Development*, 11(1), 369–408. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-369-2018>
- ▮ Hübler, M., & Löschel, A. (2013). The EU Decarbonisation Roadmap 2050—What way to walk? *Energy Policy*, 55(C), 190–207.
- ▮ IEA. (2011). World Energy Outlook 2011. International Energy Agency.
- ▮ IEA. (2017). World Energy Balances and Statistics (Database). IEA. <https://www.iea.org/classicstats/relateddatabases/worldenergystatisticsandbalances/>
- ▮ IEA. (2019). World Energy Outlook 2019. IEA. <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2019>
- ▮ IEA. (2020a). Changes in transport behaviour during the Covid-19 crisis. IEA. <https://www.iea.org/articles/changes-in-transport-behaviour-during-the-covid-19-crisis>
- ▮ IEA. (2020b). Global Energy Review 2020. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>
- ▮ Ismer, R., Haussner, M., Messerschmidt, K., & Neuhoﬀ, K. (2019). Sozialverträglicher CO₂-Preis: Vorschlag für einen Pro-Kopf-Bonus durch Krankenversicherungen (Creating Social Acceptance for a CO₂ Price: How to Implement a Per Capita Health Insurance Bonus) (SSRN Scholarly Paper ID 3480450). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3480450>
- ▮ Jager, W. (2006). Stimulating the diffusion of photovoltaic systems: A behavioural perspective. *Energy Policy*, 34(14), 1935–1943.
- ▮ Jakob, M., Edenhofer, O., Kornek, U., Lenzi, D., & Minx, J. (2019). Governing the Commons to Promote Global Justice—Climate Change Mitigation and Rent Taxation. In R. Kanbur & H. Shue (Hrsg.), *Climate Justice. Integrating Economics and Philosophy*. Oxford University Press.
- ▮ Jakob, M., Steckel, J. C., Jotzo, F., Sovacool, B. K., Cornelsen, L., Chandra, R., Edenhofer, O., Holden, C., Löschel, A., Nace, T., Robins, N., Suedekum, J., & Urpelainen, J. (2020). The future of coal in a carbon-constrained climate. *Nature Climate Change*, 10(8), 704–707. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0866-1>
- ▮ Jewell, J., McCollum, D., Emmerling, J., Bertram, C., Gernaat, D. E. H. J., Krey, V., Paroussos, L., Berger, L., Fragkiadakis, K., Keppo, I., Saadi, N., Tavoni, M., van Vuuren, D., Vinichenko, V., & Riahi, K. (2018). Limited emission reductions from fuel subsidy removal except in energy-exporting regions. *Nature*, 554(7691), 229–233. <https://doi.org/10.1038/nature25467>
- ▮ Jewell, J., Vinichenko, V., Nacke, L., & Cherp, A. (2019). Prospects for powering past coal. *Nature Climate Change*, 9(8), 592–597. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0509-6>
- ▮ Kholodilin, K. A., Mense, A., Michelsen, C. (2017). The market value of energy efficiency in buildings and the mode of tenure. *Urban Studies* 54(14), 3218–3238. <https://doi.org/10.1177/0042098016669464>
- ▮ Kriegler, E., Bertram, C., Kuramochi, T., Jakob, M., Pehl, M., Stevanovic, M., Höhne, N., Luderer, G., Minx, J. C., Fekete, H., Hilaire, J., Luna, L., Popp, A., Steckel, J. C., Sterl, S., Yalew, A., Dietrich, J.-P., & Edenhofer, O. (2018). Short term policies to keep the door open for Paris climate goals. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac4f1>
- ▮ Lamb, W. F., & Minx, J. C. (2020). The political economy of national climate policy: Architectures of constraint and a typology of countries. *Energy Research & Social Science*, 64, 101429. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101429>
- ▮ Lanz, B., & Rutherford, T. F. (2016). GTAPinGAMS: Multi-regional and Small Open Economy Models. *Journal of Global Economic Analysis*, 1(2), 1–77. <https://doi.org/10.21642/JGEA.010201AF>
- ▮ Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., De-Gol, A. J., Willis, D. R., Shan, Y., Canadell, J. G., Friedlingstein, P., Creutzig, F., & Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*, 10(7), 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
- ▮ Löffler, K., Burandt, T., Hainsch, K., & Oei, P.-Y. (2019). Modeling the Low-Carbon Transition of the European Energy System—A Quantitative Assessment of the Stranded Assets Problem. *Energy Strategy Reviews*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100422>
- ▮ Luderer, G., Vrontisi, Z., Bertram, C., Edelenbosch, O. Y., Pietzcker, R. C., Rogelj, J., De Boer, H. S., Drouet, L., Emmerling, J., Fricko, O., Fujimori, S., Havlík, P., Iyer, G., Keramidas, K., Kitous, A., Pehl, M., Krey, V., Riahi, K., Saveyn, B., ... Kriegler, E. (2018). Residual fossil CO₂ emissions in 1.5–2 °C pathways. *Nature*

- Climate Change*, 8(7), 626–633. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0198-6>
- | Malerba, D., Steckel, J. C., & Jakob, M. (in prep.). Revenue Recycling for Socially Just Climate Policies.
 - | Malik, A., Bertram, C., Després, J., Emmerling, J., Fujimori, S., Garg, A., Kriegler, E., Luderer, G., Mathur, R., Roelfsema, M., Shekhar, S., Vishwanathan, S., & Vrontisi, Z. (2020). Reducing stranded assets through early action in the Indian power sector. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8033>
 - | Manych, N., & Jakob, M. (forthcoming). *Why coal? – The political economy of the electricity sector in the Philippines*.
 - | Matthes, F., Hermann, H., & Mendelevitch, R. (2020). Einordnung der geplanten Entschädigungszahlungen für die Stilllegungen deutscher Braunkohlekraftwerke im Kontext aktueller Entwicklungen. Öko-Institut.
 - | McCollum, D. L., Zhou, W., Bertram, C., Boer, H.-S. de, Bosetti, V., Busch, S., Després, J., Drouet, L., Emmerling, J., Fay, M., Fricko, O., Fujimori, S., Gidden, M., Harmsen, M., Huppmann, D., Iyer, G., Krey, V., Kriegler, E., Nicolas, C., ... Riahi, K. (2018). Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, 1. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0179-z>
 - | Meng, K. C., & Rode, A. (2019). The social cost of lobbying over climate policy. *Nature Climate Change*, 9(6), 472. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0489-6>
 - | Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. (2020). European Union – French-German initiative for the European recovery from the coronavirus crisis (Paris, 18 May 20). France Diplomacy - Ministry for Europe and Foreign Affairs. <https://www.diplomatie.gouv.fr/en/coming-to-france/coronavirus-advice-for-foreign-nationals-in-france/coronavirus-statements/article/european-union-french-german-initiative-for-the-european-recovery-from-the>
 - | Montrone, L., Ohlendorf, N., & Chandra, R. (forthcoming). At a Crossroad: The Political Economy of Coal in India—A Case Study.
 - | Muttitt, G., & Kartha, S. (2020). Equity, climate justice and fossil fuel extraction: Principles for a managed phase out. *Climate Policy*, 20(8), 1024–1042. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1763900>
 - | Oei, P.-Y., Brauers, H., & Herpich, P. (2019). Lessons from Germany's hard coal mining phase-out: Policies and transition from 1950 to 2018. *Climate Policy*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1688636>
 - | Oei, P.-Y., Hainsch, K., Löffler, K., von Hirschhausen, C., Holz, F., & Kemfert, C. (2019). A new climate for Europe: 2030 climate targets must be more ambitious. *DIW Weekly Report*, 40. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.683026.de/dwr-19-40-1.pdf
 - | Oei, P.-Y., Hermann, H., Herpich, P., Holtemöller, O., Lünenbürger, B., & Schult, C. (2020). Coal phase-out in Germany – Implications and policies for affected regions. *Energy*, 196, 117004. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117004>
 - | Oei, P.-Y., Kendzioriski, M., Herpich, P., Kemfert, C., & Hirschhausen, C. (2020). Klimaschutz statt Kohle-schutz: Woran es beim Kohleausstieg hakt und was zu tun ist (Politikberatung Kompakt). DIW Berlin.
 - | Ohlendorf, N., Jakob, M., Minx, J. C., Schröder, C., & Steckel, J. C. (2018). Distributional Impacts of Climate Mitigation Policies – a Meta-Analysis.
 - | Ordonez, J. A., Jakob, M., Steckel, J. C., & Ward, H. (in prep.). Distributional effects of India's energy transition. On the incidence of climate and energy policy to Indian households, employees and industries.
 - | Osorio, S., Tietjen, O., Pahle, M., Pietzcker, R., & Edenhofer, O. (2020). Reviewing the Market Stability Reserve in light of more ambitious EU ETS emission targets [Working Paper]. Kiel, Hamburg: ZBW – Leibniz Information Centre for Economics. <https://www.econstor.eu/handle/10419/217240>
 - | Pahle, M. (2020). Schriftliche Stellungnahme zum Thema „Ökologische Aspekte des Kohleausstiegs“. Internetöffentliches Fachgespräch des Umweltausschusses des Bundestags, 15. Juni 2020.
 - | Pahle, M., Edenhofer, O., Pietzcker, R., Tietjen, O., Osorio, S., & Flachsland, C. (2019). Die unterschätzten Risiken des Kohleausstiegs. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 69(6), 1–4.
 - | Pahle, M., & Quemin, S. (2020). EU ETS: The Market Stability Reserve should focus on carbon prices, not

- allowance volumes. *Energy Post*. <https://energypost.eu/eu-ets-the-market-stability-reserve-should-focus-on-carbon-prices-not-allowance-volumes/>
- | Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3), 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.06.001>
- | Pai, S., Zerriffi, H., Jewell, J., & Pathak, J. (2020). Solar has greater techno-economic resource suitability than wind for replacing coal mining jobs. *Environmental Research Letters*, 15(3), 034065. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6c6d>
- | Palm, A. (2016). Local factors driving the diffusion of solar photovoltaics in Sweden: A case study of five municipalities in an early market. *Energy Research & Social Science*, 14, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.027>
- | Palm, A. (2017). Peer effects in residential solar photovoltaics adoption—A mixed methods study of Swedish users. *Energy Research & Social Science*, 26, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.01.008>
- | Perlaviciute, G., & Steg, L. (2014). Contextual and psychological factors shaping evaluations and acceptability of energy alternatives: Integrated review and research agenda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 361–381. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.003>
- | Persson, T. (1998). Economic Policy and Special Interest Politics. *The Economic Journal*, 108(447), 310–327. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00289>
- | Ploeg, R. van der, & Rezai, A. (2019). Stranded Assets In The Transition To A Carbon-Free Economy. *Economics Series Working Papers* (Nr. 894; Economics Series Working Papers). University of Oxford, Department of Economics. <https://ideas.repec.org/p/oxf/wpaper/894.html>
- | Pothen, F., & Hübler, M. (2018). A Forward Calibration Method for New Quantitative Trade Models [Hannover Economic Papers (HEP)]. Leibniz Universität Hannover, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät. <https://econpapers.repec.org/paper/handpaper/dp-643.htm>
- | Praetorius, B., Bandt, O., Grothus, A., Matthes, F., Priggen, R., Niebert, K., & Schellnhuber, H. J. (2020). Stellungnahme der ehemaligen Mitglieder der Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/kohle/kohle_kommission_stellungnahme_ehemalige.pdf
- | Rai, V., & Robinson, S. A. (2013). Effective information channels for reducing costs of environmentally-friendly technologies: Evidence from residential PV markets. *Environmental Research Letters*, 8(1), 014044. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014044>
- | Rauner, S., Bauer, N., Dirnaichner, A., Dingenen, R. V., Mutel, C., & Luderer, G. (2020). Coal-exit health and environmental damage reductions outweigh economic impacts. *Nature Climate Change*, 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0728-x>
- | Rivers, N., & Schaufele, B. (2015). Salience of carbon taxes in the gasoline market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 74(C), 23–36.
- | Roelfsema, M., van Soest, H. L., Harmsen, M., van Vuuren, D. P., Bertram, C., den Elzen, M., Höhne, N., Iacobuta, G., Krey, V., Kriegler, E., Luderer, G., Riahi, K., Ueckerdt, F., Després, J., Drouet, L., Emmerling, J., Frank, S., Fricko, O., Gidden, M., ... Vishwanathan, S. S. (2020). Taking stock of national climate policies to evaluate implementation of the Paris Agreement. *Nature Communications*, 11(1), 2096. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15414-6>
- | Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., Handa, C., Kheshgi, H., Kobayashi, S., Kriegler, E., Mundaca, L., Seferian, R., Vilarino, M. V., Calvin, K., Edelenbosch, O., Emmerling, J., Fuss, S., Gasser, T., Gillet, N., ... Zhou, W. (2018). Chapter 2: Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development. Global Warming of 1.5°C an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- | Rogelj, J., Forster, P. M., Kriegler, E., Smith, C. J., & Séférian, R. (2019). Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets. *Nature*, 571(7765), 335–342. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1368-z>

- Rogge, K. S., & Johnstone, P. (2017). Exploring the role of phase-out policies for low-carbon energy transitions: The case of the German Energiewende. *Energy Research & Social Science*, 33, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.004>
- Ščasný, M., Zvěřinová, I., Czajkowski, M., Kyselá, E., & Zagórska, K. (2017). Public acceptability of climate change mitigation policies: A discrete choice experiment. *Climate Policy*, 17(sup1), 111–130. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1248888>
- Schaffitzel, F., Jakob, M., Soria, R., Vogt-Schilb, A., & Ward, H. (2020). Can government transfers make energy subsidy reform socially acceptable? A case study on Ecuador. *Energy Policy*, 137, 111120. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111120>
- Scholz, D., Zundel, S., Müsgens, F. (2019). Price and Employment Effects triggered by a German Coal Phase-Out—A Discourse Analysis. In 2019 16th International Conference on the European Energy Market (EEM), 1-7.
- Schulte, I., & Heindl, P. (2017). Price and income elasticities of residential energy demand in Germany. *Energy Policy*, 102(C), 512–528.
- Schwanitz, V. J., Piontek, F., Bertram, C., & Luderer, G. (2014). Long-term climate policy implications of phasing out fossil fuel subsidies. *Energy Policy*, 67, 882–894. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.015>
- Sen, S., & von Schickfus, M.-T. (2020). Climate policy, stranded assets, and investors' expectations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 100, 102277. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.102277>
- Setton, D. (2019). Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energiewende 2018. Institut für transformative Nachhaltigkeitsforschung (IASS).
- Shamon, H., Schumann, D., Fischer, W., Vögele, S., Heinrichs, H. U., & Kuckshinrichs, W. (2019). Changing attitudes and conflicting arguments: Reviewing stakeholder communication on electricity technologies in Germany. *Energy Research & Social Science*, 55, 106–121. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.04.012>
- Shearer, C., Myllyvirta, L., Yu, A., Aitken, G., Mathew-Sha, N., Dallos, G., & Nace, T. (2020). Boom and Bust 2020: Tracking the global coal plant pipeline. GLOBAL ENERGY MONITOR. <https://endcoal.org/global-coal-plant-tracker/reports/boom-and-bust-2020/>
- Soergel, B., Kriegler, E., Bodirsky, B., Bauer, N., Leimbach, M., & Popp, A. (in prep.). Combining ambitious climate policies with efforts to eradicate poverty.
- Steckel, J. C., Dorband, I. I., Montrone, L., Ward, H., Jakob, M., Renner, S., Hafner, S., & Missbach, L. (in prep.). Climate policy and distributional impacts in coal-investing Asia.
- Steckel, J. C., Edenhofer, O., & Jakob, M. (2015). Drivers for the renaissance of coal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(29), E3775–E3781. <https://doi.org/10.1073/pnas.1422722112>
- Steckel, J. C., Hilaire, J., Jakob, M., & Edenhofer, O. (2020). Coal and carbonization in sub-Saharan Africa. *Nature Climate Change*, 10(1), 83–88.
- Stognief, N., Walk, P., Schöttker, O., & Oei, P.-Y. (2019). Economic Resilience of German Lignite Regions in Transition. *Sustainability*, 11(21), 5991. <https://doi.org/10.3390/su11215991>
- Strefler, J., Bauer, N., Kriegler, E., Popp, A., Giannousakis, A., & Edenhofer, O. (2018). Between Scylla and Charybdis: Delayed mitigation narrows the passage between large-scale CDR and high costs. *Environmental Research Letters*, 13(4), 044015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab2ba>
- Tavoni, M., Kriegler, E., Riahi, K., van Vuuren, D. P., Aboumahboub, T., Bowen, A., Calvin, K., Campiglio, E., Kober, T., Jewell, J., Luderer, G., Marangoni, G., McCollum, D., van Sluisveld, M., Zimmer, A., & van der Zwaan, B. (2015). Post-2020 climate agreements in the major economies assessed in the light of global models. *Nature Climate Change*, 119–126.
- Tong, D., Zhang, Q., Zheng, Y., Caldeira, K., Shearer, C., Hong, C., Qin, Y., & Davis, S. J. (2019). Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 °C climate target. *Nature*, 572(7769), 373–377. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1364-3>
- UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy. (2019). UK energy in brief 2019. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/857027/UK_Energy_in_Brief_2019.pdf
- UNEP. (2019). The Emissions Gap Report 2019. UNEP.

- | van den Berg, N. J., van Soest, H. L., Hof, A. F., den Elzen, M. G. J., van Vuuren, D. P., Chen, W., Drouet, L., Emmerling, J., Fujimori, S., Höhne, N., Köberle, A. C., McCollum, D., Schaeffer, R., Shekhar, S., Vishwanathan, S. S., Vrontisi, Z., & Blok, K. (2019). Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02368-y>
- | van Vuuren, D. P., Stehfest, E., Gernaat, D. E. H. J., van den Berg, M., Bijl, D. L., de Boer, H. S., Daioglou, V., Doelman, J. C., Edelenbosch, O. Y., Harmsen, M., Hof, A. F., & van Sluisveld, M. A. E. (2018). Alternative pathways to the 1.5 °C target reduce the need for negative emission technologies. *Nature Climate Change*, 8(5), 391–397. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0119-8>
- | Vivid Economics. (2020). Greenness of stimulus Index—An assessment of COVID-19 stimulus by G20 countries in relation to climate action and biodiversity goals. https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2020/09/GSI_923.pdf
- | von Hirschhausen, C., Gerbaulet, C., Kemfert, C., Lorenz, C., & Oei, P.-Y. (Hrsg.). (2018). Energiewende „Made in Germany“: Low Carbon Electricity Sector Reform in the European Context. Springer Nature Switzerland AG.
- | Wang, H., Chen, W., Bertram, C., Malik, A., Kriegler, E., Luderer, G., Després, J., Jiang, K., & Krey, V. (2019). Early transformation of the Chinese power sector to avoid additional coal lock-in. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5d99>
- | Wolske, K. S., Stern, P. C., & Dietz, T. (2017). Explaining interest in adopting residential solar photovoltaic systems in the United States: Toward an integration of behavioral theories. *Energy Research & Social Science*, 25, 134–151. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.12.023>

KONTAKT ZUM DIALOG ZUR KLIMAÖKONOMIE
Dr. Lena-Katharina Bednarz | Franziska Weeger
Kieler Institut für Weltwirtschaft (IfW)
Mail: klimaforum@ifw-kiel.de

<http://www.klimadialog.de>